

# BIJLAGE X Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023





## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Roel van Ooij, Maarten Jaspers Faijer

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers, Mariëlle de Sain

## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.



## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>2</b>
1.1	Introductie	2
1.2	Advies Commissie m.e.r.	5
<b>2</b>	<b>Robuuste knelpunten &amp; ontwikkelingen</b>	<b>10</b>
2.1	Robuuste ontwikkelingen in elektriciteitsnetwerk	10
2.2	Robuuste ontwikkelingen voor knelpunten in gasnetwerk	17
<b>3</b>	<b>Aanvullende uitgangspunten voor structuurkeuzes en systeemontwikkelingen</b>	<b>18</b>
3.1	Inleiding	18
3.2	Opwek (productie + import)	19
3.3	Opslag	20
3.4	Elektriciteitsinfrastructuur	22
3.5	Methaan- en Waterstofinfrastructuur	22
<b>4</b>	<b>Beoordelingskader</b>	<b>23</b>
4.1	Lagenbenadering	23
4.2	Drie categorieën beoordeling	25
<b>5</b>	<b>Uitwerking van het beoordelingskader</b>	<b>28</b>
5.1	Occupatielaag	28
5.2	Netwerklaag	30
5.3	Ondergrondlaag	33
5.4	Passende Beoordeling	38
<b>6</b>	<b>Bronnen</b>	<b>41</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Introductie

Onderdeel van de Integrale Effectenanalyse is een milieubeoordeling. In dit document wordt de beoordelingsmethodiek voor Milieu & Ruimte van robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes toegelicht. De beoordeling van robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes heeft dezelfde basis, maar is van een ander abstractieniveau. In hoofdstuk 2 wordt de beoordelingsmethodiek van robuuste ontwikkelingen toegelicht, in hoofdstuk 3 staat dit voor structuurkeuzes. Het gebruikte beoordelingskader is nader toegelicht in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 staat de uitwerking van het beoordelingskader. Veel gebruikte termen staan uitgelegd in Bijlage I.

### **Disclaimer Milieu & Ruimte**

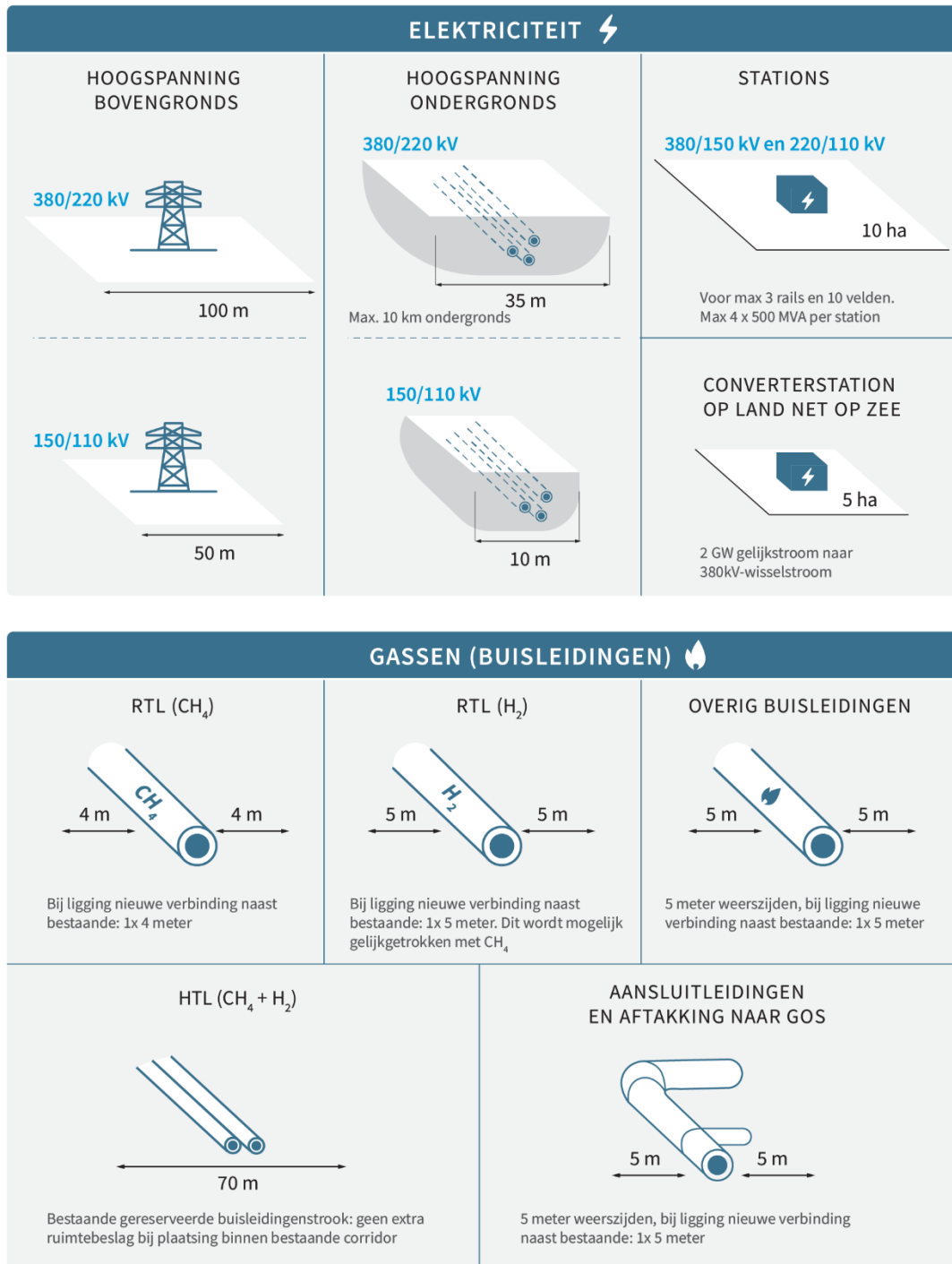
Voor de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte zijn in deze IEA onderbouwde aannames gedaan over ruimtebeslag, potentiële locaties en ruimtelijke tracéopties van verschillende elementen van het energiesysteem. Dit is gedaan om de belangrijkste effecten te beoordelen en op basis hiervan ontwikkelrichtingen voor de energiehoofdstructuur te kunnen opnemen in het PEH. Het is niet bedoeld om exacte locaties en/of tracés te kiezen; dit gebeurt in planologische (vervolg)procedures voor een specifiek(e) locatie of tracé. Voorafgaand aan deze procedures wordt eerst een investeringsbeslissing genomen door een netbeheerder\* of andere (private) initiatiefnemer. In de planologische procedures vindt in samenspraak met de omgeving nader (lees meer gedetailleerd) onderzoek plaats naar verschillende opties en effecten aan de hand van de op dat moment meest recente informatie. Op basis hiervan wordt een beslissing genomen over een precieze ligging van een tracé of locatie. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van de IEA/PEH worden wel meegenomen in deze procedures; het PEH vormt het kader voor de uitwerking in deze vervolprocedures.







*\*De netbeheerders maken hierbij een afweging voor de beste nettechnische oplossing.*





Voor het ruimtebeslag<sup>1</sup> van verschillende onderdelen van het energiesysteem staan de aannames in Figuur 1-1. Dit biedt een overzicht van het ruimtebeslag dat in meer detail is toegelicht in hoofdstuk 2 en 3.

<sup>1</sup> Er wordt bij ruimtebeslag gesproken over direct en indirect ruimtebeslag. Bij direct ruimtebeslag is er geen tot beperkt medegebruik door andere functies mogelijk, bij indirect ruimtebeslag is er wel medegebruik van (bepaalde) andere functies mogelijk.

Figuur 1-1 Overzicht aannames ruimtebeslag per onderdeel



OPWEK ↑		
<p>REGELBARE CENTRALES</p>  <p>213 MW / ha</p>	<p>ZON OP LAND</p>  <p>48-156 MW / km<sup>2</sup></p> <p>Veldopstelling extensief en intensief</p>	<p>ELEKTROLYSERS</p>  <p>1 GW / 10ha</p>
<p>KERNCENTRALES</p>  <p>1.650 MW / 15 ha</p>	<p>WIND OP LAND</p>  <p>4.000 m<sup>2</sup> / turbine</p> <p>Direct ruimtebeslag</p> <p>12 MW / km<sup>2</sup></p> <p>Indirect ruimtebeslag: uitgangspunt opstelling van 6 turbines</p>	<p>GEO THERMISCH DOUBLET</p>  <p>7,5 MW / 900 m<sup>2</sup></p>

OPSLAG ∩	
<p>WATERSTOF BOVENGRONDS</p>  <p>Betreft enkel bovengrondse installaties exclusief verbindingen</p> <p>0,5 PJ/km<sup>2</sup></p>	<p>BATTERIJEN</p>  <p>Uitgaande van 1 MW = 4 MWh</p> <p>14.000 MWh/km<sup>2</sup> of 3.500 MW/km<sup>2</sup></p>
<p>WATERSTOF ONDERGRONDS</p>  <p>Locatie afhankelijk</p> <p>Afhankelijk van omvang cavernes en bestaande gasopslagen</p>	<p>METHAANOPSLAG ONDERGRONDS</p>  <p>Locatie afhankelijk</p> <p>Afhankelijk van omvang cavernes en bestaande gasopslagen</p>

## 1.2 Advies Commissie m.e.r.

De Commissie m.e.r. heeft op 23 juni 2021 een advies uitgebracht over de reikwijdte en het detailniveau van de IEA/planMER.<sup>2</sup> In de volgende tabel staan de belangrijkste aanbevelingen uit dit advies van de Commissie voor de milieueffectrapportage (verder Commissie m.e.r.) waarbij is aangegeven waar de aanbevelingen zijn geland in de IEA/planMER. Hierbij is de volgende leeswijzer van toepassing:

- Ten opzichte van de notitie reikwijdte en detailniveau is er een aantal dingen verder uitgewerkt of is de aanpak van de alternatieven en de beoordelingsmethodiek op basis van voortschrijdend inzicht aangepast. Daarmee verschilt ook op een aantal plaatsen de gehanteerde bewoording van het advies van die van de IEA/planMER. Dit heeft vooral te maken met het abstractieniveau van PEH. De belangrijkste voorbeelden hier van zijn:
  - Er heeft geen ‘traditionele’ ontwikkeling en vergelijking van alternatieven plaatsgevonden. Er is een analyse van verschillende scenario’s gedaan op basis waarvan de gevolgen van bepaalde ontwikkelingen (robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes) inzichtelijk zijn gemaakt.
  - Er is daarmee ook niet één voorkeursalternatief (VKA) bepaald. Op basis van de inzichten in verschillende ontwikkelingen, zijn in het PEH keuzes gemaakt, kansrijke ontwikkelrichtingen aangewezen en randvoorwaarden bepaald.
  - De situatie 2030 is beschreven en niet beoordeeld in deze IEA omdat over veel van de 2030-projecten is besloten/de besluitvorming vergevorderd is en ze daarmee elders beoordeeld zijn/worden. De situatie 2030 dient als uitgangssituatie voor de beoordeling van de situatie in 2050 en ook voor het plaatsen van ontwikkelingen in de tijd.
- Bij een aantal aanbevelingen die gedaan zijn voor of meer van toepassing zijn op het programma PEH 2023 zelf, wordt verwezen naar het programma PEH 2023. Deze aanbevelingen komen niet aan bod in de IEA/planMER.
- Gezien het (meer abstracte) detailniveau van deze IEA/planMER voor PEH en de uitwerking die moet volgen in procedures van concrete projecten, is er op sommige plekken aangegeven dat het advies van toepassing is op vervolgpcedures.
- De hoofdpunten (eerste hoofdstuk *Advies voor de inhoud van de IEA in het kort*) van het advies van de Commissie m.e.r. zijn niet opgenomen in de onderstaande tabel. Deze komen immers terug in de individuele hoofdstukken en worden daarmee behandeld in het desbetreffende gedeelte van de tabel.

Tabel 1-1 Belangrijkste aanbevelingen advies Commissie m.e.r. NRD en de omgang hiermee in de IEA/planMER

Par.	Advies Commissie m.e.r.	Omgang met advies
<b>HOOFDSTUK 1 STAP 1: AANLEIDING EN DOEL</b>		
§1.1	Concretiseer zo veel als mogelijk de ambitie, onder andere in de tijd (zowel voor 2030 en 2050).	Zie paragraaf 1.1 en hoofdstuk 2 hoofdrapport IEA en Bijlagen VIII en VIII (uitwerking alternatieven 2050) en zie paragraaf 2.7 en hoofdrapport IEA en Bijlage XIV (situatie 2030).
	Geef in de IEA aan wat er wordt verstaan onder een goede leefomgevingskwaliteit.	In het beoordelingskader staan diverse aspecten die voor leefomgevingskwaliteit staan (zoals dichtheid woningen). Beschrijving beoordelingskader Milieu & Ruimte staat in Bijlage X.
	Beschrijf in de IEA wat de ervaringen zijn geweest met deze structuurvisies (SEV III, SvWOL en SB).	In paragraaf 1.4 en hoofdrapport IEA en Bijlage III staat de beleid en context beschreven. Het PEH gaat waar relevant in op de ervaringen met deze structuurvisies en beschrijft eventuele aanvullende maatregelen.
§1.2	Geef in de IEA aan welke kaders de NOVI stelt aan het PEH, en op welke wijze deze invulling geven aan het PEH.	Zie paragraaf 1.4 en hoofdrapport IEA en Bijlage III. Ook in het PEH wordt ingegaan op de relatie met de NOVI en de vertaling van bijvoorbeeld principes uit de NOVI naar PEH.

<sup>2</sup> [www.commissierner.nl/docs/mer/p35/p3528/3528\\_rd\\_advies\\_reikwijdte\\_en\\_detailniveau.pdf](http://www.commissierner.nl/docs/mer/p35/p3528/3528_rd_advies_reikwijdte_en_detailniveau.pdf)

Par.	Advies Commissie m.e.r.	Omgang met advies
	Geef aan welke wet- en regelgeving en beleidskaders van belang zijn voor PEH en geef de samenhang met andere (lopende) programma's aan.	In paragraaf 1.4 en hoofdrapport IEA en Bijlage III staat de beleid en context beschreven.
§1.3	Beschrijf relatie met andere (lopende) programma's en hoe dit heeft meegewogen in afwegingsproces (aantal worden benoemd).	Zie In paragraaf 1.4 en hoofdrapport IEA en Bijlage III staat de beleid en context beschreven. Voor de vaststelling van het PEH als product is er veel afstemming geweest met andere lopende programma's. In het PEH staat globaal beschreven welke relaties er zijn en zijn ook de belangrijkste relaties met andere opgaven uit de leefomgeving opgenomen.
§1.4	Geef aan voor welke onderwerpen mogelijk AMvB's worden opgesteld. Beschrijf welke structuurvisies vervallen bij vaststelling van het PEH.	Dit is opgenomen in PEH 2023.
<b>HOOFDSTUK 2 STAP 2: SCENARIO'S, ALTERNATIEVEN EN VARIANTEN</b>		
§2.1	Geef in de IEA weer wat de belangrijkste aannames zijn achter de scenario's en hoe deze getallen tot stand zijn gekomen. Geef hierbij onderbouwing verschillen aan.	Zie hoofdstuk 2 hoofdrapport IEA. Uitgebreide uitleg te vinden in Bijlage IV (beschrijving scenario's).
	De Commissie vraagt om toe te lichten waarom geothermie niet meegenomen wordt in PEH, terwijl dit expliciet in de scenario's van II3050	Zie hoofdstukken 2 (2.6.10) en 5 (5.2.10) hoofdrapport IEA en Bijlage VIII Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen. Hier is aandacht besteed aan de bovenregionale warmtenetten volgend uit geothermie. De lokale warmtenetten en bronnen zelf worden niet expliciet behandeld (ze staan wel in verminderde vraag elektriciteit in scenario's).
§2.2	<u>Alternatieven 2050</u> Geef aan hoe afwegingsprincipes van de NOVI zijn vertaald in de alternatieven.	Zie voor alternatievenontwikkeling en traceringsprincipes hoofdstuk 3.2.2 hoofdrapport IEA en Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte).
	Beschrijf welke opwek-, vraag- flex- en net-technieken onderdeel zijn van de alternatieven.	Zie hoofdstuk 1 (1.2) hoofdrapport IEA en Bijlage IV (beschrijving scenario's).
	Om mogelijk zwaarwegende effecten op natuur, landschap en leefomgeving te kunnen beoordelen kan het in stedelijke regio's en in gebieden met specifieke hoge waarden nodig zijn om globale tracévarianten te verkennen binnen een beschikbare bandbreedte.	Zie bijlagen X (beoordelingsmethodiek Milieu en Ruimte) en XIa (beoordeling ontwikkelingen voor Milieu en Ruimte) waarbij voor de meeste lijninfrastructuur is gekeken naar een aantal varianten en voor puntinfrastructuur/locaties naar een robuust en maximum ruimtebeslag.
	De Commissie beveelt aan indien concrete ruimtelijke reserveringen nodig zijn voor trajecten, dit te onderzoeken via separate gebiedsprocessen, waarin het milieuonderzoek gedetailleerder is en passend is bij de besluitvorming.	Het ministerie van EZK en de opstellers van deze IEA hebben dit vanaf het begin als uitgangsprincipe gehanteerd.
	<u>Alternatieven 2030</u> Geef aan welke aannames zijn gedaan	Zie paragraaf 2.7 van hoofdrapport IEA en Bijlage XIV (situatie 2030).
§2.3	<u>Varianten</u> Beschouw alternatief met kernenergie als Zeer Sterke Knoop en geef aan wat verwachte hoeveelheid energieopwekking is en welke het zal vervangen.	Het scenario met daarin kernenergie heeft de naam Zeer Sterke Knopen. In Hoofdstuk 2 (2.3) van het Hoofdrapport IEA en Bijlage IV (Beschrijving scenario's 2050) zijn de hoeveelheden energie-opwek en -vervanging beschreven.
	Geef aan waarom waarborglocatie Eemshaven wordt uitgesloten van deze variant.	Tijdens een Wetgevingsoverleg op 4 maart 2021 (Kamerstuk 35 603, nr. 79) is een motie van Tweede Kamerlid Beckerman aangenomen die uitspreekt dat Eemshaven als waarborglocatie geschrapt moet worden. Daarnaast is een motie van de leden Sienot en Mulder aangenomen die oproept geen kerncentrale te realiseren in de provincie



Par.	Advies Commissie m.e.r.	Omgang met advies
		Groningen. In de Kamerbrief over kernenergie wordt daarom ook de locatie Eemshaven niet overwogen voor locatie voor nieuwbouw uit het coalitieakkoord. In het PEH wordt de waarborglocatie ook niet meegenomen voor het toekomstige energiesysteem. In de volgende actualisatie van het Barro/Bkl zal Eemshaven daarom geschrapt worden.
	De Commissie benadrukt nogmaals dat dit programma en de abstractie daarvan zich niet goed leent voor een volledige milieuvergelijking tussen kernenergie of andere vormen van energieopwekking (wind en zon) tussen 2030-2050. Ook zou dan naar de mening van de Commissie de andere vormen van energieopwekking moeten worden onderzocht (zie par. 1.1 van dit advies).	Het ministerie van EZK en de opstellers van deze IEA sluiten aan bij deze opmerking. Energieopwekking (kern-energie, wind en zon) behoren niet tot de scope van het PEH. In de IEA is alleen op hoofdlijnen naar de effecten van energieopwekking gekeken om, naast de invloed van verschillende vormen van opwek op de energie-infrastructuur, ook inzicht te geven in onderscheid in effecten van meer of minder spreiding van opwek.
	Kijk of mogelijke toekomstige technologieën van invloed zijn op alternatieven. Bijvoorbeeld SMR en waterstofbuisleidingen beschouwen als opslag.	<p>Invalshoek van de analyses zijn de huidige technieken, vanwege onzekerheid van mogelijke omvang nieuwe technieken. Maar concrete technieken zijn wel besproken. SMR's zijn wel beschreven in Bijlage IV (beschrijving scenario's). Opslag in buisleidingen is niet expliciet opgenomen in de analyse omdat de lage netto-opslagcapaciteit niet voldoet aan de opslagbehoefte. Er is dus geen ruimtelijke effectenbeoordeling op gedaan. Door de geringe omvang in termen van energie zal er geen invloed zijn op de alternatieven.</p> <p>Ook wordt verwezen naar het cyclisch karakter van PEH; het programma wordt eens in de 4 à 5 jaar vernieuwd en daarmee kunnen nieuwe technologieën worden meegenomen.</p>
<b>§2.4</b>	Om in de IEA twee verschillende referentiesituaties te beschrijven, namelijk een aparte referentiesituatie voor de effectbeoordeling van de voorgestelde alternatieven/varianten van 2030 en een andere referentiesituatie voor de effectbeoordeling van de alternatieven/varianten van 2050.	De situatie 2030 is beschreven en niet beoordeeld in deze IEA omdat over veel van de 2030-projecten is besloten/de besluitvorming gevorderd is en ze daarmee elders beoordeeld zijn/worden. De situatie 2030 dient als uitgangssituatie voor de beoordeling van de situatie in 2050 en ook voor het plaatsen van ontwikkelingen in de tijd.
<b>HOOFDSTUK 3 STAP 3: MILIEUGEVOLGEN EN CONTOUR-VKA</b>		
<b>§3.1</b>	<u>Ruimtebeslag</u> Maak bij direct ruimtebeslag onderscheid tussen vlakken en lijnen	Er is onderscheid gemaakt in lijninfrastructuur en puntinfrastructuur en gebieden waar diverse infrastructuur samenkomt.
	Ga bij indirect ruimtebeslag in op meervoudig ruimtegebruik	Is onderdeel van zowel de traceringsprincipes als van de beoordelingsmethodiek (aspecten landschap en overige gebruiksfuncties). Zie paragraaf 2.1 en 3.2 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte).
	Maak inzichtelijk hoe invulling wordt geven aan het NOVI-principe "Combinaties van functies gaat voor enkelvoudige functies". Besteed daarbij zowel aandacht aan de potentie voor bundeling van functie (inclusief mogelijkheden voor meervoudig ruimtegebruik) per onderdeel van het energiesysteem als voor de potentie voor het hele systeem.	Is onderdeel van zowel de traceringsprincipes als van de beoordelingsmethodiek (aspecten landschap en overige gebruiksfuncties). Zie paragraaf 2.1 en 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte). De conclusies over het landelijk beeld (zie o.a. hoofdstuk 6 hoofdrapport IEA) vormen input voor de ontwikkelrichtingen in het PEH.
<b>§3.2</b>	<u>Leefomgeving en gezondheid</u> NOVI-principes als leidraad te nemen voor de alternatieven 2050. Beoordeling kan op basis van 'expert judgement', ondersteunt door geografische analyses op hoofdlijnen. Combinaties van	De NOVI-principes zijn onderdeel van de traceringsprincipes. In Bijlage III en hoofdstuk 2 en 5 van Bijlage X wordt hier aandacht aan besteed. Ook komt het terug in hoofdstuk 6 van het hoofdrapport IEA.

Par.	Advies Commissie m.e.r.	Omgang met advies
	functies gaan voor enkelvoudige functies. Kenmerken en identiteit van een gebied staan centraal, afwentelen wordt voorkomen.	
	Geef ook inzicht in de mate waarin de impact op de leefomgeving en andere functies door slimme keuzes gemitigeerd kan worden.	Mitigatie maakt onderdeel uit van de beoordelingsmethodiek. Zie paragraaf 4.2 en hoofdstuk 5 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte Gezien het abstractieniveau van het programma en deze beoordeling, zijn er leemten die voor een deel als aanbeveling voor vervolgpcedures/vervolgonderzoek zijn opgenomen, zie hoofdstuk 6 hoofdrapport IEA.
§3.3	Gebiedsbescherming: kijk naar effecten op N2000 en NNN. De beoordeling dient ten minste te voldoen aan de vereisten van een voortoets	Effecten op NNN en N2000 zijn meegenomen. Op dit abstractieniveau en deze tijdschaal is niet volledig te voldoen aan vereisten voortoets. Zie toelichting paragraaf 5.3 en 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte)
	Soortenbescherming: Breng ook de effecten op beschermde soorten in beeld. Gelet op het hoge abstractieniveau van het besluit zal een indicatieve risicobeoordeling van de alternatieven op dit moment volstaan.	Dit is voornamelijk meegenomen via beoordeling beschermde gebieden. Zie paragraaf 5.3 en 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte).
§3.4	<u>Cultuurhistorie en archeologie</u> . Commissie onderschrijft in NRD voorgestelde aanpak om te kijken voor archeologie en cultuurhistorie.	Zie methodiek cultuurhistorie en archeologie in paragraaf 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte).
	<u>Landschap</u> . Commissie adviseert volgende criteria te betrekken in beoordeling: Rechtstanden, landschappelijke eenheden, landschappelijke hoofdstructuur en grote wateren	De beoordeling van landschap omvat deze criteria. Zie paragraaf 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte).
	Bij bundeling: Met bestaande kV-lijnen onopvallend en rustig beeld en een masttype, buisleidingen: maat van barrière afwegen, met weg- en waterinfra: kan het voldoende een lijn krijgen.	Als aanbeveling voor vervolgpcedures opgenomen, zie hoofdstuk 6 hoofdrapport IEA.
	Beoordeling van de locaties voor energiehubs geldt het NOVI-afwegingscriterium dat dit moet bijdragen aan het versterken van karakteristieke verschillen binnen de landschappelijke verscheidenheid van Nederland.	Is onderdeel beoordeling landschap. Zie paragraaf 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte).
§3.5	<u>Water</u> De Commissie adviseert naast mate van invloed op grondwaterkwaliteit, mate van doorkruising van oppervlaktewateren en mate van invloed op primaire waterkeringen ook de beïnvloeding van drinkwatervoorzieningen te beoordelen (grondwaterbeschermingsgebieden, aanvullende strategische watervoorraden en nationale grondwatervoorraden).	Zie grondwater en (drink)watervoorziening paragraaf 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte) waar ook grondwaterbeschermingsgebieden, aanvullende strategische voorraden en nationale grondwaterreserves zijn opgenomen. Oppervlaktewateren zijn weinig aan de orde in de IEA.
	Klimaatadaptatie: Beoordeel waar mogelijk sprake kan zijn van concurrerende ruimteclaims en waar er juist slimme koppelkansen liggen (synergie), teneinde een met het oog op de klimaatverandering toekomstbestendig ontwikkeling van het PEH mogelijk te maken. Geef aan hoe robuust de energie-infrastructuur is in de context van deze risico's en waar de alternatieven op dit punt verschillen.	Er wordt gekeken naar overstromingsgevoeligheid van puntinfrastructuur. Zie paragraaf 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte). Daarnaast is er in Bijlage XIb (Beoordeling Milieu & Ruimte structuurkeuzes) gekeken naar beschikbaarheid van voldoende waterafvoer voor koelwater naar de toekomst toe en het toepassen van koeltorens. Ook het PEH zal ingaan op de relatie met andere grote opgaven in de leefomgeving zoals klimaatadaptatie en eventuele risico's.
§3.6	<u>Bodem (ondiep)</u> . Geef in de IEA aan: <ul style="list-style-type: none"> <li>Het ruimtebeslag van ondergrondse infrastructuur.</li> </ul>	1. Zie paragraaf 5.3 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte) en uitwerking in Bijlage XIa

Par.	Advies Commissie m.e.r.	Omgang met advies
	<ul style="list-style-type: none"> <li>De bundelingsmogelijkheden of -onmogelijkheden met bestaande infrastructuur en buisleidingenstraten.</li> <li>De omvang van het netwerk in stedelijk gebied en mogelijke interferenties met andere functies.</li> <li>Het mogelijke effect op de bodemkwaliteit, onder andere door opwarming, en bodembiodiversiteit Indien dit niet te bepalen is, geef weer welke risico's er zijn en hoe hiermee rekening wordt gehouden in vervoltrajecten.</li> </ul>	<p>(Beoordeling Milieu &amp; Ruimte (robuuste) ontwikkelingen).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Zie paragraaf 5.3 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu &amp; Ruimte) en uitwerking in Bijlage XIa (Beoordeling Milieu &amp; Ruimte (robuuste) ontwikkelingen). Ook als aanbeveling voor vervolgpcedures opgenomen in hoofdstuk 6 hoofdrapport IEA.</li> <li>De omvang is niet aangegeven. In het beoordelingskader is interferentie met andere functies opgenomen.</li> <li>Als aanbeveling voor vervolgpcedures opgenomen, zie hoofdstuk 6 hoofdrapport IEA.</li> </ol>
§3.7	<p><b>Bodem (diep).</b> Gebruik de volgende beoordelingscriteria:            Veiligheid: De kans op het optreden van bodemdaling, geïnduceerde seismiteit of lekken naar het oppervlak.            Prioriteitstelling van gebruiksmogelijkheden            Vermijden van ondergrondse interferentie            Bovengronds ruimtebeslag</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Is onderdeel beoordelingskader Milieu en Ruimte (zie Bijlage X).</li> <li>Voor twee opties van waterstofopslag in de ondergrond is dit aangegeven in paragraaf 2.6.6 hoofdrapport IEA en Bijlage VII. In Bijlage XIb is tekst toegevoegd over prioriteitsstelling ten opzichte van andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond.</li> <li>Op hoofdlijnen zijn de risico's aangegeven, zie paragraaf 5.2 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu &amp; Ruimte).</li> <li>Ruimtebeslag is opgenomen in beschrijving beoordelingskader Milieu &amp; Ruimte hoofdstuk 5 in Bijlage X.</li> </ol>
§3.8	Geef in de IEA aan op welke wijze de sociale effecten zijn meegenomen in de beoordeling, of in de vormgeving van het programma.	Er is een welvaartanalyse uitgevoerd, zie Bijlage XII.
	Geef wat het contour-voorkeursalternatief is en laat zien wat de (milieu)afwegingen zijn geweest.	Zie ook inleiding boven deze tabel, er wordt niet gesproken van een VKA. In PEH zijn afwegingen opgenomen.
<b>HOOFDSTUK 4 STAP 4: BOTSPOEVEN EN GEVOELIGHEIDSANALYSE</b>		
§4.1	Doe botsproeven: laat contouren VKA botsen met andere ruimtelijke opgaven/programma's	Zie opmerking over VKA boven deze tabel. Er is gekeken naar de huidige ruimtelijke invulling waarbij met name de industrieclusters als ruimtelijk knelpunt terugkomen. Ook in het PEH wordt de relatie met andere grote opgaven in de leefomgeving beschreven en worden eventuele kansen en risico's benoemd.
§4.2	Gevoeligheidsanalyses doen voor de gedane aannames (zoals technologische ontwikkelingen in opwek, opslag en transport), gemaakte (onomkeerbare) keuzes, marktinvloeden, aanpassingen in energieverbruik (bijvoorbeeld als er meer of juist minder energieverbruik is) of andere externe factoren? PEH toetsen aan flexibiliteit/adaptiviteit.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Werken met scenario's die hoekpunten energiesysteem omvatten, zie hoofdstuk 2 hoofdrapport IEA en Bijlage IV.</li> <li>Verschillen- en gevoeligheidsanalyse, zie paragraaf 2.8 hoofdrapport IEA en Bijlage XV.</li> <li>Omdat ook na oplevering van het PEH nieuwe inzichten ontstaan, doorloopt PEH een iteratief proces waarin periodieke actualisaties plaatsvinden.</li> </ul>
§4.3	Vermeld in PEH welke (milieu)afwegingen en optimalisaties bij VKA gemaakt zijn.	Zie ook inleiding boven deze tabel, er wordt niet gesproken van een VKA. In PEH zijn afwegingen opgenomen.
<b>HOOFDSTUK 5 LEEMTEN IN KENNIS, MONITORING EN EVALUATIE</b>		
§5.1	Benoem de leemten in kennis en spits dit toe op milieuaspecten die in de verder besluitvorming een belangrijke rol spelen	Gezien het abstractieniveau van Leemten in kennis zijn opgenomen in de aanbevelingen voor vervolgpcedures, zie hoofdstuk 6.
§5.2	De IEA dient een aanzet voor een monitoringsprogramma te bevatten. Eventueel kan aangehaakt worden vanuit (andere) rijksprogramma's of (inter)nationaal verplichte monitoringsprogramma's	Dit wordt ondervangen door het cyclische karakter van PEH, waarbij om de ongeveer 4 jaar een evaluatie en actualisatie wordt gedaan.

## 2 Robuuste knelpunten & ontwikkelingen

De robuuste knelpunten hebben ruimtelijke ingrepen tot gevolg om ze op te kunnen lossen: dit worden robuuste ontwikkelingen genoemd. Deze ontwikkelingen zijn beoordeeld voor Milieu & Ruimte. Voor het beoordelen van de potentiële effecten van deze robuuste ontwikkelingen is een aantal uitgangspunten gehanteerd. Deze uitgangspunten hebben zowel betrekking op alle (fysieke) onderdelen van de ruimtelijke ingrepen<sup>3</sup> als op de verschillende fases van ontwikkeling, te weten aanleg, exploitatie en verwijdering. In dit hoofdstuk worden deze uitgangspunten en de beoordelingsmethodiek voor Milieu & Ruimte nader toegelicht.

De wijze waarop de selectie van robuuste knelpunten heeft plaatsgevonden is in Bijlage VI nader toegelicht. Dit hoofdstuk bevat een overzicht van de aannames achter de robuuste ontwikkelingen per element en onderdeel van de energie-infrastructuur. Het gaat hierbij om de elementen en onderdelen uit Tabel 2-1. Deze worden uitgewerkt in de paragrafen daaronder.

Tabel 2-1 Elementen en onderdelen energiesysteem bij robuuste ontwikkelingen

Netwerk	Element	Onderdeel
Elektriciteitsnetwerk	Netinfrastructuur	Hoogspanningsverbindingen
		Hoogspanningsstations
		Converterstations
	Opwek	Regelbare centrales
		Elektrolyzers
Opslag	Batterijen	
Gasnetwerk	Netinfrastructuur	Verbindingen

### 2.1 Robuuste ontwikkelingen in elektriciteitsnetwerk

#### 2.1.1 Netinfrastructuur

##### Verbindingen en tracéopties

Voor een robuust knelpunt dat optreedt bij een bestaande hoogspanningsverbinding is de robuuste ontwikkeling een nieuwe hoogspanningsverbinding. Uitgangspunt is dat één verbinding (met twee circuits) uitgevoerd in 4kA<sup>4</sup>-kabels voldoende is voor het oplossen van het robuuste knelpunt. Ook wordt er bij een nieuwe hoogspanningsverbinding gekeken naar een tracéoptie parallel langs de bestaande verbinding en één of twee tracéopties niet-parallel aan de bestaande verbinding. De effecten worden bekeken in een corridor van ongeveer 1 km van de verbinding. Dit is gedaan om de effecten op hoofdlijnen te kunnen bepalen en omdat de exacte ligging van een verbinding (nog) niet te bepalen is met het huidige detailniveau van onderzoek. De onderzochte tracéopties vormen namelijk een eerste basis voor vervolgtrajecten die in meer detail naar tracés gaan kijken. Het is vooral bedoeld als eerste verkenning en om (on)mogelijkheden vast te stellen. Er worden geen tracés vastgelegd in het PEH.

<sup>3</sup> Er wordt bij ruimtebeslag gesproken over direct en indirect ruimtebeslag. Bij direct ruimtebeslag is er geen tot beperkt medegebruik door andere functies mogelijk, bij indirect ruimtebeslag is er wel medegebruik van (bepaalde) andere functies mogelijk.

<sup>4</sup> Dit staat voor 4 kiloampère. 4kA-kabels zijn kabels die een grotere hoeveelheid elektriciteit kunnen vervoeren ten opzichte van reguliere kabels.

### Traceringsuitgangspunten tracéopties

Als een nieuwe 220/380kV-verbinding naar verwachting nodig is, worden meerdere tracéopties nader onderzocht. Een tracéoptie is een mogelijk tracé voor een nieuwe verbinding die is ontwikkeld aan de hand van traceringsuitgangspunten (zie hieronder). Vanuit efficiënt ruimtegebruik is parallellegging van een nieuwe verbinding met een bestaande verbinding gewenst. Door parallellegging zijn de te verwachten effecten op Milieu & Ruimte lager. Er kan bijvoorbeeld efficiënter met de ruimte worden omgegaan, vanuit landschap is er geen nieuwe doorsnijding en het aanvaringsrisico voor vogels neemt niet of minder toe. Om deze reden is er altijd een tracéoptie ontwikkeld die parallel ligt met de bestaande verbinding. Het kan zijn dat door ruimtelijke belemmeringen een dergelijk tracé niet haalbaar is, daarom is er indien mogelijk één of twee alternatieve tracéopties onderzocht die minder of geen parallellegging hebben met de bestaande verbinding. Deze tracéopties zijn bekeken in een zone om de ruimtelijke en milieueffecten te kunnen bepalen. Het doel van de analyse is niet om een voorkeurstracé te bepalen, maar het vaststellen van mogelijke effecten en risico's op het gebied van Milieu & Ruimte.

Het traceren van de niet-parallelle tracéopties gebeurt aan de hand van principes van de NOVI die aangevuld zijn met uitgangspunten die in de praktijk worden gebruikt voor nieuwe verbindingen. Praktisch leidt dit tot de volgende 'traceringsuitgangspunten':

1. De nieuwe verbinding is zo kort mogelijk.
2. Er wordt zo veel als mogelijk gebundeld met bestaande infrastructuur (breder dan hoogspanning alleen).
3. Woonkernen worden zo veel als mogelijk vermeden.
4. Beschermde natuurgebieden worden zo veel als mogelijk vermeden.

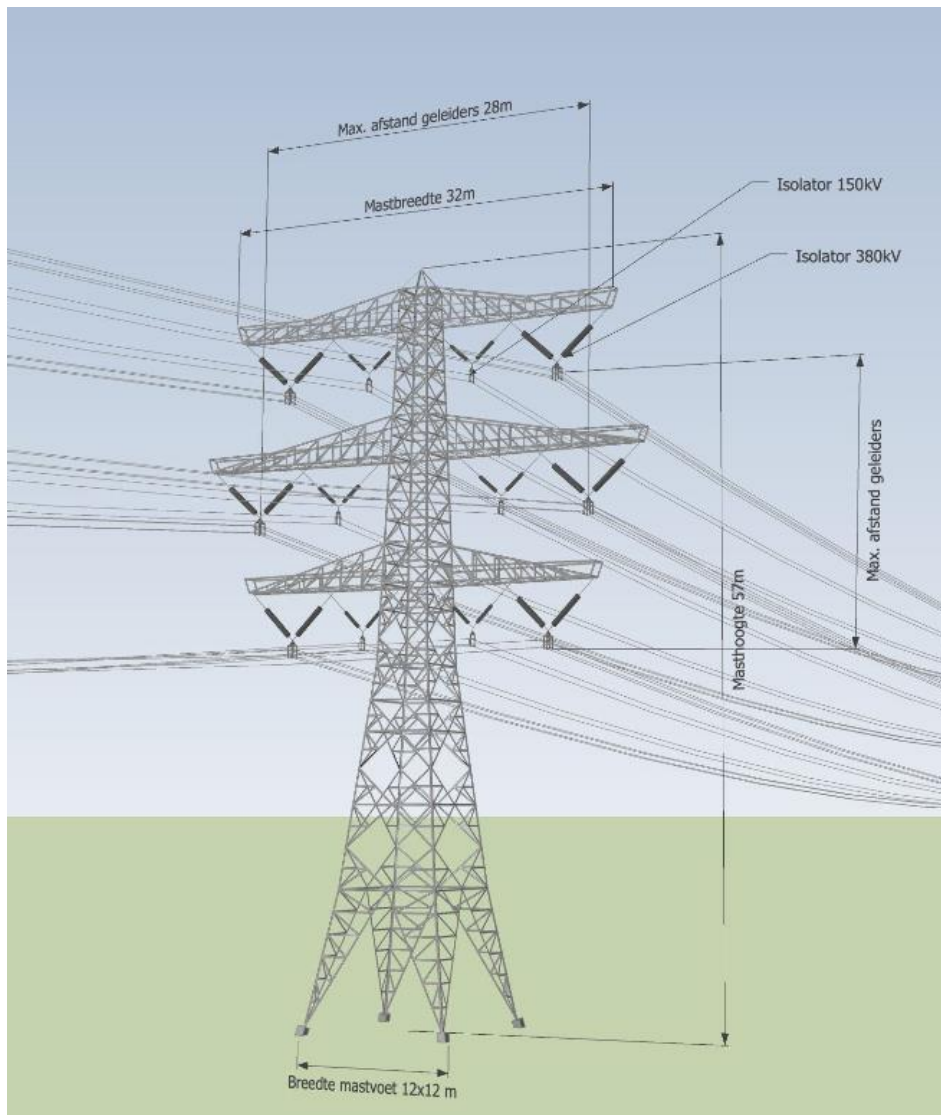
#### *Hoogspanningsverbindingen*

Uitgangspunt is dat hoogspanningsverbindingen vanaf 220 kilovolt (kV) bovengronds worden aangelegd. Onlangs heeft het ministerie van Economische Zaken ingestemd met het beleid van TenneT om in principe een vakwerkmast toe te passen. Dit wordt dan ook als uitgangspunt gehanteerd in dit onderzoek. Hierbij is een mast van het type Moldau gehanteerd met een bouwhoogte van ongeveer 60 meter. Dit wordt op dit moment ook toegepast in het project Zuid-West 380kV Oost. Een dergelijk type mast is in Figuur 2-1 afgebeeld.

Voor realisatie van een hoogspanningsverbinding wordt een Zakelijke Recht Overeenkomsten (ZRO) afgesloten met de grondeigenaar van de grond waar de masten en kabels aanwezig zijn. Binnen deze ZRO-strook<sup>5</sup> gelden beperkingen voor het ruimtegebruik, de bereikbaarheid en de veiligheid. De breedte van de ZRO-strook is afhankelijk van het soort verbinding en het gebruikte masttype. In deze effectbeoordeling wordt uitgegaan van een indirect ruimtebeslag van 100 meter voor een bovengrondse 220/380kV-verbinding. Het grootste deel van het ruimtebeslag kan dienen voor meervoudig ruimtegebruik (bijvoorbeeld landbouw). Enkel bij de locatie van de masten is meervoudig ruimtegebruik niet mogelijk.

<sup>5</sup> De netbeheerder sluit veelal een (zakelijke recht) overeenkomst af voor gronden waar de verbinding onderdoor of overheen gaat. De strook waarbinnen deze overeenkomst geldt heet de ZRO-strook.

Figuur 2-1 Voorbeeld Moldau-masttype toegepast bij nieuwe bovengrondse verbindingen (TenneT, 2020)



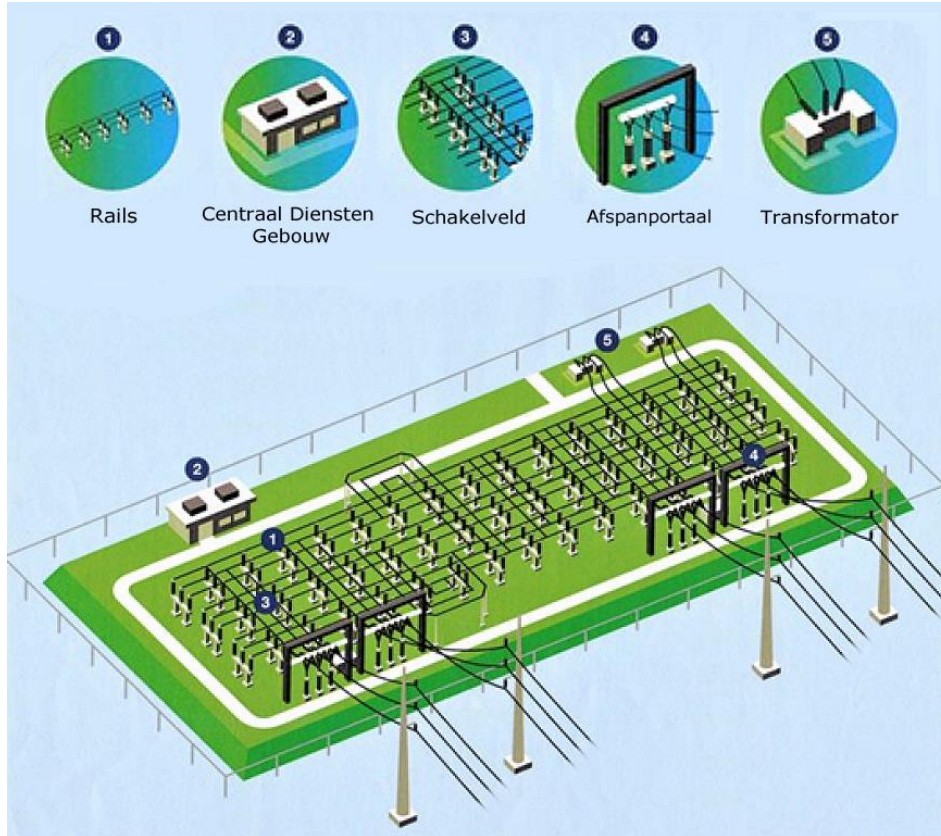
### Hoogspanningsstations

Uitbreiding of een nieuw aan te leggen hoogspanningsstation vindt plaats in de (directe) nabijheid van het bestaande hoogspanningsstation waar een robuust knelpunt voorkomt. Het benodigde directe ruimtebeslag is afhankelijk van de mate van overschrijding van capaciteit en het opgestelde vermogen aan opwek, flex of vraag, dat aangesloten moet worden. Hierbij wordt voor het directe ruimtebeslag uitgegaan van een vaststaande samenhang in onderdelen: bij een nieuw station wordt uitgegaan van ‘plots’ van 10 hectare. Zo’n plot geeft ruimte aan een 380kV-station met drie rails en tien velden. Een 380kV-station kan maximaal vier transformatoren van 500 MVA<sup>6</sup> bevatten. Voor 220 kV zijn er maximaal vier transformatoren van 380 MVA mogelijk. Indien er nieuwe velden (tussen 1 en 10) of transformatoren (tussen 1 en 4) nodig zijn volgens de doorgerekende scenario’s is het uitgangspunt dat er een volledig nieuw station nodig is van 10 ha als veilige aanname. De reden hiervoor is dat het niet is in te schatten hoeveel vrije velden of plekken voor transformatoren er bij een bestaand station beschikbaar zijn in 2050.

<sup>6</sup> MVA staat voor mega-volt-ampère, het schijnbare vermogen.

Figuur 2-2 geeft schematisch de belangrijkste onderdelen van een station weer. Hoogspanningsstations zijn vanwege het door de transformatoren geproduceerde geluid gezoneerde A-inrichtingen.<sup>7</sup>

Figuur 2-2 Schematische weergave onderdelen hoogspanningsstation (TenneT, 2022) (bewerkt door Pondera)



#### Converterstations

Een nieuw aan te leggen converterstation vindt plaats in de nabijheid van een 380kV-hoogspanningsstation en is onderdeel van de aansluiting van het net op zee om windenergie aan land te brengen. Dit is de nieuwe standaard van netbeheerder TenneT voor het aansluiten van nieuwe windparken op zee. Het gaat om het omzetten van een vermogen van 2 GW met 525kV-gelijkstroomkabels naar 380kV-wisselstroom. Het benodigde directe ruimtebeslag is ongeveer 5 ha (Pondera, 2021).

### 2.1.2 Opwek en opslag

#### Regelbare centrales

Regelbare centrales boven 500 MW zijn in principe een rijksaangelegenheid<sup>8</sup>. In de scenario's wordt uitgegaan van gascentrales die worden gevoed met waterstof. Het is de aanname dat de grote centrales

<sup>7</sup> In het Activiteitenbesluit staan milieuregels, vooral voor bedrijven. Alle bedrijven in Nederland vallen onder het Activiteitenbesluit, behalve als ze geen 'inrichting' zijn. In het Activiteitenbesluit staan regels per soort milieubelastende activiteit (bijv. metaalbewerking) en per soort milieubelasting (bijvoorbeeld geluid). Inrichtingen type A zijn inrichtingen die minder milieubelastende activiteiten uitvoeren dan categorie B en C. Deze bedrijven kunnen zich op een gezonde industrieterrein vestigen zonder melding. Daarnaast bestaat er voor deze bedrijven op basis van het Activiteitenbesluit geen verplichting tot een akoestisch onderzoek.

<sup>8</sup> Elektriciteitswet, artikel 9b, lid 1.

worden geplaatst op de huidige locaties voor grootschalige energieopwekking, zoals opgenomen in het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro), zie de locaties aangeduid met letters a t/m q in Figuur 2-3.

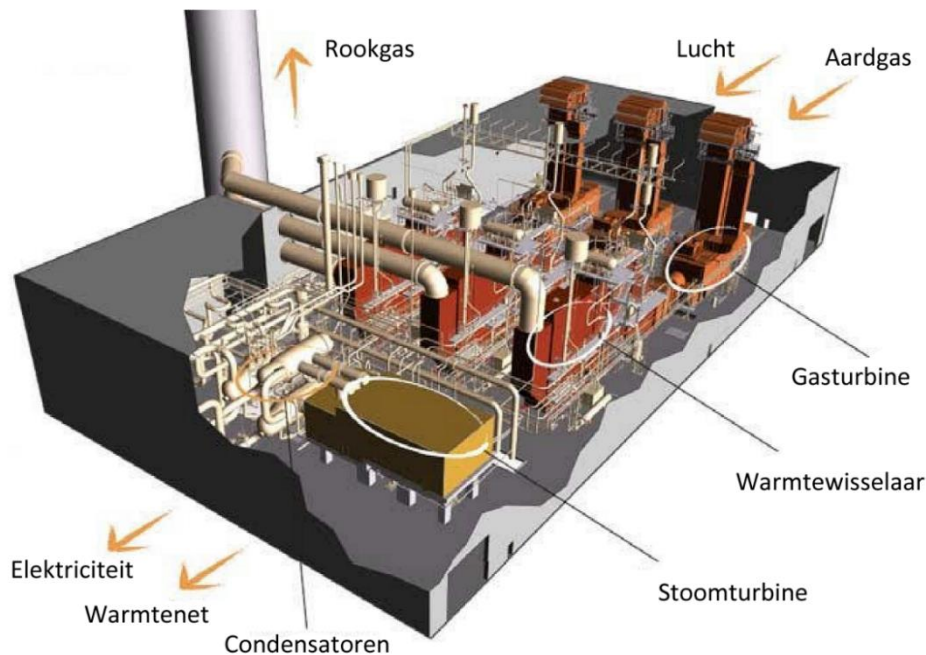
Figuur 2-3 Kaart uit Barro met vestigingsplaatsen grootschalige energieopwekking en hoogspanningsverbindingen (I&W M. , Bijlage 5 bij Besluit algemene regels ruimtelijke ordening, 2016).





Het uitgangspunt is dat er voldoende ruimte is om het huidige opgestelde vermogen aan grootschalige regelbare centrales te kunnen vervangen met CCGT (Combined Cycle Gas Turbine)-centrales (zie Figuur 2-4). Het directe ruimtebeslag van een gascentrale is 213 MW per hectare met een minimaal ruimtebeslag van 5 hectare. Daar waar, naast bestaande regelbare centrales, aanvullend grootschalig regelbaar vermogen nodig is, is ook extra koelwater nodig. De mogelijk aanvullend benodigde infrastructuur voor de aanlevering van waterstof maakt onderdeel uit van de beoordeling ten aanzien van buisleidingen (zie paragraaf 2.2).

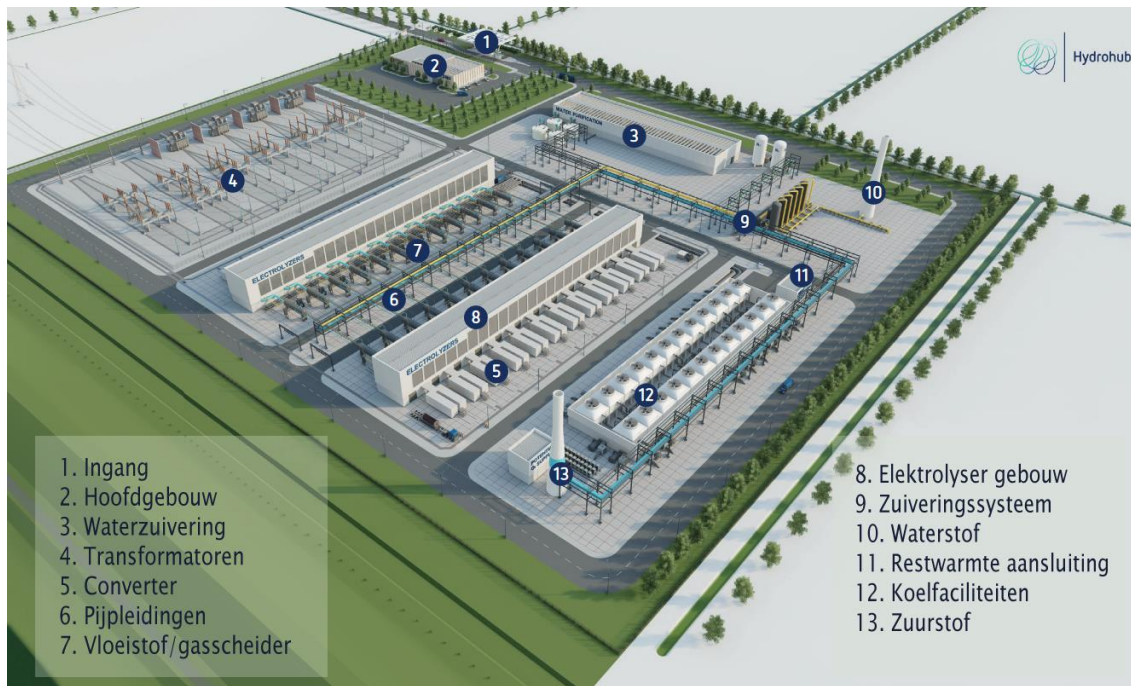
Figuur 2-4 Lay-out van een CCGT-gascentrale (Energi, 2008) (bewerkt door Pondera)



### Elektrolyzers

Er worden in het energiesysteem nieuwe elektrolyzers geplaatst. Uitgangspunt is dat de technologie met het kleinste directe ruimtebeslag wordt gehanteerd. Dit betreft een elektrolyser uitgevoerd met PEM (polymeer elektrolyt membraan)-technologie. Een grootschalige PEM-elektrolyser bestaat uit technische installaties, een gebouw voor de elektrolyser, installaties voor compressie en behandeling van waterstof en faciliteiten voor het koelwater en waterbehandeling. Voor een PEM-elektrolyser met een opgesteld vermogen van 1 GW is een oppervlakte van 10 hectare nodig (ISPT, 2022), zie voor een schematische weergave Figuur 2-5. Bij deze installaties zijn verbindingen vanuit het elektriciteitsnet, het waterstofnet en beschikbaar water als grondstof en eventueel als koelproduct noodzakelijk. Ongeveer 25-30% van de capaciteit is omgezet in proceswarmte (Hydrogentech, 2022). Om te koelen kan er gebruik worden gemaakt van droge en natte koeling, methodes met meer waterverbruik verbruiken minder elektriciteit en vice versa (Hydrogentech, 2022). Restwarmte van elektrolyzers kan worden ingezet bij bijvoorbeeld warmtenetten, mits de elektrolyzers in de buurt van een warmtenet (of andere warmtevraag) gerealiseerd worden.

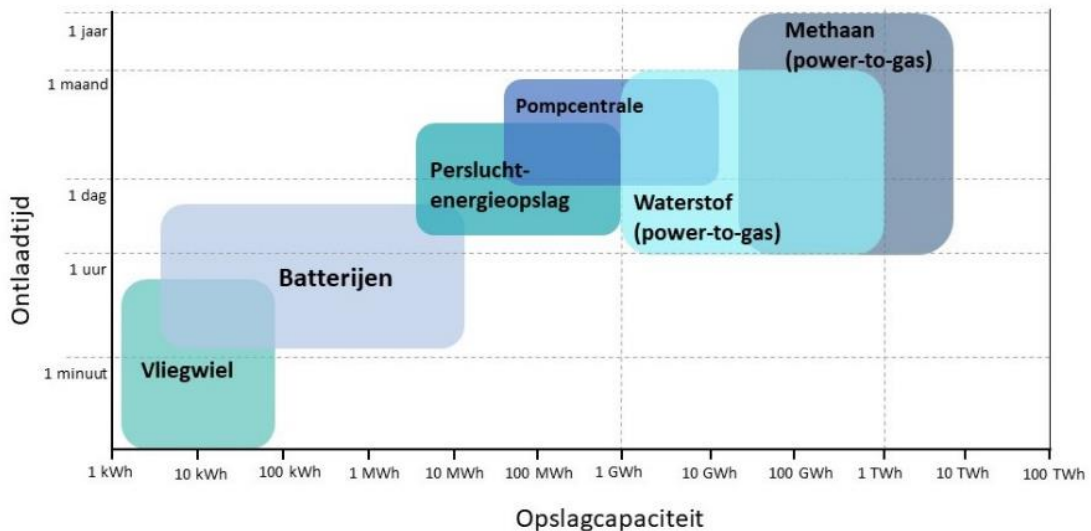
Figuur 2-5 Indicatieve weergave van onderdelen van 1 GW PEM-elektrolyser productiefaciliteit (ISPT, 2022)



**Batterijen**

Opslag van elektriciteit is in 2050 nodig voor een betrouwbaar energiesysteem. Er zijn verschillende vormen van opslag van elektriciteit op verschillende niveaus in tijd en vermogen (zie Figuur 2-6).

Figuur 2-6 Overzicht van verschillende vormen van opslag uiteengezet in capaciteit en tijd



Op basis van I13050 (NetbeheerNL, 2021) is een direct ruimtebeslag aangenomen van 140 MWh/ha. Dit betreft redox-flowbatterijen, deze hebben een grote capaciteit waardoor deze geschikt zijn voor het balanceren van opwek van bijvoorbeeld zonne- en windenergie (PosadMaxwan, 2018). Andere vormen van elektriciteitsopslag zijn ook mogelijk. Er is echter voor gekozen om in lijn met I13050 te blijven om geen

onderlinge verschillen in de scenario's te veroorzaken. Ook is het directe bovengrondse ruimtebeslag van de batterijen relatief groot waardoor dit als worst case kan worden gezien en andere opslagtechnieken binnen de bandbreedte vallen.

Op basis van II3050 (NetbeheerNL, 2021) is een direct ruimtebeslag aangenomen van 140 MWh/ha. Dit betreft redox-flowbatterijen, deze hebben een grote capaciteit waardoor deze geschikt zijn voor het balanceren van opwek van bijvoorbeeld zonne- en windenergie (PosadMaxwan, 2018). Andere vormen van elektriciteitsopslag zijn ook mogelijk. Er is echter voor gekozen om in lijn met II3050 te blijven om geen onderlinge verschillen in de scenario's te veroorzaken. Ook is het directe ruimtebeslag van de batterijen relatief groot waardoor dit als worst case kan worden gezien en andere opslagtechnieken binnen de bandbreedte vallen.

## 2.2 Robuuste ontwikkelingen voor knelpunten in gasnetwerk

Robuuste ontwikkelingen binnen gasverbindingen hebben een minimaal indirect ruimtebeslag. Door het uitgebreide bestaande gasnetwerk en het afnemende methaanverbruik in Nederland kunnen knelpunten over het algemeen worden opgelost door de verdeling tussen buisleidingen voor methaan en waterstof in het bestaande gasnetwerk zo in te richten dat er voor beide gassen in 2050 geen robuuste knelpunten zijn in het waterstofnetwerk. Voor het aansluiten van nieuw te plaatsen (gas)centrales en elektrolyzers zijn wel nieuwe aansluitleidingen nodig. In het geval deze een bestaande buisleiding kunnen volgen, is het indirecte en directe ruimtebeslag beperkt. De nieuwe leiding kan op 1 meter afstand van de bestaande leiding worden gelegd, waardoor het bestaande indirecte ruimtebeslag met 1 meter over het gehele tracé wordt verruimd. In het geval een nieuwe waterstofleiding moet worden aangelegd, is er sprake van een indirect ruimtebeslag van 5 meter aan beide zijden (totale strook = buisdiameter + 10 meter). In deze studie wordt dit afgerond op een indirect ruimtebeslag van 10 meter. Voor methaan geldt een indirect ruimtebeslag van 4 meter aan beide zijden, wat neerkomt op een ruimtebeslag van 8 meter.

### 3 Aanvullende uitgangspunten voor structuurkeuzes en systeemontwikkelingen

#### 3.1 Inleiding

Er zijn tien structuurkeuzes en drie systeemontwikkelingen geformuleerd. Dit zijn ruimtelijke of energetische keuzes die gemaakt kunnen worden in de ontwikkeling naar een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Per structuurkeuze en systeemontwikkeling zijn er twee of meer opties om het doel van de structuurkeuze of systeemontwikkeling in te vullen. Als voorbeeld structuurkeuze 2, het concentreren (optie 1) of verspreiden (optie 2) van aanlanding van windenergie op zee langs de kust. Het concentreren leidt tot knelpunten bij verschillende verbindingen in Noord-Holland en Zuid-Holland, het spreiden leidt tot één knelpunt bij een verbinding in Groningen. Nieuwe verbindingen om deze knelpunten op te lossen hebben bij iedere optie specifieke ruimtelijke gevolgen, deze gevolgen worden beschreven in de effectbeoordeling van Ruimte & Milieu. Zie voor een uitgebreide omschrijving van structuurkeuzes en systeemontwikkelingen Bijlage VIII.

De structuurkeuzes lossen niet één enkel knelpunt op met één enkele ruimtelijke ingreep, maar hebben juist betrekking op meerdere samenhangende onderdelen van het energiesysteem. De ontwikkelingen bevatten naast meer concrete elementen van het energiesysteem (puntinfrastructuur en tracés met bij benadering heldere geografische ligging) ook elementen die in deze IEA op een hoger abstractieniveau beoordeeld worden (zonder concrete geografische ligging). Denk hierbij aan energie-import en het spreiden of concentreren van plaatsing van wind- en zonne-energie.

De systeemontwikkelingen zijn niet zozeer keuzes, maar ontwikkelingen die afhankelijk zijn van externe factoren zoals de ontwikkeling van energieprijzen. Ook deze ontwikkelingen worden op een hoger abstractieniveau (zonder concrete geografische ligging) beoordeeld.

Dit hoofdstuk bevat een overzicht van aanvullende aannames bij structuurkeuzes en systeemontwikkelingen ten opzichte van de robuuste ontwikkelingen. Het gaat hier om de elementen en onderdelen uit Tabel 3-1. Deze worden uitgewerkt in de paragrafen hieronder.

Tabel 3-1 Elementen voor structuurkeuzes en systeemontwikkelingen

Element	Onderdeel
<b>Opwek/productie</b>	Regelbare centrales
	Elektrolyzers
	Kernenergie
	Zon op land
	Wind op land
	Import elektriciteit en gas
<b>Opslag</b>	Batterijen
	Waterstofopslag in zoutcavernes
<b>Netinfrastructuur</b>	Hoogspanningsverbindingen
	Hoogspanningsstations
	Converterstations
<b>Methaan- &amp; waterstofinfrastructuur</b>	Verbindingen

## 3.2 Opwek (productie + import)

### Regelbare centrales

De uitgangspunten voor het plaatsen van nieuwe regelbare centrales is voor een structuurkeuze gelijk aan robuuste ontwikkelingen, zie paragraaf 2.1.

### Elektrolyzers

De uitgangspunten voor het plaatsen van nieuwe grootschalige elektrolyzers is voor een structuurkeuze gelijk aan de robuuste ontwikkelingen, zie paragraaf 2.1.

### Kernenergie

Er is een scenario uitgewerkt met in totaal vijf kerncentrales van 1.650 MW per stuk (zie Bijlage IV voor beschrijving van scenario's). Aangenomen is dat deze kerncentrales worden gerealiseerd binnen de aangewezen vestigingsgebieden voor kerncentrales van Borssele/Sloegebied en de Maasvlakte, zoals vastgelegd in het Barro. In het scenario met kernenergie, is de aanname dat er twee kerncentrales op de Maasvlakte worden gerealiseerd en drie centrales nabij Borssele/Sloegebied. Verder is aangenomen dat dit EPR's (European Pressurized Reactors) betreft en elke centrale een opgesteld vermogen heeft van 1.650 MW met een direct ruimtebeslag van 15 hectare per centrale. Een dergelijke centrale heeft koelwater nodig en ruimte voor opslag van laag-, middel- en hoogradioactief afval. Zie voor meer informatie over de aannames en bijvoorbeeld het indirecte ruimtebeslag van kernenergie Bijlage IV.

### Zon op land

Het aandeel opgesteld vermogen aan zon op land is in drie categorieën opgedeeld; zon op dak, zon op veld en zon op water. Hierbij wordt uitgegaan van een capaciteit van 150 MW per km<sup>2</sup> voor zon op veld en water, en 195 MW per km<sup>2</sup> voor zon op dak. Voor zon op veld wordt uitgegaan van een intensieve opstelling. Meervoudig ruimtegebruik voor bijvoorbeeld ecologische, agrarische of andere innovatieve doeleinden zijn mogelijk, maar meer beperkt dan bij een extensieve opstelling. De ruimtelijke plaatsing van zon op land is nader toegelicht in Bijlage IV.

### Wind op land

Het aandeel opgesteld vermogen aan wind op land is ingevuld aan de hand van het indirecte ruimtebeslag van een voorbeeldopstelling van een cluster van zes (2x3 opstelling) windturbines met een rotordiameter van 150 meter en een tussenafstand van 4 keer de rotordiameter. Voor een turbine is daarmee het uitgangspunt voor het indirecte ruimtebeslag 1,1 km<sup>2</sup> per turbine en 2,9 km<sup>2</sup> voor een cluster van zes windturbines. Dit maakt het uitgangspunt voor indirect ruimtebeslag voor wind op land 12 MW per km<sup>2</sup>. Het indirecte ruimtebeslag kan meervoudig worden gebruikt voor onder andere agrarische en ecologische toepassingen. Het directe landgebruik is ca. 4.000 m<sup>2</sup> per windturbine, bestaande uit de fundering, de opstelplaatsen, toegangswegen en een transformatorstation per cluster. De ruimtelijke plaatsing van wind op land is nader toegelicht in Bijlage IV.

### Import

Het faciliteren van de voorziene import van elektriciteit gaat via de bestaande interconnectors. Hier is geen aanvullend ruimtebeslag voorzien. Voor de import van gas zijn gasterminals nodig in de grote havengebieden van Nederland. Momenteel zijn er al verschillende gasterminals (nu vooral voor lng) in gebruik in de Rotterdamse haven en Eemshaven. Een dergelijke terminal heeft een direct ruimtegebruik van ongeveer 20 hectare en kan 180.000 m<sup>3</sup> gas opslaan en ongeveer 12 miljard m<sup>3</sup> gas per jaar overslaan (Gateterminal, 2022). Het is niet met zekerheid te zeggen hoeveel capaciteit extra nodig is van

gasterminals, daarom is ervoor gekozen om bij het maximale ruimtebeslag bij de havengebieden Borssele/Sloegebied, haven van Rotterdam, Noordzeekanaalgebied en Eemshaven rekening te houden met 20 ha ruimtebeslag voor een gasterminal.

#### Geothermisch doublet

Een geothermisch doublet (put) haalt warmte uit de diepe ondergrond door gebruik te maken van geschikte aquifers (waterlagen). Hierin kunnen temperaturen tussen de 40 en 120 graden worden gewonnen. Deze temperaturen kunnen hoger worden naarmate de diepte van de bron toeneemt. Met behulp van een warmtewisselaar en veelal een buffervat wordt de warmte overgebracht en opgeslagen (en indien nodig aanvullend verwarmd bij levering aan piekvragen) om vervolgens te leveren aan de warmtevraag via warmtetransportleidingen. Voor het boren van geothermieputten is bovengronds voldoende open ruimte nodig, vooral bij de aanleg. Bij de aanleg is de oppervlakte van ongeveer 1 hectare benodigd voor de booropstelling. Een aardwarmte-installatie, een doublet van twee geothermieputten, wordt geplaatst op een omheind terrein van ongeveer 30x30 meter. Hierop komt een gebouw van ongeveer 20 bij 20 meter voor de installaties zoals pompen en filters, ruimten voor opslag en een kantoor. Ondergronds heeft een geothermieput een veel groter invloedsgebied namelijk ongeveer 2,4x1,2 km. Een gangbare afstand tussen de geothermieputten bedraagt ongeveer 1,2 km. Dit voorkomt doorbraak van grondwater van de koude naar de warme put van het doublet.

### 3.3 Opslag

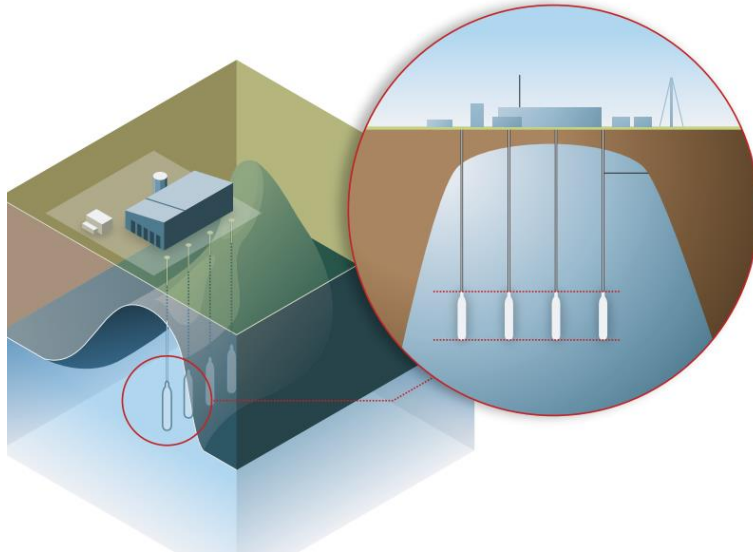
#### Batterijen

Het uitgangspunt voor het directe ruimtebeslag van batterijen is dat per km<sup>2</sup> een vermogen kan worden geplaatst van 14 GWh (140 MWh per hectare). Een batterij heeft naast dit directe ruimtebeslag en een benodigde netaansluiting weinig ruimtelijk relevante vereisten om operationeel te zijn.

#### Waterstofopslag in zoutcavernes en lege gasvelden

De nieuw aan te leggen zoutcavernes voor opslag van waterstof zijn gebonden aan specifieke locaties/ gebieden aangezien dit alleen mogelijk is daar waar de geschikte zoutlagen zich bevinden. Het bovengrondse directe ruimtebeslag is 8 TWh per km<sup>2</sup> aan opslagcapaciteit (NetbeheerNL, 2021). Dit ruimtebeslag kan echter afhankelijk van het volume van specifieke zoutcavernes afwijken. Vanuit de cavernes komen buizen uit in putten aan de oppervlakte. Een systeem met afsluitbare kleppen zorgt ervoor dat het gas gecontroleerd in en uit kan stromen. De cavernes zijn via ondergrondse pijpleidingen verbonden met de installatie. Deze installatie zorgt ervoor dat het gas in de cavernes kan worden gebracht en eruit kan worden gehaald. De installatie is op zijn beurt aangesloten op het Nederlandse gastransportnet.

Figuur 3-1 Schematische weergave zoutcavernes t.b.v. (waterstof)gasopslag (Gasunie, Aardgasbuffer Zuidwending, 2020)



De dikte van de wanden en het plafond van de cavernes moet voldoende zijn, zodat de zoutcaverne stabiel blijft bij wisselende druk van het gas dat opgeslagen wordt. Tijdens de zoutwinning bij de cavernes kan hier rekening mee worden gehouden. Cavernes waarbij op voorhand geen rekening is gehouden met toekomstig gebruik voor de opslag van stoffen kunnen in bepaalde gevallen alsnog geschikt gemaakt worden voor opslag. Dit kan door de dimensies van de cavernes aan te passen door het gericht oplossen van het zout in de ondergrond. De aanwezige infrastructuur van de zoutwinning kan - afhankelijk van het type opslag - worden hergebruikt. Voor het gebruik van de bestaande cavernes kan een extra boring nodig zijn. De realisatie van (een cluster van) zoutcavernes omvat verschillende onderdelen. Zo zijn er putten nodig om tot de zoutstructuren te komen, zijn installaties nodig om het zout te extraheren en het proceswater moet worden gezuiverd en/of worden geloosd. Ook is er een aansluiting nodig op het gasnetwerk, waardoor een aansluitleiding nodig is en eventueel een invoedingsstation.

Het bovengrondse ruimtebeslag van een leeg gasveld is ongeveer 10 ha op basis van het ruimtebeslag van de gasopslag in Alkmaar. De energie die met dit ruimtebeslag kan worden opgeslagen is afhankelijk van het volume van het lege gasveld in de ondergrond.

### 3.4 Elektriciteitsinfrastructuur

#### Hoogspanningsverbindingen

De uitgangspunten voor een nieuwe verbinding zijn voor een structuurkeuze gelijk aan de robuuste ontwikkelingen, zie paragraaf 2.1.

#### Hoogspanningsstations

De uitgangspunten voor het plaatsen van een nieuw hoogspanningsstation zijn voor de structuurkeuzes gelijk aan de robuuste ontwikkelingen, zie paragraaf 2.1.

#### Converterstations

De uitgangspunten voor het plaatsen van een nieuw hoogspanningsstation zijn voor de structuurkeuzes gelijk aan de robuuste ontwikkelingen, zie paragraaf 2.1.

### 3.5 Methaan- en Waterstofinfrastructuur

#### Verbindingen

De uitgangspunten voor het plaatsen van een nieuwe leiding zijn voor de structuurkeuzes gelijk aan de robuuste ontwikkelingen, zie paragraaf 2.2.



## 4 Beoordelingskader

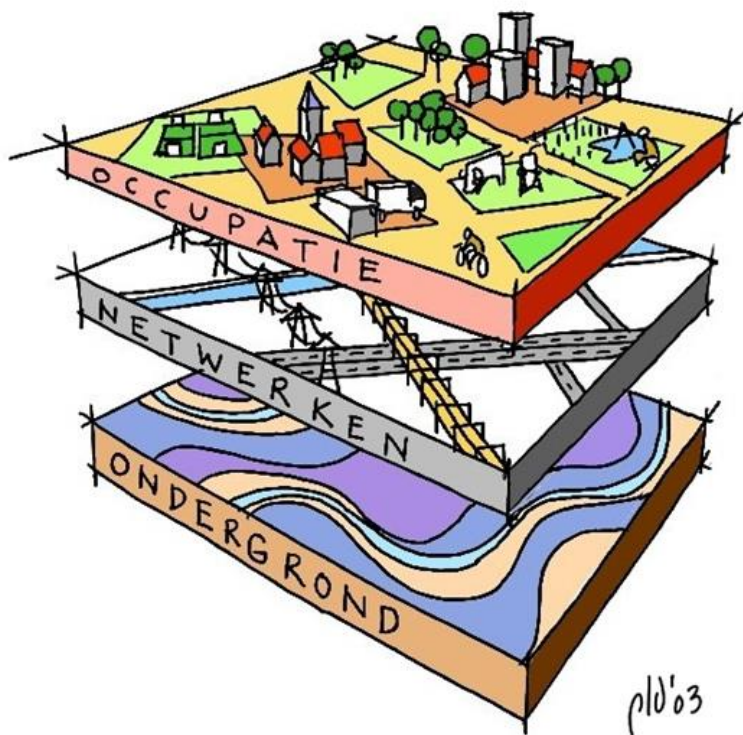
### 4.1 Lagenbenadering

#### 4.1.1 Inleiding

Het thema Milieu & Ruimte bestaat uit een combinatie van verschillende (deel)aspecten. Om dit te structureren, is gebruikgemaakt van de lagenbenadering. Deze lagenbenadering is een sturend instrument binnen de ruimtelijke ordening en kent een indeling in drie lagen: 'occupatie', 'netwerk' en 'ondergrond' (Figuur 4-1).

De lagenbenadering kan ook ingezet worden voor een effectbeoordeling. Het vormt de basis voor de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte in deze IEA: het is het kader voor de beschrijving van de referentiesituatie, voor de effectenanalyse en -beoordeling. De verschillende milieuaspecten die in een MER aan de orde komen, zijn ondergebracht in de verschillende lagen. In de tabellen in de volgende paragrafen zijn per laag de te onderzoeken milieuaspecten benoemd.

Figuur 4-1 De drie lagen in de lagenbenadering (Ruimte met Toekomst, 2022)



In de effectbeoordeling wordt onderscheid gemaakt tussen de beoordeling van elementen van de energie-infrastructuur waarvoor geografische ligging van tracés en puntinfrastructuur op vrij concreet zijn geformuleerd en elementen waarvoor dat niet het geval is. Beiden worden beoordeeld aan de hand van dezelfde (deel)aspecten en criteria, echter de eerste worden meer concreet beoordeeld op locatie- en tracéniveau en de tweede veel abstracter en veelal op landelijk niveau.

Tabel 4-1 Manier van beoordeling verschillende onderdelen van het energiesysteem

Elementen met concrete geografische ligging	Elementen abstract beoordeeld
Verbindingen	Opslag waterstof in zoutcavernes
Hoogspanningsstations	Zon op land
Converterstations	Wind op land
Regelbare centrales	Kernenergie
Elektrolyzers	
Batterijen	

In de volgende paragrafen worden de (deel)aspecten en criteria per laag toegelicht. Dit vormt de basis voor de effectbeoordeling. Het is mogelijk dat gemotiveerd kan worden afgeweken van een beoordeling op basis van expert judgement. In hoofdstuk 5 is een uitgebreidere uitwerking van het beoordelingskader opgenomen.

#### 4.1.2 Uitleg en aspecten occupatielaag

De occupatielaag bevat de fysieke neerslag van de menselijke activiteiten, zoals wonen, werken en recreëren in een veilige leefomgeving. De occupatie bestaat uit ruimtelijke patronen als gevolg van menselijk gebruik, ofwel de ruimtelijke inrichting. Dit is het hoogdynamische niveau en kent een verandertijd van 10-40 jaar (Ruimte met Toekomst, 2022). In Tabel 4-2 staan de deelaspecten en criteria van aspect leefomgeving, ruimtegebruik, gebruiksfuncties en veiligheid die vallen onder de occupatielaag.

Tabel 4-2 (Deel)aspecten en criteria occupatielaag

Aspect	Deelaspect	Criterium
Leefomgeving, ruimtegebruik, gebruiksfuncties en veiligheid	Bebouwing	Mate van aanwezigheid woonkernen, bedrijventerreinen en glastuinbouw
	Landbouw	Mate van gevoeligheid landbouwgebied
	Externe veiligheid	Mate van invloed op aanwezige risicobronnen
	Recreatie	Mate van aanwezigheid recreatief gebied

#### 4.1.3 Uitleg en aspecten netwerklaag

De netwerken (alle vormen van zichtbare en onzichtbare infrastructuur) worden aangeduid als de ruimtelijke structuur. De netwerklaag bevat verkeersnetwerken (wegen, spoorlijnen, waterwegen), de groen-netwerken (waaronder Natuurnetwerk Nederland) en de bestaande energienetwerken. Deze laag is van middeldynamisch niveau en kent een verandertijd van 20-80 jaar (Ruimte met Toekomst, 2022). In Tabel 4-3 staan de deelaspecten en criteria van aspecten infrastructuur en natuur die vallen onder de netwerklaag.

Tabel 4-3 Onderdelen, aspecten en criteria netwerklaag

Aspect	Deelaspect	Criterium
Infrastructuur	Rijks-, spoor-, waterwegen	Mate van aanwezigheid rijks-, spoor- en waterwegen, inclusief transport gevaarlijke stoffen
	Waterkeringen	Mate van aanwezigheid (complexe) waterkeringen
	Bestaande hoogspannings- en buisleidingen	Mate van aanwezigheid hoogspanning en buisleidingen
	Direct ruimtebeslag elementen nieuwe energie-infrastructuur	Mate van beschikbaarheid benodigde ruimte
Natuur <sup>9</sup>	NNN	Mate van aanwezigheid NNN

<sup>9</sup> Het aspect natuur zit zowel in de netwerklaag als in de ondergrondlaag. In de netwerklaag gaat het om NNN-gebieden die een (landelijk) netwerk van natuurgebieden vormen. Bij de ondergrondlaag gaat het om Natura 2000-gebieden en beschermde provinciale gebieden (niet zijnde NNN) die niet deze eigenschap per definitie hebben. Daarnaast zijn er verschillen in beschermingsregimes van de gebieden.

#### 4.1.4 Uitleg en aspecten ondergrondlaag

De ondergrondlaag bevat de fysieke ondergrond, het watersysteem en het natuursysteem. De ondergrond wordt wel de ruimtelijke drager genoemd en kent een laag dynamisch niveau, waar veranderingen en herstel zich langzaam voltrekken. In Tabel 4-4 staan de deelaspecten en criteria van aspecten bodem & water, natuur en landschap, cultuurhistorie en archeologie die vallen onder de ondergrondlaag.

Tabel 4-4 Onderdelen, aspecten en criteria ondergrondlaag

Aspect	Deelaspect	Criterium
<b>Bodem &amp; Water</b>	Bodem	Mate van aanwezigheid gevoelige bodems
	Grondwater	Mate van aanwezigheid grondwaterbeschermingsgebied
	Overstromingsgevoeligheid	Mate van aanwezigheid overstromingsgevoelig gebied
<b>Natuur<sup>9</sup></b>	Natura 2000-gebieden, beschermde provinciale gebieden (niet zijnde NNN)	Mate van aanwezigheid beschermde gebieden
<b>Landschap, cultuurhistorie en archeologie</b>	Landschap	Mate van samenhang met bestaand landschap
	Cultuurhistorie	Mate van aanwezigheid waardevolle gebieden
	Archeologie	Mate van aanwezigheid archeologische waarden

#### 4.2 Drie categorieën beoordeling

De beoordeling van Milieu & Ruimte wordt gedaan aan de hand van drie categorieën die gaan over de kans op effecten. Er worden drie stappen gezet om te komen tot een effectbeoordeling:

1. De beoordeling start met een kwalitatieve beschrijving van de effecten op ieder milieuaspect binnen een laag (zie hoofdstuk 5). Deze beschrijving is gebaseerd op expert judgement en geografische analyses.
2. Op basis van deze beschrijvingen is een analyse gemaakt van de effecten per laag. Er is hierbij ook ingegaan op tijdelijke en permanente effecten, mogelijkheid tot beperken en onomkeerbaarheid van effecten.<sup>10</sup>
3. De beoordeling per laag wordt uitgedrukt in drie categorieën die worden aangeduid met verschillende tinten blauw en nummers (Tabel 4-5).

Tabel 4-5 Definitie aanduiding categorieën, bijbehorende kleuren en een toelichting

Kleuraanduiding	Definitie beoordeling	Toelichting
<b>1</b>	Kleine kans op effecten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Omvang van effecten is klein</li> <li>• Omvang van effecten is (middel)groot en veel mogelijkheden om omvang effecten te beperken</li> </ul>
<b>2</b>	Middelgrote kans op effecten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Omvang van effecten is middelgroot</li> <li>• Omvang van effecten is groot en er zijn mogelijkheden om omvang effecten te beperken</li> </ul>
<b>3</b>	Grote kans op effecten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Omvang van effecten is groot en weinig tot geen mogelijkheden om omvang effecten te beperken</li> </ul>

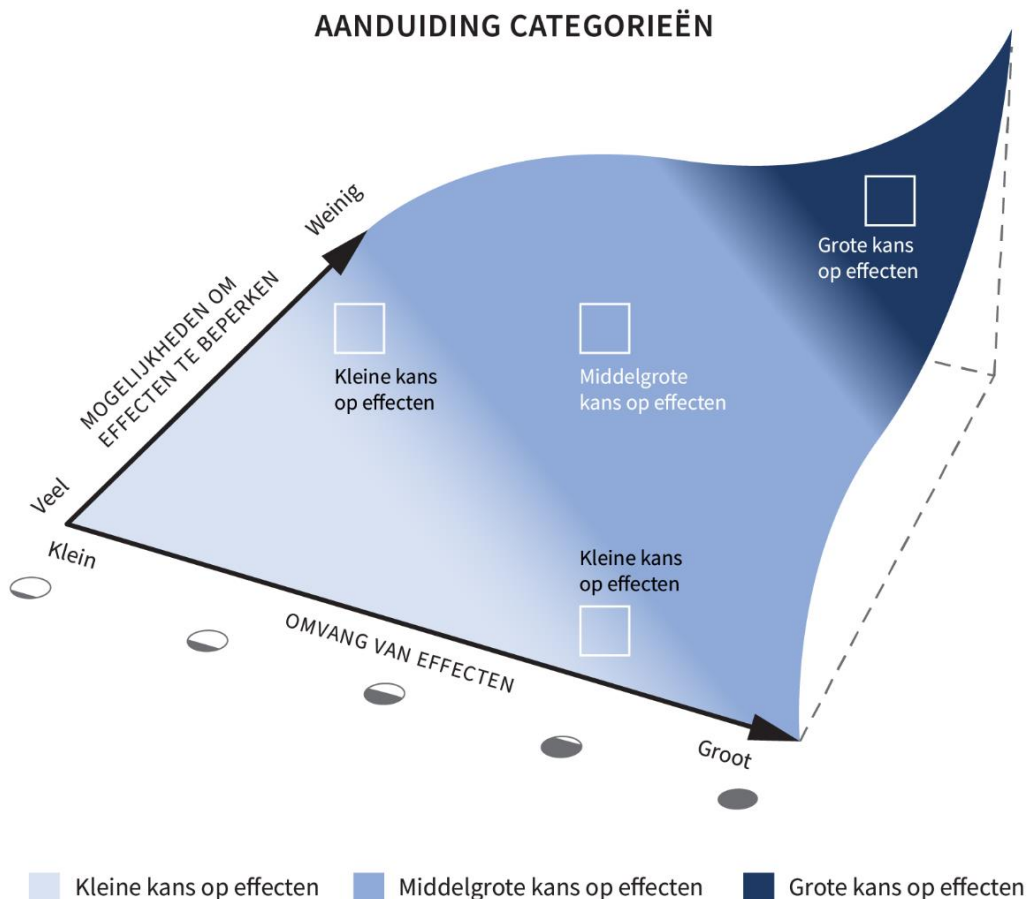
<sup>10</sup> Gezien het gehanteerde abstractieniveau in deze studie wordt het bepalen van effecten en mogelijkheid tot beperken van effecten samengevoegd in één stap.

### Kans op effecten

De te beoordelen robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes zijn onderdelen van het energiesysteem die (mogelijk) gerealiseerd worden. De exacte locatie voor deze onderdelen is niet bekend, wat betekent dat de effectanalyse globaal is en wordt uitgedrukt in kans op effecten dat de omvang van de verwachte effecten en de mogelijkheid om de omvang van de effecten te beperken aangeeft. De samenhang tussen de omvang van de effecten en de mogelijkheid tot het voorkomen dat deze effecten zich voordoen, is visueel weergegeven in Figuur 4-2. De kleuren corresponderen met de kleuren uit Tabel 4-5.

De te beoordelen robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes zijn elementen van het energiesysteem die (mogelijk) gerealiseerd worden. De exacte locatie voor deze onderdelen is niet bekend, wat betekent dat de effectanalyse globaal is en wordt uitgedrukt in kans op effecten dat de omvang van de verwachte effecten en de mogelijkheid om de omvang van de effecten te beperken aangeeft. De samenhang tussen de omvang van de effecten en de mogelijkheid tot het voorkomen dat deze effecten zich voordoen, is visueel weergegeven.

Figuur 4-2 Categorisering aan de hand van omvang en mogelijkheden tot beperking van effect



### Referentiesituatie

In de IEA is onderzocht welke ruimte nodig is voor energie-infrastructuur voor de ontwikkeling naar een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Op dit moment is er al veel energie-infrastructuur aanwezig en tot 2030 staan al veel investeringen voor nieuwe projecten in de planning. Zo worden veel uitbreidingen gedaan aan het 380kV-net, worden de 150kV- en 110kV-netten op een andere manier ingericht (met een pocketstructuur<sup>11</sup>) en wordt een landelijk waterstofnetwerk aangelegd. Deze geplande investeringen lossen naar verwachting alle huidige problemen met netcongestie op.

In de analyses van de IEA zijn de huidige situatie en de geplande investeringen tot 2030 de uitgangssituatie. Dit betekent dat aangenomen wordt dat de geplande investeringen in ieder geval gerealiseerd worden. Alleen investeringen die opgenomen zijn in het investeringsplan van netbeheerders of waar een investeringsbeslissing voor gemaakt is worden meegenomen. De investeringsplannen van de netbeheerders uit 2020, het IP2020, zijn de basis voor de uitgangssituatie (TenneT, 2020) en (Gasunie, 2020)<sup>12</sup>. Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031 of 2032, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. In Bijlage XIV staat een uitgebreide beschrijving van de netsituatie in 2030.

<sup>11</sup> TenneT voorziet in haar visie op het toekomstige hoogspanningsnet dat de 110kV- en 150kV-netten opsplitsen in kleine deelnetjes, die elk verbonden zijn met één 380kV- of 220kV-station. Op deze manier is er minder transport via de lagere spanningsniveaus noodzakelijk doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380kV- of 220kV-net.

<sup>12</sup> Ondertussen zijn nieuwe investeringsplannen van de netbeheerders uitgebracht, het IP2022 (Gasunie, 2022; TenneT, 2022). Nieuwe projecten uit deze investeringsplannen zijn geen onderdeel van de uitgevoerde doorrekeningen. Het wordt aangegeven als deze investeringen terugkomen in de analyses naar de benodigde energie-infrastructuur richting 2050 in de IEA. In Bijlage XIV is het verschil tussen de investeringsplannen nader toegelicht.

## 5 Uitwerking van het beoordelingskader

In de volgende paragrafen worden de (deel)aspecten en criteria uit paragraaf 4.1 nader uitgewerkt. Dit vormt de richtlijn voor de effectbeoordeling. In de gevallen waarin de richtlijn niet van toepassing is, wordt een toelichting gegeven hoe hiervan op basis van expert judgement afgeweken wordt. In paragraaf 5.4 wordt tot slot ingegaan op de vraag of en hoe een Passende Beoordeling voor PEH nodig is.

### 5.1 Occupatielaag

Het aspect leefomgeving, gebruiksfuncties, ruimtegebruik en veiligheid valt uiteen in een aantal deelaspecten, deze zijn hieronder per deelaspect uitgewerkt.

#### Bebouwing

Het deelaspect bebouwing (woonkernen, bedrijventerreinen en glastuinbouw) omvat een groot deel van de leefomgeving, waardoor de nabijheid van bebouwing tot de ontwikkelingen een goede indicator is voor het effect op de leefomgeving. Veel elementen van de energie-infrastructuur worden op afstand geplaatst van woonbebouwing, om hinder voor de leefomgeving en effecten op gezondheid te voorkomen.

Per element wordt een afstandsmaat gehanteerd tot aan relevante bebouwing. Voor nieuwe tracés zijn dit afstandsmaten tot woonkernen die bij voorkeur aangehouden worden. Bij locaties voor nieuwe stations, regelbare centrales, elektrolyzers, batterijen en kernenergie is dit een invloedsafstand waarbinnen aantallen woningen liggen of waar bedrijventerrein aanwezig is. Voor opslag van waterstof in zoutcavernes, zon en wind op land wordt gekeken naar de mogelijke geografische locatie van deze elementen en de intensiteit van de bebouwing in de nabijheid van deze locaties. In Tabel 5-1 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-1 Uitwerking deelaspect bebouwing per element

Element	Uitwerking deelaspect bebouwing
<b>Verbinding</b>	Aantal doorkruisingen woonkernen binnen corridor van 1 km
	Lengte van doorkruising (totaal) (alleen relevant bij 380 kV)
<b>Hoogspanningsstation/converterstation</b>	Aantal woningen binnen 300 meter
<b>Regelbare centrales</b>	Aanwezige industrie of aantal woonkernen binnen 1 km
<b>Elektrolyzers</b>	Aanwezige industrie of aantal woonkernen binnen 1 km
<b>Batterijen</b>	Aanwezige industrie of aantal woningen binnen 50 meter contour
<b>Opslag waterstof</b>	Regionale spreiding en bebouwingintensiteit nabij mogelijke locaties
<b>Zon op land</b>	Regionale spreiding en bebouwingintensiteit nabij mogelijke locaties
<b>Wind op land</b>	Regionale spreiding en bebouwingintensiteit nabij mogelijke locaties
<b>Kernenergie</b>	Bebouwing in drie afstandscontouren nabij mogelijke locaties

#### Landbouw

Landbouw maakt gebruik van een groot deel van de ruimte in Nederland. Een groeiende energie-infrastructuur heeft naar verwachting een ruimtelijke invloed op de huidige landbouw. Een analyse van de aard van het gebied, type landbouw en eigenschappen zoals verziltingsgevoeligheid geeft de gevoeligheid weer van het functioneren van het landbouwgebied.

De mate van invloed op landbouw van wind en zon op land op nationale schaal, wordt geanalyseerd door het ruimtebeslag van de onderdelen zon en wind op land te vergelijken met het huidig beschikbaar areaal aan landbouw. In Tabel 5-2 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-2 Uitwerking deelaspect landbouw per element

Element	Uitwerking deelaspect landbouw
<b>Verbinding</b>	Overlap met en aard van landbouwgrond (% van verbinding)
<b>Station</b>	Overlap met en aard van landbouwgrond
<b>Regelbare centrales</b>	Overlap met en aard van landbouwgrond
<b>Elektrolyzers</b>	Overlap met en aard van landbouwgrond
<b>Batterijen</b>	Overlap met en aard van landbouwgrond
<b>Opslag waterstof</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege beperkt bovengronds ruimtebeslag
<b>Zon op land</b>	Totaal ruimtebeslag in relatie tot beschikbaar landbouw areaal
<b>Wind op land</b>	Totaal ruimtebeslag in relatie tot beschikbaar landbouw areaal
<b>Kernenergie</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege ligging in al eerder aangewezen gebied voor kernenergie

### Externe veiligheid

Het realiseren van elementen voor de energie-infrastructuur kan een invloed hebben op bestaande risicobronnen. Daarnaast kan een element zelf ook een risicobron vormen voor de (nabije) omgeving. Voor de effectbeoordeling wordt gekeken naar contouren om risicobronnen. De afstand tot kwetsbare objecten is ondervangen met het deelaspect 'bebouwing' (zie begin paragraaf). De beoordeling op externe veiligheid is niet uitputtend en heeft niet het niveau van een MER voor een concreet effect, achter geeft een goede indicatie van de kans op effecten ten aanzien van externe veiligheid.

Zon en wind op land worden niet geanalyseerd op het deelaspect externe veiligheid, omdat voor het bepalen van afstandscontouren meer exacte locaties nodig zijn. In Tabel 5-3 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-3 Uitwerking deelaspect externe veiligheid per element

Element	Uitwerking deelaspect externe veiligheid
<b>Verbinding</b>	Overlap met risicobronnen
<b>Station</b>	Nabijheid van risicobronnen
<b>Regelbare centrales</b>	Nabijheid van risicobronnen
<b>Elektrolyzers</b>	Nabijheid van risicobronnen
<b>Batterijen</b>	Niet relevant voor beoordeling
<b>Opslag waterstof</b>	Risico op blow-out, bevingen en lekkages
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat externe veiligheid een zeer kleine rol speelt bij zonne-energie
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat externe veiligheidseffecten zeer lokaal zijn en de precieze locaties van windturbines niet bekend is
<b>Kernenergie</b>	Risico's op stralingsblootstelling, ongevalscenario's (ontwerp en buiten-ontwerp) van reactor en radioactief afval

## Recreatie

Elementen van de energie-infrastructuur kunnen invloed hebben op recreatieve gebieden door zichtbare aanwezigheid in het gebied. Dit kan mogelijk leiden tot een andere beleving van het gebied door recreanten. Met name bovengrondse infrastructuur heeft een permanente invloed. Voor ondergrondse infrastructuur geldt dat in de gebruiksfase er niet of nauwelijks invloed is op recreatie. In Tabel 5-4 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-4 Uitwerking deelaspect recreatie per element

Element	Uitwerking deelaspect recreatie
<b>Verbinding</b>	Overlap met recreatieve functies
<b>Station</b>	Aantal recreatieve functies binnen 1 km
<b>Regelbare centrales</b>	Aantal recreatieve functies binnen 3 km
<b>Elektrolyzers</b>	Aantal recreatieve functies binnen 1 km
<b>Batterijen</b>	Aantal recreatieve functies binnen 1 km
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau <sup>13</sup>
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
<b>Kernenergie</b>	Aantal recreatieve functies binnen 3 km

## 5.2 Netwerklaag

### Rijks-, spoor- en waterwegen

Elementen van de energie-infrastructuur kunnen invloed hebben rijks-, spoor- en waterwegen. De aanwezigheid van rijks-, spoor- en waterwegen kunnen zowel een belemmering vormen als een kans bieden voor de elementen van de energie-infrastructuur. De aanwezigheid van rijks-, spoor- en waterwegen kan de realisatie van de elementen van energie-infrastructuur belemmeren, doordat combinaties niet mogelijk zijn en er geen ruimte resteert, of dat het kruisen van deze rijks-, spoor- en waterwegen lastig is. Dit zal vooral een rol spelen bij nieuwe verbindingen. In Tabel 5-5 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-5 Uitwerking deelaspect infrastructuur per element

Element	Uitwerking deelaspect infrastructuur
<b>Verbinding</b>	Parallelligging en kruisingen met wegen
<b>Station</b>	Aanwezigheid rijks-, spoor- en waterwegen
<b>Regelbare centrales</b>	Aanwezigheid rijks-, spoor- en waterwegen
<b>Elektrolyzers</b>	Aanwezigheid rijks-, spoor- en waterwegen
<b>Batterijen</b>	Aanwezigheid rijks-, spoor- en waterwegen
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat hier rekening mee wordt gehouden bij de plaatsing
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat hier rekening mee wordt gehouden bij de plaatsing
<b>Kernenergie</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege ligging in al eerder aangewezen gebied voor kernenergie

<sup>13</sup> Onder een hoog geografisch abstractieniveau voor zon en wind op land wordt verstaan dat de precieze locatie hiervan niet precies is vastgelegd in de scenario's. Omdat de effecten van deze onderdelen zich lokaal manifesteren en de omvang van de effecten zeer afhankelijk is van de kenmerken van de directe omgeving is het niet mogelijk een eenduidige effectbepaling en beoordeling te maken.



## Waterkeringen

In de effectbeoordeling wordt alleen de mogelijke invloed van de ingreep op primaire waterkeringen onderzocht. Uitgangspunt is dat andere waterkeringen of vermeden kunnen worden, of op een acceptabele wijze kunnen worden gekruist of gecombineerd kunnen worden met de elementen van energie-infrastructuur. In Tabel 5-6 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-6 Uitwerking deelaspect waterkeringen per element

Element	Uitwerking deelaspect waterkeringen
<b>Verbinding</b>	Lengte van parallelligging aan kering (met name ondergronds) en aantal kruising met kering
<b>Station</b>	Nabijheid van primaire waterkering
<b>Regelbare centrales</b>	Nabijheid van primaire waterkering
<b>Elektrolyzers</b>	Nabijheid van primaire waterkering
<b>Batterijen</b>	Nabijheid van primaire waterkering
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
<b>Kernenergie</b>	Nabijheid van primaire waterkering

## Bestaande hoogspannings- en buisleidingen

PEH en de in deze IEA genoemde ontwikkelingen zijn gericht aanpassingen aan de energie-infrastructuur, waardoor er op elke wijze een relatie is tot het bestaande netwerk voor zowel elektriciteit, gasen als warmte. De vraag voor de effectbeoordeling is in hoeverre de aanwezige energie-infrastructuur invloed heeft op de realisatie van de nieuwe elementen voor energie-infrastructuur. De benodigde ruimte voor veiligheid en onderhoud van de bestaande infrastructuur kan tot op zekere hoogte benut worden voor de inpassing van nieuwe infrastructuur, echter kan ook (negatieve) effecten hebben zoals wederzijdse beïnvloeding van verbindingen. De effectbeoordeling van dit deelaspect gaat hierop in. In Tabel 5-7 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-7 Uitwerking deelaspect bestaande hoogspannings- en buisleidingen per element

Element	Uitwerking deelaspect bestaande hoogspannings- en buisleidingen
<b>Verbinding</b>	Lengte van nabije parallelligging met bestaande tracés (< 100 meter)
<b>Station</b>	Nabijheid bestaand station (aanvullende verbinding).
<b>Regelbare centrales</b>	Beschikbaar koelwater voor bestaande (en nieuwe) regelbare centrales.
<b>Elektrolyzers</b>	Beschikbaar (koel)water voor bestaande nabijgelegen regelbare centrales en nieuwe elektrolyzers.
<b>Batterijen</b>	Nabijheid bestaand station (aanvullende verbinding).
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau en een zeer lokaal mogelijk effect.
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau.
<b>Kernenergie</b>	Beschikbaar koelwater voor bestaande (en nieuw) regelbare centrales (kernenergie).

### Direct ruimtebeslag

Het directe ruimtebeslag per element van de potentiële nieuwe energie-infrastructuur staat in hoofdstuk 1. Het ruimtebeslag van een oplossingsrichting in zijn geheel wordt met dit deelaspect inzichtelijk gemaakt. In Tabel 5-8 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-8 Uitwerking deelaspect direct ruimtebeslag per element

Element	Uitwerking deelaspect ruimtebeslag
<b>Verbinding</b>	Totale lengte en oppervlakte van nieuwe verbindingen
<b>Station</b>	Totaal oppervlak van nieuwe stations (incl. uitbreidingen)
<b>Regelbare centrales</b>	Totaal oppervlak van nieuwe regelbare centrales
<b>Elektrolyzers</b>	Totaal oppervlak van nieuwe elektrolyzers
<b>Batterijen</b>	Totaal oppervlak van nieuwe batterijen
<b>Opslag waterstof</b>	Benodigde ruimte bovengronds (m <sup>2</sup> ) en ondergronds (m <sup>3</sup> )
<b>Zon op land</b>	Benodigd oppervlak voor zon op land
<b>Wind op land</b>	Benodigd oppervlak voor wind op land
<b>Kernenergie</b>	Benodigd oppervlak reactor en afvalberging

### Natuurnetwerk Nederland

De effecten van elementen van energie-infrastructuur op het Natuurnetwerk Nederland (NNN) variëren per element. Het ene element heeft een grotere kans op effecten (bijv. verbindingen) dan andere elementen (bijv. batterijen). De kans op effecten is afhankelijk van de aard van het element (type ingreep), maar ook van het beheertype van het NNN-gebied. Effecten op beheertypen met een lange ontwikkelingsduur zijn zwaarder beoordeeld dan die met een korte ontwikkelingsduur (bij gelijke aantasting in oppervlak). De mate waarin deze twee zich tot elkaar verhouden, bepaalt de uiteindelijke effectbeoordeling. In Tabel 5-9 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-9 Uitwerking deelaspect NNN per element

Element	Uitwerking deelaspect NNN
<b>Verbinding</b>	Lengte van doorkruising NNN en relatie tot beheertype(n)
<b>Station</b>	Overlap NNN en relatie tot beheertype(n)
<b>Regelbare centrales</b>	Overlap NNN en relatie tot beheertype(n)
<b>Elektrolyzers</b>	Overlap NNN en relatie tot beheertype(n)
<b>Batterijen</b>	Overlap NNN en relatie tot beheertype(n)
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat uitgangspunt is dat er geen ruimtebeslag op NNN-gebied is voor zon op land en er is geen externe werking <sup>16</sup>
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat uitgangspunt is dat er geen ruimtebeslag op NNN-gebied is voor zon op land en er is geen externe werking
<b>Kernenergie</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege ligging in al eerder aangewezen gebied voor kernenergie en er is geen externe werking

### 5.3 Ondergrondlaag

#### Bodem

Het deelaspect bodem kan op verschillende manieren effecten ondervinden van de elementen van de energie-infrastructuur. In bodembeschermingsgebied en zettingsgevoelig gebied zijn er beperkingen voor de mogelijkheden voor de aanleg(methodes) van nieuwe infrastructuur. Daarnaast kan aanleg in verziltingsgevoelig gebied invloed hebben op de landbouw en natuur in de omgeving van de nieuw aan te leggen infrastructuur. De opslag van waterstof in zoutcavernes brengt risico's op effecten op de bodem (bodemverontreiniging en -daling) met zich mee. In Tabel 5-10 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-10 Uitwerking deelaspect bodem per element

Element	Uitwerking deelaspect bodem
<b>Verbinding</b>	Bovengronds: aanwezigheid voldoende draagkracht voor elementen energie-infrastructuur Ondergronds: aanwezigheid verziltinggevoelige gebieden, bodembeschermingsgebieden
<b>Station</b>	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren
<b>Regelbare centrales</b>	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren
<b>Elektrolyzers</b>	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren
<b>Batterijen</b>	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren
<b>Opslag waterstof</b>	Risico op bodemverontreiniging en -daling
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat naast een hoog geografisch abstractieniveau de bodemingreep zodanig klein en lokaal is dat dit verwaarloosbaar is
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat naast een hoog geografisch abstractieniveau de bodemingreep zodanig klein en lokaal is dat dit verwaarloosbaar is
<b>Kernenergie</b>	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren

#### Grondwater en (drink)watervoorziening

Grondwater is een belangrijke bron van drinkwater in Nederland. Om de waterkwaliteit te behouden zijn er grondwaterbeschermingsgebieden aangewezen waar beperkingen gelden voor activiteiten met grondberoeving. Daarnaast zijn er boringsvrije zones aangewezen rondom aanvullende strategische voorraden voor drinkwater in enkele provincies. Voor ingrepen dieper in de ondergrond zijn de nationale grondwaterreserves relevant die genoemd zijn in de Structuurvisie Ondergrond (I&W, Structuurvisie Ondergrond, 2018)

Daarnaast kan ook sprake zijn van mogelijke effecten op de beschikbare (drink)watervoorziening door het gebruik van koelwater (betreft oppervlaktewater). Als er sprake is van grootschalige onttrekking in gevoelige gebieden, kunnen effecten optreden op de watervoorraden. Voor de productie van waterstof is ook water benodigd, dit wordt niet meegenomen in de beoordeling, zie hiervoor volgende tekstkader. In Tabel 5-11 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

#### Waterverbruik productie waterstof

Voor de productie van waterstof vormt water de basis. Het water voor elektrolyse moet van hoge kwaliteit zijn (gedemineraliseerd), daarom wordt ervan uitgegaan dat er gebruik wordt gemaakt van leidingwater (drinkwater en industriewater) dat al dan niet ter plekke nog bewerkt wordt en niet lokaal grondwater wordt onttrokken. Daarnaast is er aangenomen dat productie van 1 kg waterstof 50 kWh elektriciteit en 9 liter water nodig heeft. In het scenario Nationale Sturing is er een gemiddelde bedrijfstijd van 1.900 vollasturen per jaar voor elektrolyzers. Dit betekent dat een 100 MW elektrolyser ongeveer 34.000 m<sup>3</sup> water per jaar verbruikt. Dit komt ongeveer overeen met 350 huishoudens.

In de verschillende scenario's zijn opgestelde vermogens tussen 16 en 51 GW meegenomen. Bij een gemiddelde bedrijfstijd van 1.900 vollasturen per jaar betekent dit een waterverbruik tussen ongeveer 5 miljoen m<sup>3</sup> en 17 miljoen m<sup>3</sup>. In vergelijking met het leidingwaterverbruik - huishoudens en bedrijven samen ongeveer 1.200 miljoen m<sup>3</sup> - is dit een relatief beperkte toename in waterverbruik. Om deze reden wordt het waterverbruik van de productie van waterstof niet verder meegenomen in de beoordeling.

Tabel 5-11 Uitwerking deelaspect grondwater en (drink)watervoorziening per element

Element	Operationalisering deelaspect grondwater en (drink)watervoorziening
<b>Verbinding</b>	Bovengronds: niet relevant. Ondergronds: aanwezigheid grondwaterbeschermingsgebied of boringsvrije zones t.b.v. grondwaterwinning.
<b>Station</b>	Aanwezigheid grondwaterbeschermingsgebied.
<b>Regelbare centrales</b>	Potentiële hoeveelheid en locatie herkomst koelwater nabij grondwaterbeschermingsgebieden of aanvullende strategische voorraden.
<b>Elektrolyzers</b>	Potentiële hoeveelheid en locatie herkomst koelwater nabij grondwaterbeschermingsgebieden of aanvullende strategische voorraden.
<b>Batterijen</b>	Aanwezigheid grondwaterbeschermingsgebied.
<b>Opslag waterstof</b>	Aanwezigheid grondwaterbeschermingsgebied, boringsvrije zones t.b.v. grondwaterwinning of nationale grondwaterreserves.
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau en omdat effecten op grondwater verwaarloosbaar zijn.
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege enerzijds een hoog geografisch abstractieniveau en anderzijds de mogelijkheid om effecten eenvoudig te mitigeren <sup>14</sup> .
<b>Kernenergie</b>	Potentiële hoeveelheid en locatie herkomst koelwater nabij grondwaterbeschermingsgebieden of aanvullende strategische voorraden.

### Overstromingsgevoeligheid

De locaties waar de elementen van energie-infrastructuur zijn voorzien, kunnen gevoelig zijn voor overstromingen. Voor elementen van de energie-infrastructuur met een cruciale functie, is het daarom van belang de kans op overstroming zo veel als mogelijk te beperken. Door inzicht te krijgen in de overstromingsgevoeligheid (maximale waterdiepte) van een locatie, kan worden bepaald of dit aandacht behoeft in het vervolg. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de kaarten van LIWO (LIWO, 2022)<sup>15</sup>.

In Tabel 5-12 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

<sup>14</sup> Voor wind op land geldt - in tegenstelling tot bijvoorbeeld stations en batterijen - dat niet exact bekend is waar de windturbines zullen worden geplaatst. Daarmee is ook niet te beoordelen of windturbines binnen een grondwaterbeschermingsgebied zullen worden gerealiseerd of niet. Daarbij komt dat alleen tijdens realisatie van de windturbines er een effect als gevolg van bronbemaling kan optreden, maar dit effect ook eenvoudig kan worden gemitigeerd door het toepassen van bovengrondse funderingsmethoden, waardoor geen bemaling nodig is. Daarmee is dit aspect niet onderscheidend voor wind op land.

<sup>15</sup> Er is bij de overstromingskaarten kan gekeken worden naar verschillende overstromingskansen tussen extreem klein tot grote kans. In de beoordeling is gebruikgemaakt van de maximale waterdiepte bij een middelgrote kans op overstroming. Dit betekent een kans van ongeveer 1/100 jaar (Deltares, 2019).

Tabel 5-12 Uitwerking deelaspect overstromingsgevoeligheid per element

Element	Uitwerking deelaspect overstromingsgevoeligheid
<b>Verbinding</b>	Wordt niet beoordeeld omdat verbindingen ook in overstromingsgevoelig gebied kunnen worden gerealiseerd zonder dat de functie in gevaar komt.
<b>Station</b>	Kans en waterdiepte van overstroming.
<b>Regelbare centrales</b>	Kans en waterdiepte van overstroming.
<b>Elektrolyzers</b>	Kans en waterdiepte van overstroming.
<b>Batterijen</b>	Kans en waterdiepte van overstroming.
<b>Opslag waterstof</b>	Kans en waterdiepte van overstroming.
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau.
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau.
<b>Kernenergie</b>	Kans en waterdiepte van overstroming.

### Natura 2000-gebieden (habitat- en vogelrichtlijn)

Negatieve effecten op Natura 2000-gebieden moeten zo veel als mogelijk worden voorkomen, dan wel worden beperkt. De elementen van de energie-infrastructuur kunnen effect hebben op de beschermde habitats en soorten van deze gebieden. Effecten kunnen ontstaan door overlap met Natura 2000-gebieden, vanwege de directe fysieke ingreep, maar ook door externe werking op deze gebieden en soorten<sup>16</sup>.

#### Stikstof

Het PEH betreft de ruimtelijke planning van het nieuwe klimaatneutrale energiesysteem. Er zal op verschillende locaties in Nederland nieuwe infrastructuur gerealiseerd moeten worden om dit toekomstige energiesysteem te realiseren. Dit klimaatneutrale energiesysteem stoot nauwelijks stikstof uit bij gebruik, waarbij in vergelijking met het huidige energiesysteem er sprake is van een grote afname in stikstofuitstoot.

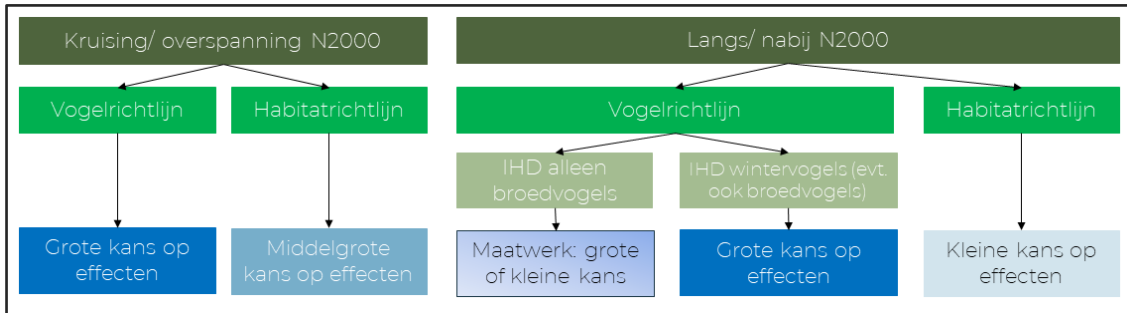
De realisatie van deze energie-infrastructuur onderdelen vanuit het PEH vindt plaats in de periode 2030 tot 2050. Het is aannemelijk dat eventuele tijdelijke stikstofemissie tijdens de bouwfase, gezien technologische ontwikkelingen in transport- en werktuigen, significant kan worden beperkt of voorkomen. Anderzijds is er zeer beperkt sprake van stikstofuitstoot tijdens de gebruiksfase (alleen als gevolg van verbranding van waterstof in elektriciteitscentrales). In de scenario's zijn de verschillen in benodigde hoeveelheid van deze centrales zeer gering en op het totale energiesysteem verwaarloosbaar.

Dit betekent dat stikstof geen onderscheidende rol speelt in de vergelijking van de alternatieven, noch in de te maken keuze. Stikstof wordt daarom als milieuthema niet in nader detail onderzocht in de beoordeling voor Milieu & Ruimte.

Bij bovengrondse hoogspanningsverbindingen zijn aanvaringsslachtoffers een mogelijk belangrijk effect. Er is een beslisboom opgesteld voor de toe te kennen beoordeling van deze aanvaringsslachtoffers en de overige effecten op de Natura 2000-gebieden. Voor de tracéoptie die parallel loopt aan bestaande bovengrondse verbinding is er een kleine kans op effecten. Tracéopties in of nabij Natura 2000-gebieden die niet parallel liggen met bestaande verbindingen, is de methodiek toegepast uit Figuur 5-1.

<sup>16</sup> Externe werking zijn effecten van een ingreep die optreden buiten (het invloedsgebied) van een Natura 2000-gebied tot binnen het Natura 2000-gebied reiken. Voor NNN-gebieden geldt dat externe werking geen onderdeel is van de bescherming van deze gebieden.

Figuur 5-1 Beslisboom kans op effecten bij bovengrondse hoogspanningsverbindingen



In Tabel 5-13 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-13 Uitwerking deelaspect Natura 2000-gebieden per element

Element	Uitwerking deelaspect Natura 2000-gebieden
Verbinding	Potentielle doorsnijding van gebieden, nabijheid van gebieden (m.n. vogelrichtlijn).
Station	Nabijheid van gebieden
Regelbare centrales	Nabijheid van gebieden en potentiële invloed gebruik koelwater
Elektrolyzers	Wordt niet beoordeeld omdat mogelijke effecten altijd te mitigeren <sup>17</sup>
Batterijen	Nabijheid van gebieden
Opslag waterstof	Wordt niet beoordeeld omdat uitgangspunt is dat de kleine bovengrondse ruimtevrage niet in Natura 2000-gebied wordt geplaatst
Zon op land	Potentiële impact op Natura 2000 van totale opgave
Wind op land	Potentiële impact op Natura 2000 van totale opgave
Kernenergie	Nabijheid van gebieden en potentiële invloed gebruik koelwater

## Landschap

Bij de landschappelijke effectbeoordeling is rekening gehouden met de aard en status van gebieden, waarbinnen ingrepen die onderdeel uitmaken van de toekomstige energiehoofdstructuur een plek krijgen. Daarvoor zijn de volgende landschapsonderdelen onderscheiden (in volgorde van belangrijkheid en beschermde status):

- Nationale Landschappen (IPO, 2022) en Nationale Parken (EZK, 2017);
- Waardevolle landschappen<sup>18</sup> en waardevolle landschappelijke elementen<sup>19</sup>;
- Overige gebieden.

<sup>17</sup> Elektrolyzers worden in de scenario's geplaatst in industriegebieden waar geen Natura 2000 aanwezig is. Effecten door het lozen van koelwater (extern effect) kan altijd beperkt worden; uitgangspunt is zoveel mogelijk gebruik van restwarmte, daarnaast is elektrisch koelen ook mogelijk indien Natura 2000 in de omgeving aanwezig is. In het laatste geval wordt er geen gebruikgemaakt van koelwater.

<sup>18</sup> Hiervoor is met name gebruikgemaakt provinciale omgevingsvisies en beleidsstukken met betrekking tot landschap, waarin bepaalde gebieden als waardevolle landschappen zijn bestempeld. De naamgeving, redenen van aanwijzing als waardevol landschap en status van de benoemde gebieden variëren per provincie.

<sup>19</sup> Het gaat hierbij om grote en samenhangende landschapselementen. Hiervoor is onder meer gebruikgemaakt van provinciale beleidsstukken met betrekking tot landschap, topografische kaarten, gebiedskennis en expert judgement.

Bij de effectbeoordeling voor landschap is de bovenstaande indeling ook aangehouden om de kans op effecten op landschap te beoordelen. De kans op effecten wordt in feite bepaald door drie factoren: de mate van de ingreep (omvang en aard), de kwaliteit van het landschap ter plekke (gebaseerd op de landschapsonderdelen hierboven) en de mogelijkheid om effecten te beperken.

De omvang en aard van de ingreep vormen een maat voor het effect op landschap: gesteld is dat hoe groter de ingreep is, hoe negatiever het effect op landschap in principe is. Ook is gesteld dat hoe meer waarneembaar die ingreep is, hoe negatiever het effect op landschap is. Wat betreft de kwaliteit van het landschap ter plekke is bij de beoordeling gesteld dat ingrepen die plaatsvinden binnen categorie Nationale Landschappen en Parken een grote kans op effecten hebben. Bij ingrepen in waardevolle landschappen en landschapselementen is die kans middelgroot. Ingrenen in overige gebieden zijn in principe als kleine kans op effecten beoordeeld, omdat het landschap in die gebieden vaak al sterk beïnvloed is door menselijk handelen in de occupatielaag. De mogelijkheid om effecten te beperken is over het algemeen groter bij overige gebieden dan bij Nationale Landschappen en Parken. In Tabel 5-14 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-14 Uitwerking deelaspect landschap per element

Element	Uitwerking deelaspect landschap
<b>Verbinding</b>	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
<b>Station</b>	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
<b>Regelbare centrales</b>	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
<b>Elektrolyzers</b>	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
<b>Batterijen</b>	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
<b>Opslag waterstof</b>	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
<b>Zon op land</b>	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
<b>Wind op land</b>	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
<b>Kernenergie</b>	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten

### Cultuurhistorie

Het deelaspect cultuurhistorie beoordeelt de potentiële effecten op cultuurhistorische waarden. Daar waar dergelijke waarden aanwezig zijn, en de realisatie van de betreffende elementen van de energie-infrastructuur niet verenigbaar zijn met deze waarden, ontstaat een grote kans op niet te mitigeren effecten. De nabijheid van cultuurhistorische objecten en aanwezigheid van aardkundige waarden worden aan de hand van UNESCO werelderfgoed en rijks- en provinciale objecten (monumenten) en gebieden geanalyseerd. Per element is een afstand tot het soort object bepalend voor de mate en daarmee de kans van het effect. Bij aardkundige waarden geldt enkel direct ruimtebeslag. In Tabel 5-15 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-15 Uitwerking deelaspect cultuurhistorie per element

Element	Uitwerking deelaspect cultuurhistorie
<b>Verbinding</b>	Aantal en soort objecten binnen 3 km
<b>Station</b>	Aantal en soort objecten binnen 1 km
<b>Regelbare centrales</b>	Aantal en soort objecten binnen 1 km
<b>Elektrolyzers</b>	Aantal en soort objecten binnen 1 km

Element	Uitwerking deelaspect cultuurhistorie
Batterijen	Aantal en soort objecten binnen 1 km
Opslag waterstof	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
Zon op land	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
Wind op land	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
Kernenergie	Wordt niet beoordeeld omdat de locatie al bestemd is voor realisatie kernenergie

#### Archeologie

Archeologische waarden worden bij voorkeur in situ bewaard. Een kans op het treffen van archeologische waarden bij het beroeren van de bodem, kan leiden tot het aantasten van deze waarden. De kans op het treffen van archeologische waarden, is in te schatten op basis van de Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (IKAW) en de Archeologische Monumenten Kaart (AMK). De IKAW-kaart heeft vier categorieën op land voor de kans op aantreffen archeologische waarden, van zeer lage trefkans tot hoge trefkans. In Tabel 5-16 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-16 Uitwerking deelaspect archeologie per element

Element	Uitwerking deelaspect archeologie
Verbinding	Mate waarin het tracé gebieden met grote trefkans doorkruist
Station	Nabijheid en interferentie van archeologische monumenten, mate van ligging in gebied met hoge trefkans
Regelbare centrales	Nabijheid en interferentie van archeologische monumenten, mate van ligging in gebied met hoge trefkans
Elektrolyzers	Nabijheid en interferentie van archeologische monumenten, mate van ligging in gebied met hoge trefkans
Batterijen	Nabijheid en interferentie van archeologische monumenten, mate van ligging in gebied met hoge trefkans
Opslag waterstof	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
Zon op land	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
Wind op land	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
Kernenergie	Wordt niet beoordeeld omdat de locatie al bestemd is voor realisatie kernenergie

## 5.4 Passende Beoordeling

Omdat de realisatie van onderdelen uit het PEH potentieel een effect kan hebben op instandhoudingsdoelstellingen (IHD's) in Natura 2000-gebieden is de vraag of een Passende Beoordeling (PB) moet worden opgesteld en zo ja, op welke manier. Hieronder wordt ingegaan op de wijze waarop hiermee is omgegaan in de IEA voor PEH.

#### Wanneer is een Passende Beoordeling vereist?

In welke gevallen het maken van een PB voor plannen verplicht is vanwege de hierin opgenomen activiteit(en), is geregeld in art. 2.8, lid 1 Wnb. Een passende beoordeling voor een plan is pas aan de orde wanneer dat plan voldoende concreet is. Het moet gaan om plannen die juridisch bindende componenten bevatten (ABRvS 16 juli 2003, AB 2003/336) en/of als toetsingskader gelden voor uitvoeringsbesluiten (HvJ EG 20 oktober 2005, C-6/04).

Die delen van een plan die kaderstellend of voorwaardenscheppend zijn voor concrete toekomstige activiteiten, dienen passend te worden beoordeeld. In de Memorie van Toelichting van het Ontwerp Aanvullingsbesluit Natuur Omgevingswet is bijvoorbeeld opgenomen dat het in een plan beschrijven van



een voornemen om de waterhuishouding in een bepaald gebied op orde te brengen, waartoe onderzoek naar verschillende mogelijkheden zal worden uitgevoerd, onvoldoende concreet is om te vallen onder de plicht tot het opstellen van een passende beoordeling (Kamerstukken II 2011/12, 33348, 3, p. 111 en 112). Plannen die het karakter hebben van een beleidsnota worden eveneens niet beschouwd als een plan in de zin van dit artikel (Kamerstukken II 2011/12, 33348, 3, p. 111). Samengevat: Als het plan of programma niet voldoende concreet is, bestaat er geen rechtstreekse plicht om een passende beoordeling uit te voeren.

#### De situatie voor PEH

Het PEH is een programma in het kader van de omgevingswet waarvoor ook een plan-m.e.r. wordt uitgevoerd. Daarmee is feitelijk sprake van een plan en zou een Passende Beoordeling aan de orde kunnen zijn als effecten op de instandhoudingsdoelstellingen (IHD) van Natura 2000-gebieden niet op voorhand uit te sluiten zijn en het voldoende concreet is. Uiteindelijke doel is om de gevolgen voor Natura 2000-gebieden op een passende wijze te betrekken in de besluitvorming.

In het PEH zijn uitspraken opgenomen over ruimtelijke reserveringen, ontwikkelrichtingen en generieke beleidsuitspraken. Voor de ruimtelijke reserveringen geldt dat dit gaat om bestaande Barro-locaties of over hoogspanningsverbindingen en buisleidingen, die zich op een geografisch aan te duiden locatie bevinden en die zijn overgenomen uit eerder vastgesteld beleid (o.a. het SEV III en Structuurvisie buisleidingen) en waarover dus al besluitvorming heeft plaatsgevonden. In het kader van die eerdere besluitvorming is al een Passende Beoordeling opgesteld<sup>2021</sup>, waarmee bij het maken van de keuzes destijds ook de gevolgen voor Natura 2000-gebieden zijn betrokken. Naar analogie van het PB voor het Nationaal Waterprogramma zijn deze locaties daarom niet opnieuw beoordeeld. Voor ontwikkelrichtingen en generieke beleidsuitspraken is sprake van een hoger abstractieniveau, waarvoor geen concrete fysieke locaties zijn aangewezen in het PEH. Een voorbeeld hiervan is de keuze voor een bepaald scenario waarin wordt uitgegaan van Nationale sturing versus Europese sturing. Dit bepaalt bijvoorbeeld de hoeveelheid import van energie, maar bepaalt niet hoe dit vervolgens fysiek wordt georganiseerd en op welke locatie.

De ontwikkelrichtingen en generieke beleidsuitspraken zijn daarom onvoldoende concreet om te leiden tot de verplichting een Passende Beoordeling op te stellen. De ruimtelijke reserveringen zijn wel concreet en ontwikkelingen binnen die ruimtelijke reserveringen kunnen effecten hebben op de IHD's van Natura 2000-gebieden. Hiervoor is echter al een Passende Beoordeling opgesteld ten tijde van de besluitvorming over deze reserveringen.

De enige uitzondering hierop vormen de locaties voor grootschalige elektrolyzers waarvan in de IEA wordt uitgegaan dat deze gerealiseerd worden binnen de vijf grootschalige industrieclusters die ook de aanlandingslocaties voor wind op zee vormen. Deze elektrolyzers zijn nieuw en hierover heeft geen eerdere besluitvorming plaatsgevonden. Dit maakt dat deze ontwikkeling enerzijds locatiespecifiek en concreet is en anderzijds niet eerder passend beoordeeld. Daarom is besloten in het kader van het programma VAWOZ de realisatie van de elektrolyzers mee te nemen in de voor dat programma op te stellen PB. Belangrijk om op te merken is dat grootschalige elektrolyzers alleen tijdens de aanlegfase een effect op Natura 2000-gebieden kunnen veroorzaken als gevolg van stikstofdepositie tijdens de bouw. Tijdens de exploitatiefase is er geen of een zeer beperkt effect, aangezien deze procesinstallatie geen risico vormt

<sup>20</sup> [Passende beoordeling Structuurvisie Buisleidingen \(1 mei 2012\) https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-192556.pdf](https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-192556.pdf)

<sup>21</sup> Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III), Deel 1: ontwerp planologische kernbeslissing (1 februari 2008) <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31410-1-b2.pdf>

voor vogels of andere dier- of plantensoorten en slechts zeer beperkte stikstofuitstoot kent. Omdat de aanleg echter pas na 2030 plaatsvindt kan ervan uitgegaan worden dat er op dat moment zodanige technieken beschikbaar zijn dat emissieloos bouwen realiseerbaar is. Er is daarom geen reden om significant negatieve effecten op Natura 2000-gebieden te verwachten bij de aanleg van elektrolyzers binnen de industrieclusters.

#### Effecten passend beoordeeld

Zoals in paragraaf 5.3 is beschreven worden de gevolgen voor Natura 2000 beoordeeld met een risicobenadering. Hierin wordt per ruimtelijke ontwikkeling en structuurkeuze beoordeeld of er een risico bestaat op effecten op Natura 2000-gebieden en of er mogelijk mitigerende maatregelen genomen kunnen worden. Daarmee is – op een detailniveau passend bij de concreetheid van de ontwikkelingen – beoordeeld of effecten op Natura 2000-gebieden kunnen optreden en wat de mogelijk gevolgen daarvan zijn voor de uitvoerbaarheid van het plan. Voor de ruimtelijke reserveringen is al een PB opgesteld, waarmee ook die locaties passend zijn beoordeeld. Er is daarom voor PEH op dit moment geen noodzaak tot het uitvoeren van een aanvullende Passende Beoordeling.

Er zijn een tweetal aandachtspunten te plaatsen hierbij. Het eerste aandachtspunt daarbij is dat de al uitgevoerde Passende Beoordelingen inmiddels ruim tien jaar oud zijn en de vraag is of er in de tussentijd nieuwe feiten of omstandigheden, of wijzigingen van inzicht zijn ontstaan. Tweede aandachtspunt is dat de beoordeling in de IEA voor PEH op een hoog abstractieniveau wordt gedaan en er ook hier nog concretere invulling van de keuzes uit het PEH gaat plaatsvinden. Daarbij is het sterk aan te raden een nadere verkenning per regio op te stellen naar de gevolgen van energie-infrastructuur keuzes. Dit kan op dat moment ook op een meer passend detailniveau voor tracés en puntinfrastructuur, omdat op dat moment ook meer bekend is over aard en omvang. Op dat moment ligt het ook voor de hand om project en/of gebiedsmatig een PB op te stellen, die integraal de effecten van de energie-infrastructuur keuzes in die regio of op projectniveaus beoordeeld. Dit kan dan ook direct de actualisatie van de eerder opgestelde PB's zijn. Het is echter niet aannemelijk dat de keuze voor de locaties zoals die eerder gemaakt is daarmee anders wordt.

## 6 Bronnen

- Arcadis. (2011). *Inpasbaarheid energie-initiatieven Sloegebied*.
- BCI. (2020). *Haalbaarheidsstudie Buisleidingen R'dam – Chemelot – NRW, Bijlage 1 Trace Alternatieven en Afwegingen*. Nijmegen: Buck Consultants International.
- Berenschot. (2020). *Klimaatneutrale energiemerario's 2050*. Utrecht: Berenschot, Kalavasta.
- Berenschot, Kalavasta. (2020). *Klimaatneutrale energiemerario's 2050*. Utrecht: Berenschot.
- Buck Consultants International. (2020). *Bijlage 2 Marktpraag & Business Case - Bevindingen werkgroep business case (Chemelot en PoR) opgesteld door BCI*. Nijmegen.
- CE Delft. (2021). *Groeiprojecties energie-intensieve industrie*. Delft: CE Delft.
- CIEP. (2017). *The European Refining sector - a diversity of markets*. Den Haag: Clingendael International Energy Programme.
- COVRA. (2020). Opgehaald van Jaarrapport 2020: <https://www.covra.nl/nl/downloads/jaarrapporten/>
- COVRA. (2021). Opgehaald van Jaarrapport 2021: <https://www.covra.nl/nl/downloads/jaarrapporten/>
- COVRA. (2022). *Nationale Radioactief Afval Inventarisatie*.
- EBN, Gasunie. (2017). *Transport en Opslag van CO2 in Nederland*. Den Haag: Energiebeheer Nederland.
- Energi, G. (2008). *Gasturbiner vid Rya kraftvärmeverk (presentation)*.
- EZK. (2017). *Nationale Parken*. Opgehaald van Atlas van de Leefomgeving: <https://www.atlasleefomgeving.nl/nationale-parken>
- Gasunie. (2016). *Prediction of Subsidence above caverns at Zuidwending, The Netherlands Operation Phase Report on WP3: Subsidence Prediction*. <https://www.energiebufferzuidwending.nl/bibliotheek>.
- Gasunie. (2020). Opgehaald van Aardgasbuffer Zuidwending: <https://www.energiebufferzuidwending.nl/bibliotheek>
- Gasunie. (2020). *Investeringsplan GTS 2020-2030*. Gasunie transport services.
- Gateterminal. (2022). *Gate Terminal*. Opgehaald van <https://www.gateterminal.com/>
- Guidehouse & Berenschot. (2021). *Systeemintegratie wind op zee 2030-2040*.
- Hydrogentech. (2022, 11 10). *Thermal management in green hydrogen production: design considerations*. Opgehaald van <https://hydrogentechworld.com/thermal-management-in-green-hydrogen-production-design-considerations>
- I&W. (2018). *Structuurvisie Ondergrond*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Ministerie van Economische Zaken en Klimaat.
- I&W. (2021). *Aandachtspunten Verkenning Buisleidingentracé PoR-Chemelot-NRW*.
- I&W, M. (2016). *Bijlage 5 bij Besluit algemene regels ruimtelijke ordening*.
- I&W, M. (2016). *Het nationale programma voor het beheer van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen*. Opgehaald van <https://www.autoriteitnvs.nl/onderwerpen/nationale-programma-radioactief-afval/documenten/publicatie/2016/06/24/nationale-programma-radioactief-afval>
- I&W, M. (2021). *Landelijk Crisisplan Straling*. Opgehaald van <https://open.overheid.nl/repository/ronl-3f45e45d-4699-4b93-99ea-a12114d1c68c/1/pdf/tk-bijlage-1-landelijk-crisisplan-straling.pdf>
- IPO. (2022). *Nationale Landschappen*. Opgehaald van Atlas van de Leefomgeving: <https://www.atlasleefomgeving.nl/nationale-landschappen>
- ISPT. (2022). *A One-GigaWatt Green-Hydrogen Plant*. Hydrohub Innovation Program.
- LIWO. (2022). *Maximale overstromingsdiepte Nederland*. Opgehaald van Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen: <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/maps>
- Netbeheer Nederland. (2021). *Het Energiesysteem van de Toekomst*. Den Haag: Netbeheer Nederland.
- Netbeheer Nederland. (2021). *Het Energiesysteem van de Toekomst*.
- NetbeheerNL. (2021). *Het Energiesysteem van de Toekomst: II3050*.

- Nieuwland GEO-Informatie. (2008). *Ruimtelijke Analyse Buisleidingstroken en -tracés - Deel A: Hoofdrapport*. Wageningen: Nieuwland GEO-Informatie.
- PBL. (2017). *Negatieve emissies*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL. (2020). *Decarbonisation options for Large Volume Organic Chemical production, Shell Pernis*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Pondera, A. (2021). *MER Net op zee IJmuiden Ver Beta fase 2 deel B*.
- PosadMaxwan, G. E. (2018). *Klimaat Energie en Ruimte*.
- Rebel. (2021). *Actualisatie toekomstscenario's voor afvalverbranding in Nederland*. Rotterdam: Rebel.
- Rijksoverheid. (2023). *Kernenergie in Nederland*. Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/opwekking-kernenergie#anker-7-aanbod-en-opslag-radioactief-afval>
- Royal HaskoningDHV. (2021). *Nationale CO2-opslagbehoefte tot 2035*. Nijmegen: Royal HaskoningDHV.
- Ruimte met Toekomst. (2022). Opgehaald van <http://ruimtexmilieu.nl/wiki/ontwikkelconcepten/lagenbenadering>
- RVO. (2021). *Systeemintegratie wind op zee 2030-2040; Guidehouse en Berenschot*. Opgehaald van <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-39a57614254aef46d047e1de1a9fd6c48938f50b/pdf>
- Strategy&. (2021). *HyWay 27: waterstoftransport via het bestaande gasnetwerk? Eindrapport voor het ministerie van Economische Zaken en Klimaat*. Amsterdam.
- TenneT. (2020). Opgehaald van Investeringsplan Net op land 2020-2029.
- TenneT. (2020). *Zuid-West 380 kV Oost Mastkeuze*.
- TenneT. (2022). *Herkomst onbekend*.
- TNO. (2020). *Large Scale Energy Storage in Salt Caverns and Depleted Fields - LSES*.
- TNO. (2021). *Ondergrondse Energieopslag in Nederland 2030-2050. Technische evaluatie van vraag en aanbod*. TNO & EBN.
- VWS. (2005). *Potentiële koelcapaciteit rijkswateren 2005-2050*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat/RIZA.