

INTEGRALE EFFECTENANALYSE

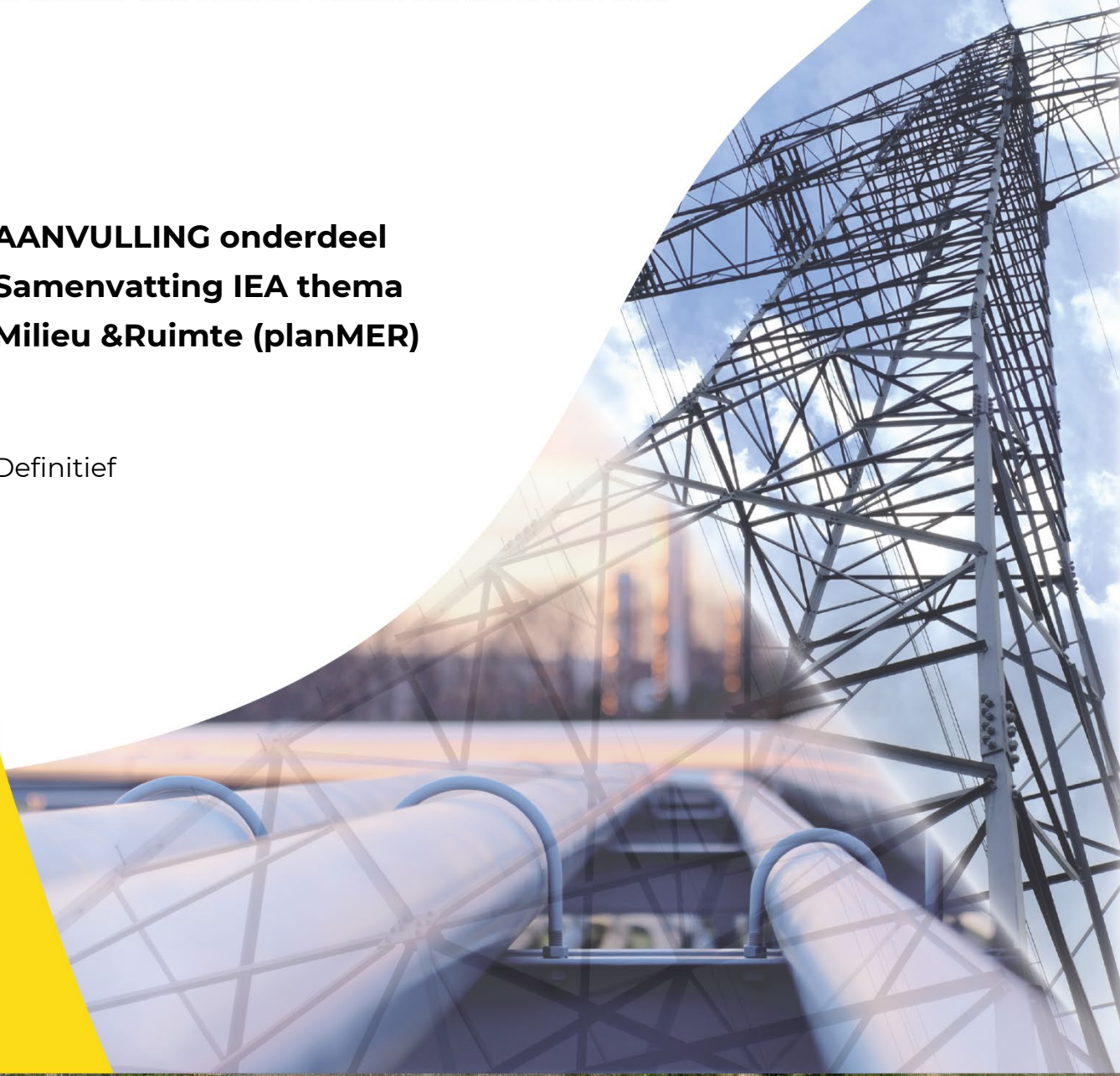
Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

AANVULLING onderdeel
Samenvatting IEA thema
Milieu & Ruimte (planMER)

Definitief



Pondera

Amsterdamseweg 13
6814 CM Arnhem
088 766 33 72
info@ponderaconsult.com

CE Delft

Oude Delft 180
2611 HH Delft
015 215 01 50
ce@ce.nl

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38
1018 TX Amsterdam
020 506 19 99
info@bro.nl

Colofon

Soort document
Aanvulling onderdeel Samenvatting thema
Milieu & Ruimte IEA (planMER)

Projectnaam
Programma Energiehoofdstructuur 2023

Versienummer
Definitief

Opdrachtgever
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Auteurs
Paul Janssen, Mariëlle de Sain

Vrijgave
Paul Janssen, Frans Rooijers

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

1	Samenvatting thema Milieu & Ruimte /planMER	2
1.1	Beschrijven voornemen en nut & noodzaak Programma Energie Hoofdstructuur	2
1.2	Scenario's, structuurkeuzes en robuuste ontwikkelingen	3
1.3	Beoordelingsmethodiek en beoordelingskader Milieu & Ruimte	6
1.4	Conclusies effectbeoordeling Milieu & Ruimte	12
1.5	Beleidsuitspraken PEH en aanbevelingen voor vervolg	15

Kader 1.1 Aanleiding aanvulling IEA en samenvatting thema Milieu & Ruimte (planMER)

De Commissie voor de milieueffectrapportage (hierna: iCie m.e.r.) of (de Commissie) heeft op 28 november 2023 een toetsingsadvies uitgebracht over de IEA/planMER die is opgesteld voor het Programma Energiehoofdstructuur¹. De Commissie geeft in haar advies aan dat er een zelfstandig leesbare samenvatting voor het thema Milieu & Ruimte ontbreekt waarin naar voren komt hoe het milieubelang een rol heeft gespeeld bij de gemaakte keuzes. In dit document is deze samenvatting van de effectanalyse en beoordeling van het thema Milieu & Ruimte opgenomen. De invulling van de overige onderdelen van het advies, is in een apart document opgenomen zodat deze samenvatting een zelfstandig leesbaar document vormt.

1 Samenvatting thema Milieu & Ruimte /planMER

1.1 Beschrijven voornemen en nut & noodzaak Programma Energie Hoofdstructuur

Het PEH is een ruimtelijk plan² op hoofdlijnen dat gaat over de ontwikkeling van energie-infrastructuur van nationaal belang (hoofdstructuur) tussen 2030 en 2050 die nodig is voor een klimaatneutraal energiesysteem. Het doel van PEH is om tijdig ruimte te reserveren voor deze energie-infrastructuur.

In het PEH zijn drie soorten uitspraken opgenomen: over (bestaande) reserveringen, ruimtelijke ontwikkelrichtingen en generiek beleid. Deze uitspraken gaan over de benodigde energiehoofdstructuur voor *elektriciteit*, (*brand*)*stoffen* (grondstoffen, waterstof, CO₂, methaan) en *warmte* (bovenregionale warmtenetten). PEH vormt het kader voor en wordt verder uitgewerkt in projecten voor de realisatie van de energiehoofdstructuur.

Voor dit PEH is een integrale effectenanalyse (IEA) opgesteld met daarin een beoordeling van de thema's *Systeemefficiëntie*, *Milieu & Ruimte*, *Welvaart*, *Uitvoerbaarheid & Doelbereik*. Het is een IEA/planMER omdat het maken van een planMER (milieueffectrapport) verplicht is (paragraaf 16.4.1 Omgevingswet) voor een programma dat het kader vormt voor m.e.r.-(beoordelings)plichtige besluiten zoals de aanleg van een buisleiding of hoogspanningsverbinding. Voor PEH geldt daarmee een plan-m.e.r.-plicht. De beoordeling van het thema Milieu & Ruimte geeft hieraan de belangrijkste invulling.

De volgende onderdelen zijn onder de energiehoofdstructuur geschaard en meegenomen in deze IEA/planMER:

- hoogspanningsverbindingen (bovengronds en ondergronds);
- buisleidingen (ondergronds);
- puntinfrastructuur (hoogspanningsstations, regelbare centrales, elektrolyzers, importterminals waterstof, opslag waterstof en batterijen).

Het doel en de noodzaak voor het PEH komt voort uit:

1. De energie-infrastructuur is één van de kritische succesfactoren voor het tijdig halen van klimaatdoelstellingen (tijdig voldoende ruimte nodig).
2. De ruimtedruk in Nederland is groot (integrale afweging met andere opgaven en belangen).
3. Het energiesysteem wordt steeds meer een geïntegreerd systeem (samenhang onderdelen).

¹ https://www.commissiemer.nl/docs/mer/p35/p3528/3528_ts_toetsingsadvies.pdf

² Een programma is een kerninstrument onder de omgevingswet. PEH is specifiek bedoeld om de beleidsdoelen m.b.t. de energie-infrastructuur uit de Nationale Omgevingsvisie (NOVI) verder uit te werken en te operationaliseren.

Dit PEH is de eerste in zijn soort, kent een horizon van 2050 en vindt plaats in een continu veranderende (energie)wereld. Dit maakt dat het PEH en bijbehorende IEA/planMER geen blauwdruk (kunnen) zijn voor hoe de energiehoofdstructuur er in 2050 uitziet. Het geeft wel visie en richting aan de ontwikkeling richting de toekomstige energiehoofdstructuur. Om zo veel mogelijk recht te doen aan deze dynamiek is het PEH cyclisch (ongeveer elke 4 jaar) van karakter en komt in afstemming met andere opgaven tot stand. Daarnaast is gedurende het IEA-onderzoek gekeken naar de invloed van nieuwe informatie in een verschillen- en gevoeligheidsanalyse waaronder de ophoging van de nationale klimaatdoelstellingen.

1.2 Scenario's, structuurkeuzes en robuuste ontwikkelingen

Om de toekomst van 2050 en de complexiteit van het energiesysteem te omvatten, is er in de IEA/planMER gewerkt met zeven scenario's die zijn doorgerekend door de netbeheerders³. Deze scenario's verschillen van elkaar in *energetische invulling* (bijv. hogere en lagere energievraag per sector, hoeveelheid import en export van energie, hoeveelheid opwek elektriciteit d.m.v. zonne-, wind- of kernenergie, hoeveelheid productie van warmte met geothermie) en *ruimtelijke invulling* (bijv. gespreide of geclusterde opwek en opslag van energie).

De scenario's kunnen gezien worden als hoekpunten van het mogelijke energiesysteem in 2050; het uiteindelijke energiesysteem ligt waarschijnlijk tussen de scenario's in. Het doel van het gebruik van uiteenlopende scenario's is om inzicht te krijgen in de effecten van de potentiële toekomstige ontwikkelingen van de energie-infrastructuur. In deze IEA is onderzocht welke ontwikkelingen tot 2050 nodig zijn, boven op de geplande ontwikkelingen tot 2030.

Hierbij is onderscheid gemaakt in robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes/systeemontwikkelingen. Robuuste ontwikkelingen vinden in elk scenario plaats en hiervoor is in elk geval ruimte noodzakelijk tot 2050. Daarnaast geven de verschillen tussen de scenario's inzicht in de keuzes die gemaakt kunnen worden richting 2050 en de (ruimtelijke) effecten daarvan; deze zijn aangeduid als structuurkeuzes. In Figuur 1.1 en Figuur 1.2 staan de belangrijkste robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes die in de IEA zijn beoordeeld op hun effecten.

Ruimtelijke invulling

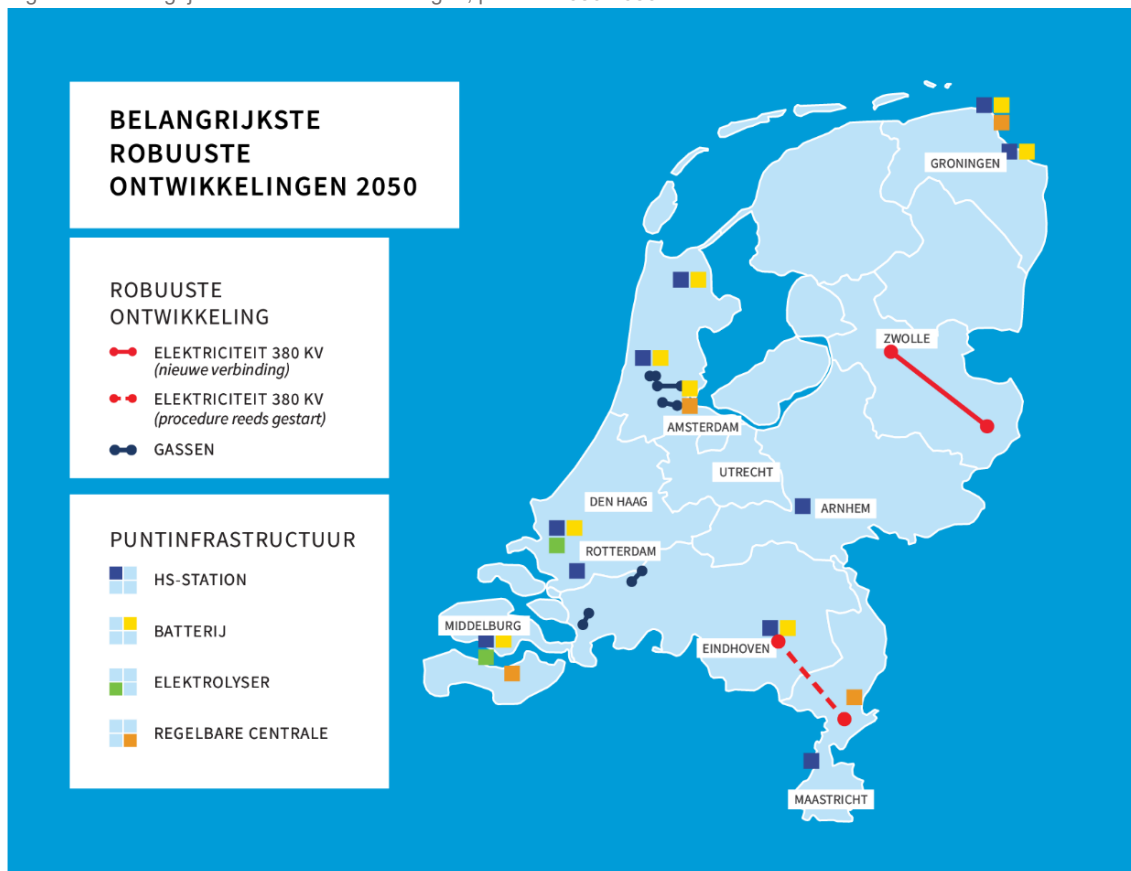
De ruimtelijke invulling van de Nederland Energieland-scenario's heeft spreiding als leidend ruimtelijk principe. Op basis van verschillende criteria is een inschatting gemaakt waar de energievraag in 2050 ruimtelijk neerslaat. De hernieuwbare opwek op land is in deze scenario's evenredig verdeeld over de beschikbare ruimte in heel Nederland en de aanlanding van windenergie op zee is verdeeld over zes aanlandingslocaties aan de kust volgens een vaste verdeling. De regelbare centrales, elektrolyzers en opslag zijn vanuit netperspectief, op een zo optimaal mogelijke manier over Nederland verdeeld.

Bij de scenario's Sterke Knopen is clustering het leidende ruimtelijke principe. De opgave van hernieuwbare opwek op land na 2030 wordt geclusterd op enkele geschikte locaties en ook de regelbare centrales en elektrolyzers zijn geclusterd op enkele geschikte locaties. Voor windenergie op zee zijn diepe aanlanding en een alternatieve verdeling over de aanlandingslocaties aan de kust meegenomen.

Het scenario Zeer Sterke Knopen is gelijk aan het scenario Sterke Knopen Europese Sturing, met uitzondering van wind op land, regelbare centrales en kernenergie. De kerncentrales in dit scenario worden geplaatst in Borssele/Slogebied en op de Maasvlakte.

³ Deze zijn gebaseerd op de eerste versie van II3050-scenario's (Netbeheer Nederland, 2021).

Figuur 1.1 Belangrijkste robuuste ontwikkelingen, periode 2030-2050



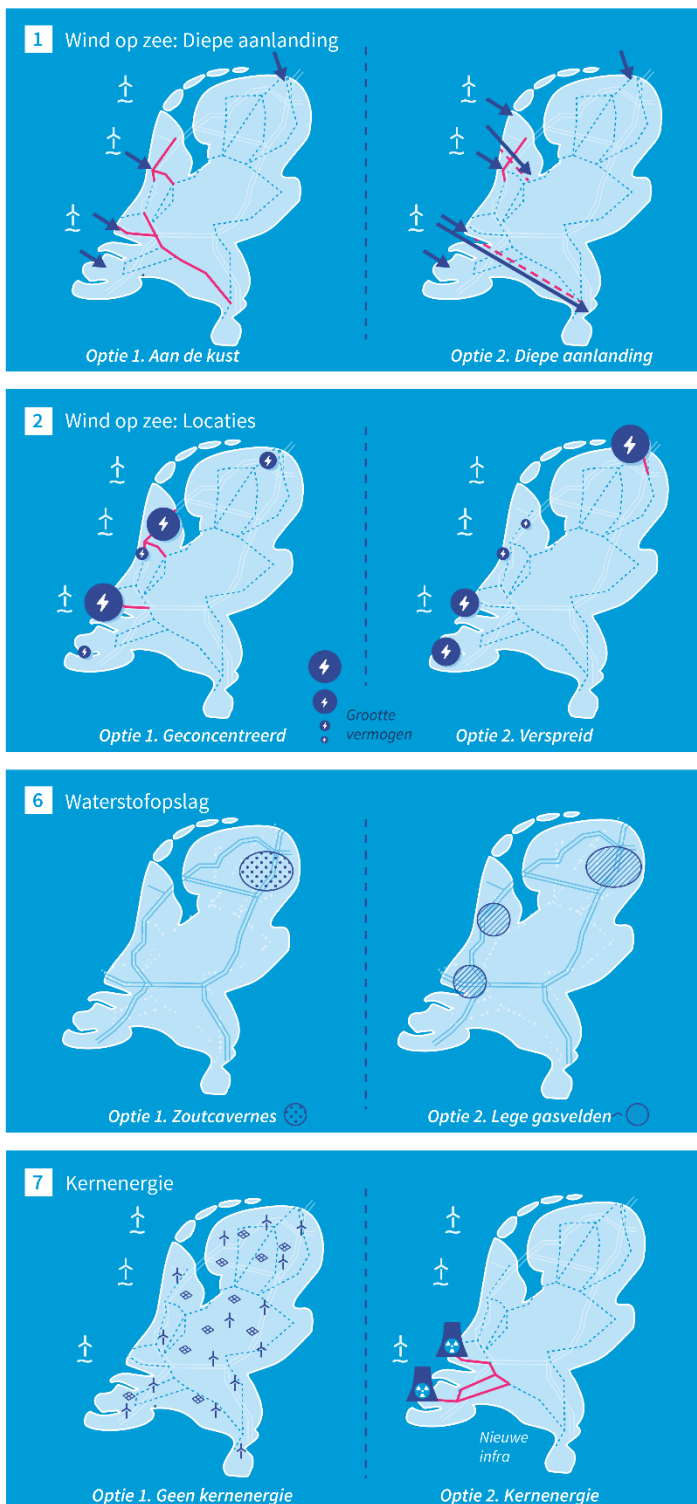
Figuur 1.2 Figuur Structuurkeuzes en systeemontwikkelingen

STRUCTUURKEUZES

- 1 Aanlanding van wind op zee aan de kust of diepe aanlanding
- 2 Aanlanding wind op zee, geconcentreerd of gespreid aan de kust
- 3 Locaties hernieuwbare opwek op land na 2030
- 4 Locaties clusters van elektrolyzers
- 5 Spreiding of clustering regelbare centrales
- 6 Waterstofopslag in zoutcavernes of lege gasvelden
- 7 Toepassing van kernenergie
- 8 Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import
- 9 Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland
- 10 Restwarmte of geothermie

SYSTEEM-ONTWIKKELINGEN:

- 1 Maximale elektrificatie
- 2 Maximaal gebruik waterstof
- 3 Maximaal gebruik groengas/methaan



1.3 Beoordelingsmethodiek en beoordelingskader Milieu & Ruimte

1.3.1 Inleiding

De vragen die centraal staat bij de beoordeling van het thema Milieu & Ruimte zijn:

- (1) wat is het ruimtebeslag van de verschillende elementen van het energiesysteem?
- (2) welke ruimtelijke en milieueffecten (zoals natuur en landschap) ontstaan er bij diverse ontwikkelingen van energie-infrastructuur?

1.3.2 Ruimtebeslag en traceringsuitgangspunten

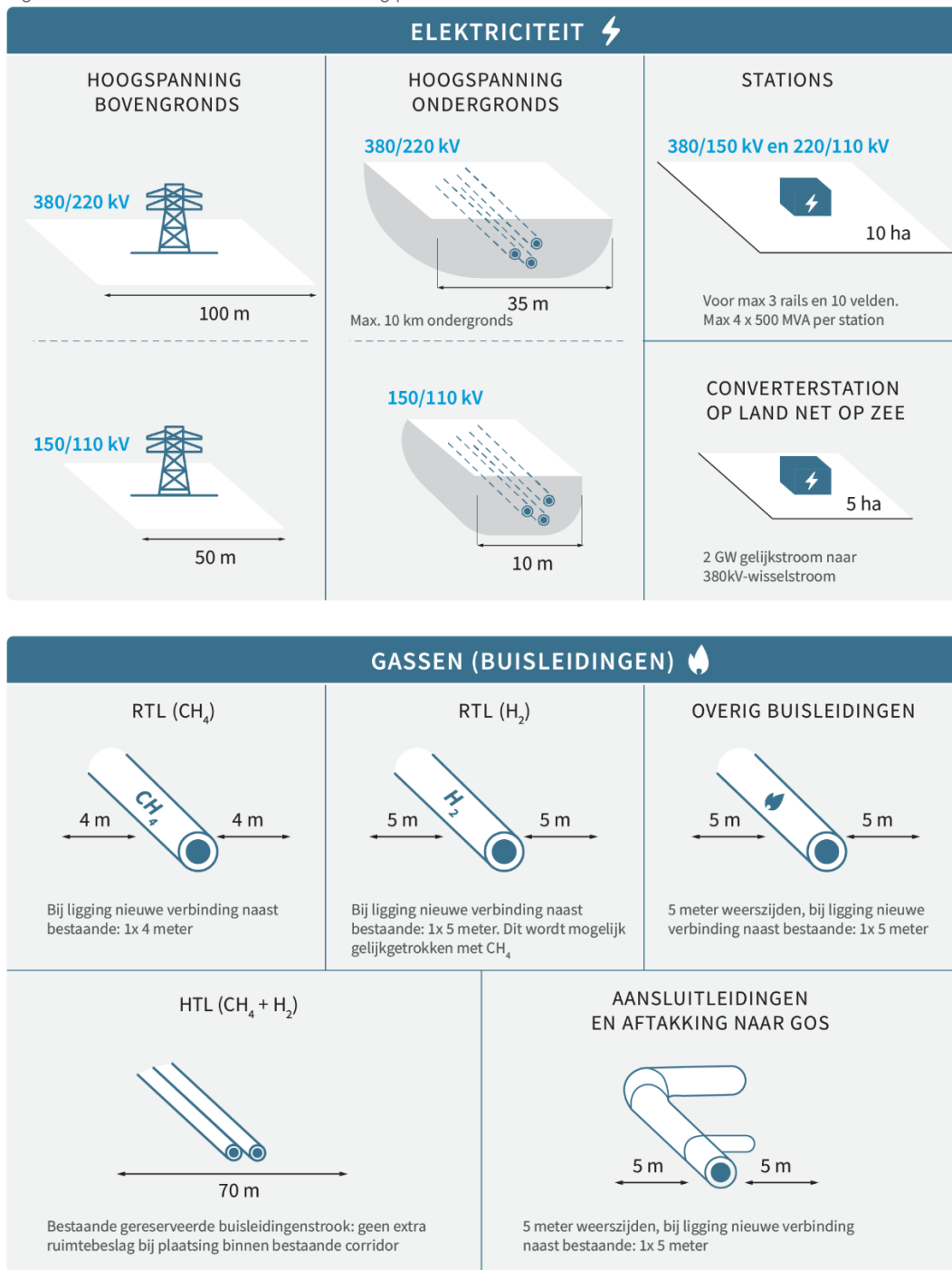
De uitgangspunten voor de beoordeling van Milieu & Ruimte zijn onderverdeeld in uitgangspunten voor het ruimtebeslag van elementen en onderdelen van het energiesysteem en traceringsuitgangspunten die gevolgd zijn bij het formuleren van nieuwe verbindingen.







Uitgangspunten ruimtebeslag


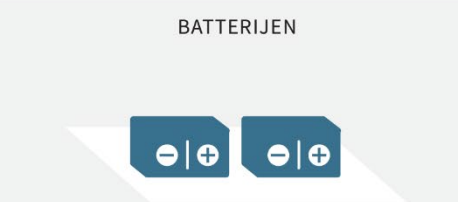
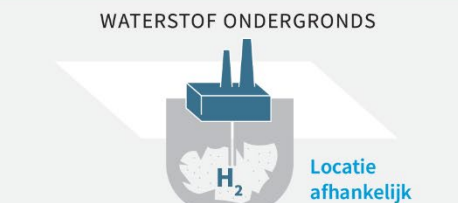

Figuur 1.3 geeft een overzicht van de uitgangspunten van het ruimtebeslag⁴ bij de verschillende onderdelen in het energiesysteem.

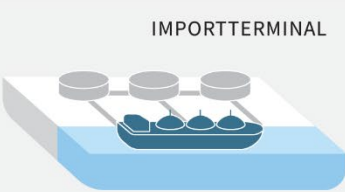
⁴ Bij enkele onderdelen wordt er onderscheid gemaakt in direct en indirect ruimtebeslag. Bij indirect ruimtebeslag is medegebruik van de ruimte voor bepaalde functies mogelijk.

Figuur 1.3 Overzicht aannames ruimtebeslag per onderdeel



OPWEK ↑		
<p>REGELBARE CENTRALES</p>  <p>213 MW / ha</p>	<p>ZON OP LAND</p>  <p>48-156 MW / km²</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 m² / turbine</p> <p>Direct ruimtebeslag</p> <p>12 MW / km²</p> <p>Indirect ruimtebeslag: uitgangspunt opstelling van 6 turbines</p>	<p>GEOOTHERMISCH DOUBLET</p>  <p>7,5 MW / 900 m²</p>

OPSLAG ∩	
<p>WATERSTOF BOVENGRONDS</p>  <p>Betreft enkel bovengrondse installaties exclusief verbindingen</p> <p>0,5 PJ/km²</p>	<p>BATTERIJEN</p>  <p>Uitgaande van 1 MW = 4 MWh</p> <p>14.000 MWh/km² of 3.500 MW/km²</p>
<p>WATERSTOF ONDERGRONDS</p>  <p>Afhankelijk van omvang cavernes en bestaande gasopslagen</p> <p>Locatie afhankelijk</p>	<p>METHAANOPSLAG ONDERGRONDS</p>  <p>Afhankelijk van omvang cavernes en bestaande gasopslagen</p> <p>Locatie afhankelijk</p>

IMPORT →
<p>IMPORTTERMINAL</p>  <p>Omvang per terminal: 20 ha</p> <p>Opslagcapaciteit: 180.000 m³ (gas)</p> <p>Overslagcapaciteit: 12 miljard m³ / jaar</p>

Traceringsuitgangspunten

In de IEA is een aantal ruimtelijke principes als randvoorwaarde of uitgangspunt gehanteerd bij het bepalen van de inrichting van concrete oplossingen (robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes). Die randvoorwaarden zijn mede gekozen vanuit het principe om aan de voorkant effecten te beperken (in plaats van achteraf te mitigeren) en zijn afgeleid uit de traceringsprincipes die in bestaande projecten gebruikelijk worden gehanteerd. In dat opzicht kunnen deze randvoorwaarden ook als mitigerende maatregelen worden beschouwd. Het gaat om de volgende uitgangspunten:

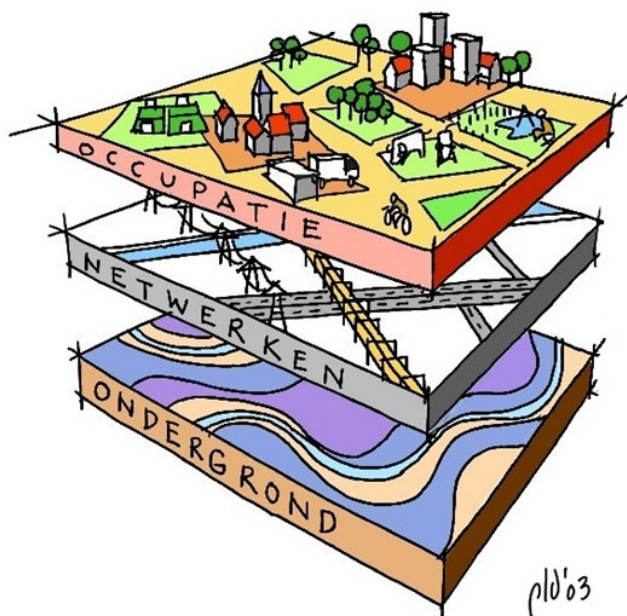
- Bij een nieuw tracé wordt dit zodanig ontworpen dat de nieuwe verbinding zo kort mogelijk is. Hierbij is de gedachte dat een geringere lengte leidt tot een kleiner ruimtebeslag en daarmee een kleinere kans op effecten.
- Zoveel mogelijk bundeling en concentratie van energie-infrastructuur. In de buisleidingentracés worden buisleidingen in één strook gebundeld. Nieuwe hoogspanningsinfrastructuur wordt bij voorkeur parallel met bestaande verbindingen of bovenregionale infrastructuur aangelegd, en waar mogelijk gecombineerd op één mast. Installaties zoals hoogspanningsstations, elektrolyzers, centrales en dergelijke worden zoveel mogelijk aansluitend aan bestaande elementen van energie-infrastructuur geplaatst (zoals bestaande onderstations of elektriciteitscentrales) en/of in en rondom industrieclusters.
- Natura 2000-gebieden worden zoveel mogelijk vermeden vanwege hun intrinsieke waarde en internationale afspraken bij het aanleggen van nieuwe energie-infrastructuur, teneinde effecten te voorkomen.
- Bij aanleg van energie-infrastructuur wordt rekening gehouden met de laatste richtlijnen omtrent gezondheid en veiligheid en worden woonkernen waar mogelijk vermeden. Hoogspanningsverbindingen kennen magneetvelden en voor buisleidingentracés zijn bepaalde risicocontouren opgenomen. Bij nieuwe verbindingen dient rekening gehouden te worden met de laatste richtlijnen omtrent gezondheid en veiligheid rondom (ondergrondse) hoogspanningslijnen.

Door op voorhand rekening te houden met deze principes worden effecten waar mogelijk vermeden. Daarom worden deze opties niet afzonderlijk als mitigerende maatregel beschouwd en is er in het planMER geen voor- en na mitigerende maatregelen beoordeling gemaakt per robuuste ontwikkeling of structuurkeuze. Deze uitgangspunten zijn vervolgens ook opgenomen in het Ontwerp PEH.

1.3.3 Beoordelingsmethodiek en -kader Milieu & Ruimte

In de IEA is voor de beoordeling van het thema milieu & ruimte (planMER) gebruik gemaakt van de lagenbenadering. Deze lagenbenadering is een instrument binnen de ruimtelijke ordening en kent een indeling in drie lagen: 'occupatie', 'netwerk' en 'ondergrond'. De verschillende aspecten die in een planMER aan de orde komen, zijn ondergebracht in de verschillende lagen. Die onderverdeling is deels gemaakt uit oogpunt van structureren van de inhoud (helder overzicht en bundeling per laag). Enkele aspecten, zoals landschap of verschillende type beschermde natuurgebieden, passen qua aard niet in een enkele laag. Anders gesteld: een aantal aspecten speelt feitelijk in verschillende lagen een rol. Er is voor de uitvoerbaarheid van de beoordeling wel gekozen voor het plaatsen binnen één van de lagen.

Figuur 1.4 De drie lagen in de lagenbenadering (Ruimte met Toekomst, 2022)



In onderstaande tabel is het overzicht opgenomen van alle milieuaspecten die beoordeeld zijn en de indeling in de lagen.

Tabel 1.1 (Deel)aspecten en criteria binnen de drie lagen

Aspect	Deelaspect	Criterium
Occupatielaag		
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
Netwerklaag		
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 ⁵	NNN	Mate van aanwezigheid NNN
Ondergrondlaag		
Bodem & Water	Bodem	Mate van aanwezigheid gevoelige bodems
	Grondwater	Mate van aanwezigheid grondwaterbeschermingsgebied
	Overstromingsgevoeligheid	Mate van aanwezigheid overstromingsgevoelig gebied

⁵ 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.

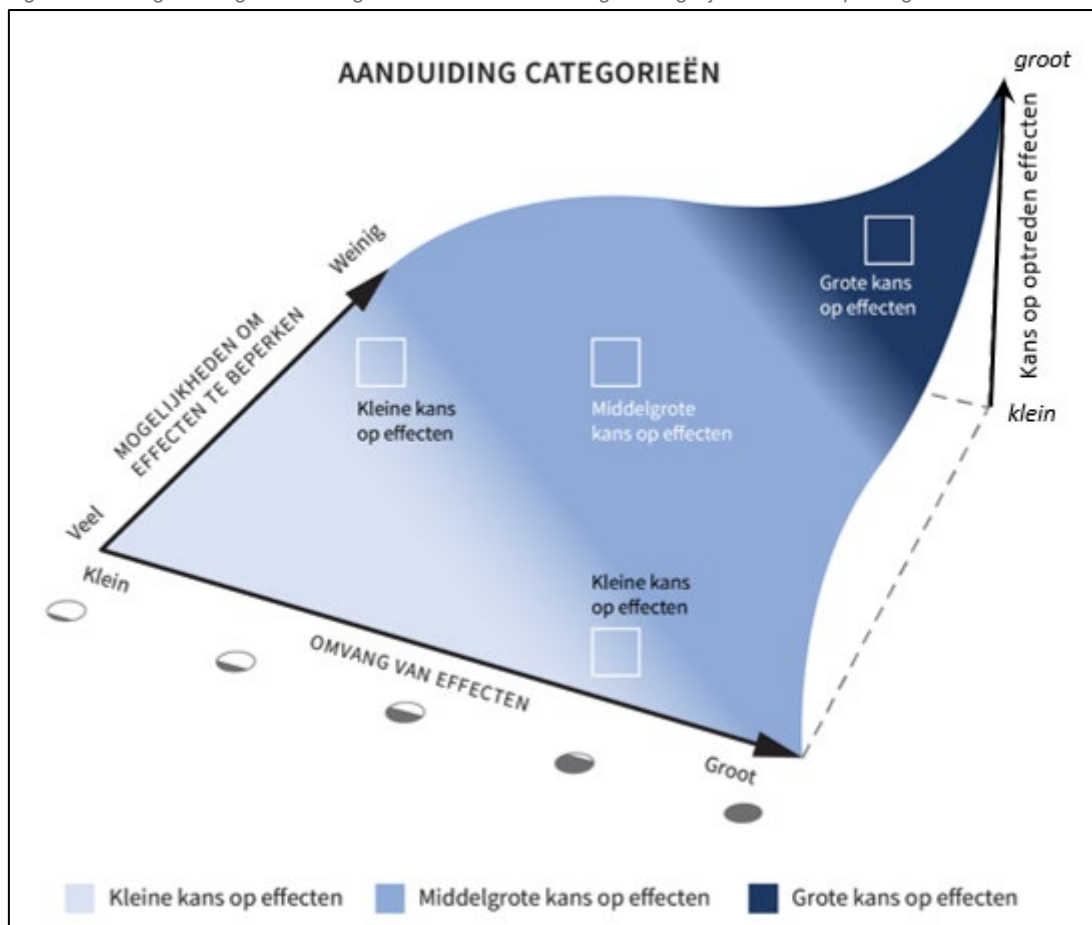
Aspect	Deelaspect	Criterium
Natuur	Natura 2000-gebieden, beschermde provinciale gebieden (niet zijnde NNN)	Mate van aanwezigheid beschermde gebieden
Landschap, cultuurhistorie en archeologie	Landschap	Mate van samenhang met bestaand landschap
	Cultuurhistorie	Mate van aanwezigheid waardevolle gebieden
	Archeologie	Mate van aanwezigheid archeologische waarden

1.3.4 Risicobeoordeling

De effectbeoordeling milieu en ruimte voor de verschillende robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes in de IEA heeft plaatsgevonden aan de hand van een risicobenadering. Hierbij is de kans op effecten bepaald en is tegelijkertijd de mogelijkheid om deze effecten te beperken meegenomen, op basis van een expertbeoordeling (zie ook paragraaf 3.2.3 en 4.3.3 voor een voorbeeld van hoe deze beoordeling heeft plaatsgevonden voor het thema natuur en het thema landschap). Ook is de kans op voorkomen van een bepaald effect of risico meegenomen in de beoordeling.

Dit leidt tot een effectanalyse die is uitgedrukt in ‘kans op effecten’ waarmee de omvang van de verwachte effecten en de mogelijkheid om de omvang van de effecten te beperken is samengevoegd in een beoordeling (klein, middelgroot, groot). Dit is visueel weergegeven in Figuur 1.5.

Figuur 1.5 Categorisering beoordeling aan de hand van omvang en mogelijkheden tot beperking van effecten



Beoordeling in drie categorieën

Bij de beoordeling van Milieu & Ruimte is de volgende aanpak gevolgd:

1. De beoordeling start met een kwalitatieve beschrijving van de effecten op ieder milieuaspect binnen een laag. 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 en de kans op voorkomen ervan.
3. De beoordeling per laag is uitgedrukt in kans op effecten en weergegeven met drie kleuren blauw en een cijfer (zie onderstaande tabel).

Tabel 1.2 Definitie aanduiding categorieën, bijbehorende kleuren en een toelichting

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

1.4 Conclusies effectbeoordeling Milieu & Ruimte

De effectbeoordeling van alle robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes (die bestaan uit de elementen verbindingen, hoogspanningsstations, regelbare centrales, batterijen en waterstofopslag) hebben als basis gediend voor de onderstaande conclusies. Eerst wordt ingegaan op de conclusies per regio en daarna op landelijke conclusies

1.4.1 Conclusies effectbeoordeling Milieu & Ruimte per regio

In de **regio Noord-Nederland** (Drenthe, Friesland, Groningen) is ruimtebeslag van puntinfrastructuur nodig bij de Eemshaven en in Delfzijl. De omvang hiervan verschilt tussen het robuust minimum ruimtebeslag en het maximum ruimtebeslag. Het maximum ruimtebeslag is met name afhankelijk van locaties van aanlanding van windenergie op zee en de plaatsing van elektrolyzers. De kans op effecten speelt vooral bij puntinfrastructuur en minder bij verbindingen in deze regio. De effecten vinden vooral plaats in de occupatielaag door het (grote) ruimtebeslag van de energie-infrastructuur dat beperkingen oplevert voor andere havenindustriële functies. Daarnaast is het de verwachting dat noordoost Nederland een belangrijke rol speelt in de plaatsing van zonne- en windenergie op land. Dit geldt zowel bij spreiding van opwek over Nederland als clustering. Lokaal is er hierdoor een grote kans op effecten op de ondergrond-laag (effecten Natura 2000 en landschap). Indien waterstof wordt opgeslagen in zoutcavernes zal dit in deze regio worden gerealiseerd vanwege de geschikte ondergrond. Er treden effecten op in de occupatielaag door verlies van landbouwgrond, door het bovengrondse ruimtebeslag voor de opslag van waterstof, en de ondergrondlaag door bodemdaling.

In de **regio Noord-Holland en Flevoland** is een aantal grote aandachtspunten (door grote kans op effecten) die vaak samenhangen met de locaties van het (elektrisch) aanlanden van windenergie op zee (enkel voor Noord-Holland). De grootste aandachtspunten komen voort uit de in verschillende scenario's benodigde nieuwe hoogspanningsverbindingen door Noord-Holland die een grote kans op effecten hebben op alle drie lagen. Voor de occupatielaag gaat het om de doorkruising van stedelijke gebieden en

recreatiegebieden. Bij de ondergrondse verbinding voor diepe aanlanding windenergie op zee speelt ook zettings- en verziltingsgevoeligheid. Bij de netwerklaag komen de aandachtspunten vooral vanwege het kruisen van NNN-gebieden. Maar de grootste kans op effecten zijn er voor de ondergrondlaag voor de aspecten landschap en cultuurhistorie (kruising Stelling van Amsterdam) en effecten op Natura 2000- en weidevogelgebieden. Voor aanlanding van windenergie op zee is het lokaal bij Beverwijk en Diemen naar verwachting niet mogelijk om de benodigde (punt)infrastructuur te realiseren door gebrek aan beschikbare ruimte. Voor opwek op land (zonne- en windenergie) is er lokaal een grote kans op effecten op de ondergrondlaag (Natura 2000 en landschap) in de kop van Noord-Holland en Flevoland.

In de **regio Midden- en Oost-Nederland** (Gelderland, Overijssel en Utrecht) is het aantal benodigde ontwikkelingen voor energie-infrastructuur relatief beperkt. Bij de hoogspanningsverbinding Zwolle-Hengelo is er met name voor de netwerk- en ondergrondlaag (middel)grote kans op effecten op NNN- en Natura 2000-gebieden afhankelijk van de tracéoptie. Voor de occupatielaag is het bebouwde gebied bij Hengelo een belangrijk aandachtspunt. Bij 380kV-station Dodewaard ontstaan met name voor de ondergrondlaag aandachtspunten door de middelgrote kans op effecten voor landschap, Natura 2000 en overstromingsgevoeligheid. De locaties van batterijen zijn minder zeker, maar de realisatie van batterijen kan leiden tot een lokale kans op effecten op voornamelijk de netwerk- en ondergrondlaag. Hier speelt met name het ruimtebeslag, zettingsgevoeligheid en overstromingsgevoeligheid maar is vooral afhankelijk van de locatie.

In de **regio Zuid-Holland** springt de haven van Rotterdam eruit wat betreft de hoeveelheid nieuw voorziene energie-infrastructuur. Daarnaast zijn er ontwikkelingen voor energie-infrastructuur bij Simonshaven (hoogspanningsstation) en op verschillende locaties ontwikkelingen in de vorm van batterijen. Afhankelijk van de keuze voor locaties voor aanlanding van windenergie op zee en keuzes over kernenergie, zijn er mogelijk verschillende nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen nodig in de provincie vanuit de haven van Rotterdam meer landinwaarts. Rondom de haven van Rotterdam zijn er effecten op alle drie de lagen: in de occupatielaag speelt met name de (grote) kans op effecten op externe veiligheid, ruimtebeslag en Natura 2000. Voor de occupatielaag vormen de dichtbevolkte gebieden of gebieden met lintbebouwing aandachtspunten (kruisen woonkernen/woningen) voor de hoogspanningsverbindingen. Bij Maasvlakte, Crayestein en Geertruidenberg (net buiten de regio Zuid-Holland) is de beschikbare ruimte beperkt voor de aansluiting van de verbindingen op de betreffende stations beperkt.

In de **regio Zeeland** speelt de mogelijke realisatie van een grote hoeveelheid puntinfrastructuur in Borssele/Sloegebied en Terneuzen/Sas van Gent. In het eerste gebied ontstaan er met name aandachtspunten in de netwerklaag en de ondergrondlaag; een tekort aan ruimte bij maximum ruimtebeslag en een grote kans op effecten op NNN en Natura 2000. Bij het maximum ruimtebeslag kan ook sprake zijn van een (middelgrote) kans op effecten op landbouwgrond (buiten de grenzen van de Barro-locatie). Bij Terneuzen/Sas van Gent speelt een (grote) kans op effecten in de occupatielaag (externe veiligheid) en de netwerklaag (vanwege met name het ruimtebeslag, effecten op bestaande infrastructuur en NNN). In Zeeland is er nog een specifiek aandachtspunt in het gebruikte scenario met 5,0 GW kernenergie in Borssele/Sloegebied (zie Bijlage 11b) in combinatie met windenergie op zee waarbij naar verwachting een extra hoogspanningsverbinding Borssele–Rilland nodig is (niet-robuuste ontwikkeling), waarbij er een grote kans op effecten op de ondergrondlaag is vanwege landschap en Natura 2000. Daarnaast is in dit gebied ook een grote kans op effecten op de ondergrondlaag (op Natura 2000 en landschap) door mogelijke clustering van zonne- en windenergie op land.

In de **regio Zuid-Nederland** (Limburg, Noord-Brabant) zijn er bij een grote hoeveelheid aanlanding van windenergie op zee in combinatie met toepassing van in totaal 8,3 GW kernenergie (niet-robuuste ontwikkeling) in Borssele/Slogebied (5,0 GW kernenergie) en op de Maasvlakte (3,3 GW kernenergie), naar verwachting verschillende nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen nodig om de elektriciteit van de kust landinwaarts te transporteren. Dit heeft met name een grote kans op effecten op de ondergrondlaag voor landschap en Natura 2000 in Noord-Brabant. Daarnaast zijn er binnen de occupatielaag voor woonkernen en recreatiegebieden ook aandachtspunten, omdat niet overal voldoende ruimte is om bij trasering van deze verbindingen deze gebieden te vermijden. Voor ondergrondse verbindingen zijn waterwingebieden als aspect binnen de ondergrondlaag het grootste aandachtspunt. Voor puntinfrastructuur zijn er met name kansen op effecten op de occupatie- en ondergrondlaag. Het gaat om mogelijke lokale effecten op externe veiligheid, ruimtebeslag op landbouwgebied en effecten op landschap.

1.4.2 Conclusies landelijk en aanbevelingen

Als vanuit nationaal perspectief naar de effectbeoordeling, zijn de volgende conclusies getrokken:

1. Effecten op landbouw, landschap en natuur

Om de energietransitie te laten slagen in Nederland ligt er een grote ruimtelijke opgave. Een toekomstig hernieuwbaar energiesysteem vergt meer ruimte dan het huidige fossiele energiesysteem. De ruimte voor de benodigde energie-infrastructuur is onvoldoende gewaarborgd. Bovendien zijn er consequenties voor andere ruimtelijke functies die mogelijk beperkt worden door de ruimte die deze energie-infrastructuur vraagt. De grootste effecten worden verwacht op de occupatie- en ondergrondlaag.

Voor de **occupatielaag** gaat het met name om ruimtebeslag op landbouwgrond. Een groot deel van Nederland bestaat uit landbouwgrond en het is de verwachting dat een deel hiervan nodig is voor energie-infrastructuur. Voor boven- en ondergrondse verbindingen en windenergie op land is medegebruik met landbouw relatief makkelijk mogelijk waardoor de kans op effecten relatief klein is. De aandachtspunten betreffen met name de puntinfrastructuur, waarbij medegebruik door landbouw niet goed mogelijk is. Deze puntinfrastructuur is met name voorzien rondom de industrieclusters. In deze clusters is de ruimte erg schaars en is uitbreiding mogelijk onvermijdelijk. Dit zal ten koste gaan van de landbouwgrond die hier vaak aan grenst. Dit verlies aan landbouwgrond betekent een grote kans op effecten.

Voor de **ondergrondlaag** zijn de grootste effecten te verwachten op landschap en natuur. Bovengrondse hoogspanningsverbindingen geven een grote kans op effecten op het landschap bij nieuwe doorkruisingen. Voor Natura 2000 geven bovengrondse verbindingen ook een grote kans op effecten door aanvaringsslachtoffers en doorkruisingen van Natura 2000-gebieden. Daarnaast kan de benodigde uitbreiding van de industrieclusters voor met name puntinfrastructuur de reeds hoge druk op Natura 2000-gebieden in de directe omgeving verhogen.

2. Beperkt beschikbare ruimte nabij aanlandingslocaties windenergie op zee

De aanlandingslocaties van windenergie op zee bevinden zich voornamelijk in of direct nabij de grote industrieclusters. Om een stabiel energiesysteem/-netwerk te behouden zijn op deze locaties aanzienlijke batterijsystemen en/of elektrolyzers nodig, die een substantieel ruimtebeslag vergen. Het is daarom belangrijk om nader te kijken naar de overgang tussen de huidige invulling van de industrieclusters en de invulling hiervan in 2050. Het is belangrijk om de kansen te benutten om vrijkomende gebieden opnieuw in te richten waarmee ook de ruimtevrage van het de toekomstige energie-infrastructuur hierbinnen ingevuld

kan worden. Dit speelt met name op de Maasvlakte en in de IJmond. In Borssele/Sloegebied en in de Eemshaven is dit ook van belang, maar daar lijkt meer ruimte beschikbaar voor de energie-infrastructuur.

3. Ruimtegebrek in Noord-Holland

In de scenario's waarin meer aanlanding van windenergie op zee plaatsvindt in de Kop van Noord-Holland ontstaan, bij de aanleg van nieuwe grote hoogspanningsstations, lokaal grote aandachtspunten (verlies aan landbouwareaal) en bij de verbindingen die verder nodig zijn om de elektriciteit richting Amsterdam te transporteren. Er is zeer beperkt ruimte beschikbaar in dit dichtbevolkte gebied en gevolgen op natuur, landschap en de Stelling van Amsterdam leiden tot een grote kans op effecten. In sommige gevallen is de beschikbare ruimte zodanig beperkt dat er geen realistisch uitvoerbaar tracé voor hoogspanningsverbindingen of locatie voor nieuwe transformatorstations beschikbaar lijkt (zoals Beverwijk–Oostzaan).

4. Grote vermogens aansluiten vanuit Zeeland leidt tot effecten door nieuwe verbindingen

In de scenario's met veel opwek en aanlanding van windenergie op zee in Zeeland, of door de realisatie van 5,0 GW kernenergie (niet-robuste ontwikkeling) in combinatie met aanlanding van windenergie op zee in deze provincie ontstaat er een noodzaak tot het aanleggen van nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen richting Noord-Brabant en verder landinwaarts. Deze nieuwe verbindingen leiden tot een grote kans op landschappelijke (doorsnijding landschappen) en ecologische (draadslachtoffers en aantasting habitat) effecten zoals bij de Brabantse Wal.

1.5 Beleidsuitspraken PEH en aanbevelingen voor vervolg

1.5.1 Beleidsuitspraken PEH

Tabel 1.3 Samenvatting link tussen (milieu)informatie IEA en beleidsuitspraken PEH

(Milieu)-informatie uit IEA	Link beleidsuitspraak PEH
Bovengrondse hoogspanningsverbindingen geven een grote kans op effecten op landschap en Natura-2000 gebieden (aanvaringslachtoffers) bij nieuwe doorkruisingen. Door aanleg parallel aan bestaande verbindingen, kunnen effecten worden beperkt.	Verzwaren bestaande verbindingen voorkeur boven realisering nieuw tracé.
	Voor zover uit oogpunt leveringszekerheid verantwoord kan in bijzondere gevallen, met name voor kortere gedeelten nieuwe hoogspanningsverbindingen (≥ 220 kV), ondergrondse aanleg worden overwogen.
	Nieuwe hoogspanningsverbindingen (≥ 220 kV) die geen onderdeel uitmaken van de landelijke ring of de aansluiting met de omringende landen (interconnectie) worden waar mogelijk en zinvol met bestaande hoogspanningsverbindingen op één mast gecombineerd, of gebundeld met bestaande hoogspanningsverbindingen of bovenregionale infrastructuur.
Hoofdpijnen milieueffecten van de in de rechterkolom genoemde verbindingen: <ul style="list-style-type: none"> • Ens - Zwolle: geen grote aandachtspunten voor de occupatie en de netwerklaag. Vanwege kruisen Natura 2000-gebied en Nationaal Landschap bij Zwartsluis is de kans op effecten groot voor ondergrondlaag. • Tilburg - Eindhoven: voor netwerk- en ondergrondlaag effecten te verwachten op natuur en landschap. De tracéopties kruisen verschillende Natura 2000-gebieden en NNN-gebieden met waarde voor weidevogels. De noordelijke 	Er is naar verwachting in ieder geval uitbreiding nodig van de volgende hoogspanningsverbindingen: <ul style="list-style-type: none"> • Uitbreiding van het 380kV net tussen Ens-Zwolle. • Uitbreiding van het 380kV net tussen Tilburg-Eindhoven. • Een diepe aanlanding naar Maasbracht (Limburg).

(Milieu)-informatie uit IEA	Link beleidsuitspraak PEH
<p>tracéoptie ligt langs het Nationale Park Vincent van Gogh en de Mortelen en loopt bij Son via het beekdal van de Dommel naar het zuiden. Meerdere tracéopties liggen langs grote stedelijke gebieden en door landbouwgebied met enkele kleine woonkernen. Dit geeft een kans op effecten in de occupatielaag.</p> <ul style="list-style-type: none"> Diepe aanlanding Maasbracht: Ondergrondlaag middelgrote kans op effecten: kruising meerdere primaire waterkeringen (Haringvlietdam, bij Geertruidenberg en Maasbracht). Ondergrondlaag (middel)grote kans op effecten: kruising diverse grondwaterbeschermingsgebieden, kruising verschillende NNN-gebieden, met name rond Eindhoven en Natura 2000-gebieden in water. Daarnaast speelt de volgende overweging een rol: diepe aanlanding beperkt de noodzaak voor bovengrondse uitbreiding van infrastructuur en dit beperkt effecten op de verschillende Milieu & Ruimte aspecten. 	
<p>Hoofdpijnen milieueffecten van de in de rechterkolom genoemde stations:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dodewaard: beperkte kans op effecten, in ondergrondlaag aandachtspunt aardkundige waarden en overstromingsgevoeligheid. Eindhoven: relatief veel woningen in omgeving en diverse bestaande hoogspanningsverbindingen geeft beperkt ruimte en (middel)grote kans op effecten occupatielaag. Graetheide: occupatielaag middelgrote kans op effecten, met name vanwege overlap met landbouw en externe veiligheidscontouren van industriële activiteiten. Netwerk- en ondergrondlaag kans op effecten klein: geen Natura 2000-gebieden, NNN kan worden ontzien en er is reeds sprake van een industriële omgeving. Daarnaast speelt de volgende overweging een rol: diepe aanlanding beperkt de noodzaak voor bovengrondse uitbreiding van infra en dit beperkt effecten op de verschillende Milieu & Ruimte aspecten. Maasvlakte: occupatielaag met name externe veiligheid (risicocontouren) een grote kans op effecten. In omgeving meerdere Natura 2000-gebieden (Voordelta, Voornes Duin en Oude Maas), al zijn effecten van hoogspanningsstation hierop beperkt. Eemshaven: beperkte kans op effecten alle lagen. Voldoende ruimte voor uitbreiding hoogspanningsstation. Borssele/Sloegebied: potentiële effecten externe veiligheid geeft middelgrote kans op effecten occupatielaag. Ruimte binnen Barro-locatie mogelijk niet voldoende, omliggend meerdere NNN en Natura 2000-gebieden en mogelijk archeologische waarden (grote kans op effecten). Maasbracht: Binnen straal 1 km liggen circa 1.250 woningen en risicocontour gasinstallatie: geeft grote kans op effecten op occupatielaag. Door aanwezigheid vele bovengrondse hoogspanningsverbindingen, is beperkt ruimte voor uitbreiding. Effecten ondergrondlaag middelgroot door aanwezigheid van aardkundige waarden en rijksmonumenten. Noordzeekanaalgebied. Met name grote kans op effecten in de netwerk- en ondergrondlaag. Aandachtspunten: beperkt beschikbare ruimte en landschappelijke en cultuurhistorische waarden Stelling van Amsterdam. Weiwerd: beperkte kans op effecten. Ondergrondlaag: zettingsgevoeligheid aandachtspunt. Gezien de industriële locatie beperkt kans op effecten op landschap. 	<p>Er is naar verwachting in ieder geval extra ruimte noodzakelijk voor nieuwe of uitbreidingen van 220/380kV hoogspanningsstations in de omgeving van:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dodewaard Eindhoven Graetheide Maasvlakte Eemshaven Borssele/Sloegebied Maasbracht Noordzeekanaalgebied/Beverwijk Weiwerd
<p>Voor grootschalige elektriciteitscentrales zijn voldoende transportcapaciteit, forse hoeveelheden koelwater en ruimte</p>	<p>Bestaande vestigingsplaatsen grootschalige elektriciteitsproductie worden behouden voor</p>

(Milieu)-informatie uit IEA	Link beleidsuitspraak PEH
<p>noodzakelijk. De bestaande Barro-locaties voldoen, maar verder zijn er geen geschikte locaties. Daarom noodzakelijk om voldoende ruimte te behouden op de bestaande locaties. Ook vanuit effectbeoordeling landschap, leefomgeving en natuur blijken bij industriële locaties geringere effecten dan nieuwe locaties buiten de industrieclusters. Echter bij uitbreiding van de bestaande locaties grote kans op effecten door strijdigheid met andere functies, zoals uitbreiding van woningbouw.</p>	<p>het benodigde regelbare vermogen in de toekomst. Deze vestigingsplaatsen hebben unieke locatie eigenschappen en bieden naar verwachting voldoen de ruimte. Uitzondering is de vestigingsplaats Harculo bij Zwolle; deze komt te vervallen.</p>
<p>Hoogspanningsstations zijn vanuit milieu en ruimte gunstige locaties, aangezien naar verwachting minder elektriciteitsinfrastructuur nodig is en daarmee impact op landschap en leefomgeving beperkter is. Effecten van batterijen zijn relatief beperkt wanneer ze geplaatst worden in de nabijheid van grootschalige elektrische infrastructuur. Lokaal zijn er wel aandachtspunten. Nader onderzoek nodig om tot aanvullend ruimtelijk beleid en concrete gewenste locatiekeuzes te komen. De netbeheerders starten hiertoe een netwerkanalyse. Rijk en provincies maken in samenspraak met netbeheerders verdere afspraken over de uitrol van batterijen en zijn voornemens begin 2024 aangescherpte beleidskaders op te leveren.</p>	<p>Grootschalige batterijen zijn in de toekomst nodig voor de balans van het elektriciteitsstelsel, ook al in 2030. Deze worden bij voorkeur geplaatst nabij hoogspanningsstations en op plekken waar veel vraag en aanbod is van hernieuwbare elektriciteit.</p>
<p>Het geringe ruimtebeslag (circa 5 meter brede strook) en de op nationale schaal geringe lengte van de benodigde ontwikkelingen voor waterstofverbindingen, maakt dat dit wordt beoordeeld als een kleine kans op effecten, wanneer deze binnen of nabij het huidige tracé kan worden aangelegd.</p>	<p>Nieuwe buisleidingen zoveel mogelijk bundelen met bestaande leidingen (bundelingsprincipe) binnen de reserveringsgebieden voor buisleidingen. Nieuwe leidingen worden in beginsel parallel in aangegeven reserveringsgebieden gelegd, en niet daarbuiten. Daarnaast dient de risicozonering van nieuwe leidingen zoveel mogelijk binnen de contouren van de leidingstrook gehouden te worden.</p>
<p>Vanuit milieu en ruimte hebben de locaties binnen de grote energieclusters de voorkeur omdat hier de effecten voor onder andere leefomgeving en landschap beperkter zijn. Nader onderzoek is nodig over een toekomstbestendig waterverbruik voor elektrolyse-projecten binnen gebieden met een kwetsbare watervoorziening.</p>	<p>Op land wordt grootschalige elektrolyse (>100MWe) bij voorkeur geplaatst in de omgeving van (elektrische) aanlandlocaties van offshore windenergie en nabij de waterstof backbone. Het Rijk wijst voorkeursgebieden aan voor de ontwikkeling van deze grootschalige elektrolyse-projecten. Dit gaat initieel om de gemeenten waarbinnen de industriegebieden liggen in de omgeving van:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Noordzeekanaalgebied • Delfzijl en Eemshaven • Rotterdam en Moerdijk • Borssele en Terneuzen
<p>Er is nader onderzoek nodig naar de effecten en (milieu)risico's van ondergrondse waterstofopslag. Een deel van dit onderzoek is momenteel in uitvoering. In hoofdstuk 5 van deze aanvulling zijn enkele van deze effecten nader beschreven.</p>	<p>Het verantwoord omgaan met de veiligheids- en milieurisico's wordt als voorwaarde meegenomen in de ontwikkeling van nieuwe locaties voor ondergrondse waterstofopslag.</p>
<p>Uit de effectbeoordeling blijkt dat er bij de verschillende (robuuste) ontwikkelingen effecten op de ondergrondlaag optreden. (grondwaterbeschermingsgebieden en Natura 2000-gebieden). Die effecten zijn moeilijk mitigeerbaar.</p>	<p>Om conflicten met andere belangrijke functies in de ondergrond te voorkomen, worden Natura 2000-gebieden, huidige waterwinningen, Aanvullende Strategische Voorraden (ASV) en Nationale Grondwaterreserves waar mogelijk vermeden.</p>
<p>De technische geschiktheid, veiligheid en economische haalbaarheid per locatie zal in de toekomst nog moeten worden vastgesteld, waarbij een aantal locaties mogelijk niet aan de gestelde eisen zal voldoen. In hoofdstuk 5 van deze aanvulling is ingegaan op de mogelijke effecten van waterstofopslag in zoutcavernes.</p>	<p>Waterstofopslag in zoutcavernes gaat voor perslucht opslag.</p>

1.5.2 Aanbevelingen voor vervolg (onderzoek en projecten)

Voor vervolg (projecten, plannen en onderzoek) zijn er diverse aanbevelingen te doen. Hieronder zijn de belangrijkste opgenomen:

1. *Maatwerk: kijk naar meervoudig ruimtegebruik, meekoppelkansen en regionale verschillen*

Kijkend vanuit de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte van de ontwikkelingen uit de scenario's, is er ook een aantal aanbevelingen te doen. Vervolgprojecten (gebiedsverkenningen of ruimtelijke procedures voor realisatie van individuele projecten, dienen mogelijkheden tot meervoudig ruimtegebruik nader te onderzoeken. In de verschillende regio's liggen meerdere transitieopgaven die parallel lopen (energietransitie, transitie woningbouw, landbouwtransitie, opgaves voor natuurverbetering, etc.) Dit vergt een integrale benadering. Vanwege het relatief hoge abstractieniveau van deze IEA, is dit hier in beperkte mate uitgewerkt. Meervoudig ruimtegebruik dient aan te sluiten bij de lokale behoefte en mogelijkheden. Daarnaast is het van belang om in de vervolgtrajecten de cultuur en dynamiek van de verschillende lagen in de gebieden/provincies/regio's te gebruiken bij de uitwerking van de ontwikkelingen. De aanwezige kansen en belemmeringen binnen het thema Milieu & Ruimte verschilt per gebied en kan dus leiden tot andere oplossingen op vergelijkbare ontwikkelingen. Ook is het aan te bevelen meekoppelkansen voor natuur en biodiversiteit nader te onderzoeken vanuit zowel regionaal als nationaal perspectief. Bijvoorbeeld de mogelijkheid om het netwerk van hoogspanningsverbindingen te koppelen aan bepaald type natuurontwikkeling die goed met elkaar samengaat. Het is van belang dat het hier niet alleen gaat om mitigerende maatregelen voor effecten, echter juist om natuur versterkende maatregelen.

2. *Overkoepelende blik: visie en regie voor een breed gedragen energiesysteem in 2050*

De opgave die voor ons ligt is van dusdanige omvang en heeft een impact op alle drie de lagen (occupatie, netwerk en ondergrond) verspreid over Nederland. Hiervoor is centrale regie op en/of gezamenlijke uitwerking van de realisatie en de uiteindelijke (beeld)kwaliteit wenselijk. Het vergt denken op langere termijn met een duidelijke visie op het energiesysteem van de toekomst en de ruimtelijke inpassing daarvan. Dit betekent onder andere het maken van nadere afspraken over grootte, vorm en uitstraling en landschappelijke inpassing van energie-infrastructuur die daarnaast nog ruimte biedt om de eerder genoemde cultuur en dynamiek van gebieden tot hun recht te laten komen. Aansluiten bij trajecten en instrumenten die in het kader van de NOVI ontwikkeld worden biedt hiervoor kansen. In het kader van PEH zijn al gesprekken gevoerd met alle provincies. Ook zijn verschillende inzichten meegegeven in het traject van Provinciale Arrangementen wat o.l.v. de minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening is gestart.

3. *Mitigerende maatregelen belangrijkste effecten*

Een van de aanbevelingen vanuit de IEA is om 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 dit niveau kunnen ook de meest passende mitigerende maatregelen het beste bepaald worden. Een aantal aanbevelingen in dit kader zijn voor het vervolg zijn:

- **Natuur:** Het zichtbaar maken van een bovengrondse hoogspanningsverbinding is een belangrijk onderzoeksobject. Het verdient aanbeveling om bij de tracering zoveel als mogelijk verbindingen te bundelen (parallele tracering) om de zichtbaarheid te vergroten.
- **Natuur:** Onderzoek naar mitigerende maatregelen om het aantal slachtoffers onder vogels te verminderen is op dit moment in volle gang. De resultaten hiervan moeten worden meegenomen.

- **Landschap:** per ingreep de ruimtelijke dimensies zoveel mogelijk te beperken en te streven naar het zoveel mogelijk bundelen van nieuwe ingrepen met elkaar en met al bestaande onderdelen van de energiehoofdstructuur. Verbindingen (lijnvormige elementen): streven naar korte en indien mogelijk rechte verbindingen boven lange zoals ook in de traceringsprincipes is opgenomen. Voor puntinfrastructuur: streven naar een compacte oplossing boven een meer verspreide. Het aan het zicht onttrekken van bepaalde ruimtelijke ingrepen, zoals het toepassen van ondergrondse leidingen in plaats van bovengrondse, heeft vanuit het planaspect landschap beschouwd de voorkeur, maar is lang niet altijd haalbaar of functioneel.
- **Landschap:** De ingrepen en positionering daarvan worden in eerste instantie ingegeven vanuit een goed functionerende energiehoofdstructuur (nu en in de toekomst) en daarna kan worden onderzocht hoe de samenhang met die onderlegger zoveel mogelijk kan worden versterkt. Juist dit punt dient centraal te staan bij de verdere uitwerking van de energiehoofdstructuur naar meer concrete ingrepen en projecten. Afhankelijk van het aantal ingrepen of projecten en de tijdsspanne waarbinnen deze uitgevoerd dienen te worden is het raadzaam de effectbeoordeling voor landschap gebiedsgewijs in te steken. Per gebied kan dan worden gestreefd naar een zo goed mogelijke samenhang van alle ingrepen daarbinnen met het landschap ter plekke.
- **Bodem en ondergrond:** Er is nog zeer veel onduidelijk rond de mogelijke effecten van ondergrondse opslag van waterstof. De keuze om waterstof op de slaan in zoutcavernes heeft daarom nader onderzoek naar de technische haalbaarheid. Door het generieke karakter kan een relevant deel van de risico's door gebrek aan informatie niet eenvoudig worden gekwantificeerd. Dit resulteert in de behoefte aan locatie specifieke risicobeoordelingen voor elke locatie en/of veld op:
 - Locatie specifieke geologische informatie.
 - De omgeving van de locatie/veld wat betreft activiteiten, infrastructuur, bewoners etc.
 - De relevante stakeholders.
- **Water:** voor zowel elektriciteitscentrales als electrolyzers zijn grote hoeveelheden koelwater nodig, nader onderzoek naar de mogelijkheden hiervan is gewenst.