

Oplegger IEA pVAWOZ  
Nieuwe netdoorrekeningen TenneT obv scenario's  
IP2026 (30 GW scenario)



Datum: 09-04-2026  
Versienummer: 3.0  
Status: Definitief

In opdracht van:



Ministerie van Klimaat en  
Groene Groei

# INHOUDSOPGAVE

1	Aanleiding .....	2
2	Welke aanvullende analyses zijn uitgevoerd? .....	4
2.1	Inleiding .....	4
2.2	Aannames energetisch scenario .....	4
2.3	Nieuwe doorgerekende configuraties aanlanding wind op zee .....	5
2.4	Overige aannames netdoorrekeningen .....	6
2.5	Beoordelingskader Systeemintegratie .....	6
3	Bevindingen aanvullende analyses .....	8
3.1	Resultaten per regio .....	8
3.2	Overkoepelend beeld .....	18
3.3	Afhankelijkheden en onzekerheden .....	19
3.4	Duiding verschillen met oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie .....	20
4	Impact op conclusies beoordeling systeemintegratie en IEA .....	21
	Referenties .....	23

# 1 Aanleiding

## Samenhang met bijlage B Deelrapport Systeemintegratie

Deze oplegger moet worden gelezen in samenhang met het rapport Systeemintegratie, te vinden in bijlage B bij de IEA. De focus van deze oplegger ligt op het zichtjaar 2040. Bijlage G Deelrapport Toekomstvastheid en hoofdstuk 13 van Bijlage B Deelrapport Systeemintegratie geven een beeld over het tijdspad tot 2040 en een doorkijk naar 2050.

Deze oplegger is een aanvulling op het hoofdrapport van de Integrale Effectenanalyse (IEA) van het pVAWOZ en specifiek op de beoordeling Systeemintegratie. Voor de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*, die afgerond is in juni 2025, is gebruik gemaakt van scenario's van Netbeheer Nederland uit 2023. Ondertussen hebben de netbeheerders nieuwe scenario's opgesteld voor 2040 (Netbeheer Nederland, 2025). Deze nieuwe scenario's zijn een update van de scenario's uit 2023 en zijn gebruikt voor de nieuwe investeringsplannen van de netbeheerders. Deze nieuwe scenario's gaan onder meer uit van een andere ontwikkeling van de elektriciteitsvraag en minder ontwikkeling van elektrolyse (meer hierover in hoofdstuk 2). De nieuwe scenario's leiden mogelijk tot andere inzichten over de inpassing van wind op zee in het energiesysteem en daarmee andere resultaten op het onderdeel Systeemintegratie voor Programma VAWOZ. Om te valideren of de bevindingen van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* ook geldig zijn bij deze nieuwe scenario's zijn aanvullende analyses uitgevoerd met de nieuwe Netbeheer Nederland scenario's.

Bij het onderdeel Systeemintegratie wordt de impact van de aanlanding van wind op zee op het energiesysteem beoordeeld. De focus ligt hierbij op de impact op de energie-infrastructuur op land. De effecten van aanlanding van wind op zee op de energie-infrastructuur zijn bepaald met integrale netdoorrekeningen van TenneT en Gasunie. In deze doorrekeningen is een inschatting gemaakt van de effecten van verschillende scenario's op het hoogspanningsnet en de landelijke waterstofinfrastructuur.

Bij de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* is gebruik gemaakt van de scenario's Nationaal Leiderschap en Europese Integratie uit de Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050 (ii3050) (Netbeheer Nederland, 2023), aangezien deze twee scenario's flink van elkaar verschillen in uitgangspunten. Daarnaast zijn in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* de belangrijkste onzekerheden en afhankelijkheden, zoals de ontwikkeling van kernenergie en ontwikkeling van (flexibele) elektriciteitsvraag, onderzocht in Verschillen- en gevoeligheidsanalyses (dit is een bijlage van bijlage B Achtergrondrapport Systeemintegratie).

Voor de nieuwe scenario's van Netbeheer Nederland zijn aanvullende netdoorrekeningen uitgevoerd door TenneT. Hierin wordt de impact van verschillende configuraties voor wind op zee op het hoogspanningsnet onderzocht, bij één van de nieuwe scenario's en met in totaal 30 GW wind op zee (meer hierover in hoofdstuk 2). Er worden geen aanvullende doorrekeningen naar de impact op de waterstofinfrastructuur uitgevoerd door Gasunie, aangezien de impact op de waterstofinfrastructuur vooral afhankelijk is van de realisatie van waterstofaanlandingen (met offshore elektrolyse) en uit het Windenergie Infrastructuurplan Noordzee<sup>1</sup> volgt dat de realisatie hiervan voor 2040 onwaarschijnlijk lijkt.

<sup>1</sup> [Windenergie Infrastructuurplan Noordzee](#)

Deze oplegger moet gezien worden als verificatie van de belangrijkste resultaten van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* en de Integrale Effectenanalyse (IEA). Daarmee is het een aanvulling hierop en geen vervanging.

#### **Richtinggevend onderzoek naar impact wind op zee op energie-infrastructuur**

Het gaat bij de netdoorrekeningen van TenneT expliciet om richtinggevende doorrekeningen om de relatieve impact bij aanlanding op verschillende locaties in te schatten. Daarmee dienen deze doorrekeningen om afwegingen te maken tussen elektrische aanlanding van wind op zee in verschillende regio's.

De resultaten zijn geldig voor het gehanteerde scenario. Scenario's en modellen geven inzicht in de mogelijke ontwikkelingen richting 2040, maar zijn geen absolute waarheid. Dit geldt ook voor deze aanvullende doorrekeningen gebaseerd op de nieuwe scenario's van Netbeheer Nederland. Dit is een recenter beeld dan de oorspronkelijke doorrekeningen die uitgevoerd zijn voor de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*, en geven daarmee naar verwachting een waarschijnlijker beeld van de ontwikkelingen richting 2040. Maar ook deze uitkomsten moeten gezien worden als richtinggevend.

In hoofdstuk 2 van deze oplegger wordt besproken welke aanvullende analyses zijn uitgevoerd en welke aannames daarbij gehanteerd zijn. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de aanvullende analyses en de effecten besproken. Hoofdstuk 4 geeft een beschouwing op de impact van deze resultaten op de conclusies van de beoordeling systeemintegratie en de overkoepelende IEA.

## 2 Welke aanvullende analyses zijn uitgevoerd?

### 2.1 Inleiding

Zoals hierboven besproken zijn aanvullende doorrekeningen uitgevoerd voor de nieuwe scenario's van Netbeheer Nederland. De scope van de aanvullende analyses is een stuk kleiner dan de scope van de oorspronkelijke doorrekeningen die voor de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* zijn uitgevoerd met de scenario's uit 2023. Dit is omdat het niet noodzakelijk en haalbaar is om alle scenario's en configuraties die bij de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* onderzocht zijn nogmaals door te rekenen.

In de oorspronkelijke doorrekeningen zijn netdoorrekeningen gedaan voor de situatie in 2040. Daarvoor is aangenomen dat tien elektrische aanlandingen en één of twee waterstofaanlandingen gerealiseerd worden, met een totaal vermogen van 29 GW (boven op de routekaart 21 GW) en 50 GW in totaal. Daarvoor zijn twee energetische scenario's doorgerekend en vijf verschillende configuraties voor de verdeling van wind op zee over de verschillende regio's. Daarnaast zijn verschillende gevoeligheidsanalyses uitgevoerd.

Uit de doorrekeningen van de verschillende energetische scenario's, configuraties voor wind op zee en gevoeligheidsanalyses in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* kwam naar voren dat er zes elektrische aanlandingen zijn die in alle onderzochte scenario's en gevoeligheidsanalyses inpasbaar lijken zonder grote ingrepen op het hoogspanningsnet. Het gaat om één aanlanding in Zeeland, twee elektrische aanlandingen bij Moerdijk, één aanlanding in de Eemshaven (Doordewind II), één aanlanding in de Kop van Noord-Holland en één aanlanding in Noord-Holland Zuid of Zuid-Holland. Er is voor deze aanlandingen naar verwachting ook voldoende aansluitcapaciteit beschikbaar op de bestaande en geplande 380kV-stations. Belangrijk daarbij is om te benoemen dat alle scenario's die onderzocht zijn in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* uitgaan van een forse toename van de elektriciteitsvraag en flexibele bronnen (zoals elektrolyse) richting 2040. Het is belangrijk dat deze vraag en flexibiliteit er ook komt. Anders zijn minder elektrische aanlandingen inpasbaar in alle regio's.

In deze aanvullende analyses is onderzocht of de zes elektrische aanlandingen die in alle scenario's van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* inpasbaar lijken, ook bij de uitgangspunten in de nieuwe Netbeheer Nederland scenario's inpasbaar lijken. Daarmee worden dus de meest kansrijke opties vanuit de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* gevalideerd. Om dit te onderzoeken zijn netdoorrekeningen gedaan door TenneT voor het zichtjaar 2040, aanvullend op de doorrekeningen voor de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*. Hieronder worden de uitgangspunten van deze aanvullende doorrekeningen besproken.

### 2.2 Aannames energetisch scenario

De doorrekeningen worden uitgevoerd voor een aangepaste versie van het scenario Koersvaste Middenweg van de Netbeheer Nederland scenario's uit 2025 (Netbeheer Nederland, 2025). Het scenario Koersvaste Middenweg schetst de verwachte koers van de energietransitie op basis van actuele trends, aangevuld met beleidsambities uit onder meer het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE), beleidsnota's en provinciale energievisies. De analyses worden gedaan voor een aangepaste versie van het scenario met 30 GW wind op zee in 2040 (in plaats van 45 GW in het oorspronkelijke

scenario Koersvaste Middenweg). Dit is de ondergrens van de bijgestelde ambitie voor wind op zee in 2040 (30-40 GW), zoals vastgesteld in het WIN. De opwek van zonnepanelen, windmolens op land en kernenergie blijft gelijk ten opzichte van het oorspronkelijke scenario Koersvaste Middenweg. Om een gebalanceerd scenario op te stellen wordt de vraag naar elektriciteit ook teruggeschaald ten opzichte van het oorspronkelijke scenario Koersvaste Middenweg. Het gaat daarbij om zowel de basisvraag en de flexibele vraag van elektrolyzers.

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de aannames voor de twee scenario's voor de oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie en van de aannames van het scenario Koersvaste Middenweg (oorspronkelijk en aangepaste versie met 30 GW wind op zee die gehanteerd wordt voor deze aanvullende analyses).

Tabel 2-1 Aannames scenario's oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie en scenario Koersvaste Middenweg, oorspronkelijk en met 30 GW wind op zee

	Scenario's oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie	Koersvaste Middenweg – oorspronkelijk scenario	Koersvaste Middenweg variant 30 GW wind op zee
<b>Productiebronnen</b>			
Wind op zee	50 GW	45 GW	30 GW
Wind op land	8,5 – 15 GW	11 GW	11 GW
Zon-PV	90 – 120 GW	87 GW	87 GW
Kernenergie	1,5 – 4 GW	3,7 GW	3,7 GW
<b>(Flexibele) elektriciteitsvraag en import/export</b>			
Elektriciteitsvraag (exclusief flexibele bronnen)	210 - 230 TWh	305 TWh	265 TWh
Elektrolyse (op land en op zee)	17,5 – 26 GW (waarvan 8,5 tot 17 op land)	16 GW (waarvan 12 GW op land)	3 GW (alles op land)
Power-to-heat	4,5– 10 GW	3,5 GW	3,5 GW

Het overzicht laat zien dat de basisvraag voor elektriciteit van het scenario Koersvaste Middenweg met 30 GW hoger ligt dan de bandbreedte van de scenario's voor de oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie. Dit komt met name doordat in deze nieuwe scenario's uitgegaan wordt van een grotere vraag van datacenters. De flexibele elektriciteitsvraag, met name van elektrolyse, is lager ten opzichte van de scenario's voor de oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie. In de resultaten per regio (paragraaf 3.1) geven we een overzicht van de aannames per regio.

## 2.3 Nieuwe doorgerekende configuraties aanlanding wind op zee

Bij de aanvullende doorrekeningen worden de zes elektrische aanlandingen die in alle scenario's van de oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie inpasbaar lijken in verschillende combinaties meegenomen. Daarnaast wordt in één configuratie het effect van een diepe aanlanding in Limburg onderzocht.

Er wordt geen elektrische aanlanding in Zeeland meegenomen boven op de bestaande plannen uit de Routekaart windenergie op zee 23 GW, aangezien uit de analyses voor het Investeringsplan van TenneT volgt dat er significante knelpunten optreden bij de realisatie van wind op zee en twee nieuwe kerncentrales in Zeeland<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Het scenario dat voor deze aanvullende analyses doorgerekend wordt gaat uit van de realisatie van twee kerncentrales in Zeeland (3,2 GW voor twee nieuwe kerncentrales, 3,7 GW met bestaande kerncentrale).

Tabel 2-2 Nieuwe doorgerekende configuraties aanlanding wind op zee

	Routekaart windenergie op zee 23 GW	Configuratie A – bovenop routekaart	Configuratie B – bovenop routekaart	Configuratie C – bovenop routekaart	Configuratie D – bovenop routekaart
Noord-Nederland	4,6 GW <sup>3</sup>	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW
Kop van Noord-Holland	0 GW	2 GW	2 GW	2 GW	2 GW
Noord-Holland Zuid	3 GW <sup>4</sup>	2 GW	0 GW	2 GW	2 GW
Zuid-Holland	7,5 GW	2 GW	2 GW	0 GW	2 GW
Zeeland	5,5 GW	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW
Geertruidenberg	2 GW	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW
Moerdijk	0 GW	2 GW	4 GW	4 GW	0 GW
Limburg	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW	2 GW
<b>Totaal</b>	<b>23 GW</b>	<b>8 GW</b>	<b>8 GW</b>	<b>8 GW</b>	<b>8 GW</b>

## 2.4 Overige aannames netdoorrekeningen

Bij de netdoorrekeningen zijn alle reeds geplande uitbreidingen aan de hoogspanningsinfrastructuur met een inbedrijfname datum in uiterlijk 2040 opgenomen in het netmodel van 2040, ook wanneer er voor deze projecten nog geen finaal investeringsbesluit is genomen. Dit is dus de referentiesituatie. Dit was ook het geval voor de doorrekeningen voor de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*. Er wordt ten opzichte van de oorspronkelijke doorrekeningen nu met een recenter netmodel gerekend, gebaseerd op de plannen uit het laatste investeringsplan van TenneT (IP2026). De Netuitbreiding in de Randstad, die ten tijde van de eerdere doorrekeningen in onderzoek was en waarvan de effecten in de doorrekeningen voor de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* expliciet onderzocht waren, wordt niet meer meegenomen. Uit onderzoek van TenneT is gebleken dat dit project niet haalbaar is<sup>5</sup>.

## 2.5 Beoordelingskader Systeemintegratie

De focus bij de beoordeling Systeemintegratie ligt op de effecten van de aanlanding van wind op zee op de energie-infrastructuur; we beoordelen de mate van ingrepen die nodig zijn bij de energie-infrastructuur. In Tabel 2-3, staan de drie opties voor beoordeling.

Tabel 2-3 Algemene beoordelingstabel systeemintegratie

Effect	Toelichting beoordeling
Geen ingrepen	Geen ingreep energie-infrastructuur noodzakelijk
Beperkte ingrepen of onzeker	Beperkte ingrepen (bijvoorbeeld operationele ingreep) in energie-infrastructuur noodzakelijk of onzeker of ingreep noodzakelijk is
Grote ingrepen	Grote ingreep energie-infrastructuur noodzakelijk

Voor de elektrische aanlandingen worden de volgende criteria beoordeeld:

1. De hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee vanaf windpark op zee tot de aansluitlocatie.
2. De beschikbare aansluitcapaciteit op het 380kV-station bij de aansluitlocatie.
3. De effecten van de elektrische aanlanding in een regio op de capaciteit van de afvoerende hoogspanningsverbindingen (HS-verbindingen).
4. Gezamenlijk effect van alle elektrische aanlanding op het hoogspanningsnetwerk.

<sup>3</sup> Inclusief Doordewind II.

<sup>4</sup> Dit is inclusief een elektrische aanlanding van 700 MW bij Velsen.

<sup>5</sup> Zie hiervoor ook paragraaf 7.4 van het [Investeringsplan Net op Land 2026-2040 van TenneT](#).

In de aanvullende analyses worden alleen voor de beoordeling op de laatste twee criteria nieuwe analyses gedaan. De beoordeling van het derde criterium (effecten op afvoerende hoogspanningsverbindingen in een regio) wordt behandeld bij de resultaten per regio (paragraaf 3.1). De beoordeling van het vierde criterium (gezamenlijk effect van alle regio's op hoogspanningsnetwerk) wordt behandeld bij het overkoepelend beeld (paragraaf 3.2).

De beoordeling van de impact op de hoogspanningsverbindingen gebeurt op basis van de mate van overschrijding van de transportcapaciteit. Voor elke overschrijding is een oplossing noodzakelijk. Het is echter niet zo dat altijd nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk, of mogelijk is. Welke oplossing nodig is, is afhankelijk van de ernst van de overschrijding. Dit kan geduïd worden op basis van de hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (aangeduid als Energy Not Transported (ENT)). Als dit een kleine hoeveelheid is, kan het knelpunt vaak opgelost worden met een operationele ingreep, met redispatch<sup>6</sup>. Als grote hoeveelheden energie niet getransporteerd kunnen worden dan is het knelpunt niet operationeel op te lossen en is een grote ingreep noodzakelijk (zoals aanleg nieuwe hoogspanningsverbinding of alternatieve oplossingen zoals systeemoplossingen of marketingrepen, zie onderstaand kader).

#### **Wat zijn de mogelijke grote ingrepen bij de HS-verbindingen?**

Er is een grote ingreep noodzakelijk bij een ernstige overschrijding van de transportcapaciteit van 380kV-verbindingen. In dat geval is redispatch, wat we classificeren als een beperkte ingreep, technisch niet meer mogelijk. Er zijn verschillende grote ingrepen bij een ernstige overschrijding van de transportcapaciteit:

- **Netverzwaring.** Dit is de gangbare oplossing bij een ernstige overschrijding van de transportcapaciteit. Echter, het zou dan gaan om een additionele verzwaring boven op de uitbreidingen die al opgenomen zijn in het investeringsplan van TenneT (die al meegenomen worden in de doorrekeningen) en waar nog geen plannen voor zijn. Het is daarmee zeer uitdagend om deze ingreep voor 2040 te realiseren.
- **Systeemoplossingen.** Dit zijn oplossingen vanuit de inrichting van het energiesysteem. Met name het realiseren van meer lokale (flexibele) elektriciteitsvraag is dan een kansrijke oplossing, aangezien dan een groter deel van de productie van wind op zee lokaal benut wordt. De scenario's gaan echter al uit van een forse toename van de elektriciteitsvraag, en dit zou nog additioneel moeten zijn ten opzichte van de toename in de scenario's.
- **Marketingrepen.** Dit kan bijvoorbeeld met een verplicht tijdsduurgebonden transportrecht voor de windparken op zee, waarbij de windparken op zee op momenten dat overschrijding dreigt niet mogen invoeden en moeten afschakelen. Het gaat hierbij om andere ingrepen dan redispatch, wat ook een marketingreep van TenneT is. Dat zien we als een beperkte ingreep.

Voor alle drie deze ingrepen moet per situatie in meer detail onderzocht worden of en in welke mate deze de ernstige overschrijding van de capaciteit van 380kV-verbindingen oplost, en of het haalbaar is. Dat valt buiten de scope van de beoordeling Systeemintegratie binnen pVAWOZ. Hierin identificeren we alleen of een grote ingreep noodzakelijk is.

Een uitgebreidere omschrijving van het beoordelingskader is te vinden in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*.

---

<sup>6</sup> Bij redispatch betaalt TenneT afnemers of producenten van elektriciteit om hun productie of afname te verminderen of juist toe te laten nemen zodat minder transport nodig is op een verbinding waar een knelpunt dreigt op te treden. Als er slechts op enkele momenten in het jaar knelpunten optreden op een bepaalde verbinding is dit goedkoper dan het aanleggen van nieuwe infrastructuur. We gaan uit van een technische grens van maximaal 0,5 TWh/jaar (economisch gezien is bij een lagere grens verzwaring al voordeliger). Dit is nadrukkelijk een vuistregel; de daadwerkelijke redispatch-mogelijkheden zullen per locatie verschillen en zijn sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van regelbaar vermogen op de juiste locaties in het net.

### 3 Bevindingen aanvullende analyses

In dit hoofdstuk worden de bevindingen van de aanvullende analyses besproken. Eerst worden de bevindingen en conclusies per regio besproken en vervolgens wordt het overkoepelende beeld besproken. Daarna volgt een beschouwing op afhankelijkheden en onzekerheden en een duiding van de verschillen met de bevindingen in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*.

#### Richtinggevend onderzoek naar impact wind op zee op energie-infrastructuur

Het gaat bij de netdoorrekeningen van TenneT expliciet om richtinggevende doorrekeningen om de relatieve impact bij aanlanding op verschillende locaties in te schatten. Daarmee dienen deze doorrekeningen om afwegingen te maken tussen elektrische aanlanding van wind op zee in verschillende regio's.

De resultaten zijn geldig voor het gehanteerde scenario. Scenario's en modellen geven inzicht in de mogelijke ontwikkelingen richting 2040, maar zijn geen absolute waarheid. Dit geldt ook voor deze aanvullende doorrekeningen gebaseerd op de nieuwe scenario's van Netbeheer Nederland. Dit is een recenter beeld dan de oorspronkelijke doorrekeningen die uitgevoerd zijn voor de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*, en geven daarmee naar verwachting een waarschijnlijker beeld van de ontwikkelingen richting 2040. Maar ook deze uitkomsten moeten gezien worden als richtinggevend.

### 3.1 Resultaten per regio

#### 3.1.1 Noord-Nederland

Tabel 3-1 geeft het overzicht van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* voor de regio Noord-Nederland. Uit deze beoordeling volgt dat er twee tot drie aanlandingen in Noord-Nederland ingepast kunnen worden zonder grote ingreep aan de HS-verbindingen. Bij realisatie van twee grote kerncentrales is één aanlanding inpasbaar. In de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* is Doordewind II nog niet meegenomen in de referentiesituatie, dat is dus een van de kansrijke aanlandingen die volgt uit de beoordeling. Inmiddels is in de tweede helft van 2025 een projectprocedure gestart voor Doordewind II. Daarom is deze ondertussen opgenomen in de Routekaart windenergie op zee 23 GW en meegenomen in de referentie (zie paragraaf 2.3).

Tabel 3-1 Beoordeling elektrische aanlandingen Noord-Nederland – oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie

Beoordeeld effect	380kV-station Oostpolder
Energie-infrastructuur tot aansluitlocatie	Kort/gemiddeld
Aansluitcapaciteit	Tot vier aanlandingen mogelijk zonder grote ingreep. Nog wel onderzoek nodig of vier aanlandingen mogelijk zijn vanuit beheersbaarheid en systeemstabiliteit.
Impact op HS-verbindingen	Twee of drie aanlandingen mogelijk zonder grote ingreep, in basisscenario's Bij twee grote kerncentrales: één aanlanding zonder grote ingreep

Uit de aanvullende analyses volgt dat de aanlanding Doordewind II inpasbaar is zonder grote ingrepen aan de HS-verbindingen. In de aanvullende analyses van TenneT zijn aanvullende aanlandingen bovenop Doordewind II niet onderzocht. Uit de doorrekeningen van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* volgt dat extra aanlandingen bovenop Doordewind II inpasbaar lijken, maar er is aanvullend onderzoek nodig of een extra aanlanding ook inpasbaar is bij het scenario Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee.

Tabel 3-2 Kerncijfers vraag en flexibiliteit Noord-Nederland<sup>7</sup>

	Scenario's oorspronkelijke beoordeling <i>Systeemintegratie</i>	Koersvaste Middenweg variant 30 GW wind op zee
Elektriciteitsvraag (exclusief elektrolyse, piekvraag)	800 – 1.000 MW	1.000 MW
Elektrolyzers	900 – 1.800 MW <sup>8</sup>	500 MW

Tabel 3-2 geeft een overzicht van de kerncijfers voor vraag en flexibiliteit voor elektriciteit in de regio Noord-Nederland, voor de scenario's voor de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* en het scenario dat gebruikt is voor de aanvullende analyses (Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee). De tabel laat zien dat het scenario dat gebruikt is voor de aanvullende analyses uitgaat van een vergelijkbare elektriciteitsvraag, maar van een stuk lager vermogen aan elektrolyse in Noord-Nederland ten opzichte van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*. Hierdoor zal minder elektriciteit van windparken op zee direct benut worden bij de aansluitlocaties. Dit leidt er daarmee toe dat de impact van elektrische aanlanding op de HS-verbindingen groter is en dat er mogelijk minder elektrische aanlandingen ingepast kunnen worden zonder grote ingrepen.

In de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* is daarnaast de benodigde energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie en de aansluitcapaciteit beoordeeld. Hieruit volgt dat er relatief weinig nieuwe energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie nodig is en dat op het geplande 380kV-station Oostpolder tot maximaal vier elektrische aanlandingen (drie bovenop DDW2) mogelijk zijn, waarbij nog wel onderzoek nodig is of vier aanlandingen mogelijk zijn vanuit beheersbaarheid en systeemstabiliteit.

### 3.1.2 Kop van Noord-Holland

Tabel 3-3 geeft het overzicht van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* voor de regio Kop van Noord-Holland. Een belangrijke factor voor elektrische aanlanding in de Kop van Noord-Holland is de keuze voor twee of vier 380kV-circuits bij het project Netuitbreiding Noord-Holland Noord. Uit de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* volgt dat bij twee circuits naar verwachting één elektrische aanlanding ingepast kan worden zonder ingreep aan de afvoerende HS-verbindingen. Bij vier circuits kunnen naar verwachting drie elektrische aanlandingen gerealiseerd worden, bij de ontwikkelingen van de doorgerekende scenario's. Maar de vier circuits zijn alleen nodig bij realisatie van elektrische aanlanding in de Kop van Noord-Holland, dus dit wordt gezien als een grote ingreep. Beide opties, zowel twee als vier circuits, worden onderzocht in de projectprocedure voor de Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN).

Uit de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* volgt daarnaast een samenhang tussen de mogelijkheden voor aanlanding in de Kop van Noord-Holland en Noord-Holland Zuid. Daarin kwam

<sup>7</sup> De geografische afbakening bij deze cijfers is de Eemshaven. Deze geografische afbakening verschilt van de cijfers in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*. Daarom wijken de cijfers voor de scenario's in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* af van de cijfers in bijlage B Achtergrondrapport Systeemintegratie. In deze tabel is voor beide scenario's dezelfde geografische afbakening gehanteerd, waardoor deze cijfers vergeleken kunnen worden.

<sup>8</sup> De hoeveelheid elektrolyse in de scenario's is afhankelijk van de hoeveelheid elektrische aanlanding. Dit is de bandbreedte bij de configuraties met geen aanvullende elektrische aanlanding bovenop Doordewind II. Daardoor kunnen deze cijfers vergeleken kunnen worden met de aannames van het scenario voor deze aanvullende analyse, die ook uitgaan van geen aanvullende elektrische aanlanding bovenop Doordewind II.

de Netuitbreiding in de Randstad als belangrijkste onzekerheid naar voren. Als deze complexe netuitbreiding niet (tijdig) gerealiseerd wordt, dan lijkt maximaal één aanlanding in de Kop van Noord-Holland mogelijk zonder grote ingrepen. Aangezien uit onderzoek van TenneT gebleken is dat dit project niet haalbaar is<sup>9</sup>, nemen we deze niet mee in de aanvullende doorrekeningen.

Tabel 3-3 Beoordeling elektrische aanlandingen Kop van Noord-Holland – oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie

Beoordeeld effect	Station NNHN-noord
Energie-infrastructuur tot aansluitlocatie	Korte lengte bij routes vanaf 6/7 Korte of gemiddelde lengte bij routes vanaf DDW
Aansluitcapaciteit	Geen ingreep bij één of twee aanlandingen Onzeker of derde aanlanding kan zonder ingreep Grote ingreep bij meer dan drie aanlandingen
Impact op afvoerende HS-verbindingen	Geen ingreep (twee 380kV-circuits NNHN) bij één aanlanding, grote ingreep (vier 380kV-circuits NNHN) bij meer dan één aanlanding. Bij vier 380kV-circuits richting Kop Noord-Holland tot drie aanlandingen, zonder (aanvullende) grote ingreep. Onzekerheid door de mogelijke Netuitbreiding in de Randstad, zonder deze uitbreiding lijkt één aanlanding mogelijk in kop Noord-Holland zonder grote ingreep.

In de aanvullende analyses van TenneT is voor elke van de doorgerekende configuraties voor de aanlanding van wind op zee uitgegaan van realisatie van één verbinding van 2 GW wind op zee in de Kop van Noord-Holland (zie paragraaf 2.3). Uit de aanvullende analyses volgt dat deze aanlanding inpasbaar is zonder grote ingrepen aan de HS-verbindingen. Dit sluit aan bij de conclusie uit de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*. Bij de aangenomen vraagontwikkeling bij deze aanvullende analyses en bij realisatie van twee 380kV-circuits bij het project Netuitbreiding Noord-Holland Noord is niet meer dan één aanlanding inpasbaar.

Tabel 3-4 Kerncijfers vraag en flexibiliteit Kop van Noord-Holland<sup>10</sup>

	Scenario's oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie	Koersvaste Middenweg variant 30 GW wind op zee
Elektriciteitsvraag (exclusief elektrolyse, piekvraag)	1.500 – 1.600 MW	2.300 MW
Elektrolyzers	100 - 400 MW <sup>11</sup>	200 MW

Tabel 3-4 geeft een overzicht van de kerncijfers voor vraag en flexibiliteit voor elektriciteit in de regio voor de scenario's voor de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* en het scenario dat gebruikt is voor de aanvullende analyses (Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee). De tabel laat zien dat het scenario dat gebruikt is voor de aanvullende analyses uitgaat van een hogere elektriciteitsvraag, maar van een stuk lager vermogen aan elektrolyse ten opzichte van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*. Deze twee effecten zullen elkaar (deels) opheffen.

In de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* is naast de impact op de HS-verbindingen ook de benodigde energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie en de aansluitcapaciteit beoordeeld.

<sup>9</sup> Zie hiervoor ook paragraaf 7.4 van het [Investeringsplan Net op Land 2026-2040 van TenneT](#).

<sup>10</sup> De geografische afbakening bij deze cijfers is de veiligheidsregio Noord-Holland Noord.

<sup>11</sup> De hoeveelheid elektrolyse in de scenario's is afhankelijk van de hoeveelheid elektrische aanlanding. Dit is de bandbreedte bij de configuraties bij één elektrische aanlanding in de Kop van Noord-Holland. Daardoor kunnen deze cijfers vergeleken worden met de aannames van het scenario voor deze aanvullende analyse, die ook uitgaan van één elektrische aanlanding in de kop van Noord-Holland.

Hieruit volgt dat er relatief weinig nieuwe energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie nodig is en dat op het geplande 380kV-station NNHN-noord één of twee aanlandingen aangesloten kunnen worden zonder ingreep.

### 3.1.3 Noord-Holland Zuid

Tabel 3-5 geeft het overzicht van de oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie voor de regio Noord-Holland Zuid. Uit de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* volgt dat de Netuitbreiding in de Randstad een belangrijke factor is voor de mogelijkheden voor elektrische aanlanding in Noord-Holland Zuid. Deze Netuitbreiding in de Randstad wordt in deze aanvullende analyses niet meegenomen, aangezien uit onderzoek van TenneT gebleken is dat dit project niet haalbaar is. Uit de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* volgt dat zonder deze Netuitbreiding in de Randstad naar verwachting één elektrische aanlanding van 2 GW gerealiseerd kan worden in Noord-Holland Zuid óf Zuid-Holland, zonder dat grote ingrepen bij de HS-verbindingen nodig zijn.

Tabel 3-5 Beoordeling elektrische aanlandingen Noord-Holland Zuid– oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie

Beoordeeld effect	Station NNHN-zuid	Station Velsen	Station A9-Zuid	Station Vijfhuizen
<b>Energie-infrastructuur tot aansluitlocatie</b>	Korte of gemiddelde lengte	Gemiddelde lengte	Korte of gemiddelde lengte	Korte of gemiddelde lengte
<b>Aansluitcapaciteit</b>	Geen ingreep bij één aanlanding. Tot maximaal drie aanlandingen, bij aanpassing stations ontwerp. Zware ingreep bij meer dan drie aanlandingen.	Beperkte ingreep bij één aanlanding (van 700 MW).	Geen ingreep bij één aanlanding. Tot maximaal drie aanlandingen, bij aanpassing stations ontwerp. Zware ingreep bij meer dan drie aanlandingen.	Beperkte ingreep bij één aanlanding. Zware ingreep bij meer dan één aanlanding.
<b>Impact op afvoerende HS-verbindingen</b>	Twee aanlandingen van 2 GW en één aanlanding van 700 MW zonder grote ingreep. Onzekerheid door de voorziene Netuitbreiding in de Randstad, zonder deze uitbreiding is aanlanding in Randstad uitdagend en lijkt één aanlanding mogelijk in Noord-Holland Zuid óf Zuid-Holland mogelijk zonder grote ingreep.			

In de aanvullende analyses van TenneT zijn configuraties voor de aanlanding van wind op zee doorgerekend met nul of één elektrische aanlandingen van 2 GW in Noord-Holland Zuid, bovenop een 700MW-aanlanding bij Velsen. Voor de configuratie met nul aanlandingen in Noord-Holland Zuid wordt uitgegaan van één aanlanding in Zuid-Holland. Daarnaast wordt de combinatie met verschillende hoeveelheden elektrische aanlanding in Zuid-Holland doorgerekend om de afhankelijkheid tussen elektrische aanlanding in Noord-Holland Zuid en Zuid-Holland te onderzoeken (zie paragraaf 2.3).

Uit de doorrekeningen van deze configuraties volgt dat één elektrische aanlanding van 2 GW in Noord-Holland Zuid (bovenop een 700MW-aanlanding bij Velsen) inpasbaar is zonder grote ingrepen aan de HS-verbindingen. Uit de doorrekeningen volgt dat dit niet afhankelijk is van de aanlanding in Zuid-Holland (het is dus niet Noord-Holland Zuid óf Zuid-Holland).

Deze conclusies wijken af van de conclusies in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*, en geven een gunstiger beeld over de mogelijkheden van elektrische aanlanding in Noord-Holland Zuid.

De belangrijkste reden voor dit gunstigere beeld bij deze aanvullende analyses is dat er in de aanvullende analyses uitgegaan wordt van een hogere elektriciteitsvraag in Noord-Holland Zuid. Dit komt met name door een aanname voor een sterkere groei van de elektriciteitsvraag van datacenters, maar ook in andere sectoren wordt een sterkere groei van de elektriciteitsvraag aangenomen. Daartegenover staat een iets lagere aanname voor de hoeveelheid elektrolyse, maar de totale vraag naar elektriciteit (basisvraag plus vraag van elektrolyzers) ligt in het scenario Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee een stuk hoger (zie Tabel 3-6). Het is onzeker of een elektrische aanlanding in Noord-Holland Zuid ingepast kan worden als de elektriciteitsvraag echter minder snel groeit dan aangenomen in het scenario Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee, bijvoorbeeld doordat de aangenomen groei voor datacenters niet gerealiseerd wordt.

Tabel 3-6 Kerncijfers vraag en flexibiliteit Noord-Holland Zuid<sup>12</sup>

	Scenario's oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie	Koersvaste Middenweg variant 30 GW wind op zee
Elektriciteitsvraag (exclusief elektrolyse, piekvraag)	4.400 – 4.950 MW	8.650 MW
Elektrolyzers	400 – 700 MW <sup>13</sup>	400 MW

In de oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie is naast de impact op de HS-verbindingen ook de benodigde energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie en de aansluitcapaciteit beoordeeld. Hieruit volgt dat er relatief weinig nieuwe energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie nodig is. Voor de aansluitcapaciteit geldt dat bij de beide nieuwe stations A9-Zuid en NNHN-zuid naar verwachting één nieuwe elektrische aanlanding aangesloten kan worden, zonder ingrepen. Met ingrepen binnen het station kan ook op de bestaande stations Vijfhuizen en Velsen één aanlanding gerealiseerd worden. Bij station Velsen gaat het om een 700 MW aanlanding, aangezien dit een 150kV-station is.

### 3.1.4 Zuid-Holland

Tabel 3-7 geeft het overzicht van de oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie voor de regio Zuid-Holland. Uit de oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie volgt dat de Netuitbreiding in de Randstad een belangrijke factor is voor de mogelijkheden voor elektrische aanlanding in Zuid-Holland. Deze Netuitbreiding in de Randstad wordt in deze aanvullende analyses niet meegenomen, aangezien uit onderzoek van TenneT gebleken is dat dit project niet haalbaar is. Uit de oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie volgt dat zonder deze Netuitbreiding in de Randstad naar verwachting één elektrische aanlanding van 2 GW gerealiseerd kan worden in Noord-Holland Zuid óf Zuid-Holland, zonder dat grote ingrepen bij de HS-verbindingen nodig zijn.

<sup>12</sup> De geografische afbakening bij deze cijfers is de provincie Noord-Holland minus de veiligheidsregio Noord-Holland Noord.

<sup>13</sup> De hoeveelheid elektrolyse in de scenario's is afhankelijk van de hoeveelheid elektrische aanlanding. Dit is de bandbreedte bij de configuraties bij nul of één elektrische aanlanding in Noord-Holland Zuid. Daardoor kunnen deze cijfers vergeleken worden met de aannames van het scenario voor deze aanvullende analyse, die ook uitgaan van nul of één elektrische aanlanding in Noord-Holland Zuid.

Tabel 3-7 Beoordeling elektrische aanlandingen Zuid-Holland – oorspronkelijke beoordeling  
Systeemintegratie

Beoordeeld effect	Station Bleiswijk	Station Wateringen	Station Simonshaven	Station Europoort
<b>Energie-infrastructuur tot aansluitlocatie</b>	Gemiddelde lengte	Gemiddelde lengte	Gemiddelde lengte	Gemiddelde lengte
<b>Aansluitcapaciteit</b>	Geen ingreep bij één aanlanding. Grote ingreep bij meer dan één aanlanding.	Geen ingreep bij één aanlanding. Grote ingreep bij meer dan één aanlanding.	Geen ingreep bij één aanlanding. Grote ingreep bij meer dan één aanlanding.	Geen ingreep bij één of twee aanlandingen. Grote ingreep bij meer dan twee aanlandingen.
<b>Impact op afvoerende HS-verbindingen</b>	Scenario Nationaal Leiderschap: twee of drie aanlandingen zonder grote ingreep Scenario Europese Integratie: één of twee aanlandingen zonder grote ingreep Bij twee grote kerncentrales: nul tot één aanlanding zonder grote ingreep. Onzekerheid door de voorziene Netuitbreiding in de Randstad, zonder deze uitbreiding is aanlanding in Randstad uitdagend en lijkt één aanlanding mogelijk in Noord-Holland Zuid óf Zuid-Holland mogelijk zonder grote ingreep.			

In de aanvullende analyses van TenneT zijn configuraties voor de aanlanding van wind op zee doorgerekend met nul of één elektrische aanlanding van 2 GW in Zuid-Holland. Daarnaast wordt de combinatie met verschillende hoeveelheden elektrische aanlanding in Noord-Holland Zuid doorgerekend om de afhankelijkheid tussen elektrische aanlanding in Noord-Holland en Zuid-Holland te onderzoeken (zie paragraaf 2.3).

Uit de doorrekeningen van deze configuraties volgt een wisselend beeld over de impact van een elektrische aanlanding op de HS-verbindingen in de regio. Door extra elektrische aanlanding wordt het lokale overschot aan elektriciteit groter, waardoor knelpunten op de verbindingen vanaf Zuid-Holland richting Noord-Holland (Europoort-Westerlee-Wateringen-Bleiswijk) en richting Noord-Brabant (Maasvlakte-Amaliahaven-Simonshaven-Crayestein) groter worden. Op de verbinding Amaliahaven – Simonshaven is een grote ingreep nodig door de elektrische aanlanding in Zuid-Holland. Zonder aanlanding is voor deze verbinding een beperkte ingreep nodig. Een elektrische aanlanding op station Europoort kan echter ook leiden tot een verlichting van het knelpunt op de HS-verbinding tussen de Maasvlakte en Europoort, doordat er een grote elektriciteitsvraag verwacht wordt bij Europoort die dan ingevuld kan worden met de elektrische aanlanding. De exacte impact van een elektrische aanlanding is zeer afhankelijk van de ontwikkeling van zowel de omvang van de elektriciteitsvraag als waar deze gerealiseerd wordt. Daarom is de conclusie dat mogelijk een elektrische aanlanding in Zuid-Holland gerealiseerd kan worden zonder grote ingrepen aan de HS-verbindingen, maar dat dit afhankelijk is van de vraagontwikkeling (omvang en locatie).

De bovenstaande conclusies geven een minder gunstig en zeker beeld over de mogelijkheden voor elektrische aanlanding in Zuid-Holland dan de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*. De belangrijkste reden voor dit minder gunstige beeld bij deze aanvullende analyses is dat er uitgegaan wordt van een lagere flexibele elektriciteitsvraag van elektrolyzers in Zuid-Holland (zie Tabel 3-8). Er wordt wel uitgegaan van een hogere basisvraag naar elektriciteit, maar de totale vraag naar elektriciteit (basisvraag plus vraag van elektrolyzers) ligt lager in het scenario Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee.

De impact op de HS-verbindingen en de mogelijkheid voor elektrische aanlanding in Zuid-Holland lijkt in de doorgerekende configuraties niet afhankelijk van de ontwikkelingen in Noord-Holland Zuid. Het bovenstaande beeld geldt zowel bij de situatie met als de situatie zonder elektrische aanlanding in Noord-Holland Zuid.

Tabel 3-8 Kerncijfers vraag en flexibiliteit Zuid-Holland<sup>14</sup>

	Scenario's oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie	Koersvaste Middenweg variant 30 GW wind op zee
Elektriciteitsvraag (exclusief elektrolyse, piekvraag)	1.950 – 2.700 MW	3.350 MW
Elektrolyzers	1.900 – 3.800 MW <sup>15</sup>	550 MW

Voor de inpassing van de elektrische aanlandingen is ook de locatie van de aanlanding van belang. In de analyses is aangenomen dat de elektrische aanlanding in Zuid-Holland bij station Europoort gerealiseerd wordt. Als de elektrische aanlanding bij een ander station in de regio gerealiseerd wordt, dan zal het beeld veranderen. Zo wordt het knelpunt tussen de Maasvlakte en Europoort vooral verminderd bij aanlanding in Europoort en kan aanlanding bij Simonshaven helpen om het knelpunt tussen Amaliahaven en Simonshaven te verminderen. Het algehele beeld zal naar verwachting echter niet veranderen.

In de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* is naast de impact op de HS-verbindingen ook de benodigde energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie en de aansluitcapaciteit beoordeeld. Hieruit volgt dat er een gemiddelde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie nodig is. Voor de aansluitcapaciteit geldt dat bij het nieuwe station Europoort twee nieuwe elektrische aanlandingen aangesloten kunnen worden, zonder ingrepen.

### 3.1.5 Zeeland

Tabel 3-9 geeft het overzicht van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* voor de regio Zeeland. Een belangrijke afhankelijkheid bij de impact van elektrische aanlandingen in Zeeland is de eventuele ontwikkeling van kernenergie. Uit de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* volgt dat bij realisatie van twee grote kerncentrales in Zeeland één elektrische aanlanding inpasbaar is zonder grote ingreep aan de HS-verbindingen. Zonder nieuwe kerncentrales kunnen naar verwachting twee elektrische aanlandingen van 2 GW ingepast worden volgens de *oorspronkelijk beoordeling Systeemintegratie*.

<sup>14</sup> De geografische afbakening bij deze cijfers is het havengebied Rotterdam. Deze geografische afbakening verschilt van de cijfers in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*. Daarom wijken de cijfers voor de scenario's in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* af van de cijfers in bijlage B Achtergrondrapport Systeemintegratie. In deze tabel is voor beide scenario's dezelfde geografische afbakening gehanteerd, waardoor deze cijfers vergeleken kunnen worden.

<sup>15</sup> De hoeveelheid elektrolyse in de scenario's is afhankelijk van de hoeveelheid elektrische aanlanding. Dit is de bandbreedte bij de configuraties met nul of één aanvullende elektrische aanlanding in Zuid-Holland. Daardoor kunnen deze cijfers vergeleken kunnen worden met de aannames van het scenario voor deze aanvullende analyse, die ook uitgaan van nul of één aanvullende elektrische aanlanding.

Tabel 3-9 Beoordeling elektrische aanlandingen Zeeland– oorspronkelijke beoordeling  
Systeemintegratie

Beoordeeld effect	Station Sloegebied	Station Terneuzen
Energie- infrastructuur tot aansluitlocatie	Grote lengte	Grote lengte
Aansluitcapaciteit	Geen ingreep bij één aanlanding. Grote ingreep bij meer dan één aanlanding.	Geen ingreep bij één of twee aanlandingen. Grote ingreep bij meer dan twee aanlandingen.
Impact op afvoerende HS- verbindingen	Twee aanlandingen zonder grote ingreep, in basisscenario's. Bij twee grote kerncentrales: één aanlanding zonder grote ingreep.	

In de aanvullende analyses zijn nul elektrische aanlanding in Zeeland meegenomen boven op de bestaande plannen uit de Routekaart windenergie op zee 23 GW, aangezien uit de analyses voor het Investeringsplan van TenneT volgt dat er significante knelpunten optreden bij de realisatie van wind op zee en twee nieuwe kerncentrales in Zeeland. De aanvullende analyses, zonder extra elektrische aanlanding in Zeeland maar met kerncentrales, laten zien dat er ook zonder de elektrische aanlanding al grote knelpunten op HS-verbindingen ontstaan. Dit bevestigt daarmee het beeld dat bij de aangenomen ontwikkeling van de elektriciteitsvraag geen elektrische aanlanding inpasbaar is bij de realisatie van twee grote kerncentrales. Uit de analyse van een situatie zonder kerncentrales zou moeten blijken of bij de aangenomen ontwikkeling van de elektriciteitsvraag één elektrische aanlanding mogelijk is. Deze situatie is niet onderzocht in deze aanvullende analyse.

Deze conclusies wijken af van de conclusies in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* en geven een minder gunstig beeld over hoeveel elektrische aanlandingen van wind op zee inpasbaar zijn. De belangrijkste reden voor het minder gunstige beeld is dat er in de aanvullende analyses uitgegaan wordt van een lagere (flexibele) elektriciteitsvraag in Zeeland. Met name voor de ontwikkeling van elektrolyse wordt in het scenario Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee uitgegaan van een fors lagere groei. Dit zorgt ervoor dat een kleiner deel van de elektriciteit die aan land komt lokaal benut wordt en een groter deel doorgevoerd moet worden richting de rest van Nederland. Dit leidt tot een grotere belasting op de HS-verbindingen, waardoor minder elektrische aanlandingen ingepast kunnen worden zonder grote ingrepen. De bevindingen van deze aanvullende analyses laten zien dat de ontwikkeling van kerncentrales en de (flexibele) elektriciteitsvraag een belangrijke factor is voor de inpassing van wind op zee in Zeeland (en Moerdijk, zie paragraaf 3.1.6).

Tabel 3-10 Kerncijfers vraag en flexibiliteit Zeeland<sup>16</sup>

	Scenario's oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie	Koersvaste Middenweg variant 30 GW wind op zee
Elektriciteitsvraag (exclusief elektrolyse, piekvraag)	2.150 – 2.500 MW	2.050 MW
Elektrolyzers	1.450 – 2.500 MW <sup>17</sup>	600 MW

<sup>16</sup> De geografische afbakening bij deze cijfers is de provincie Zeeland.

<sup>17</sup> De hoeveelheid elektrolyse in de scenario's is afhankelijk van de hoeveelheid elektrische aanlanding. Dit is de bandbreedte bij de configuraties met nul elektrische aanlandingen in Zeeland. Daardoor kunnen deze cijfers vergeleken kunnen worden met de aannames van het scenario voor deze aanvullende analyse, die ook uitgaan van nul elektrische aanlandingen.

Voor de belasting op de HS verbindingen binnen Zeeland en richting Noord-Brabant is het gunstiger als elektrische aanlanding van wind op zee gerealiseerd wordt in Terneuzen dan in het Sloegebied. Bij aanlanding in Terneuzen zullen de knelpunten op de HS-verbindingen binnen Zeeland en richting Noord-Brabant naar verwachting minder groot zijn dan bij aanlanding in het Sloegebied. Het is echter de verwachting dat dit de conclusies over de mogelijkheden voor elektrische aanlanding in Zeeland (en Moerdijk) niet zal veranderen.

In de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* is naast de impact op de HS-verbindingen ook de benodigde energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie en de aansluitcapaciteit beoordeeld. Hieruit volgt dat er relatief veel nieuwe energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie nodig is en dat op het geplande 380kV-station in het Sloegebied één aanlanding en bij het geplande station Terneuzen één of twee aanlandingen aangesloten kunnen worden zonder ingreep.

### 3.1.6 Moerdijk

Uit de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* volgt dat elektrische aanlanding in Noord-Brabant (waaronder Moerdijk) en Limburg een positief effect heeft op de belasting van de 380kV-verbindingen in Noord-Brabant (corridor Krimpen-Geertruidenberg-Tilburg-Eindhoven). Dit positieve effect geldt met name voor diepe aanlanding in Limburg (meer hierover in 3.1.7), maar voor een minimale impact op de 380kV-verbindingen leek in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* elektrische aanlanding in zowel Noord-Brabant als Limburg gunstiger te zijn dan alleen aanlanding in Limburg. Daarnaast volgt uit de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* dat er geen nieuwe ingrepen aan 380kV-verbindingen nodig lijken te zijn door elektrische aanlanding in Moerdijk, waarbij uitgegaan is van maximaal 2 elektrische aanlandingen van 2 GW in Moerdijk.

In de aanvullende analyses van TenneT zijn configuraties voor de aanlanding van wind op zee doorgerekend met nul, één of twee elektrische aanlandingen van 2 GW in Moerdijk (zie paragraaf 2.3). Hieruit volgt dat er in het scenario Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee en twee kerncentrales in Zeeland bij aanlanding in Moerdijk een grote ingreep nodig is voor de 380kV-verbinding tussen Moerdijk en Geertruidenberg, wanneer de vraag niet sterker groeit dan aangegeven in Tabel 3-11. Zonder aanlanding in Moerdijk is voor deze verbinding een beperkte ingreep nodig. Op andere 380kV-verbindingen in de regio wordt de belasting lager, maar de netto-impact van aanlanding in Moerdijk op de HS-verbinding is negatief. Het knelpunt op de verbinding tussen Moerdijk en Geertruidenberg, waar een grote ingreep voor nodig is bij elektrische aanlanding in Moerdijk, ontstaat door de combinatie van de afvoer van overschotten vanuit Zeeland (door kernenergie en wind op zee) en de elektrische aanlanding in Moerdijk. Ook zonder aanlanding in Moerdijk zijn er al knelpunten op de verbindingen vanaf Zeeland via Moerdijk naar Geertruidenberg, doordat overschotten van elektriciteit vanuit Zeeland richting de rest van Nederland afgevoerd moeten worden (zie paragraaf 3.1.5). Dit betekent dat de mogelijkheden voor elektrische aanlanding in Moerdijk afhankelijk zijn van de ontwikkelingen in Zeeland.

De bovenstaande resultaten over de mogelijkheden voor aanlanding in Moerdijk geven een minder gunstig beeld over hoeveel elektrische aanlandingen van wind op zee inpasbaar zijn bij Moerdijk, ten opzichte van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*. De belangrijkste reden voor de verschillen met de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* is de lagere aanname voor (flexibelere) elektriciteitsvraag in Zeeland (met grotere export van elektriciteit richting Noord-Brabant als gevolg). Daarnaast gaat het scenario Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee uit

van een lagere flexibele elektriciteitsvraag van elektrolyzers in de regio Moerdijk, zoals te zien is Tabel 3-11.

De discrepantie van de resultaten van de aanvullende doorrekeningen en de doorrekeningen van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* laten dus zien dat de conclusie is dat de mogelijkheden voor elektrische aanlanding in Moerdijk sterk afhangen van de ontwikkeling van (flexibele) elektriciteitsvraag in Zeeland en Moerdijk. Bij deze aanvullende doorrekeningen, waarin uitgegaan wordt van een lagere ontwikkeling van de elektriciteitsvraag in Zeeland en een beperkte ontwikkeling van elektrolyzers (enkele honderden MW'en) in zowel Moerdijk als Zeeland, lijkt één elektrische aanlanding bij Moerdijk al uitdagend. Maar bij een sterkere groei van de elektriciteitsvraag en de capaciteit van elektrolyzers is het wellicht mogelijk twee aanlandingen in te passen bij Moerdijk.

Daarnaast zijn de mogelijkheden voor elektrische aanlanding bij Moerdijk afhankelijk van de ontwikkeling van kerncentrales en wind op zee in Zeeland. Als er geen kerncentrales of nieuwe elektrische aanlanding in Zeeland gerealiseerd wordt, dan kan dit de inpassing van elektrische aanlanding in Moerdijk verbeteren. In de aanvullende doorrekeningen is echter geen scenario onderzocht zonder kernenergie in Zeeland, waardoor niet geconcludeerd kan worden of wel elektrische aanlanding in Moerdijk mogelijk is zonder nieuwe kerncentrales in Zeeland bij de aangenomen vraagontwikkeling van dit scenario.

Tabel 3-11 Kerncijfers vraag en flexibiliteit Moerdijk<sup>18</sup>

	Scenario's <i>oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie</i>	Koersvaste Middenweg variant 30 GW wind op zee
<i>Elektriciteitsvraag (exclusief elektrolyse, piekvraag)</i>	1.250 – 1.950 MW	1.900 MW
<i>Elektrolyzers</i>	400 – 1.900 MW <sup>19</sup>	200 MW

In de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* is naast de impact op de HS-verbindingen ook de benodigde energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie en de aansluitcapaciteit beoordeeld. Hieruit volgt dat er relatief veel nieuwe energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie nodig is en dat op het geplande 380kV-station twee aanlandingen aangesloten kunnen worden zonder ingreep.

<sup>18</sup> De geografische afbakening bij deze cijfers is de regio Moerdijk/Geertruidenberg

<sup>19</sup> De hoeveelheid elektrolyse in de scenario's is afhankelijk van de hoeveelheid elektrische aanlanding. Dit is de bandbreedte bij de configuraties met nul, één of twee aanvullende elektrische aanlandingen in Moerdijk. Daardoor kunnen deze cijfers vergeleken kunnen worden met de aannames van het scenario voor deze aanvullende analyse, die ook uitgaan van nul, één of twee aanvullende elektrische aanlandingen.

### 3.1.7 Diepe aanlanding in Limburg

#### **Diepe aanlandingen niet langer in pVAWOZ, inzichten systeemintegratie wel opgenomen bij beoordeling Systeemintegratie en in deze oplegger**

In pVAWOZ is ook onderzoek gedaan naar diepe aanlandingen. Uitgangspunt voor pVAWOZ voor de zogenaamde 'diepe aanlandingen van wind op zee' naar Tilburg, Maasbracht en Graetheide was de situering van de benodigde kabels in de buisleidingenstrook van de Delta Rhine Corridor (DRC). De Minister van KGG heeft in december 2024 echter besloten om gelijkstroomkabels uit de DRC te halen om snelheid te kunnen maken met de ontwikkeling van het waterstofnetwerk en een CO<sub>2</sub>-verbinding. Met het ontbreken van een tracé voor deze kabels zijn de onderzoeken naar diepe aanlandingen voor pVAWOZ komen te vervallen.

Daarom is het ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG) een nieuw onderzoekstraject gestart voor aanlandingen van wind op zee diep landinwaarts. De inzichten over diepe aanlanding vanuit de beoordeling Systeemintegratie zijn echter nog wel opgenomen in dit rapport. In deze voorverkenning diepe aanlandingen worden de inzichten uit de beoordeling Systeemintegratie en deze aanvullende analyses ook meegenomen.

Uit *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* volgt dat elektrische aanlanding in Limburg een positief effect heeft op de belasting van de 380kV-verbindingen in Noord-Brabant (corridor Krimpen-Geertruidenberg-Tilburg-Eindhoven). Hierdoor kunnen naar verwachting grote ingrepen bij HS-verbindingen voorkomen worden. De lengte van het kabeltracé vanaf het windpark op zee tot aan de potentiële aansluitlocaties in Limburg is groot, wat betekent dat er veel nieuwe energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie nodig is. Het is dus een afweging tussen extra (ondergrondse) energie-infrastructuur tot aan de aansluitlocatie en extra bovengrondse HS-verbindingen, waarbij opgemerkt moet worden dat het bovengrondse HS-netwerk technisch gezien niet oneindig uitgebreid kan worden.

In de aanvullende analyses is in één configuratie voor de verdeling van wind op zee diepe aanlanding in Limburg meegenomen. De doorrekening van deze configuratie bevestigt het beeld van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*, dat diepe aanlanding in Limburg naar verwachting grote ingrepen bij HS-verbindingen kan voorkomen en daarmee een positieve impact heeft op het hoogspanningsnet.

Voor de aansluitcapaciteit volgt uit de oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie dat bij het geplande 380kV-station Graetheide in Limburg zonder ingrepen binnen het station twee elektrische aanlandingen aangesloten kunnen worden. Bij Maasbracht is naar verwachting een nieuw station noodzakelijk voor het aansluiten van elektrische aanlandingen.

## 3.2 Overkoepelend beeld

Uit de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* komt naar voren dat spreiding van de aanlanding over alle regio's leidt tot aanmerkelijk minder ingrepen bij 380kV-verbindingen dan clustering op enkele locaties, en dit daarom vanuit het perspectief van systeemintegratie de voorkeur heeft. In deze aanvullende analyses is in alle configuraties uitgegaan van spreiding.

Uit de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* kwam een samenhang tussen de mogelijkheden voor aanlanding in de Kop van Noord-Holland en Noord-Holland Zuid naar voren, aangezien overschotten vanuit deze twee regio's via dezelfde 380kV-verbindingen richting de rest van Nederland getransporteerd worden. Daarnaast kwam er een afhankelijkheid tussen de

mogelijkheden voor aanlanding in Noord-Holland Zuid en Zuid-Holland naar voren, aangezien (een deel van) de overschotten vanuit deze regio's samenkomen op 380kV-verbindingen dieper landinwaarts. In de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* was de conclusie dat maximaal één elektrische aanlanding in de Kop van Noord-Holland en één elektrische aanlanding in Noord-Holland Zuid óf Zuid-Holland mogelijk is. Uit deze aanvullende analyses volgt dat een elektrische aanlanding in de Kop van Noord-Holland en een elektrische aanlanding in Noord-Holland Zuid inpasbaar is, en dat dit niet afhankelijk is van de aanlanding in Zuid-Holland (het is dus niet Noord-Holland Zuid óf Zuid-Holland). De mogelijkheden voor elektrische aanlanding in Zuid-Holland zijn onzeker, maar dit is niet afhankelijk van de aanlanding in Noord-Holland Zuid.

Uit deze aanvullende analyses volgt dat er een samenhang is tussen de mogelijkheden voor aanlanding in Moerdijk en de ontwikkelingen in Zeeland. Door grote overschotten van aanbod in Zeeland (door wind op zee en kernenergie) ontstaan in het scenario Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee knelpunten op de 380kV-verbindingen vanaf Zeeland richting Geertruidenberg via Moerdijk, wat de mogelijkheden voor elektrische aanlanding in Moerdijk beperkt. Door de combinatie van de afvoer van overschotten vanuit Zeeland en de elektrische aanlanding in Moerdijk is namelijk een grote ingreep nodig op de verbinding tussen Moerdijk en Geertruidenberg indien er niet meer vraag ontstaat dan aangenomen in het scenario. Deze samenhang kwam niet naar voren uit de oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie, doordat er toen minder knelpunten naar voren kwamen door afvoer van elektriciteit uit Zeeland naar Noord-Brabant doordat in die doorrekeningen uitgegaan werd van een fors hogere (flexibele) elektriciteitsvraag in Zeeland. De mogelijkheden voor aanlanding in Moerdijk (en ook Zeeland) zijn dus afhankelijk van de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag (ook van elektrolyzers) en aanbod (wind op zee en kernenergie) in Zeeland.

### 3.3 Afhangelijkheden en onzekerheden

De inpassing van wind op zee en de impact van elektrische aanlandingen op de HS-verbindingen staat niet op zichzelf, maar is afhankelijk van andere ontwikkelingen in het energiesysteem. De belangrijkste onzekerheden en afhangelijkheden zijn de ontwikkeling van grote kerncentrales, de ontwikkeling van de (flexibele) elektriciteitsvraag en diepe aanlanding:

- **(Flexibele) elektriciteitsvraag**, waaronder elektrolyzers, zorgt ervoor dat een groter deel van de elektriciteit van windparken op zee direct benut wordt bij de aansluitlocaties. Meer lokale (flexibele) elektriciteitsvraag leidt er daarmee toe dat de impact van elektrische aanlanding op de HS-verbindingen kleiner is en dat meer elektrische aanlandingen ingepast kunnen worden zonder grote ingrepen. In de aanvullende analyses is uitgegaan van een forse toename van de elektriciteitsvraag, en een hogere basisvraag naar elektriciteit ten opzichte van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*. Er wordt wel uitgegaan van een fors lagere ontwikkeling van flexibele elektriciteitsvraag van elektrolyzers. In paragraaf 3.4 bespreken we de effecten daarvan. Belangrijk om te benoemen is dat zowel het scenario voor deze aanvullende analyses als de scenario's voor de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* uitgaan van een forse groei van de elektriciteitsvraag ten opzichte van de huidige situatie.
- **Kerncentrales**. De eventuele ontwikkeling van grote kerncentrales heeft impact op de hoeveelheid elektrische aanlanding die zonder grote ingrepen mogelijk is. Dit komt doordat grote kerncentrales (bij 2 centrales gaat het om ongeveer 3,2 GW) zorgen dat lokaal meer elektriciteit geproduceerd wordt. Dit zorgt ervoor dat meer stroom afgevoerd moet worden. In deze aanvullende analyses is aangenomen dat 2 nieuwe kerncentrales in Zeeland gerealiseerd worden. De realisatie van kerncentrales leidt ertoe dat er minder elektrische aanlanding

mogelijk is (zie paragraaf 3.1.5). Er zijn in deze aanvullende analyses geen scenario's doorgerekend met kerncentrales in Rotterdam of de Eemshaven.

- **Diepe aanlanding.** Diepe aanlanding naar Limburg valt niet meer in de scope van pVAWOZ, maar vanuit de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* en ook vanuit deze aanvullende analyses (zie paragraaf 3.1.7) is er reden om op diepe aanlanding in te blijven zetten. In alle regio's zijn er uitdagingen voor de inpassing van elektrische aanlandingen, dus daarmee maakt diepe aanlanding het vanuit systeemperspectief mogelijk om meer elektrische aanlandingen te realiseren. Daarnaast kan het zelfs leiden tot vermindering van knelpunten aan de HS-verbindingen vanaf de kust naar Limburg.

Uit de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* kwam naar voren dat de Netuitbreiding in de Randstad ook een grote afhankelijkheid is, maar dit is geen onzekerheid meer aangezien uit onderzoek van TenneT gebleken is dat dit project niet haalbaar is.

### 3.4 Duiding verschillen met oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie

De belangrijkste oorzaak voor het verschil tussen deze aanvullende analyses en de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* is dat voor deze aanvullende analyses (met scenario Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee) uitgegaan wordt van een lagere ontwikkeling van flexibele elektriciteitsvraag van elektrolyzers (3 GW in scenario Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee tegenover 17,5 – 26 GW in scenario's *oorspronkelijke Beoordeling Systeemintegratie*). Dit is een belangrijke reden dat bij het scenario Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee elektrische aanlanding lastiger inpasbaar lijkt in Zeeland, Rotterdam en Moerdijk.

De aanname voor de ontwikkeling van elektrolyse is lager dan in de oorspronkelijke scenario's omdat de ontwikkeling minder snel gaat dan eerder verwacht, maar ook doordat er bij deze aanvullende analyses uitgegaan wordt van een lager vermogen wind op zee. Als er minder aanbod van hernieuwbare elektriciteit komt, dan zal er naar verwachting ook minder elektrolyse gerealiseerd worden.

Verder gaat het scenario voor de aanvullende analyses uit van een andere ontwikkeling van de elektriciteitsvraag. Er wordt in het scenario voor deze aanvullende analyses uitgegaan van een sterkere groei van de basisvraag naar elektriciteit, met name van datacenters. Dit is naar verwachting de belangrijkste reden dat uit de aanvullende analyses een gunstiger beeld komt voor inpassing van elektrische aanlanding in Noord-Holland Zuid. Er wordt echter niet in alle regio's uitgegaan van een hogere basisvraag naar elektriciteit, in Zeeland valt deze juist lager uit dan bij de scenario's van de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*.

Een ander verschil ten opzichte van de doorrekeningen in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* is dat in deze aanvullende analyses de Netuitbreiding in de Randstad niet meegenomen is. In de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* was deze netuitbreiding in de basisdoorrekeningen wel meegenomen, maar was er wel een gevoeligheidsanalyse gedaan waarin deze netuitbreiding niet meegenomen is.

## 4 Impact op conclusies beoordeling systeemintegratie en IEA

### Richtinggevend onderzoek naar impact wind op zee op energie-infrastructuur

Het gaat bij de netdoorrekeningen van TenneT expliciet om richtinggevende doorrekeningen om de relatieve impact bij aanlanding op verschillende locaties in te schatten. Daarmee dienen deze doorrekeningen om afwegingen te maken tussen elektrische aanlanding van wind op zee in verschillende regio's.

De resultaten zijn geldig voor het gehanteerde scenario. Scenario's en modellen geven inzicht in de mogelijke ontwikkelingen richting 2040, maar zijn geen absolute waarheid. Dit geldt ook voor deze aanvullende doorrekeningen gebaseerd op de nieuwe scenario's van Netbeheer Nederland. Dit is een recenter beeld dan de oorspronkelijke doorrekeningen die uitgevoerd zijn voor de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie*, en geven daarmee naar verwachting een waarschijnlijker beeld van de ontwikkelingen richting 2040. Maar ook deze uitkomsten moeten gezien worden als richtinggevend.

Uit de doorrekeningen van de verschillende energetische scenario's, configuraties voor wind op zee en gevoeligheidsanalyses kwam in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* naar voren dat er zes elektrische aanlandingen zijn die in alle onderzochte scenario's en gevoeligheidsanalyses inpasbaar lijken zonder grote ingrepen. Het gaat om één aanlanding in Zeeland, twee elektrische aanlandingen bij Moerdijk/Geertruidenberg, één aanlanding in de Eemshaven (Doordewind II), één aanlanding in de Kop van Noord-Holland en één aanlanding in Noord-Holland Zuid of Zuid-Holland. In de aanvullende analyses is onderzocht of deze zes elektrische aanlandingen ook bij de uitgangspunten in de nieuwe Netbeheer Nederland scenario's inpasbaar lijken. Daarmee worden dus de meest kansrijke opties vanuit de oorspronkelijke beoordeling systeemintegratie gevalideerd.

De onderstaande tabel toont een overzicht van de inpasbaarheid van de kansrijke aanlandingen in de *oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie* en deze aanvullende analyses.

Tabel 4-1 Toetsing kansrijke elektrische aanlandingen vanuit perspectief systeemintegratie

Locaties	Inpasbaar zonder grote ingrepen in alle scenario's - <i>oorspronkelijke beoordeling Systeemintegratie</i>	Inpasbaar zonder grote ingrepen – aanvullende analyses scenario Koersvaste Middenweg met 30 GW wind op zee
<b>Noord-Nederland</b>	Doordewind II in alle scenario's inpasbaar. In deel scenario's nog meer elektrische aanlanding mogelijk	Doordewind II inpasbaar. Extra aanlanding bovenop Doordewind II niet onderzocht.
<b>Kop van Noord-Holland</b>	Eén elektrische aanlanding	Eén elektrische aanlanding.
<b>Noord-Holland Zuid</b>	Eén elektrische aanlanding in één van beide regio's (bovenop 700 MW Velsen)	Eén elektrische aanlanding (bovenop 700 MW Velsen).
<b>Zuid-Holland</b>		Afhankelijk van vraagontwikkeling (omvang en locatie) of elektrische aanlanding inpasbaar is.
<b>Zeeland</b>	Eén elektrische aanlanding bij realisatie kerncentrales in Zeeland	Bij doorgerekend scenario geen aanlanding inpasbaar bij realisatie kerncentrales in Zeeland.
<b>Moerdijk</b>	Twee elektrische aanlandingen	Afhankelijk van ontwikkeling (flexibele) elektriciteitsvraag in Moerdijk en Zeeland en ontwikkeling kernenergie en wind op zee in Zeeland. Bij sterkere groei elektriciteitsvraag en elektrolyse dan in scenario lijkt zeker één aanlanding inpasbaar.
<b>Totaal</b>	<b>Minimaal zes elektrische aanlandingen (bovenop 700 MW Velsen)</b>	<b>Minimaal drie elektrische aanlandingen (bovenop 700 MW Velsen)</b>

De tabel laat zien dat minimaal drie van de zes kansrijke elektrische aanlandingen ook bij deze aanvullende analyses inpasbaar lijken. Voor Zuid-Holland en Moerdijk is dit sterk afhankelijk van de ontwikkeling van de (flexibele) vraag naar elektriciteit. Voor elektrische aanlanding in Moerdijk zijn ook de ontwikkeling van de (flexibele) elektriciteitsvraag, kernenergie en wind op zee in Zeeland van belang. In Zeeland is geen elektrische aanlanding inpasbaar bij de realisatie van kerncentrales in Zeeland.

De tabel geeft een overzicht hoeveel elektrische aanlandingen inpasbaar zijn zonder grote ingreep. In principe is het niet onmogelijk om meer elektrische aanlandingen in te passen, er zijn dan verschillende grote ingrepen mogelijk (zie onderstaand kader). Extra netuitbreidingen, bovenop de plannen die al opgenomen zijn in het investeringsplan van TenneT (en die al meegenomen zijn) lijkt erg uitdagend. Systeemoplossingen en marketingrepen kunnen echter wel zorgen dat meer wind op zee inpasbaar is, al is ook dit uitdagend en/of heeft dit forse maatschappelijke kosten.

Daarnaast kan onderzocht worden of nog meer elektrische aanlandingen inpasbaar zijn in Noord-Holland Zuid door de aangenomen sterke groei van datacenters. Ook in Noord-Nederland zijn mogelijk meer elektrische aanlandingen inpasbaar bovenop Doordewind II, maar is dat niet in deze aanvullende analyses onderzocht. Ook kan diepe aanlanding een bijdrage leveren aan het inpassen van meer wind op zee. Tot slot is het van belang om te herhalen dat ook voor deze aanvullende analyses geldt dat het gaat om richtinggevend onderzoek. De bevindingen geven inzicht in de mogelijke ontwikkelingen richting 2040, maar deze ontwikkelingen zijn inherent onzeker. Het is daarom belangrijk om de bevindingen periodiek te herijken.

#### **Wat zijn de mogelijke grote ingrepen bij de HS-verbindingen?**

Er is een grote ingreep noodzakelijk bij een ernstige overschrijding van de transportcapaciteit van 380kV-verbindingen. In dat geval is redispatch, wat we classificeren als een beperkte ingreep, technisch niet meer mogelijk. Er zijn verschillende grote ingrepen bij een ernstige overschrijding van de transportcapaciteit:

- **Netverzwaring.** Dit is de gangbare oplossing bij een ernstige overschrijding van de transportcapaciteit. Echter, het zou dan gaan om een additionele verzwaring boven op de uitbreidingen die al opgenomen zijn in het investeringsplan van TenneT (die al meegenomen worden in de doorrekeningen) en waar nog geen plannen voor zijn. Het is daarmee zeer uitdagend om deze ingreep voor 2040 te realiseren.
- **Systeemoplossingen.** Dit zijn oplossingen vanuit de inrichting van het energiesysteem. Met name het realiseren van meer lokale (flexibele) elektriciteitsvraag is dan een kansrijke oplossing, aangezien dan een groter deel van de productie van wind op zee lokaal benut wordt. De scenario's gaan echter al uit van een forse toename van de elektriciteitsvraag, en dit zou nog additioneel moeten zijn ten opzichte van de toename in de scenario's.
- **Marketingrepen.** Dit kan bijvoorbeeld met een verplicht tijdsduurgebonden transportrecht voor de windparken op zee, waarbij de windparken op zee op momenten dat overschrijding dreigt niet mogen invoeden en moeten afschakelen. Het gaat hierbij om andere ingrepen dan redispatch, wat ook een marketingreep van TenneT is. Dat zien we als een beperkte ingreep.

Voor alle drie deze ingrepen moet per situatie in meer detail onderzocht worden of en in welke mate deze de ernstige overschrijding van de capaciteit van 380kV-verbindingen oplost, en of het haalbaar is. Dat valt buiten de scope van de beoordeling Systeemintegratie binnen pVAWOZ. Hierin identificeren we alleen of een grote ingreep noodzakelijk is.

## Referenties

Netbeheer Nederland. (2023). *Het energiesysteem van de toekomst: De ii3050-scenario's*.  
Netbeheer Nederland. (2025). *Netbeheer nederland scenario's editie 2025*.