

Analyse netinpassing nieuwe kerncentrales

Inhoudsopgave

1. Samenvatting	3	6. Beperkingen van deze studie	14
2. Aanleiding	4	6.1 Steekjaar	14
3. Methode	5	6.2 Regionalisatie-keuzes in uitstapmodel	14
3.1 Berekeningsstappen	5	7. Resultaten	15
3.2 Interpretatie van overschrijdingen	6	7.1 Marktsimulaties	15
4. Algemene uitgangspunten	7	7.2 Netwerkberekeningen	18
4.1 Steekjaar en marktscenario's	7	7.2.1 Maasvlakte	18
4.2 Marktmodel	7	7.2.2 Borssele (basismodel)	23
4.3 Netmodel	7	7.2.3 Borssele (uitstapmodel)	23
4.4 Regionalisatie (Zeeland)	9	7.2.4 Algemene effecten	27
4.5 Kernenergie	9	8. Conclusie	29
4.6 Windenergie op zee	10	Bijlage A:	
5. Varianten	12	Toelichting elektrische afkortingen	30
5.1 Overzichtstabel	12		
5.2 LionLink	13		
5.3 Varianten windenergie in Zeeland	13		

1. Samenvatting

TenneT heeft in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (MinEZK) onderzocht of nieuwe kerncentrales in Borssele dan wel op de Maasvlakte inpasbaar zijn in het hoogspanningsnet, zonder knelpunten te veroorzaken.

In dit onderzoek wordt het nieuw te bouwen productievermogen aan kernenergie in Borssele of op de Eerste Maasvlakte geplaatst, een variant met nieuw te bouwen productievermogen verspreid over beide locaties is niet onderzocht. De overige uitgangspunten zijn overgenomen uit de berekeningen voor het Investeringsplan Net op land 2024-2033 van TenneT; zie hoofdstuk 4 voor een uitgebreide beschrijving.

Naar aanleiding van de gevraagde reikwijdte van de analyse zijn alleen scenario's met steekjaar 2035 onderzocht. Het gaat dan om de scenario's Klimaatambitie en Nationale Drijfveer uit het Investeringsplan. Het scenario Nationale Drijfveer veronderstelt een sterkere groei van duurzame opwek en (flexibele) elektriciteitsvraag dan het scenario Klimaatambitie.

De belangrijkste bevindingen, zoals ook vermeld in hoofdstuk 8, zijn:

- De economische inzet van kerncentrales in het steekjaar 2035 is sterk afhankelijk van de ontwikkeling van de (flexibele) vraag naar elektriciteit. In het scenario Klimaatambitie, waarin deze vraag zich minder sterk ontwikkelt, kennen de kerncentrales een lagere inzet dan in het scenario Nationale Drijfveer, waarin deze vraag zich zeer sterk ontwikkelt. Het grote aanbod van wind- en zonne-energie in het steekjaar in beide scenario's speelt een belangrijke rol.
- Een productievermogen van 1,6 GW of meer nieuwe kernenergie op de Maasvlakte leidt, onder de aannames van deze analyse, tot lokale knelpunten in het hoogspanningsnet, met name op de verbinding Amaliahaven – Simonshaven. Dit effect treedt op in beide scenario's (Klimaatambitie en Nationale Drijfveer).
- Een productievermogen van 3,2 GW nieuwe kernenergie in Borssele leidt, onder de aannames van deze analyse, tot lokale knelpunten in het hoogspanningsnet, met name op de verbinding Haven Vlissingen – Rilland. Haven Vlissingen is ook bekend als Hoogspanningsstation Omgeving Sloegebied.
- Een productievermogen van 1,6 GW nieuwe kernenergie in Borssele lijkt nét inpasbaar op het hoogspanningsnet, onder gunstige aannames: zeer sterke ontwikkeling van de (flexibele) vraag naar elektriciteit conform scenario Nationale Drijfveer, en geen nieuwe aanlanding van voor offshore windenergie in Zeeland, aanvullend op de bestaande plannen uit het Ontwikkelkader windenergie op zee van MinEZK.
- Een productievermogen van 1,6 GW nieuwe kernenergie in Borssele in combinatie met een additionele aanlanding van offshore windenergie (2,0 GW) in Zeeland (aanvullend op de bestaande plannen uit het Ontwikkelkader windenergie op zee) leidt, onder de aannames van deze studie, tot lokale knelpunten in het hoogspanningsnet, met name op de verbinding Haven Vlissingen – Rilland. Dit onder de aanname van zeer sterke ontwikkeling van de (flexibele) vraag naar elektriciteit conform scenario Nationale Drijfveer.

2. Aanleiding



Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat treft voorbereidingen om twee nieuwe kerncentrales in Nederland te laten bouwen. Hiervoor zijn Borssele en de Eerste Maasvlakte in beeld.

Als onderdeel van de voorbereidingen is TenneT gevraagd de netinpassing van nieuwe kernenergie op twee locaties te onderzoeken.

3. Methode

3.1 Berekeningsstappen

Voor het onderzoeken van mogelijke knelpunten op het hoogspanningsnet gebruikt TenneT een methode die uitvoerig beschreven staat in het TenneT Investeringsplan Net op land¹, hoofdstuk 4. In het kort worden de volgende stappen doorlopen.

- 1) In een marktscenario worden aannames gedaan over de opgestelde elektriciteitsvraag en -opwek van verschillende types (bijv. zonneparken, windparks, kerncentrales, gascentrales).
- 2) In een marktmodel wordt het (markt)gedrag van deze verschillende types vraag en opwek gemodelleerd. Hierbij wordt uitgegaan van het “merit order-effect”, waarbij de opwektypes met de laagste marginale kosten (hoeveel euro méér kost het om 1 MW méér te produceren) als eerste worden aangesproken om in de vraag te voorzien, waarna de opwek met iets hogere marginale kosten aan bod komt, en zo verder totdat de gehele vraag is gedekt. Ook wordt rekening gehouden met import en export van elektriciteit o.b.v. prijsverschillen tussen naburige landen en de beschikbare netwerkcapaciteit voor import- en exportstromen.
- 3) Er worden markt simulaties gedaan, waarin voor elk uur van een jaar de daadwerkelijke inzet van productiemiddelen in MW en de daadwerkelijke vraag in MW wordt bepaald, voor Nederland en een aantal omliggende landen. Hiertoe wordt het marktmodel gemaakt op de gegevens uit het marktscenario en het weerpatroon van een historisch jaar (het zogeheten klimaatjaar).
- 4) Het netmodel voor het steekjaar wordt vastgesteld: een weergave van TenneTs netwerk in het gekozen steekjaar, rekening houdend met alle geplande

netwerkuitbreidingen die vóór dat jaar in bedrijf komen.

- 5) De verkregen vraag- en opwekwaarden uit de markt simulatie worden verdeeld over fysieke locaties in het netmodel. Dit heet regionalisatie. Om de verdeelsleutel op te stellen, wordt onder meer gebruik gemaakt van gegevens die zijn opgevraagd bij aangeslotenen van TenneT.
- 6) Op basis van het netmodel en de geregionaliseerde vraag- en opwekcijfers worden netwerkberekeningen gedaan voor elk uur van het gesimuleerde jaar. Hieruit volgen voor elk uur de vermogensstromen door alle relevante netschakels (circuits en transformatoren) in het netmodel. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende bedrijfssituaties:
 - a. N-0: de vermogensstroom door een netschakel als het gehele netwerk in bedrijf is.
 - b. N-1: de hoogste vermogensstroom door een netschakel die optreedt bij uitval van één andere netschakel.
 - c. N-2: de hoogste vermogensstroom door een netschakel die optreedt bij uitval van twee andere netschakels.

In de operationele praktijk moet TenneT het netwerk altijd N-1-veilig bedrijven²: het netwerk wordt zodanig ontworpen en bedreven dat het transport van elektriciteit ook gewaarborgd is als zich één uitvalsituatie voordoet. De N-1-netwerkberekeningen worden gedaan om te kijken in hoeverre TenneT in het steekjaar aan dit criterium kan voldoen. De N-2-berekeningen worden gedaan om na te gaan in hoeverre TenneT in het steekjaar ruimte heeft om een netschakel uit bedrijf te nemen voor onderhoud en nog steeds N-1-veilig te zijn.

¹ TenneT, Ontwerpinvesteringsplan Net op land 2024-2033, januari 2024. Online beschikbaar: https://tennet-drupal.s3.eu-central-1.amazonaws.com/default/2024-01/IP2024_Netopland_01-1-2024_0.pdf

² Elektriciteitswet 1998, art. 16.4. Online beschikbaar: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0009755/2024-01-01>

3.2 Interpretatie van overschrijdingen

Wanneer voor één of meerdere uren van het gesimuleerde jaar, de berekende vermogensstroom door een bepaalde netschakel de capaciteit van die netschakel overschrijdt, spreken we van een overschrijding. Dit kan een N-0-, N-1- of N-2-overschrijding zijn, afhankelijk van het type berekening waarin de overschrijding is gezien.

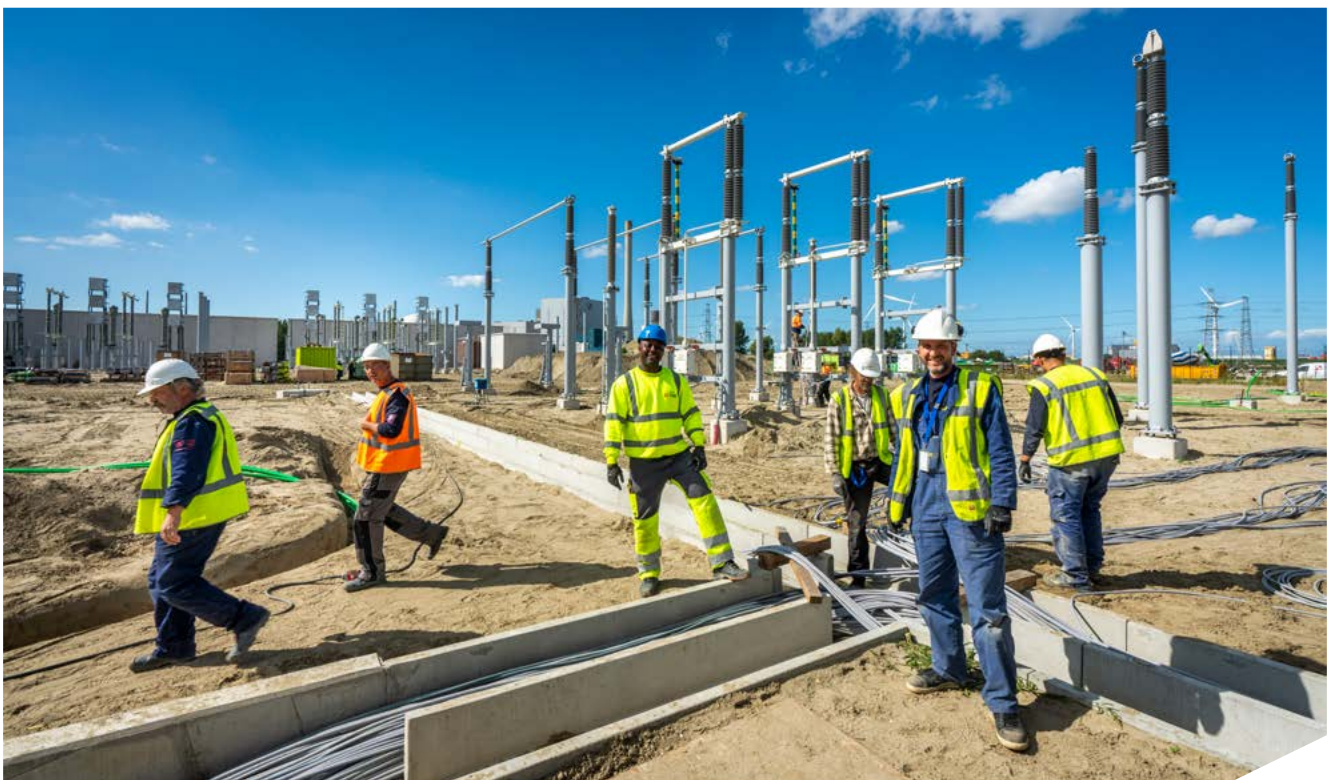
Een overschrijding is niet altijd een knelpunt waarvoor mitigerende maatregelen (netwerkuitbreidingen of operationele maatregelen) moeten worden gezocht. Gegeven de vele aannames die er in de voorgaande stappen zijn gedaan (marktscenario, marktmodel, regionalisatie) zijn er bepaalde onzekerheidsmarges.

De netstrategen en risicomangers van TenneT bepalen of er sprake is van een reëel knelpunt, aan de hand van criteria (o.a. gebaseerd op de hoogte van de overschrijding in procenten van de lijncapaciteit, en het aantal uren in het jaar waarin de overschrijding optreedt) en professioneel oordeelsvermogen.

Een belangrijke indicator voor de ernst van een overschrijding, die in § 7.2 meermaals terugkomt, is de Energy Not Transported (ENT) in megawattuur (MWh). Dit is de optelsom van de overschrijding in MW op één specifieke netschakel voor alle uren van het gesimuleerde jaar. Rekenvoorbeeld voor een netschakel met een capaciteit van 100 MW:

- Uur 1: berekende N-1 vermogensstroom 110 MW > 10 MWh bijdrage aan ENT.
- Uur 2: berekende N-1 vermogensstroom 80 MW > 0 MWh bijdrage aan ENT (geen overschrijding).
- Uur 3: berekende N-1 vermogensstroom 130 MW > 30 MWh bijdrage aan ENT.

De N-1 ENT over deze 3 uur voor deze netschakel is dan $10 + 0 + 30 = 40$ MWh. De ENT kan gezien worden als de hoeveelheid energie die over een bepaalde periode niet getransporteerd kan worden, terwijl hier (uitgaand van het marktmodel, het marktscenario en de regionalisatie) wel behoefte aan bestaat.



4. Algemene uitgangspunten

4.1 Steekjaar en marktscenario's

Vertrekpunten voor deze analyse zijn de markt simulaties en netwerkberekeningen zoals die zijn gedaan voor het TenneT Investeringsplan Net op land 2024-2033 (voorts: IP2024). Specifiek is gekeken naar steekjaar 2035 (het laatste steekjaar uit IP2024). Van de drie marktscenario's uit IP2024 – Internationale Ambitie (IA), Klimaatambitie (KA) en Nationale Drijfveer (ND) zijn er twee beschouwd: Klimaatambitie en Nationale Drijfveer.

De aannames in deze scenario's staan in detail beschreven in het scenarioreport van Netbeheer Nederland³. Samenvattend kan gesteld worden dat het ND-scenario de meest voortvarende ontwikkeling van duurzame elektriciteitsopwek en flexibele elektriciteitsvraag veronderstelt; dat het IA-scenario meer behoudende aannames hierover doet; en dat het KA-scenario een middenweg vormt tussen het IA- en ND-scenario. Vanwege het minder ambitieuze karakter werd het IA-scenario in overleg tussen TenneT en MinEZK als minder relevant beschouwd en daarom in deze analyse niet meegenomen.

Het gebruikte klimaatjaar in alle berekeningen is 2012, net als in de berekeningen voor IP2024 zelf.

4.2 Marktmodel

In het marktmodel wordt uitgegaan van 0 marginale kosten voor duurzame opwek (wind- en zonne-energie). M.a.w. als een windturbine of zonnepaneel er eenmaal staat, kost draaien op vol vermogen niet méér dan stilstand, anders dan bijvoorbeeld bij een gascentrale, waar brandstofkosten een belangrijke rol spelen.

Regelbare bronnen zoals kerncentrales en gascentrales zullen dus alleen aan gaan in uren waarin wind en zon niet geheel in de vraag kunnen voorzien. Kerncentrales hebben in het marktmodel zeer lage marginale kosten en zullen als eerstvolgende bron worden aangesproken als wind en zon de vraag niet kunnen dekken. Pas als wind, zon en kernenergie samen niet voldoende zijn om de vraag te dekken, zullen gascentrales en andere regelbare bronnen worden aangesproken.

Soms zullen regelbare bronnen ook aanstaan in uren waarin wind en zon wel in de vraag zouden kunnen voorzien. Dit komt doordat regelbare bronnen bepaalde opstartkosten kennen en een minimale aaneengesloten bedrijfsduur (voor één uur gaan ze niet aan of uit, ook als dat in dat specifieke uur wel economisch zou zijn volgens de merit order). Daarnaast gaat het marktmodel ervan uit dat installaties een deel van de tijd niet beschikbaar zijn door onderhoud en storingen. Voor eenheden in Nederland zijn de minimale aaneengesloten bedrijfsduur en de niet-beschikbaarheid gebaseerd op cijfers die producenten aan TenneT hebben aangeleverd, en die ook zijn gebruikt in IP2024 en het European Resource Adequacy Assessment⁴.

4.3 Netmodel

Ook het gebruikte netmodel is afkomstig uit IP2024. Hierin zijn alle netwerkuitbreidingen tot en met 2035, waarover een definitief investeringsbesluit is genomen, verwerkt.

Voor intern gebruik doet TenneT in elke IP-cyclus ook berekeningen met een uitgebreid netwerkmodel, het zogeheten uitstapmodel.

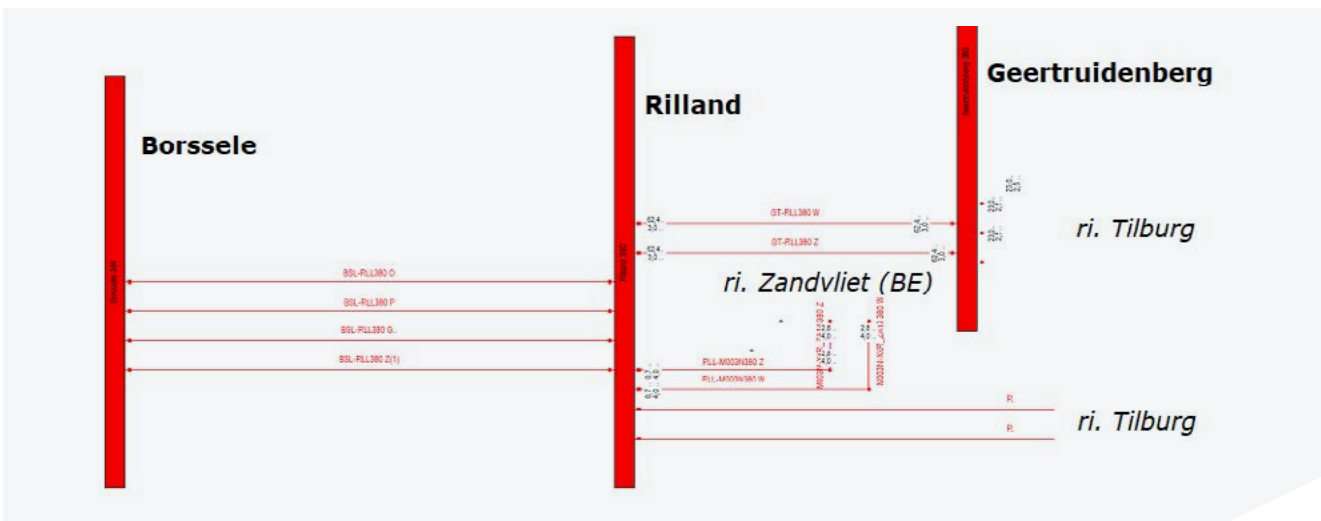
³ Netbeheer Nederland, Scenario's investeringsplannen 2024, 20 februari 2023. Online beschikbaar: [https://www.netbeheernederland.nl/_upload/RadFiles/New/Documents/Netbeheer_NL_Scenarios_IP2024_v1.01_final%20\(1\).pdf](https://www.netbeheernederland.nl/_upload/RadFiles/New/Documents/Netbeheer_NL_Scenarios_IP2024_v1.01_final%20(1).pdf)

⁴ ENTSO-E, European Resource Adequacy Assessment, 2023 edition. Online beschikbaar: <https://www.entsoe.eu/outlooks/eraa/2023/eraa-downloads/>

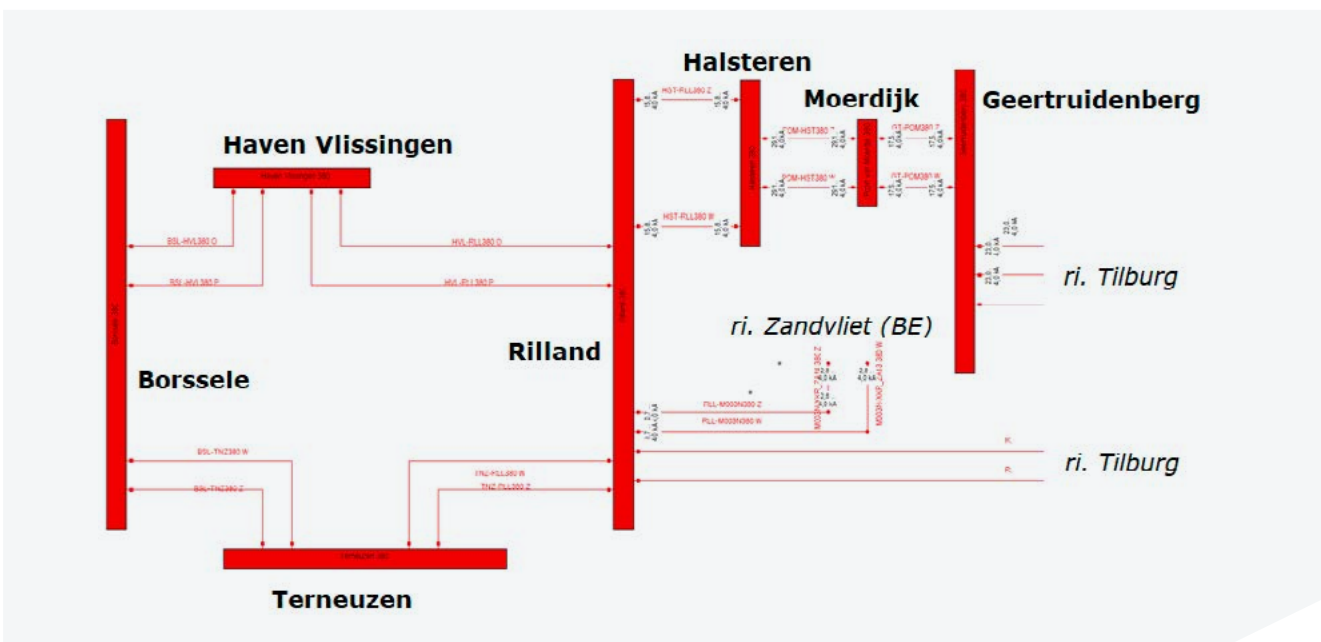
Hierin zijn niet alleen netwerkuitbreidingen met een definitief investeringsbesluit opgenomen, maar ook uitbreidingen die nog in studiefase zijn.

In deze analyse zijn voor de locatie Borssele ook enkele berekeningen gedaan met het uitstapmodel, omdat in de regio Zeeland/West-Brabant enkele relevante uitbreidingen in studiefase zijn. Die zijn dus wel in het uitstapmodel opgenomen, maar niet in het IP-basismodel. Het gaat dan om de realisatie van een 380 kV-verbinding van Borssele naar Terneuzen, en om de nieuwe 380 kV-stations

Haven Vlissingen (ook bekend als Hoogspanningsstation Omgeving Sloegebied), Halsteren en Moerdijk. Het verschil is te zien door figuur 1, basismodel, te vergelijken met figuur 2, uitstapmodel. Merk op dat beide figuren schematische weergaven zijn, die niet altijd stroken met de geografische werkelijkheid. Met name de 4 circuits tussen Borssele en Rilland in figuur 1 zijn in de eindsituatie (figuur 2) nog steeds fysiek aanwezig, alleen maken de onderste 2 circuits een omweg via Terneuzen en wordt in de bovenste 2 circuits het nieuwe station Haven Vlissingen ingevoegd.



Figuur 1: Netstructuur van het 380 kV-netwerk in Zuidwest-Nederland in het IP2024-basismodel voor steekjaar 2035. Dunne rode lijntjes zijn 380 kV-circuits; dikke rode balken zijn 380 kV-stations.



Figuur 2: Netstructuur van het 380 kV-netwerk in Zuidwest-Nederland in het IP2024-uitstapmodel voor steekjaar 2035. Dunne rode lijntjes zijn 380 kV-circuits; dikke rode balken zijn 380 kV-stations.

4.4 Regionalisatie (Zeeland)

Bij het beoordelen van de resultaten van de berekeningen met het uitstapmodel (zie § 7.2.3) is van belang dat deze gedaan zijn op basis van het ND-scenario (zie § 4.1) waarin een sterke ontwikkeling van (flexibele) vraag naar elektriciteit is aangenomen. Tabel 1 geeft een overzicht van de geïnstalleerde vermogens van verschillende vraag- en opwektypes, die in de regionalisatie van

het ND-scenario in het uitstapmodel (zie § 4.3) in Zeeland zijn geplaatst. We benadrukken nogmaals dat het hier om scenario-aanname gaat die in afstemming tussen de samenwerkende netbeheerders tot stand zijn gekomen (zie § 4.1), niet om concrete plannen. Dit is van belang bij de weging van de resultaten van deze analyse.

Categorie	Type	Geïnstalleerd in cluster Borssele/Rilland [GW]	Geïnstalleerd in cluster Terneuzen [GW]	Totaal Zeeland [GW]
opwek	gascentrales	0,9	0,5	1,3
opwek	zonne-energie	2,2	0,8	3,0
opwek	windenergie op land	0,9	0,2	1,1
opwek	warmte-krachtkoppeling	0,1	0,0	0,1
	Totaal opwek	4,1	1,5	5,6*
flexibele vraag	batterijen	1,4	0,1	1,4
flexibele vraag	elektrolyzers	2,0	0,9	2,9
flexibele vraag	industriële warmte	1,4	0,5	1,9
	Totaal flexibele vraag	4,8	1,5	6,3*
basisvraag	industrie	0,5	0,5	1,0
basisvraag	decentrale vraag	0,8	0,3	1,1
	Totaal basisvraag	1,3	0,8	2,1

Tabel 1: Overzicht van vraag en opwek van elektriciteit die in het ND-scenario, in het uitstapmodel, in Zeeland is geregionaliseerd. (*Waar de optelsom niet lijkt te kloppen, komt dit doordat de optelling is gedaan met gedetailleerdere waarden in MW en vervolgens afgerond.)

4.5 Kernenergie

In alle doorgerekende scenario's is de bestaande kerncentrale in Borssele (486 MW) in 2035 nog in bedrijf. Daaraan is 1,6 of 3,2 GW nieuw productievermogen toegevoegd. Het totale vermogen aan kernenergie in Nederland is dus:

- 486 MW, geen nieuwe kerncentrales, of
- 2.086 MW of
- 3.686 MW.

In de marktsimulaties is Nederland één zone. Voor de verhouding van vraag en aanbod maakt

het dus niet uit waar in Nederland de nieuwe kerncentrales komen. Voor de netwerkberekeningen maakt de locatie uiteraard wel verschil. Op verzoek van MinEZK zijn de volgende combinaties onderzocht:

- 486 MW in Borssele (bestaande centrale)
- 2.086 MW in Borssele
- 3.686 MW in Borssele
- 486 MW in Borssele en 1.600 MW op de Maasvlakte
- 486 MW in Borssele en 3.200 MW op de Maasvlakte

4.6 Windenergie op zee

Het Ontwikkelkader windenergie op zee⁵ vormt de basis voor de modellering van windenergie op zee (WoZ) in IP2024. Dit document bevat de vastgestelde plannen voor windparken op zee: hun geografische locatie op zee, aansluitlocatie op het hoogspanningsnet, datum inbedrijfname, en vermogen in MW.

In tabel 2 is te zien hoe de windparken uit het Ontwikkelkader in IP2024 zijn gemodelleerd. Sommige aansluitstations zijn in het basismodel

nog niet opgenomen, waardoor een ander station in de buurt als benadering (proxy) moest worden gebruikt voor de berekeningen met het basismodel. In het uitstapmodel zijn wel alle stations gemodelleerd en zijn geen proxy's nodig.

In de scenario's voor IP2024 wordt bovendien aangenomen dat in 2035 een deel van de (nog niet definitief vastgestelde) WoZ-ambitie voor 2031-2040 is gerealiseerd. Hoeveel, verschilt per scenario. Dit is weergegeven in tabel 3.

Park(en)	Totaal vermogen [GW]	Aansluitlocatie	Proxy in basismodel
Borssele Alpha + Bèta; IJmuiden Ver Alpha	3,4	Borssele	--
Gemini + Ten Noorden van de Wadden + Doordewind 1	3,3	Eemshaven Oudeschip	--
Nederwiek 1	2,0	Haven Vlissingen	Borssele
IJmuiden Ver Bèta + Gamma; Nederwiek 2	6,0	Amaliahaven	--
Nederwiek 3	2,0	Geertruidenberg/Moerdijk	Geertruidenberg
Hollandse Kust Zuid Alpha + Bèta	1,4	Maasvlakte	--
Luchterduinen	0,1	Sassenheim (150 kV)	--
NSW + Amalia + Hollandse Kust West Gamma	0,9	Velsen (150 kV)	--
Hollandse Kust Noord Alpha; Hollandse Kust West Alpha + Bèta	2,1	Wijk aan Zee	--

Tabel 2: Overzicht van de windparken uit het Ontwikkelkader, die in alle IP2024-scenario's voor 2030 en 2035 zijn opgenomen. Aansluitlocaties zijn 380 kV-stations tenzij anders vermeld.

⁵ Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Ontwikkelkader windenergie op zee, vastgesteld in de Ministerraad van 10 juni 2022. Online beschikbaar: <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-451475b2f0986b6f24fbc75ea95adcbcc69663fd/pdf>

Totaal vermogen [GW]	Aansluitlocatie	Proxy in basismodel	In 2035KA	In 2035ND
4,0	Eemshaven Oostpolder	Eemshaven Oudeschip	•	•
2,0	Middenmeer	Oostzaan		•
2,0	Moerdijk	Geertruidenberg	•	•

Tabel 3: Overzicht van de additionele WoZ-opwek die is aangenomen in de IP2024-scenario's KA en ND voor 2035. Dit is vermogen uit voorgenoemde plannen, dat optelt bij de reeds vastgestelde windparken uit het Ontwikkelkader.

In totaal komen de scenario's van het TenneT IP2024 daarmee op:

- 2035KA: 21,3 GW uit Ontwikkelkader + 6,0 GW uit ambitie 2040 = 27,3 GW
- 2035ND: 21,3 GW uit Ontwikkelkader + 8,0 GW uit ambitie 2040 = 29,3 GW



5. Varianten

5.1 Overzichtstabel

In totaal zijn er 25 verschillende netwerkberekeningen gedaan voor deze analyse, zoals te zien in tabel 4.

Vari-ant	Scenario	Netmodel	Add. KE [GW]	Locatie	LionLink	Add. WoZ op
01	2035KA	2035 basis	0	--	Borssele	--
02	2035KA	2035 basis	0	--	Geertruidenberg	--
03	2035KA	2035 basis	1,6	Borssele	Borssele	--
04	2035KA	2035 basis	1,6	Borssele	Geertruidenberg	--
05	2035KA	2035 basis	3,2	Borssele	Borssele	--
06	2035KA	2035 basis	3,2	Borssele	Geertruidenberg	--
07	2035KA	2035 basis	1,6	Maasvlakte	Borssele	--
08	2035KA	2035 basis	3,2	Maasvlakte	Borssele	--
09	2035ND	2035 basis	0	--	Borssele	--
10	2035ND	2035 basis	0	--	Geertruidenberg	--
11	2035ND	2035 basis	1,6	Borssele	Borssele	--
12	2035ND	2035 basis	1,6	Borssele	Geertruidenberg	--
13	2035ND	2035 basis	3,2	Borssele	Borssele	--
14	2035ND	2035 basis	3,2	Borssele	Geertruidenberg	--
15	2035ND	2035 basis	1,6	Maasvlakte	Borssele	--
16	2035ND	2035 basis	3,2	Maasvlakte	Borssele	--
17	2035ND	2035 uitstap	0	--	Geertruidenberg	--
18	2035ND	2035 uitstap	1,6	Borssele	Geertruidenberg	--
19	2035ND	2035 uitstap	3,2	Borssele	Geertruidenberg	--
20	2035ND	2035 uitstap	0	--	Geertruidenberg	Haven Vlissingen
21	2035ND	2035 uitstap	1,6	Borssele	Geertruidenberg	Haven Vlissingen
22	2035ND	2035 uitstap	3,2	Borssele	Geertruidenberg	Haven Vlissingen
23	2035ND	2035 uitstap	0	--	Geertruidenberg	Terneuzen
24	2035ND	2035 uitstap	1,6	Borssele	Geertruidenberg	Terneuzen
25	2035ND	2035 uitstap	3,2	Borssele	Geertruidenberg	Terneuzen

Tabel 4: Overzicht van de doorgerekende varianten in deze studie

Toelichting op de kolommen:

- Variant: Nummering van de varianten voor latere verwijzingen.
- Scenario: Zie § 4.1, hierboven.
- Netmodel: Zie § 4.3, hierboven.
- Add. KE [GW]: Additionele kernenergie in GW. Zie § 4.4, hierboven.
- Locatie: Locatie van de additionele kerncentrales. Zie § 4.4, hierboven.
- LionLink: Aanlandlocatie van de LionLink-interconnector. Zie § 5.2, hieronder.
- Add. WoZ op: Aansluitlocatie additionele windenergie-op-zee (WoZ) in Zeeland. Zie § 5.3, hieronder.

5.2 LionLink

LionLink is een voorgenomen Multi-Purpose Interconnector (MPI) tussen Nederland en het Verenigd Koninkrijk. Deze verbindt een Nederlands windpark (dat tevens wordt verbonden met het Nederlandse net op land) en het VK, zodat energie van het windpark naar beide landen kan stromen én op windstille momenten extra energiehandel tussen de landen mogelijk wordt.

Ten tijde van de IP2024-netberekeningen werd ervan uitgegaan dat LionLink aangesloten zou worden op het windpark Nederwiek 1, dat op Haven Vlissingen wordt aangesloten. Omdat Haven Vlissingen nog niet in het basismodel voor

IP2024 staat (zie § 4.3, 4.6), is in deze analyse Borssele als benadering gebruikt voor Nederwiek 1 en daarmee voor LionLink.

In de loop van 2023 werd echter duidelijk dat een aansluiting van LionLink op Nederwiek 3 het meest waarschijnlijk is. Dit windpark wordt aangesloten op Moerdijk of Geertruidenberg. Daarom is de aansluitlocatie van LionLink gewijzigd naar Geertruidenberg (voor deze doorrekeningen met nieuwe kerncentrales in Borssele; voor de locatie Maasvlakte werd dit achterwege gelaten omdat dit naar verwachting weinig verschil maakt). Gezien de geringe afstand tussen Moerdijk en Geertruidenberg, zijn er geen aparte doorrekeningen gedaan met LionLink aangesloten op Moerdijk.

5.3 Varianten windenergie in Zeeland

Bij de berekeningen met het uitstapmodel zijn, op verzoek van MinEZK, varianten doorgerekend waarin aanvullend op de plannen uit het Ontwikkelkader (zie § 4.6) 2,0 GW extra WoZ in Zeeland aanlandt: hetzij op Haven Vlissingen, hetzij in Terneuzen. Om de scenario's in balans te houden, is hierbij 2,0 GW verwijderd uit de ambitie 2040, die was gemodelleerd op Moerdijk (zie tabel 3). Dit leidt in totaal tot de verdeling van WoZ-aanlandingen in Zeeland en West-Brabant zoals weergegeven in tabel 5.

Aansluitlocatie	WoZ in basisvariant [GW]	WoZ in Vlissingen-variant [GW]	WoZ in Terneuzen-variant [GW]
Borssele	3,4	3,4	3,4
Haven Vlissingen	2,0	4,0	2,0
Terneuzen	0	0	2,0
Moerdijk	2,0	0	0
Geertruidenberg (LionLink)	2,0	2,0	2,0

Tabel 5: Aansluitingen van windenergie op zee in Zeeland en West-Brabant in de berekeningen met het uitstapmodel.

6. Beperkingen van deze studie

6.1 Steekjaar

De belangrijkste beperking van deze analyse is het steekjaar. Conform de opdracht aan TenneT, zoals in de eerste besprekingen met MinEZK geformuleerd, is alleen steekjaar 2035 door-gerekend, terwijl eventuele nieuwe kerncentrales waarschijnlijk pas na 2035 in bedrijf komen en dan meerdere decennia blijven staan.

Toch is voor dit steekjaar gekozen, omdat de nu beschikbare marktscenario's voor 2040 en 2050 aanzienlijk minder zeker zijn, vanwege het feit dat deze verder in de toekomst liggen. Ook zijn deze scenario's naar hun aard minder geschikt om de specifieke onderzoeksvraag van deze analyse te beantwoorden. TenneT zal in 2024 vervolg-onderzoek doen met deze langere horizonen.

6.2 Regionalisatie-keuzes in uitstapmodel

Achteraf is duidelijk geworden dat enkele keuzes in de regionalisatie, gemaakt bij de berekeningen met het uitstapmodel, niet ideaal zijn:

- Bij de varianten met extra WoZ in Zeeland (zie § 5.3) werd ter compensatie WoZ weggehaald uit Moerdijk. Beter zou zijn geweest hiervoor een windpark elders in Nederland te gebruiken. De resultaten voor de verbinding Moerdijk – Geertruidenberg zijn hierdoor waarschijnlijk te rooskleurig.
- De nieuwe kerncentrales zijn steeds geregionaliseerd in Borssele, terwijl deze in werkelijkheid op Haven Vlissingen zouden worden aangesloten. De resultaten voor de verbinding Borssele – Haven Vlissingen zijn hierdoor waarschijnlijk te pessimistisch. Aangezien dit een zeer korte verbinding is, wordt het effect op de rest van het netwerk echter verwaarloosbaar geacht.



7. Resultaten

7.1 Marktsimulaties

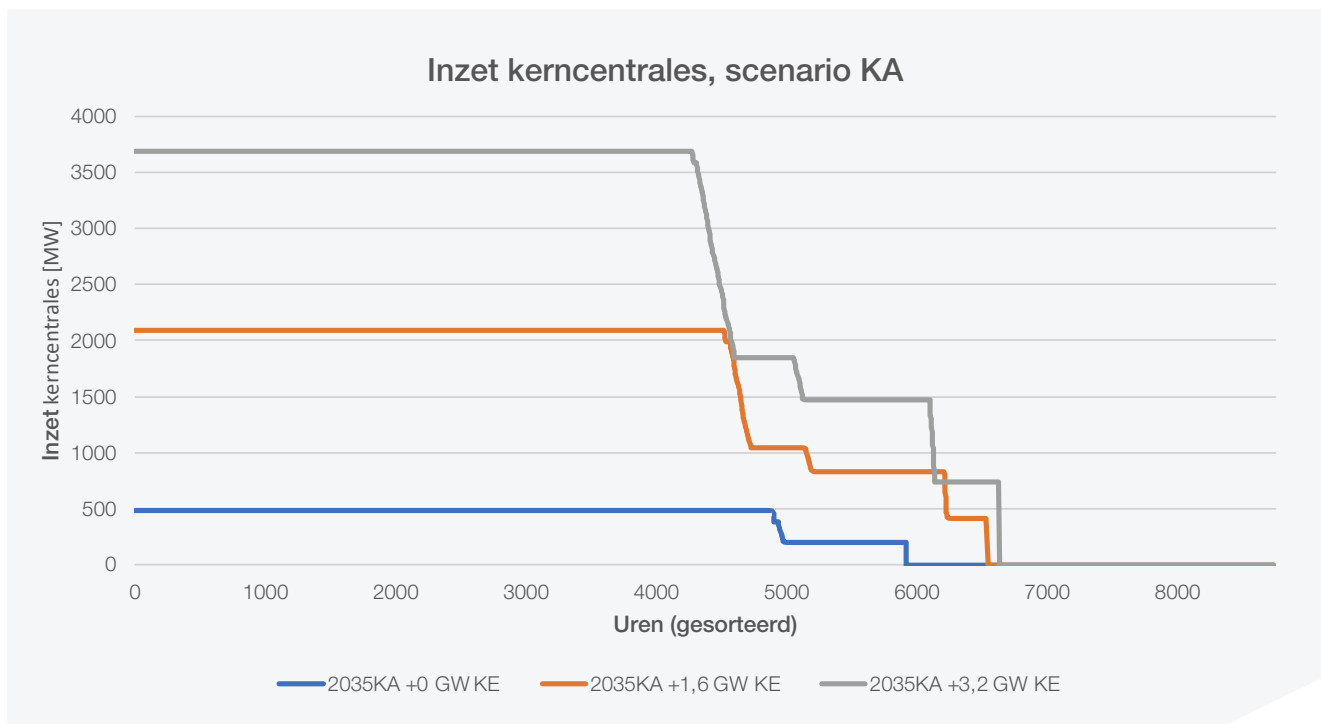
De marktsimulaties zijn nodig ter voorbereiding op de netwerkberekeningen, zoals beschreven in § 3.1. De uitkomsten van de marktsimulaties zelf geven echter ook al waardevolle inzichten.

Figuur 3 en figuur 4 zijn duurcurves van de inzet van kerncentrales, zoals die uit de marktsimulaties volgt. Dat betekent dat van elk gesimuleerd marktjaar, de uren zijn gesorteerd van hoogste naar laagste inzet van kerncentrales.

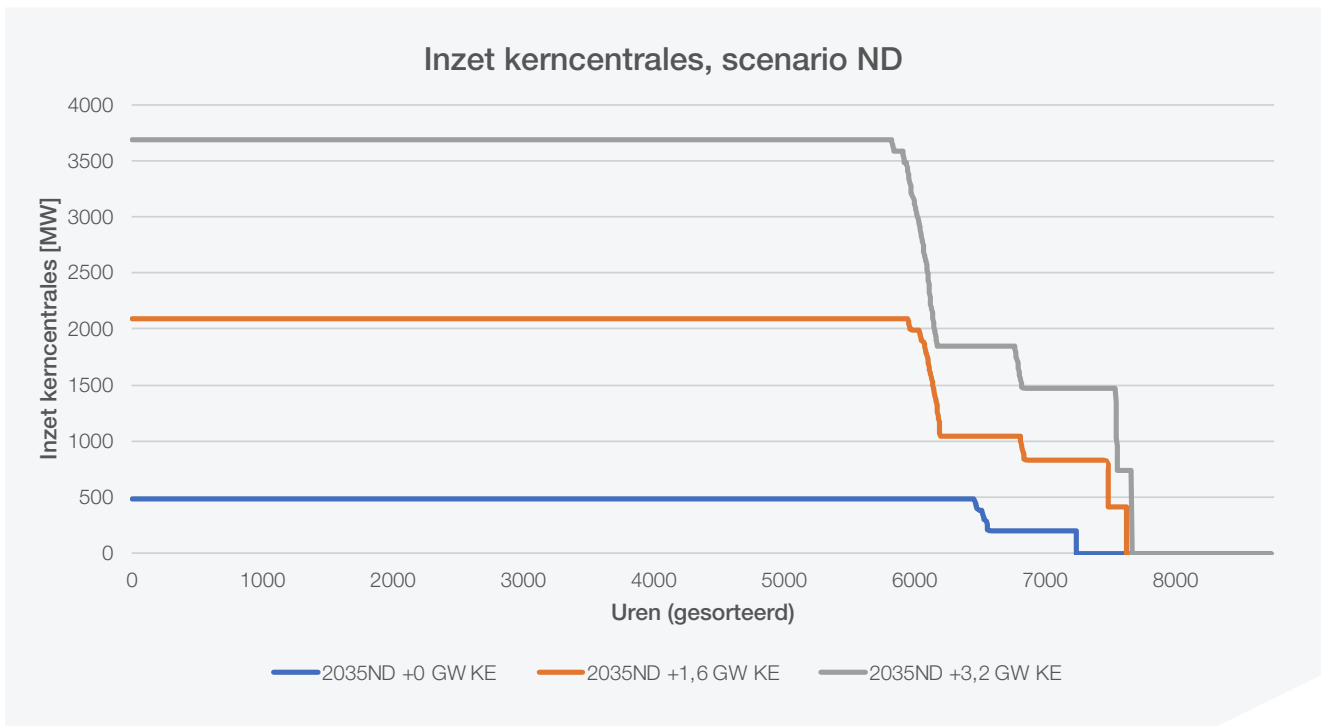
Saillant: het inzetpatroon verandert nauwelijks als

er méér kerncentrales aan het systeem worden toegevoegd. De grafieken worden verticaal uitgerekt door het grotere geïnstalleerde vermogen aan kernenergie, maar veranderen verder nauwelijks van vorm.

Daarnaast komt een opvallend verschil in beeld tussen de scenario's KA en ND (zie § 4.1) : waar kerncentrales in scenario ND rond de 6.000 uur in het jaar op vol vermogen draaien, is dit in scenario KA minder dan 5.000 uur.



Figuur 3: Inzet van kerncentrales in het scenario Klimaatambitie.

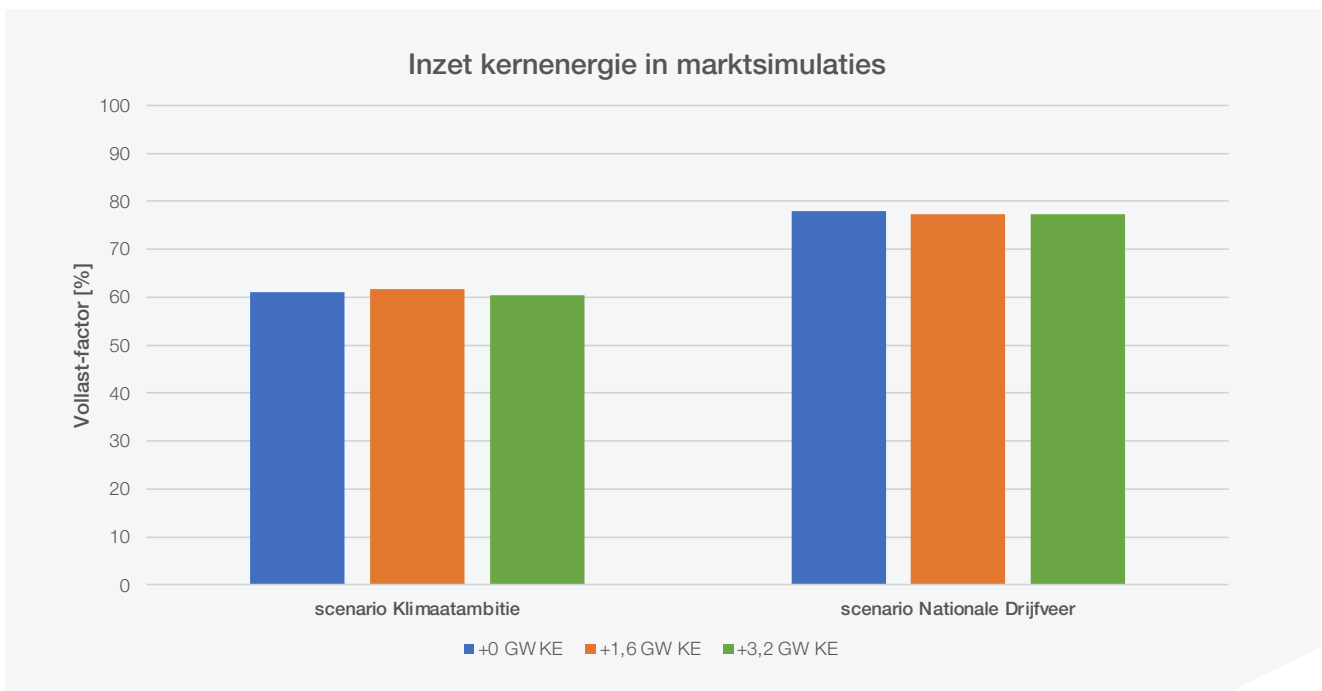


Figuur 4: Inzet van kerncentrales in het scenario Nationale Drijfveer.

Beide observaties – het geringe effect van het toevoegen van méér kerncentrales als het scenario gelijk blijft en het verschil in vollasttijd tussen de scenario's – komen sterk tot uiting in de vollast-factoren van de kerncentrales. De vollast-factor is de totale energie die de kerncentrales in het systeem invoeden, als percentage van de energie die zou worden

ingevoerd als de kerncentrales continu op vol vermogen draaien.

In figuur 5 zijn de vollast-factoren van kerncentrales in de verschillende situaties te zien. Zoals in § 4.2 vermeld, is hierin een bepaalde niet-beschikbaarheid van de kerncentrales aangenomen.



Figuur 5: Overzicht van vollast-factoren van de kerncentrales in de marktsimulaties.

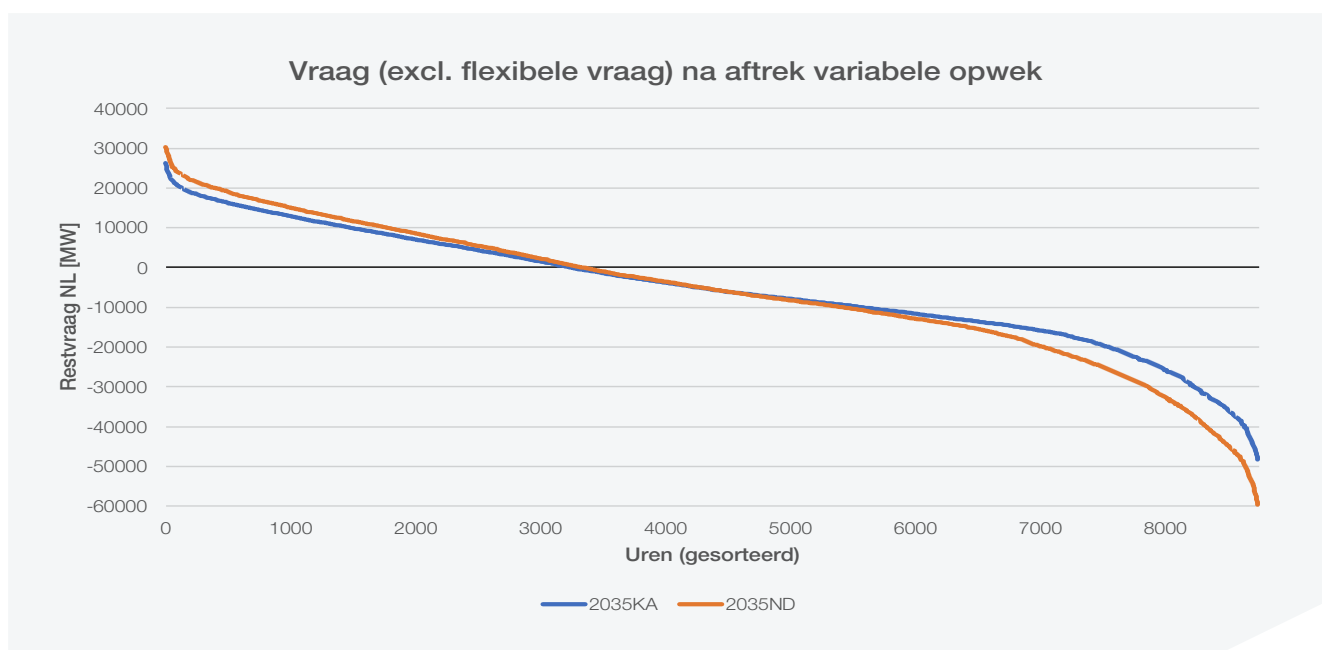
Ter vergelijking: de bestaande kerncentrale in Borssele had in 2022 een vollast-factor van 94%.⁶

Dat de vollast-factor bij toenemend geïnstalleerd vermogen niet of nauwelijks afneemt, kan worden verklaard door de positie van kerncentrales in de merit order (zie § 3.1, 4.2): een groter kerncentralepark kan ook vraag bedienen die anders door andere regelbare opwek met hogere marginale kosten (zoals gascentrales) zou zijn bediend.

Het verschil tussen de scenario's KA en ND kan verklaard worden aan de hand van figuur 6 en figuur 7. Dit zijn duurcurves van de restvraag: de vraag naar elektriciteit, na aftrek van variabele opwek zoals wind- en zonne-energie. Is de restvraag positief, dan is er in dat uur méér vraag dan variabele opwek, dus moet het tekort

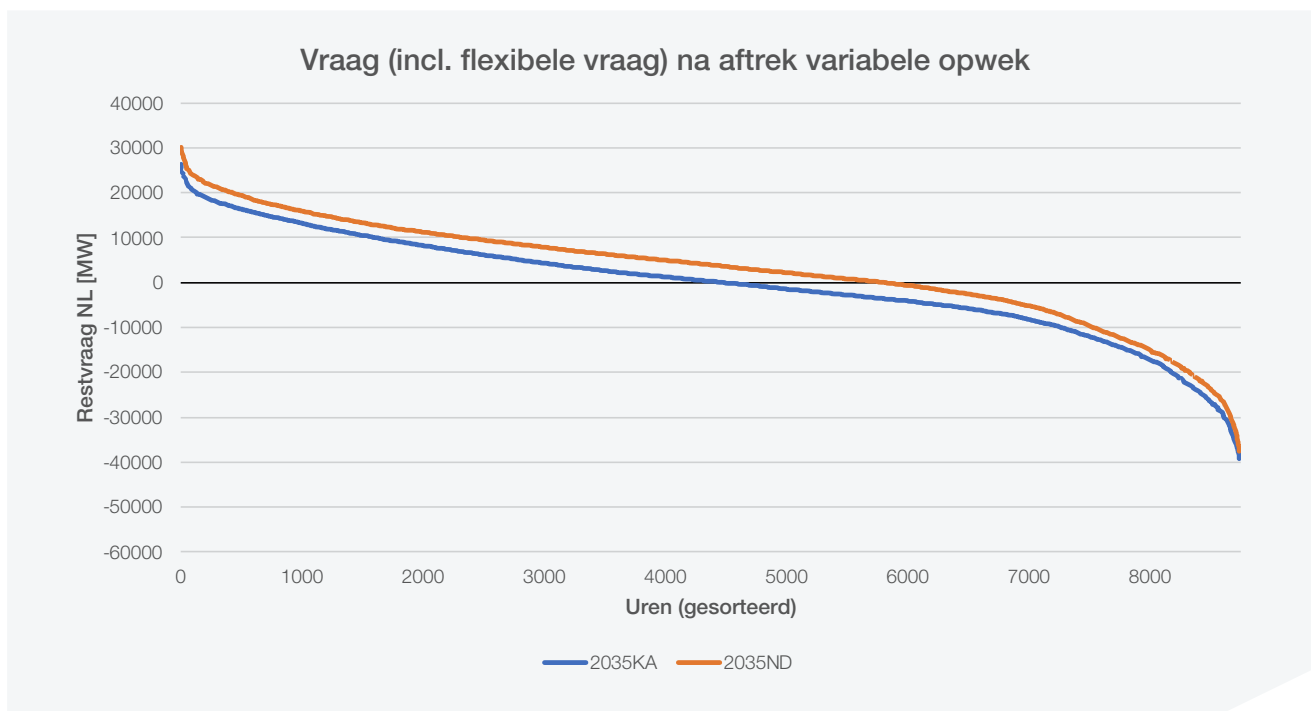
aangevuld worden met regelbare opwek en import. Is de restvraag negatief, dan is er in dat uur méér aanbod van variabele opwek dan vraag naar elektriciteit - dus een overschot.

Figuur 6 toont alleen de basisvraag, vraag die niet reageert op prijsprikkels. Daarin is relatief weinig verschil te zien tussen KA en ND. Figuur 7 toont basisvraag én flexibele vraag, de vraag die in het marktmodel aan of uit gaat afhankelijk van de elektriciteitsprijs. Daarin is het verschil tussen de scenario's aanzienlijk. Het aantal uur met een positieve restvraag, waarin dus inzet van regelbare opwek nodig is, is in scenario ND (~5.800 uur) aanzienlijk hoger dan in scenario KA (~4.500 uur). De zeer hoge volumes flexibele vraag die in scenario ND zijn aangenomen, hebben dus een grote invloed op de behoefte aan inzet van regelbare opwek.



Figuur 6: Restvraag in Nederland volgens de marktsimulaties, zonder flexibele vraag mee te rekenen.

⁶ EPZ jaarverslag 2022. Online beschikbaar: <https://www.epz.nl/app/uploads/2023/10/EPZ-jaarverslag2022.pdf>



Figuur 7: Restvraag in Nederland volgens de marktsimulaties, waarbij flexibele vraag is meegerekend.

Een belangrijk inzicht uit de marktsimulaties is dus, dat kerncentrales in 2035 – door het grote aanbod van wind- en zonne-energie – in scenario KA een relatief lage inzet kennen, anders dan in scenario ND, waarin naast een sterke ontwikkeling van wind- en zonne-energie ook een zeer sterke ontwikkeling van flexibele vraag wordt aangenomen.

7.2 Netwerkberekeningen

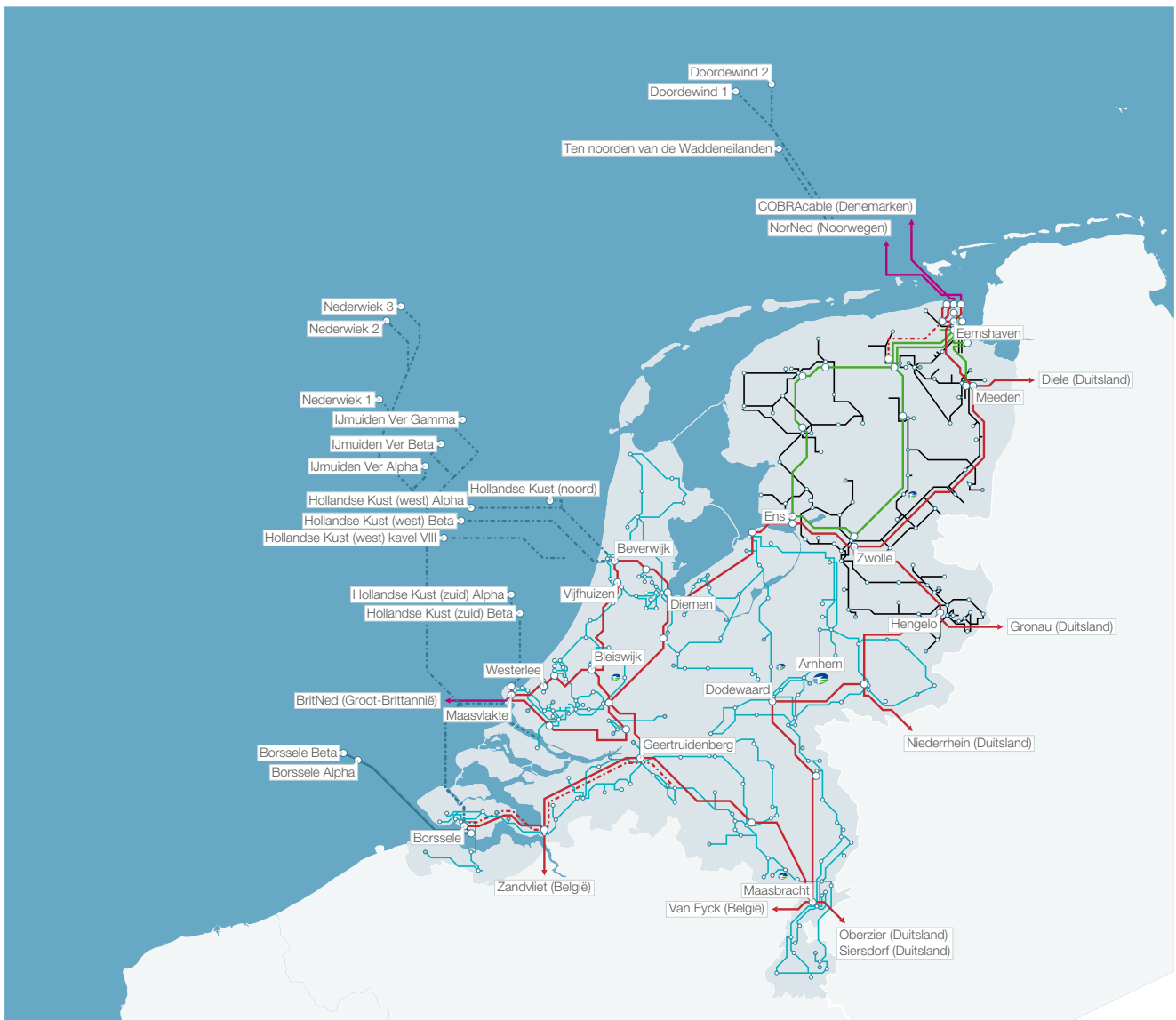
Bij het analyseren van de netwerkberekeningen zijn voor elk van de twee locaties (Borssele en Maasvlakte) relevante verbindingen geselecteerd. Gekozen is om de verbindingen tussen de betreffende locatie en de 380 kV-hoofdring te beschouwen. De 380 kV-hoofdring is de ruggengraat van het Nederlandse elektriciteitsnet en loopt (met de klok mee) langs de TenneT-stations Krimpen aan den IJssel, Diemen, Lelystad, Ens, Zwolle, Hengelo, Doetinchem, Dodewaard, Boxmeer, Maasbracht, Eindhoven en Geertruidenberg.

Van de relevante verbindingen is steeds de Energy Not Transported (ENT, zie § 3.2) in verschillende situaties vergeleken. Deze is gedefinieerd o.b.v. N-1-overschrijdingen op één circuit van de verbinding.

7.2.1 Maasvlakte

De 380 kV-netstructuur rondom de Maasvlakte is weergegeven in figuur 8. Het dichtstbijzijnde station van de 380 kV-hoofdring is Krimpen aan den IJssel. Duidelijk is te zien dat tussen de Maasvlakte en Krimpen aan den IJssel ook een ringstructuur bestaat.

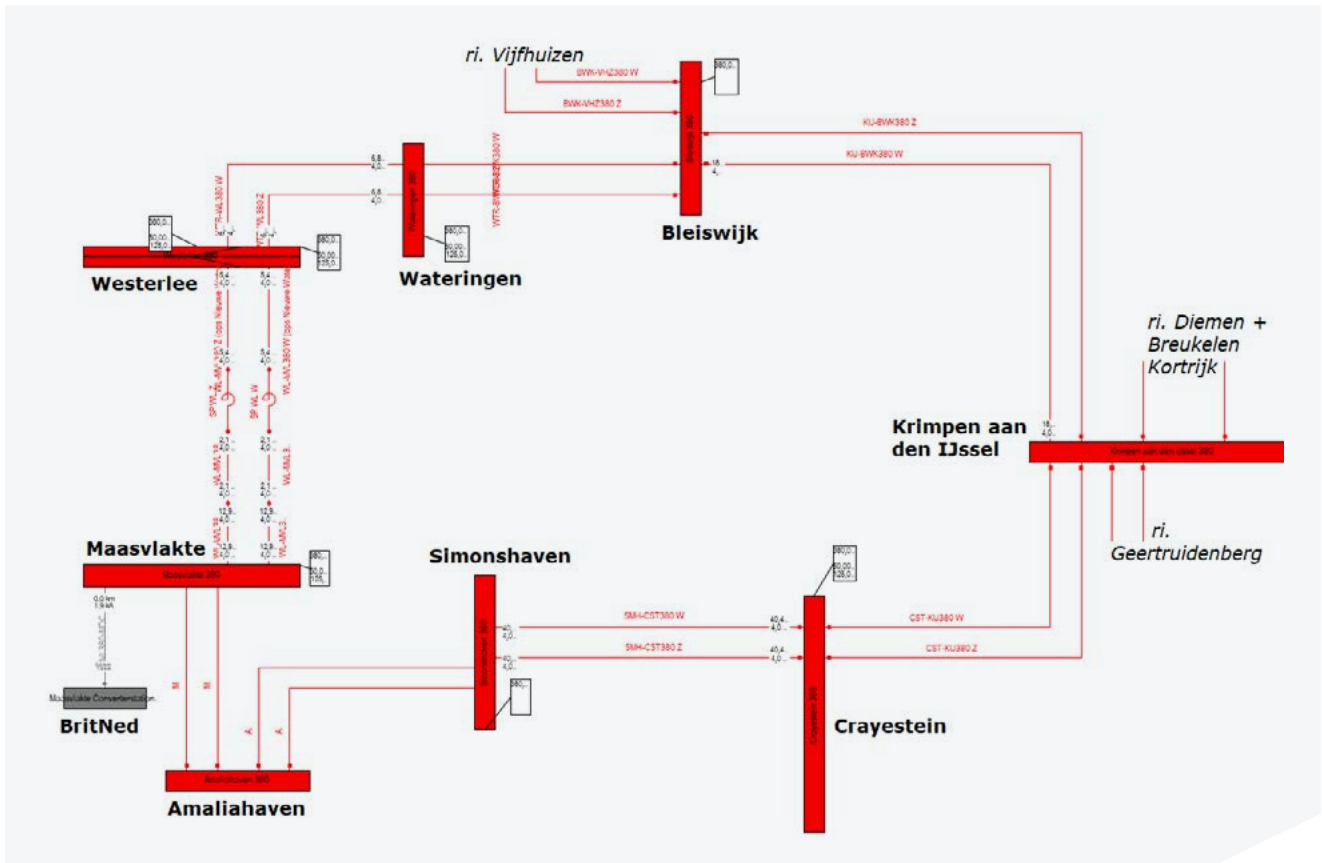
Wegens ruimtegebrek worden in veel grafieken de TenneT-afkortingen van hoogspanningsstations gebruikt; deze worden verklaard in tabel 7.



Figuur 8: Gestileerde weergave van het Nederlandse hoogspanningsnet, met 380 kV-verbindingen in rood aangegeven. De 380 kV-hoofdtring is duidelijk te herkennen in het midden, oosten en zuiden van het land.

Volledige naam	Afkorting	Status
Maasvlakte	MVL	bestaand
Westerlee	WL	bestaand
Wateringen	WTR	bestaand
Bleiswijk	BWK	bestaand
Krimpen aan den IJssel	KIJ	bestaand
Crayestein	CST	bestaand
Simonshaven	SMH	bestaand
Amaliahaven	AMH	gepland (definitief)

Tabel 7: Afkortingen van de 380 kV-stationsnamen in de Rijnmond



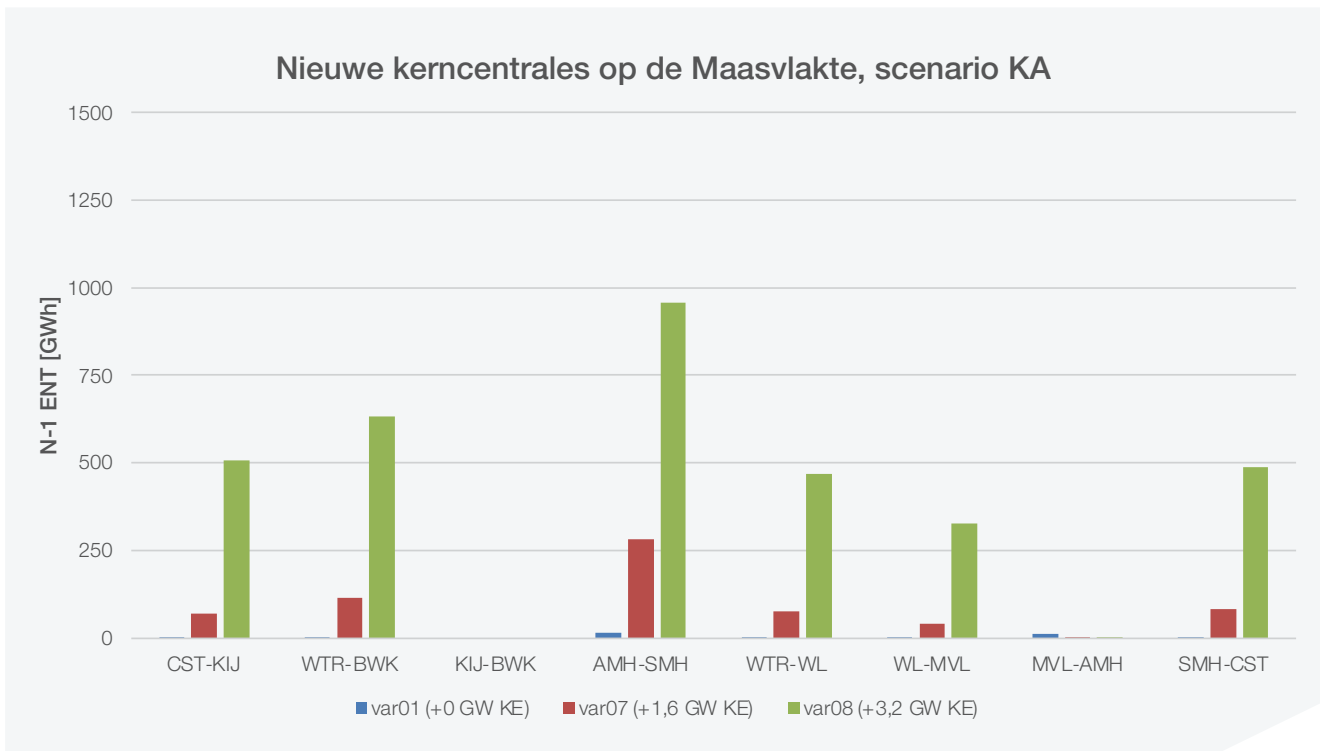
Figuur 8: Netstructuur van het 380 kV-netwerk in de Rijnmond in het IP2024-basismodel voor steekjaar 2035. Dunne rode lijntjes zijn 380 kV-circuits; dikke rode balken zijn 380 kV-stations.

De N-1 Energy Not Transported (ENT) voor verbindingen in de Rijnmondring is weergegeven in figuur 9 en figuur 10. Deze is uitgedrukt in GWh.

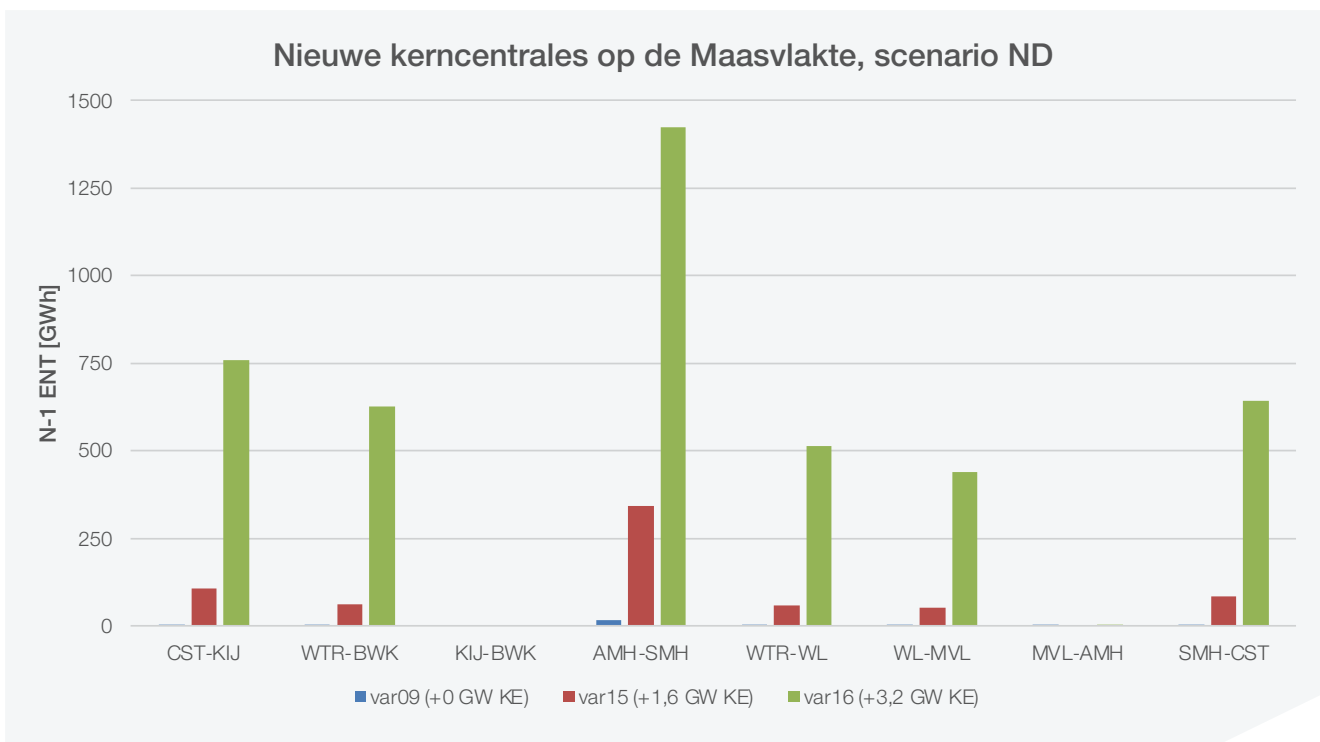
Te zien is dat in het basisscenario – zowel KA als ND – weinig tot geen overschrijdingen optreden op deze verbindingen. Bij 1,6 GW nieuw productievermogen kernenergie op de Maasvlakte is er wel sprake van overschrijdingen, waarbij met name die op de verbinding Simonshaven – Amaliahaven significant zijn. Bij 3,2 GW nieuw productievermogen kernenergie op de Maasvlakte treden op meerdere verbindingen zware overschrijdingen op, waarbij opnieuw de verbinding Simonshaven – Amaliahaven eruit springt.

De verbinding Simonshaven – Amaliahaven is nader bekeken in figuur 11 en figuur 12. Dit zijn duurcurves, waarbij de capaciteit van de verbinding is weergegeven met zwarte stippellijnen, zodat duidelijk te zien is hoe vaak er overschrijdingen optreden en hoe hoog deze zijn: overal waar de duurcurve buiten de stippellijnen komt, is sprake van overschrijdingen.

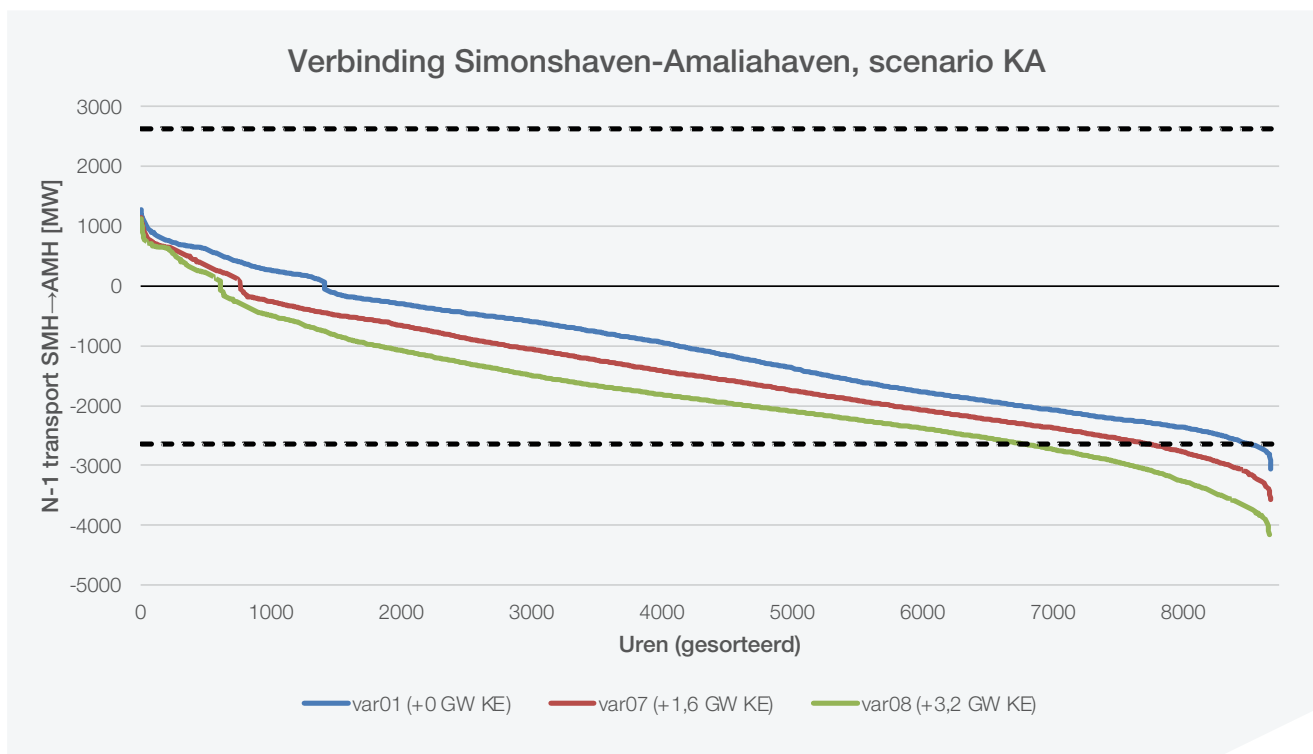
Te zien is dat de overschrijdingen steeds in de richting Amaliahaven > Simonshaven (hier als negatief gedefinieerd) zijn, en dat deze zwaarder worden naarmate er meer kernenergie op de Maasvlakte wordt toegevoegd. Dit patroon is hetzelfde in de scenario's KA en ND, alleen zijn er in ND vaker en zwaardere overschrijdingen (in lijn met figuur 9 en figuur 10).



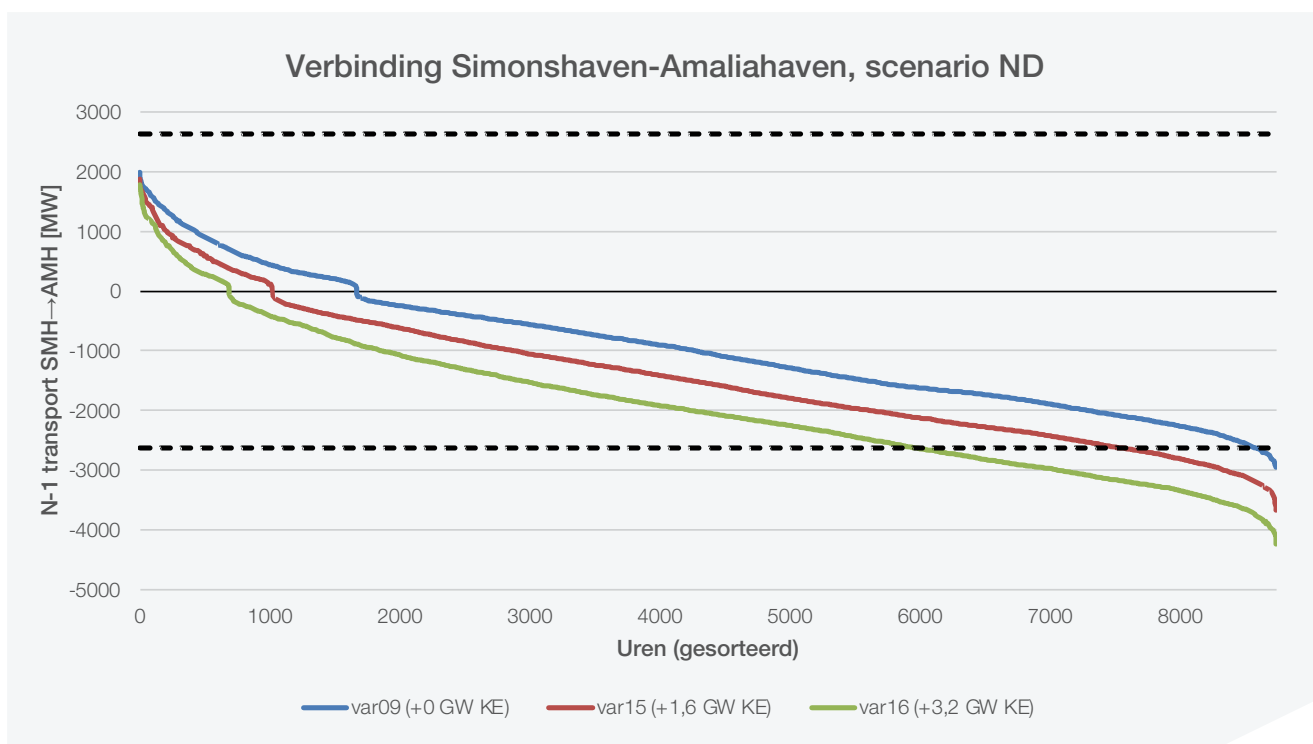
Figuur 9: N-1 ENT voor verbindingen in de ring tussen de Maasvlakte en de 380 kV-hoofdring, in het scenario Klimaatambitie. De variantnummers verwijzen naar tabel 4. Afkortingen zijn verklaard in tabel 7.



Figuur 10: N-1 ENT voor verbindingen in de ring tussen de Maasvlakte en de 380 kV-hoofdring, in het scenario Nationale Drijfveer. De variantnummers verwijzen naar Tabel 4. Afkortingen zijn verklaard in Tabel 7.



Figuur 11: Duurcurve van de N-1 vermogensstroom Simonshaven > Amaliahaven in het scenario Klimaatambitie. De variantnummers verwijzen naar tabel 4.



Figuur 12: Duurcurve van de N-1 vermogensstroom Simonshaven > Amaliahaven in het scenario Nationale Drijfveer. De variantnummers verwijzen naar tabel 4.

Dat er met name tussen Amaliahaven en Simonshaven een knelpunt ontstaat als er kerncentrales op de Maasvlakte worden toegevoegd, kan waarschijnlijk worden verklaard uit de grote volumes WoZ die aanlanden op Amaliahaven (zie tabel 2).

Deelconclusie: uit de netwerkberekeningen blijkt dat er knelpunten ontstaan tussen de Maasvlakte en de 380 kV-hoofdring, als er nieuwe kerncentrales op de Maasvlakte worden geplaatst. Dit geldt zowel bij 1,6 als bij 3,2 GW nieuw productievermogen kernenergie, en in beide onderzochte scenario's (KA en ND).

7.2.2 Borssele (basismodel)

De 380 kV-netstructuur rondom Borssele in het basismodel is weergegeven in figuur 1. De dichtstbijzijnde stations van de 380 kV-hoofdring zijn Geertruidenberg en Tilburg (Tilburg is een definitief gepland 380 kV-station, dat in de verbinding tussen Geertruidenberg en Eindhoven wordt ingevoegd).

Voor de berekeningen met toegevoegde kerncentrales in Borssele zijn in het basismodel de verbindingen Borssele – Rilland, Rilland – Geertruidenberg en Rilland – Tilburg als relevant geselecteerd. Op geen van deze verbindingen zijn significante overschrijdingen gevonden; de N-1 ENT bleef in alle situaties (KA of ND; geen, 1,6 GW of 3,2 GW nieuw productievermogen kernenergie) onder de 20 GWh. Dat is dus een

aanzienlijk ander beeld dan de overschrijdingen van enkele honderden tot meer dan 1000 GWh, gezien in figuur 9 en figuur 10. Om onjuiste indrukken te voorkomen, is besloten deze zeer lage getallen niet in een staafgrafiek weer te geven.

Bovendien wijkt, zoals vermeld in § 4.3, de netsituatie in het uitstapmodel significant af van die in het basismodel. De daar genoemde projecten in studiefase, die wel in het uitstapmodel zijn opgenomen maar niet in het basismodel, zijn dermate concreet dat het uitstapmodel geacht wordt een plausibeler beeld te geven van de situatie in 2035.

Hoewel uit het niet optreden van knelpunten in het basismodel de conclusie getrokken lijkt te kunnen worden dat nieuwe kerncentrales in Borssele inpasbaar zijn, zijn de resultaten van de berekeningen met het uitstapmodel (zie § 7.2.3 hieronder) relevanter.

7.2.3 Borssele (uitstapmodel)

De 380 kV-netstructuur rondom Borssele in het uitstapmodel is weergegeven in figuur 2. De dichtstbijzijnde stations van de 380 kV-hoofdring zijn nog steeds Geertruidenberg en Tilburg. Wegens ruimtegebrek worden in veel grafieken de TenneT-afkorting van hoogspanningsstations gebruikt; deze worden verklaard in tabel 8.

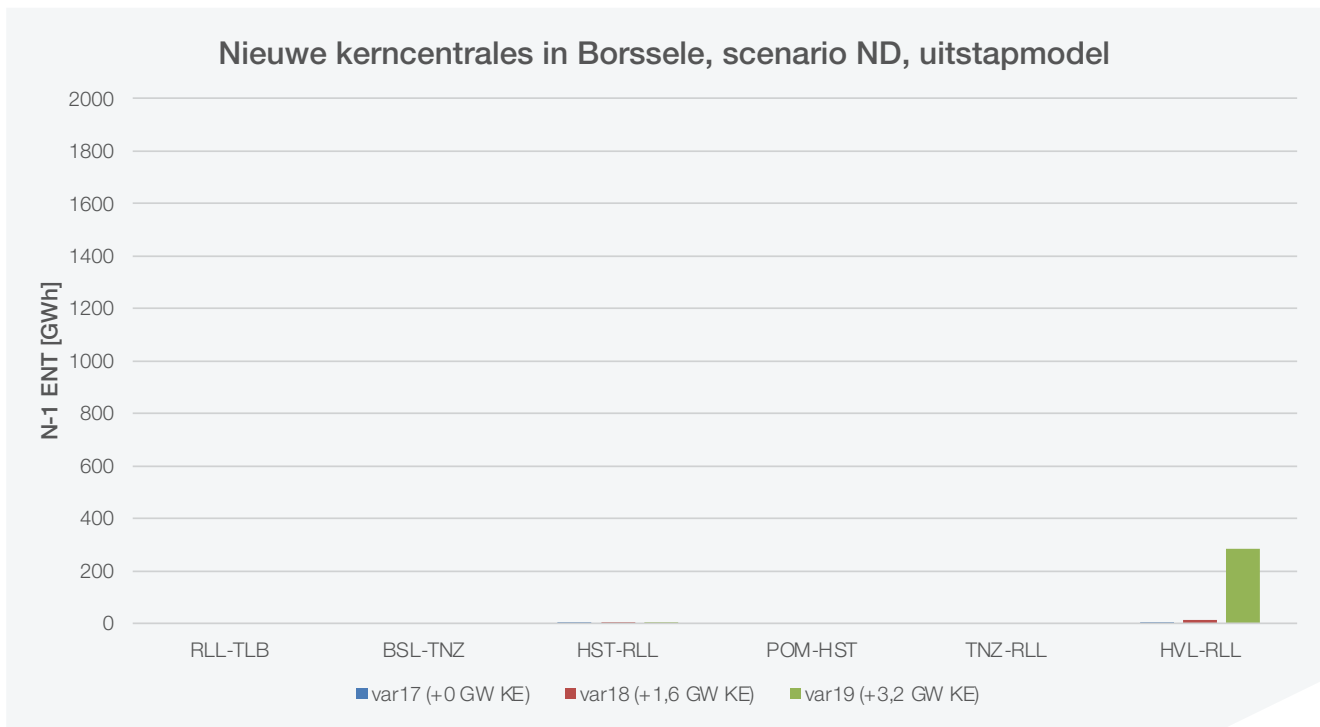
Volledige naam	Afkorting	Status
Borssele	BSL	bestaand
Haven Vlissingen	HVL	gepland (studiefase)
Terneuzen	TNZ	gepland (studiefase)
Rilland	RLL	bestaand
Halsteren	HST	gepland (studiefase)
Port of Moerdijk	POM	gepland (studiefase)
Geertruidenberg	GT	bestaand
Tilburg	TLB	gepland (definitief)

Tabel 8: Afkortingen van de 380 kV-stationsnamen in Zuidwest-Nederland in het uitstapmodel.

De N-1 Energy Not Transported (ENT) voor verbindingen in Zuidwest-Nederland is weergegeven in figuur 13, figuur 14 en figuur 15. Merk op dat de berekeningen met het uitstapmodel alleen met scenario ND zijn gedaan. Scenario KA werd vanwege de beperkte inzet van kerncentrales, die uit de marktsimulaties bleek (zie § 7.1), minder relevant geacht om knelpunten als gevolg van de inzet van kerncentrales te signaleren.

Wel is gevarieerd met de aanlandlocatie van 2,0 GW aan WoZ uit de ambitie 2040 (zie § 4.6, 5.3): Moerdijk (figuur 13), Haven Vlissingen (figuur 14) of Terneuzen (figuur 15).

De verbindingen Moerdijk – Geertruidenberg en Borssele – Haven Vlissingen zijn veiligheidshalve uit de figuren weggelaten, omdat deze verbindingen naar verwachting sterk beïnvloed worden door enkele specifieke regionalisatiekeuzes zoals benoemd in § 6.2.



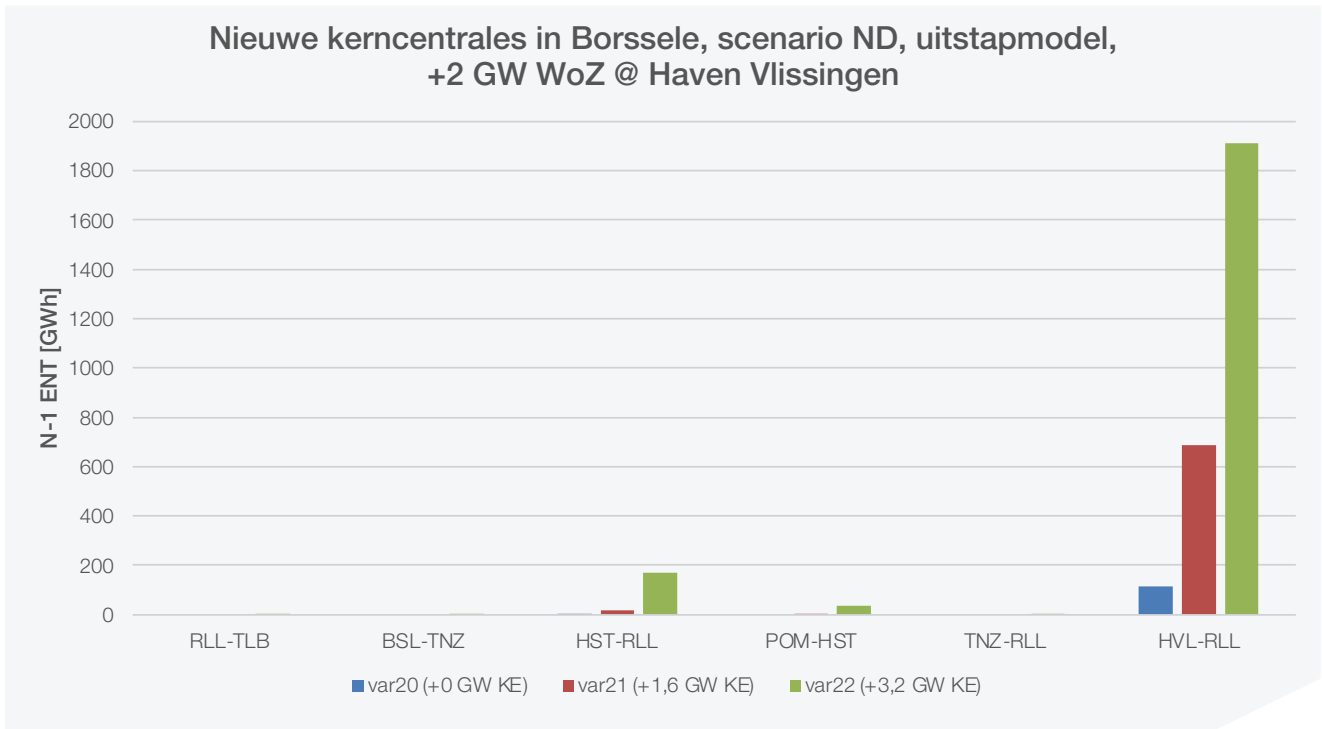
Figuur 13: N-1 ENT voor verbindingen tussen Borssele en de 380 kV-hoofdring (scenario Nationale Drijfveer, uitstapmodel). De variannummers verwijzen naar tabel 4. Afkortingen zijn verklaard in tabel 8.

De verbinding Haven Vlissingen – Rilland is duidelijk het meest beperkend. In de berekeningen met 3,2 GW productievermogen nieuwe kernenergie in Borssele treden hier significante knelpunten op, onafhankelijk van de plaatsing van additionele WoZ in Zeeland. In de berekeningen met 1,6 GW nieuw productievermogen kernenergie in Borssele én additionele WoZ in Zeeland (figuur 14 en figuur 15) treden ook significante knelpunten op op deze verbinding.

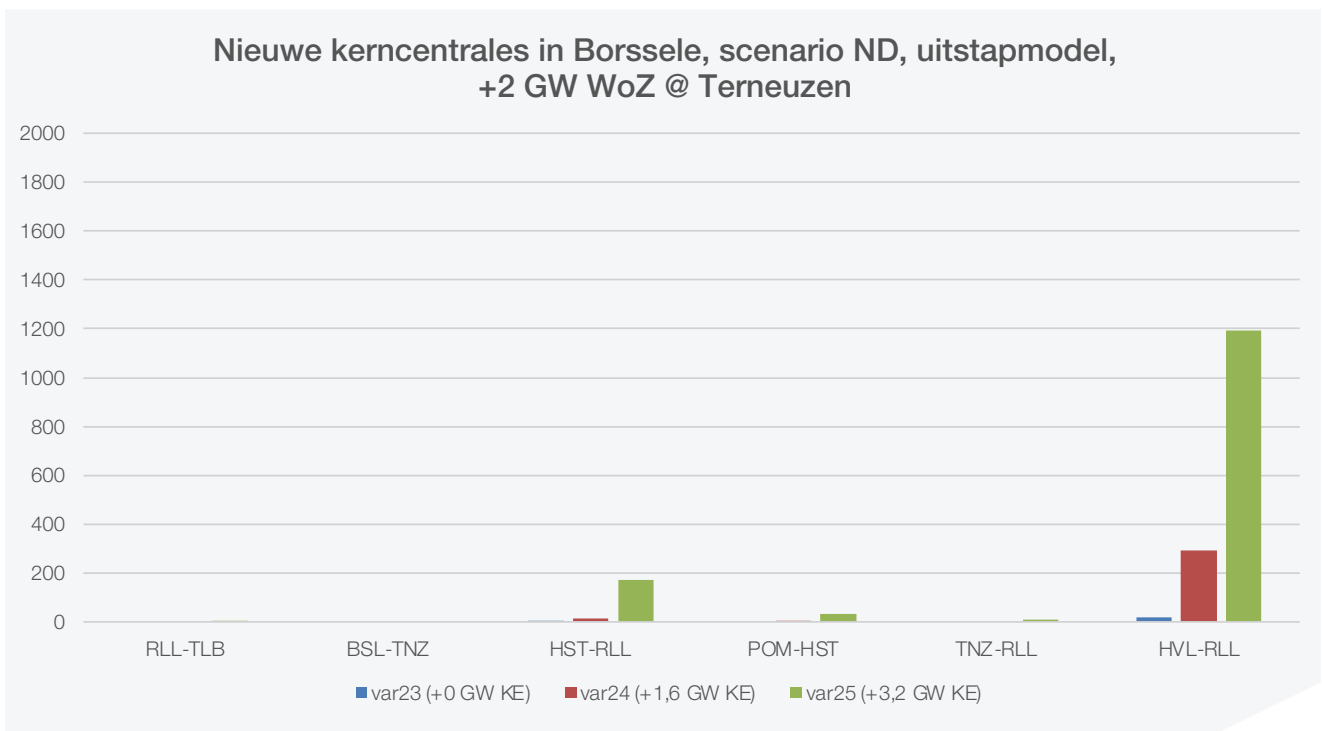
Bij 1,6 GW nieuwe kernenergie in Borssele en géén nieuwe WoZ in Zeeland, aanvullend op de plannen uit het Ontwikkelkader (figuur 13), treedt

wel een overschrijding op Haven Vlissingen – Rilland op, maar deze is zo laag (N-1 ENT < 20 GWh) dat ze binnen de onzekerheidsmarge valt. De duurcurve in figuur 16 toont goed dat deze overschrijding bij 1,6 GW nieuwe kernenergie een grensgeval is.

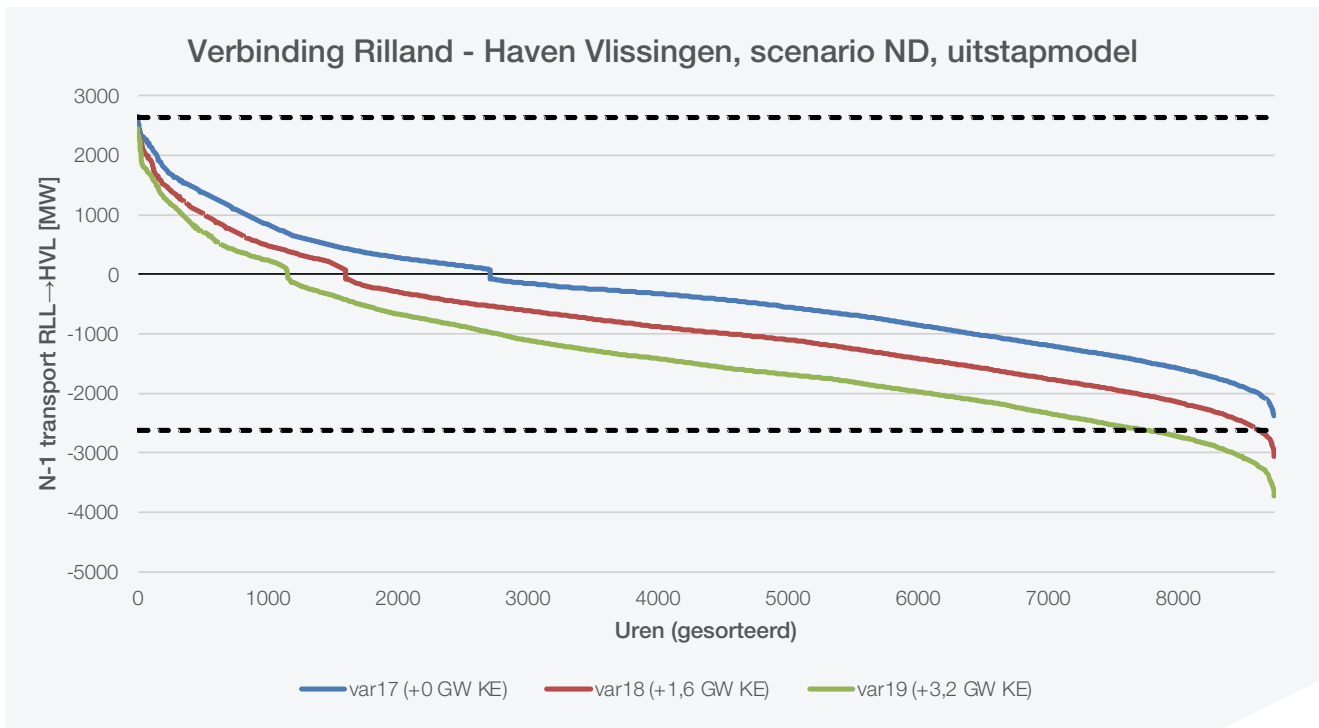
Deze minieme overschrijding wordt niet als knelpunt gezien, maar geeft wel aan dat het inpassen van 1,6GW nieuwe kernenergie extra aandacht vergt ten aanzien van het materialiseren van de in het ND-scenario aangenomen sterke flexibele vraagontwikkeling (zie § 4.1, 4.4) en geen nieuwe WoZ in Zeeland.



Figuur 14: N-1 ENT voor verbindingen tussen Borssele en de 380 kV-hoofdring (scenario Nationale Drijfveer, uitstapmodel, 2 GW WoZ verschoven van Moerdijk naar Haven Vlissingen). De variantnummers verwijzen naar tabel 4. Afkortingen zijn verklaard in tabel 8.



Figuur 15: N-1 ENT voor verbindingen tussen Borssele en de 380 kV-hoofdring (scenario Nationale Drijfveer, uitstapmodel, 2 GW WoZ verschoven van Moerdijk naar Terneuzen). De variantnummers verwijzen naar tabel 4. Afkortingen zijn verklaard in tabel 8.



Figuur 16: Duurcurve van de N-1 vermogensstroom Rilland > Haven Vlissingen (scenario Nationale Drijfveer, uitstapmodel). De variantnummers verwijzen naar tabel 4.

Dat er in het uitstapmodel (ook zonder verschuivingen van WoZ) knelpunten optreden bij toevoeging van 3,2 GW nieuwe kernenergie, terwijl in het basismodel geen significante overschrijdingen plaatsvinden (zie § 7.2.2), heeft te maken met de veranderde netstructuur. Zoals te zien in figuur 1, bevat het basismodel vier circuits van Borssele naar Rilland, waarover het vermogen normaal gesproken evenredig verdeeld wordt. Het uitstapmodel daarentegen (figuur 2) bevat twee ongelijke “routes” van Borssele naar Rilland: twee circuits gaan via Haven Vlissingen en twee via Terneuzen. Bovendien is het windpark Nederwiek 1 (2,0 GW) in het uitstapmodel daadwerkelijk op Haven Vlissingen

aangesloten, waar in het basismodel Borssele nog als proxy werd gebruikt (zie tabel 2); dit vergroot de asymmetrie van de twee routes in het uitstapmodel nog. De verbinding Haven Vlissingen – Rilland moet dus vaak meer dan de helft van het vermogen van Borssele naar Rilland voeren, waardoor knelpunten kunnen ontstaan die in het basismodel niet optraden.

De deelconclusies uit de berekening met het uitstapmodel staan in tabel 9. Merk op dat deze uitkomsten zijn bereikt onder specifieke aannames, met name de grote ontwikkeling van (flexibele) elektriciteitsvraag in het ND-scenario; zie de getallen voor Zeeland in § 4.4.

Zonder knelpunten inpasbaar?	1,6 GW in Borssele	3,2 GW in Borssele
Geen add. WoZ Zeeland aanvullend op Ontwikkelkader	mogelijk	nee
Add. 2.000 MW in Haven Vlissingen	nee	nee
Add. 2.000 MW in Terneuzen	nee	nee

Tabel 9: Samenvatting van de bevindingen uit de berekeningen met het uitstapmodel. De tabel geeft aan welke combinaties van WoZ en kernenergie in Zeeland in 2035 inpasbaar zouden zijn, onder de aannames zoals beschreven in hoofdstuk 4 en 5.

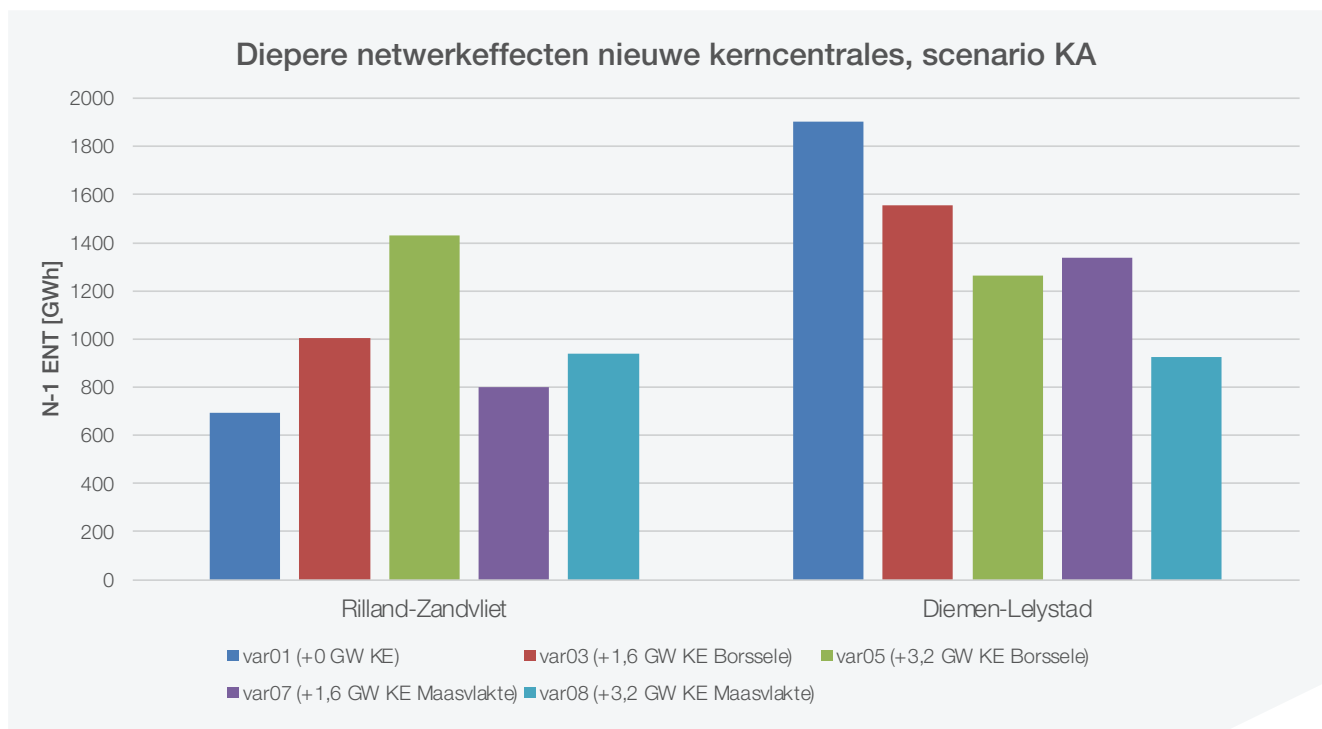
7.2.4 Algemene effecten

De toevoeging van nieuwe kerncentrales aan het marktscenario en netmodel heeft ook gevolgen dieper in het vermaasde Europese elektriciteitsnetwerk. Voor deze effecten maakt het weinig verschil of de nieuwe kerncentrales worden geplaatst in Borssele of op de Maasvlakte.

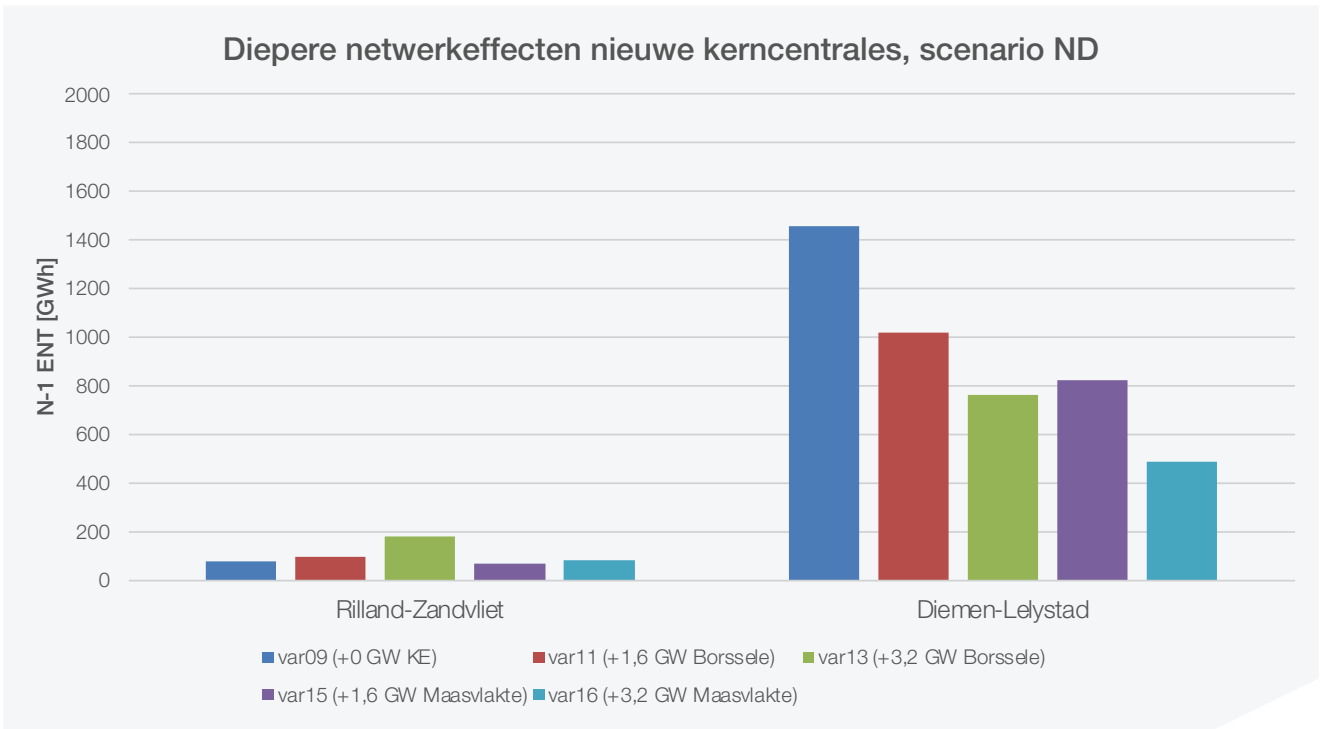
Eenzijds is daar het zware knelpunt op de interconnector Rilland-Zandvliet, dat nog enigszins verergerd wordt door de toevoeging van nieuwe kerncentrales in Nederland. Door de toevoeging van opwek met relatief lage marginale kosten in Nederland (zie § 4.2) zal Nederland vaker en meer exporteren, wat de overbelastingen Rilland > Zandvliet verergerd. Dit effect is vooral in het scenario KA (figuur 17) te merken; in het scenario ND (figuur 18) is zowel het oorspronkelijke knelpunt, als het effect van

toegevoegde kerncentrales, vrij marginaal. Door de ontwikkeling van grote (flexibele) vraag in het ND-scenario, is dit een minder exporterend scenario voor Nederland.

Anderzijds zijn er de zware knelpunten op de verbindingen van Noordoost- naar West-Nederland, zoals Diemen-Lelystad. Op momenten dat er weinig tot geen aanbod van windenergie op zee is, moeten deze verbindingen energie vanuit Noordoost-Nederland (bijvoorbeeld zonne-energie) en vanuit het buitenland aanvoeren om de vraag in West-Nederland te bedienen. Dit effect wordt iets minder door de beschikbaarheid van goedkope regelbare opwek (in de vorm van kerncentrales) in West-Nederland, waardoor deze knelpunten afnemen. Dit geldt in beide onderzochte scenario's, zoals te zien in figuur 17 en figuur 18.



Figuur 17: N-1 ENT voor de verbindingen Rilland-Zandvliet en Diemen-Lelystad in het scenario Klimaatambitie. De variantnummers verwijzen naar tabel 4.



Figuur 18: N-1 ENT voor de verbindingen Rilland-Zandvliet en Diemen-Lelystad in het scenario Nationale Drijfveer. De variantnummers verwijzen naar tabel 4.



8. Conclusie

De belangrijkste bevindingen uit deze analyse zijn als volgt:

- De economische inzet van kerncentrales in het steekjaar 2035 is sterk afhankelijk van de ontwikkeling van de (flexibele) vraag naar elektriciteit. In het scenario Klimaatambitie, waarin deze vraag zich minder sterk ontwikkelt, kennen de kerncentrales een lagere inzet dan in het scenario Nationale Drijfveer, waarin deze vraag zich zeer sterk ontwikkelt (zie § 4.1). Het grote aanbod van wind- en zonne-energie in het steekjaar in beide scenario's speelt een belangrijke rol.
- 1,6 GW of meer productievermogen nieuwe kernenergie op de Eerste Maasvlakte leiden, onder de aannames van deze studie, tot plaatselijke knelpunten in het hoogspanningsnet, met name op de verbinding Amaliahaven – Simonshaven (zie § 7.2.1). Dit effect treedt in beide scenario's (Klimaatambitie en Nationale Drijfveer) op.
- 3,2 GW productievermogen nieuwe kernenergie in Borssele leidt, onder de aannames van deze studie, tot plaatselijke knelpunten in het hoogspanningsnet, met name op de verbinding Haven Vlissingen – Rilland (zie § 7.2.3).
- 1,6 GW productievermogen nieuwe kernenergie in Borssele lijkt nét inpasbaar op het hoogspanningsnet, onder gunstige aannames: zeer sterke ontwikkeling van de (flexibele) vraag naar elektriciteit conform scenario Nationale Drijfveer (zie § 4.1, 4.4), en geen nieuwe aansluitingen voor WoZ in Zeeland aanvullend op de bestaande plannen uit het Ontwikkelkader windenergie op zee van MinEZK (zie § 4.6, 5.3).
- 1,6 GW productievermogen nieuwe kernenergie in Borssele in combinatie met een additionele WoZ-aansluiting (2,0 GW) in Zeeland (aanvullend op de bestaande plannen uit het Ontwikkelkader windenergie op zee; zie § 4.1, 4.4) leidt, onder de aannames van deze analyse, tot lokale knelpunten in het hoogspanningsnet, met name op de verbinding Haven Vlissingen – Rilland. Dit onder de aanname van zeer sterke ontwikkeling van (flexibele) vraag naar elektriciteit conform scenario Nationale Drijfveer (zie § 4.1, 4.4).

Bijlage A: Toelichting elektrische afkortingen

Elektrisch vermogen (energie per tijdseenheid) wordt uitgedrukt in watt (W).

- 1 kilowatt (kW) = 1.000 W
- 1 megawatt (MW) = 1.000 kW = 1.000.000 W
- 1 gigawatt (GW) = 1.000 MW = 1.000.000.000 W

Elektrische energie kan worden uitgedrukt in wattuur (Wh).

- 1 kilowattuur (kWh) = 1.000 Wh
- 1 megawattuur (MWh) = 1.000 kWh = 1.000.000 Wh
- 1 gigawattuur (GWh) = 1.000 MWh = 1.000.000.000 Wh

Elektrische spanning wordt uitgedrukt in volt (V).

- 1 kilovolt (kV) = 1.000 V

