



EFFECTENSTUDIES HERGEBRUIK WATERSTOF (HGH2)

Aanvulling hergebruik waterstof voor PAWOZ en pVAWOZ,
Achtergrondrapport Deel B - IEA-thema's

Ministerie van Klimaat en Groene Groei

16 december 2025

Project EFFECTENSTUDIES HERGEBRUIK WATERSTOF (HGH2)
Opdrachtgever Ministerie van Klimaat en Groene Groei

Document Aanvulling hergebruik waterstof voor PAWOZ en pVAWOZ,
Achtergrondrapport Deel B - IEA-thema's
Werkpakket Effectenspoor
Onderdeel GEN - General
Soort RP - Report
Discipline MR - MER
Voortgangpercentage 100 %
Status Definitief
Datum 16 december 2025
Referentie 144914/25-019.874

Projectcode 144914
Projectleider Ing. C.E. Loeber
Projectdirecteur Ing. P.M. Harms

Auteur(s) Medewerkers Witteveen+Bos
Gecontroleerd door A.T.W. van Breukelen MSc
Goedgekeurd door Ing. C.E. Loeber

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Postbus 24087
3502 MB Utrecht
Nederland
www.witteveenbos.com

HaskoningDHV Nederland B.V.
Postbus 1132
3818 EX Amersfoort
Nederland
www.royalhaskoningdhv.nl

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.
© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos, noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Tekst- en datamining van (delen van) dit document, evenals enige verwerking of reproductie ervan door middel van kunstmatige intelligentie technologieën is uitdrukkelijk niet toegestaan, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Dit document (of delen ervan) mag niet worden verveelvoudigd en/of anderszins worden gebruikt op enigerlei wijze voor het trainen van kunstmatige intelligentie technologieën, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

LEESWIJZER		6
1	SYSTEEMINTEGRATIE	7
1.1	Inleiding	7
1.1.1	Beoordelingskader	7
1.2	Onderzoeksaanpak aspecten	8
1.2.1	Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee	8
1.2.2	Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op land	8
1.2.3	Hoofdtransportnet	8
1.3	Effectenbeschrijving en -beoordeling	9
1.3.1	Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee	9
1.3.2	Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op land	12
1.3.3	Hoofdtransportnet	12
1.4	Samenvatting effectbeoordeling	13
1.4.1	Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee	13
1.4.2	Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op land	13
1.4.3	Hoofdtransportnet	13
2	OMGEVING	14
2.1	Inleiding	14
2.2	Aanpak	15
2.3	Omgevingsvraagstukken	15
2.4	Omgevingsproces	17
2.4.1	Koppeling PAWOZ en pVAWOZ	17
2.4.2	Gedifferentieerde doelgroepen	18
2.4.3	Middelen	19
2.5	Doelen omgevingsproces	19
3	TECHNIEK	20
3.1	Inleiding	20
3.1.1	Beschouwde ingrepen	20
3.1.2	Beoordelingskader	20
3.2	Onderzoeksaanpak aspecten	21

3.2.1	Tracélengte	21
3.2.2	Bodemdynamiek	21
3.2.3	Bodemsamenstelling	22
3.2.4	Baggeren	23
3.2.5	Kruisingen of paralleligging met kabels en leidingen	23
3.2.6	Kruisingen of paralleligging met overige obstakels	24
3.3	Effectenbeschrijving en -beoordeling	24
3.3.1	Tracélengte	24
3.3.2	Bodemdynamiek	25
3.3.3	Bodemsamenstelling	25
3.3.4	Baggeren	26
3.3.5	Kruisingen of paralleligging met kabels en leidingen	26
3.3.6	Kruisingen of paralleligging met overige obstakels	27
3.4	Samenvatting effectbeoordeling	27
3.5	Mitigerende maatregelen	27
4	KOSTEN	28
4.1	Inleiding	28
4.1.1	Beoordelingskader	28
4.2	Onderzoeksaanpak aspecten	28
4.2.1	Inschatting investeringskosten in aanleg	28
4.2.2	Inschatting onderhoud- en verwijderingskosten	30
4.3	Effectenbeschrijving en -beoordeling	30
4.3.1	Inschatting investeringskosten in aanleg	31
4.3.2	Inschatting onderhoud- en verwijderingskosten	32
4.4	Samenvatting effectbeoordeling	32
4.4.1	Inschatting investeringskosten in aanleg	32
4.4.2	Inschatting onderhoud- en verwijderingskosten	32
4.5	Leemten in kennis	32
5	TOEKOMSTVASTHEID EN TIJD	33
5.1	Inleiding	33
5.1.1	Beoordelingskader	33
5.2	Onderzoeksaanpak aspecten	34
5.2.1	Toekomstvastheid vanuit energiesysteem	34
5.2.2	Technische uitvoerbaarheid	35
5.2.3	Tijd	36
5.2.4	Ruimte om toekomstig te verwachten kabels en leidingen in hetzelfde tracé te ontwikkelen	36
5.3	Effectenbeschrijving en -beoordeling	36
5.3.1	Toekomstvastheid vanuit energiesysteem	36
5.3.2	Technische uitvoerbaarheid	37
5.3.3	Tijd	38

5.3.4	Ruimte om toekomstig te verwachten kabels en leidingen in hetzelfde tracé te ontwikkelen	39
5.4	Samenvatting effectbeoordeling	39
5.4.1	Toekomstvastheid vanuit energiesysteem	40
5.4.2	Technische uitvoerbaarheid	40
5.4.3	Tijd	40
5.4.4	Ruimte om toekomstig te verwachten kabels en leidingen in hetzelfde tracé te ontwikkelen	41
5.5	Leemten in kennis	41
6	CIRCULARITEIT	42
6.1	Inleiding	42
6.1.1	Wettelijk- en beleidskader	42
6.1.2	Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	43
6.1.3	Methodiek	44
6.2	Onderzoeks aanpak aspecten	46
6.3	Effectenbeschrijving en -beoordeling	49
6.3.1	Leidingen: leidingmaterialen en hulpstoffen	50
6.3.2	Koppelingen	51
6.3.3	Rankingen per scenario	52
6.4	Samenvatting effectbeoordeling	52
6.5	Maatregelen voor meer circulariteit	54
6.5.1	Circulair ontwerpproces	54
6.6	Leemten in kennis	55
6.7	Monitoring en Evaluatie	55
	Laatste pagina	55

Bijlage(n)

Aantal pagina's

LEESWIJZER

Hieronder treft u aan het Achtergronddocument, Deel B. Deel B bevat de HGH2-onderzoeken voor de IEA-thema's Systeemintegratie (hoofdstuk 1), Omgeving (hoofdstuk 2), Techniek (hoofdstuk 3), Kosten (hoofdstuk 4), Toekomstvastheid en tijd (hoofdstuk 5) en Circulariteit (hoofdstuk 6) nader beschreven.

In Achtergronddocument, Deel A, vindt u de HGH2-onderzoeken voor de MER-thema's Bodem en water op zee (hoofdstuk 1), Bodem en water op land (hoofdstuk 2), Natuur (hoofdstuk 3), Landschap, cultuurhistorie en archeologie (hoofdstuk 4), Leefomgeving (hoofdstuk 5), Veiligheid (hoofdstuk 6), Gebruiksfuncties op zee (hoofdstuk 7) en Gebruiksfuncties op land (hoofdstuk 8).

Nog geen beoordeling effecten van hergebruik van de NGT-leiding door het Waddengebied

Voor het hergebruik van de NGT-leiding door de Waddenzee voor waterstoftransport nog geen effectbeoordeling uitgevoerd. Dit komt doordat essentiële informatie over de ligging, de staat van de leiding en normering ontbreekt, waardoor niet vastgesteld kan worden welke ingrepen nodig zijn om de leiding veilig te gebruiken. De effecten van deze mogelijk benodigde ingrepen konden daarom nog niet worden onderzocht en zullen deze in een vervolgfase moeten worden uitgewerkt.

SYSTEEMINTEGRATIE

1.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de IEA-effectbeschouwing van het thema systeemintegratie opgenomen. Voor het thema systeemintegratie is gekeken naar nieuw aan te leggen leidingen, platforms en bestaande aardgasleidingen in de Noordzee, Noordzeekustzone en op het vasteland. Hiermee zijn alle scenario's van belang voor de effectbeoordeling. Voor een beschrijving van de scenario's en de werkzaamheden per scenario wordt verwezen naar HGH2 hoofdrapport hoofdstuk 3.

In paragraaf 1.1.1 is het beoordelingskader opgenomen welke aspecten en criteria zijn onderzocht. Paragraaf 1.2 licht per criterium de onderzoeksaanpak en beoordelingsmethodiek nader toe. De effectenbeschouwing is opgenomen in paragraaf 1.3. Tot slot zijn conclusies opgenomen in paragraaf 1.4. Voor dit thema zijn geen mitigerende maatregelen beeld gebracht. Ook is er geen sprake van leemten in kennis en monitoring en evaluatie.

Langdurige pauzering waterstof op zee

Dit onderzoek is gebaseerd op scope en uitgangspunten die aan het begin van het project in de Startnotitie zijn vastgesteld. In de zomer van 2025 heeft de Nederlandse overheid echter besloten tot een langdurige pauzering van waterstof op zee. Hierdoor zullen de oorspronkelijke scope en uitgangspunten wijzigen. Bij eventuele herstart van de studie, zullen scope en uitgangspunten voor HGH2 eerst opnieuw moeten worden vastgesteld. Dit kan gevolgen hebben voor de lopende processen en projecten. Voor de samenhang tussen HGH2 en pVAWOZ wordt verwezen naar de *Brugnotitie pVAWOZ - HGH2*, die bij publicatie van dit rapport beschikbaar zal zijn.

1.1.1 Beoordelingskader

Tabel 1.1 toont het beoordelingskader voor het beschouwen van de routes op de Noordzee, in het Waddengebied en op het vasteland.

Tabel 1.1 Beoordelingskader systeemintegratie

Aspect	Criterium	Methode
hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee	aantal kilometer nieuwe buisleidingen tot de kust	kwantitatieve beoordeling op basis van GIS analyse
hoeveelheid nieuwe infrastructuur op land	aantal kilometer nieuwe buisleidingen vanaf de aanlanding tot aansluitpunt landelijk waterstofnetwerk	kwantitatieve beoordeling op basis van GIS analyse
hoofdtransportnet	benodigde transportcapaciteit van het hoofdtransportnet	kwalitatieve beoordeling op basis van input Gasunie

1.2 Onderzoeksaanpak aspecten

1.2.1 Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee

In HGH2 hoofdrapport hoofdstuk 3 is per scenario in beeld gebracht hoeveel nieuwe infrastructuur op zee benodigd is voor het ontsluiten van Demo 2 bij TNW en windzoekgebieden 6 en 7. Op basis van deze informatie is per scenario een overzicht gemaakt van de lengte (leidingen) van of het aantal (kruisingen en platform) installaties op zee. Daarbij is onderscheid gemaakt in de volgende typen infrastructuur:

- aardgasleiding 16 inch;
- aardgasleiding 18 inch;
- aardgasleiding 24 inch;
- H₂ leiding 36 inch;
- Tie-in spool piece;
- riser;
- klein riser platform.

Voor dit aspect vindt geen beoordeling plaats, enkel een beschouwing op de hoeveelheid nieuwe infrastructuur. De beoordeling houdt geen rekening met de kortere levensduur van de hergebruikte leidingen. Deze moeten, waar mogelijk, worden onderzocht.

1.2.2 Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op land

In HGH2 hoofdrapport hoofdstuk 3 is per scenario in beeld gebracht hoeveel nieuwe infrastructuur op land benodigd is om aan te sluiten op het Waterstofnetwerk Nederland op land in Noord-Nederland (scenario 1 en 2) en Noord-Holland (scenario 3). Op basis van deze informatie is per scenario een overzicht gemaakt van de lengte (leidingen) op land. Voor dit aspect vindt geen beoordeling plaats, enkel een beschouwing op de hoeveelheid nieuwe infrastructuur.

1.2.3 Hoofdtransportnet

Vanuit het thema systeemintegratie, wordt in IEA studies gericht op routes voor transport van windenergie vanaf zee naar land (elektriciteit en waterstof) onder andere gekeken naar impact van aanlanding van wind op zee op energie infrastructuur op land. In pVAWOZ zijn hiervoor netdoorrekeningen uitgevoerd door TenneT en Gasunie. Anders dan bij pVAWOZ, is bij HGH2 ook de transportcapaciteit van het aardgasnetwerk op zee relevant. Door NOGAT of NGT in te zetten voor waterstoftransport is er minder transportcapaciteit beschikbaar voor het transport van aardgas vanaf zee naar land. In lijn met de scope van HGH2 is systeemintegratie van elektrische infrastructuur buiten beschouwing gelaten.

Om een goede integratie van het waterstofnetwerk op zee op het waterstofnetwerk op land te borgen, dient de hoeveelheid waterstof die wordt vervoerd van NOGAT en NGT gelijk aan dan wel kleiner te zijn dan de hoeveelheid waterstof die het Waterstofnetwerk Nederland kan vervoeren. In pVAWOZ is onder andere gekeken naar het effect van nieuwbouw waterstofverbindingen op zee op de waterstofinfrastructuur op land. In deze analyse zijn verschillende scenario's met waterstofflows gehanteerd, waarbij is uitgegaan van variërende transportcapaciteiten (anders dan uitsluitend 20-25 GWH₂ (LHV)). De inzichten uit pVAWOZ zijn gebruikt om dit aspect te beoordelen voor het onderdeel waterstofinfrastructuur. Aandachtspunt daarbij is het verschil in transportcapaciteit tussen de nieuwbouwleidingen uit pVAWOZ en de NOGAT en de NGT. NOGAT en de NGT hebben een diameter van 36 inch. De transportcapaciteit is vervolgens afhankelijk van onder andere het drukregime. Deze informatie is niet beschikbaar, omdat de integriteit van de leidingen niet bekend is. Wat wel zeker is, is dat de hoeveelheid waterstof die kan worden ingevoerd in het systeem minder is dan de transportcapaciteit die voor nieuwbouwleidingen is aangenomen in pVAWOZ. Hoewel de capaciteit van het Waterstofnetwerk Nederland zonodig kan worden vergroot, is het momenteel geplande systeem zoals onderzocht in pVAWOZ groter dan dat in deze studie, HGH2. Indien capaciteitsuitbreiding gewenst is, zal dit tijdig in de planvorming en planning moeten worden meegenomen.

Voor een nadere onderbouwing van de gehanteerde scenario's en aannames kan worden overwogen om dit nader te onderzoeken, of de rapportages van CE Delft en Gasunie te raadplegen.

EBN voert momenteel een onderzoek uit onder andere gericht op de systeemintegratie van het aardgastransport netwerk op zee. In deze studie onderzoekt EBN hoe productie van aardgaswinning op de Noordzee kan worden opgeschaald en hoe de gewonnen aardgas naar land kan worden getransporteerd. Er wordt rekening gehouden met verminderde transportcapaciteit voor aardgastransport vanwege hergebruik van NOGAT of NGT voor waterstoftransport. Ten tijde van deze aanvulling op pVAWOZ/PAWOZ zijn nog geen resultaten bekend uit deze studie van EBN. Systeemintegratie van het aardgastransportnetwerk op zee is daarom niet verder uitgewerkt en beoordeeld. Zodra de studie van EBN beschikbaar is, dienen de resultaten daarvan samen met de resultaten van pVAWOZ omtrent systeemintegratie en de aanvullingen hierop vanuit HGH2 integraal te worden beschouwd.

1.3 Effectenbeschouwing

In deze paragraaf is de effectbeschouwing voor de aspecten hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee/land en hoofdtransportnet gegeven. Er wordt geen beoordeling gegeven volgens een beoordelingsschaal, daarom is dit hoofdstuk ook een effectbeschouwing.

1.3.1 Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee

Scenario 1

Scenario 1 heeft twee opties. Voor beide opties, is hieronder de hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee toegelicht.

Optie 1

In optie 1 van scenario 1, worden vijf nieuwe leidingen aangelegd met een totale lengte van 246 km (zie tabel 1.2). Daarnaast wordt nieuwe infrastructuur ontwikkeld zoals verbindingen met riser platforms en Tie-ins. Deze infrastructuur is opgenomen in tabel 1.3.

Tabel 1.2 Nieuwe leidingen scenario 1, optie 1

ID	Type	Lengte	Eenheid
TNW-NGT 02	36 inch (waterstof)	66	km
uittredezone west - NGT	36 inch (waterstof)	38	km
G17D - F15	18 inch (aardgas)	45	km
L10 - L02	24 inch (aardgas)	71	km
NO5 - NGT	16 inch (aardgas)	26	km
Totaal		246	km

Tabel 1.3 Nieuwe infrastructuur anders dan leidingen scenario 1, optie 1 en 2

ID	Optie	Toelichting	Materiaal	Aantal	Eenheid
TNW-NGT 02	alle	NGT tie in	tie-in spool piece	1	stuk
Uittredezone west - NGT	alle	Platform connection - riser	tie-in spool piece	1	stuk
G17D - F15	alle	G17 Platform connection - riser	riser	1	stuk
G17D - F15	alle	F15 Platform connection - riser	riser	1	stuk

ID	Optie	Toelichting	Materiaal	Aantal	Eenheid
L10 - L02	alle	L10 platform connection - riser	riser	1	stuk
L10 - L02	alle	L02 platform connection - riser	riser	1	stuk
N05 - NGT	optie 1	NGT tie in	tie-in spool piece	1	stuk
N05 - G17D	optie 2	N05 platform connection	riser	1	stuk
N05 - G17D	optie 2	G17D platform connection	riser	1	stuk

Optie 2

In optie 2 van scenario 1, worden eveneens vijf nieuwe leidingen aangelegd, zie tabel 1.4. De totale lengte van deze leidingen bedraagt 304 km. Daarmee is de totale lengte nieuwbouwleidingen voor optie 2 langer dan optie 1. Dit komt doordat de nieuwe 16 inch aardgasleiding vanaf N05, in optie 2 (N05- G17D) langer is dan in optie 1 (N05 - NGT). De nieuwbouw waterstofleidingen vanaf Uittredezone West en TNW naar de NGT leiding hebben in beide scenario's, dezelfde lengte.

Daarnaast wordt nieuwe infrastructuur ontwikkeld zoals verbindingen met riser platforms en Tie-ins, zie tabel 1.3.

Tabel 1.4 Nieuwe leidingen scenario 1, optie 2

ID	Type leiding	Lengte	Eenheid
TNW-NGT 02	36 inch (waterstof)	66	km
uittredezone west - NGT	36 inch (waterstof)	38	km
G17D - F15	18 inch (aardgas)	45	km
L10 - L02	24 inch (aardgas)	71	km
N05 - G17D	16 inch (aardgas)	84	km
Totaal		304	km

Scenario 2

Scenario 2 heeft eveneens twee opties; scenario 2 optie 1 (westelijke optie) en scenario 2 optie 2 (oostelijke optie). Voor beide opties, is hieronder de hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee opgenomen in tabel 1.5 (optie 1) en tabel 1.6 (optie 2). Beide opties kennen twee nieuwbouwleidingen, één voor aardgas en één voor waterstoftransport. De totale lengte van deze leidingen bedraagt 114 km (optie 1) en 111 km (optie 2).

Daarnaast worden in beide opties twee platforms ontwikkeld. Deze platforms inclusief de benodigde infrastructuur om leidingen met deze platforms en met bestaande platforms te verbinden, zijn opgenomen in tabel 1.7.

Tabel 1.5 Nieuwe leidingen scenario 2, optie 1

ID	Type leiding	Lengte	Eenheid
G17D - F15	18 inch (aardgas)	45	km
TNW-NGT 01 (westelijke optie)	36 inch (waterstof)	69	km
Totaal		114	km

Tabel 1.6 Nieuwe leidingen scenario 2, optie 2

ID	Type leiding	Lengte	Eenheid
G17D - F15	18 inch (aardgas)	45	km
TNW-NGT 02 (oostelijke optie)	36 inch (waterstof)	66	km
Totaal		111	km

Tabel 1.7 Nieuwe infrastructuur anders dan leidingen scenario 2, optie 1 en 2

ID	Optie	Toelichting	Materiaal	Aantal	Eenheid
TNW-NGT 02	2	NGT tie in	tie-in spool piece	1	stuk
G17D - F15	alle	G17 Platform connection - riser	riser	1	stuk
G17D - F15	alle	F15 Platform connection - riser	riser	1	stuk
Platform NGT afsluiting	alle	platform	klein riser platform	1	stuk
Platform NGT afsluiting	alle	riser voor NGT naar nieuwe platform	tie-in spool piece	1	stuk
Platform NGT sidetap 1	alle	platform	klein riser platform	1	stuk
Platform NGT sidetap 1	alle	riser 1 voor NGT sidetap platform	tie-in spool piece	1	stuk
Platform NGT sidetap 1	alle	riser 2 voor NGT sidetap platform	tie-in spool piece	1	stuk
Platform NGT sidetap 1	alle	riser 3 voor NGT sidetap platform	tie-in spool piece	1	stuk
Platform NGT sidetap 1	alle	riser 4 voor NGT sidetap platform	tie-in spool piece	1	stuk

Scenario 3

Scenario 3 heeft drie nieuwbouwleidingen, zie hiervoor tabel 1.8. De totale lengte van deze leidingen bedraagt 175 km. Daarnaast wordt in dit scenario een platform ontwikkeld (bij L02) om waterstof en aardgas gescheiden te houden. Dit platform inclusief infrastructuur om de leidingen met bestaande platforms te verbinden, is opgenomen in tabel 1.9.

Tabel 1.8 Nieuwe leidingen scenario 3

ID	Type leiding	Lengte	Eenheid
TNW-L02	36 inch (waterstof)	80	km
Uittredezone West - L02	36 inch (waterstof)	50	km
G17D - F15	18 inch (aardgas)	45	km
Totaal		175	km

Tabel 1.9 Nieuwe infrastructuur anders dan leidingen scenario 3

ID	Toelichting	Materiaal	Aantal	Eenheid
TNW-L02	TNW platform connection	tie-in spool piece	1	stuk
TNW-L02	L02 platform connection	tie-in spool piece	1	stuk
Uittredezone West - L02	Uittredezone west platform connection	tie-in spool piece	1	stuk
Uittredezone West - L02	L02 platform connection	tie-in spool piece	1	stuk
G17D - F15	G17 Platform connection - riser	riser	1	stuk
G17D - F15	F15 Platform connection - riser	riser	1	stuk
riser platform L02	extra platform om H2 en aardgas gescheiden te houden	klein riser platform	1	stuk

1.3.2 Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op land

Scenario 1 en 2

Scenario 1 en scenario 2 sluiten in Noord-Nederland aan op het Waterstofnetwerk Nederland. De volgende installaties zijn voorzien:

- installaties (o.a. voor meet- en regeltechniek) op het terrein Noordgastransport B.V. in Emmapolder;
- T-verbinding, inclusief ontvangststation en afsluiterschema.

In scenario 1 en 2 zijn er geen nieuwe buisleidingen voorzien op land. Er zijn daarom geen effecten.

Scenario 3

De NOGAT leiding (scenario 3) komt aan land in Noord-Holland. In deze studie is niet gekeken naar eventuele nieuwe infrastructuur in Noord-Holland.

In scenario 3 zijn er geen nieuwe buisleidingen voorzien op land. Er zijn daarom geen effecten.

1.3.3 Hoofdtransportnet

In pVAWOZ is integratie van offshore waterstofverbindingen op het Waterstofnetwerk Nederland (op land) onderzocht. Uit de IEA van pVAWOZ blijkt dat voor de aanlanding van nieuwbouw waterstofverbindingen in Noord-Nederland en voor de aanlanding van nieuwbouw waterstofverbindingen in Noord-Holland, het Waterstofnetwerk Nederland op land niet hoeft te worden uitgebreid. In Noord-Nederland kan de aanlanding bij de aanlandzone in Uithuizen via bestaande gasleidingen in de buurt van Spijk aangesloten worden op het Waterstofnetwerk Nederland en er zijn geen uitbreidingen nodig aan het Waterstofnetwerk Nederland zelf (boven op de bestaande plannen). Ook bij de locaties Grijpskerk (regio Noord-Nederland) en de Kop van Noord-Holland (regio Noord-Holland Noord) zijn geen nieuwe uitbreidingen nodig aan het Waterstofnetwerk Nederland (Zie pagina's 85 en 93 uit het IEA van pVAWOZ).

Uitgangspunt voor pVAWOZ, is een nieuwbouwwaterstofleiding met een diameter van maximaal 48 inch (ca. 122 cm). Zowel NGT als NOGAT hebben een kleinere diameter (36 inch) en daarmee naar alle waarschijnlijkheid een kleinere transportcapaciteit dan de nieuwbouwverbindingen die in pVAWOZ zijn onderzocht. Daarom kan op basis van de conclusies in pVAWOZ worden geconcludeerd dat de transportcapaciteit van het Waterstofnetwerk Nederland in Noord-Holland en in Noord-Nederland volstaat voor de scenario's voor hergebruik.

1.4 Samenvatting effectbeschouwing

1.4.1 Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee

In paragraaf 1.3.1 is per scenario, de hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee beschouwd. Voor alle drie de scenario's is nieuwe infrastructuur op zee nodig. Met 304 kilometer aan nieuwbouwleidingen, kent scenario 1 optie 2 de langste afstand nieuwbouwleidingen. In scenario 1 wordt geen nieuwe riser platforms ontwikkeld. In scenario 2 worden twee nieuwe riser platforms ontwikkeld, in scenario 3 één.

Het grote verschil in kilometers nieuwbouwleidingen tussen scenario 1 en 2 wordt met name verklaard door het al dan niet ontsluiten van gebied 6/7 met nieuwbouwleidingen die in deze aanvulling op pVAWOZ en PAWOZ zijn onderzocht. In scenario 1 is een verbinding opgenomen die gebied 6/7 via nieuwbouwleidingen aansluit op de NGT. In scenario 2 is voor het ontsluiten van gebied 6/7 een verbinding opgenomen vanuit pVAWOZ.

1.4.2 Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op land

Scenario 1 en 2 worden in Groningen aangesloten op het Waterstofnetwerk Nederland. Scenario 3 sluit in Noord-Holland aan op het Waterstofnetwerk Nederland. Benodigde infrastructuur op land is voor scenario 1 en 2 in beeld gebracht. Voor scenario 3 is dit niet gedaan.

1.4.3 Hoofdtransportnet

Op basis van de IEA van pVAWOZ, kan worden geconcludeerd dat de transportcapaciteit van Waterstofnetwerk Nederland volstaat voor alle drie de scenario's voor hergebruik die in deze aanvulling op pVAWOZ en PAWOZ zijn onderzocht. HGH2 gaat hierbij uit van dezelfde aannames ten aanzien van offshore waterstofproductie. Een studie van EBN moet uitwijzen of met de inzet van NGT/NOGAT voor transport van waterstof, het aardgastransportnetwerk op de Noordzee voldoende capaciteit heeft voor transport van aardgas naar land. Hierbij geldt dat het kunnen gebruiken van NGT/NOGAT voor transport van waterstof afhankelijk is van onder andere technische en commerciële haalbaarheid.

2

OMGEVING

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk licht toe hoe binnen HGH2 omgegaan wordt met omgevingspartijen en de voor het project relevante vraagstukken die bij hen spelen. De aanpak ligt in het verlengde van het omgevingsmanagement van PAWOZ en pVAWOZ. Dit vanwege de nauwe verwevenheid tussen PAWOZ, pVAWOZ en HGH2. Anders dan voor de meeste thema's is voor het thema Omgeving een effectenbeschrijving en -beoordeling geen geschikt middel om het thema te beschrijven. De belangrijkste reden daarvoor is dat de vraagstukken veelal subjectief zijn, met andere woorden sterk afhankelijk van de beleving van de betreffende omgevingspartij. Daarnaast zijn de vraagstukken niet onderling te rangschikken: het ene vraagstuk is niet objectief belangrijker dan de andere. In plaats van effectbeschrijvingen wordt in dit hoofdstuk beschreven welk proces van omgevingsbetrokkenheid toegepast is.

Vanwege de betrokkenheid bij het omgevingsproces van PAWOZ en pVAWOZ heeft HGH2 deelgenomen aan een deel van de omgevingsbijeenkomsten vanuit die programma's. Omgevingsvraagstukken die in het omgevingsproces aan de orde zijn gekomen zijn integraal met PAWOZ en pVAWOZ beschouwd en zorgen daarmee voor een zo goed mogelijk inzicht in de zorgen, wensen en belangen vanuit de omgeving. Dit resulteert in informatie die bevoegde gezagen (zoals het Rijk, provincies) mee kunnen nemen voor vervolgpcedures, zoals projectbesluiten. Voordat besluitvorming kan plaatsvinden zullen echter hiaten in dit onderzoek moeten worden gedicht.

Naast deelname aan de omgevingssessies van PAWOZ en pVAWOZ, zijn er vanuit HGH2 ook afzonderlijke stakeholdersessies georganiseerd voor de eerste schil van direct betrokkenen. Tijdens deze sessies zijn de aanpak en bevindingen van het HGH2-project gepresenteerd en zijn vragen van de stakeholders beantwoord. Met deze gerichte consultatie is invulling gegeven aan de actieve betrokkenheid van de belangrijkste stakeholders binnen het projectgebied.

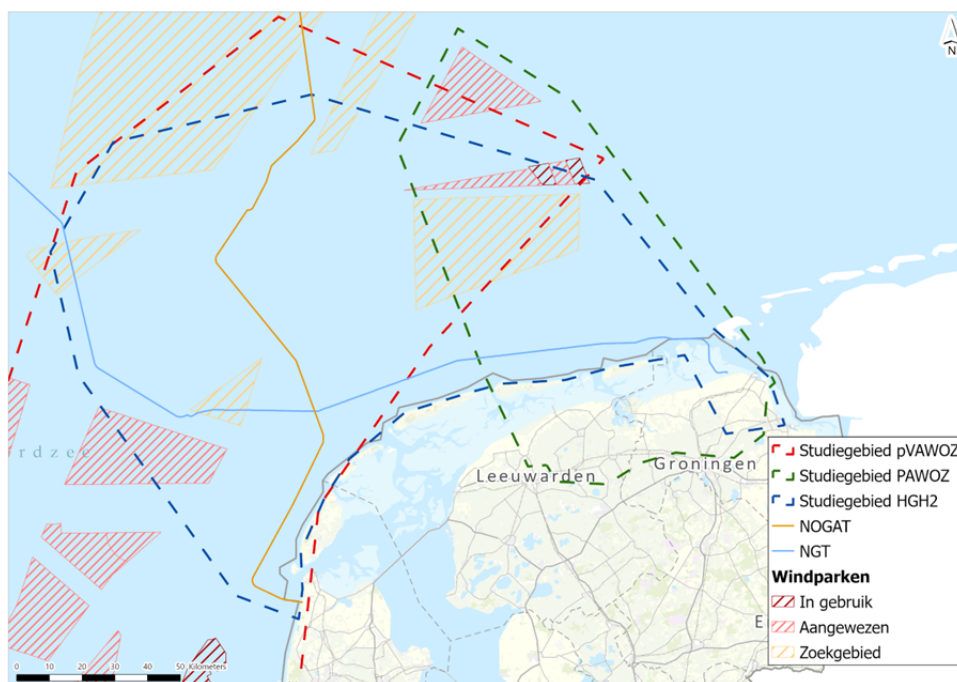
Na afronding van deze studie worden vanuit HGH2 geen verdere communicatieve activiteiten richting de omgeving meer ondernomen. De resultaten van de gehouden sessies en consultaties zijn verwerkt in dit rapport en vormen het sluitstuk van het omgevingsproces binnen HGH2. Verdere communicatie en participatie zal, indien relevant, plaatsvinden in het vervolgtraject of binnen andere (vervolg)projecten.

Het hoofdstuk is als volgt opgebouwd. Eerst wordt de aanpak van het omgevingsproces toegelicht. Daarna volgt een beschouwing van de omgevingsvraagstukken die op specifiek voor HGH2 relevant zijn. Vervolgens wordt het omgevingsproces zelf beschreven, waarbij de samenhang met PAWOZ en pVAWOZ aan bod komt. Daarbij wordt bijzondere aandacht besteed aan de economische aspecten van pVAWOZ. Ook is er een beschouwing van de doelgroepen die in het proces relevant zijn en de middelen die toegepast worden. Afsluitend worden de doelen van het omgevingsproces en de leemten in kennis beschreven.

2.2 Aanpak

De aanpak voor de omgevingsaspecten verschilt in de basis niet van die voor PAWOZ. Om goed de koppeling met PAWOZ en pVAWOZ te maken wordt allereerst gekeken in welke mate de omgevingsvraagstukken uit PAWOZ van toepassing zijn in HGH2 en voor welke scenario's binnen HGH2. In afbeelding 2.1 staan de studiegebieden van de drie genoemde projecten weergegeven. Hierin komt goed naar voren dat het studiegebied van HGH2 volledig binnen dat van PAWOZ en/of dat van pVAWOZ valt.

Afbeelding 2.1 Overzicht studiegebied HGH2, PAWOZ en pVAWOZ



Drie scenario's zijn binnen HGH2 onderzocht:

- NGT wordt hergebruikt voor transport van waterstof, zowel op de Noordzee als binnen het Waddengebied (verder aangeduid als NGT-H2);
- NGT wordt hergebruikt voor transport van waterstof, maar alleen in het Waddengebied (verder aangeduid als NGT Wadden-H2);
- NOGAT wordt hergebruikt voor transport van waterstof (verder aangeduid als NOGAT H2).

In stakeholdersessies en andere omgevingsprocessen van PAWOZ moesten de voor HGH2 relevante omgevingsvraagstukken ter sprake komen. Het doel van het gezamenlijke proces was dat vanuit PAWOZ, pVAWOZ en HGH2 informatie over omgevingsvraagstukken integraal meegenomen wordt in de besluitvorming door de politiek.

2.3 Omgevingsvraagstukken

De aanpak voor HGH2 wordt gebaseerd op de lijst van PAWOZ-omgevingsvraagstukken. Deze zijn onderverdeeld in algemene en routespecifieke omgevingsvraagstukken. De algemene vraagstukken zijn alle relevant voor HGH2 en van de routespecifieke uiteraard slechts een deel. In tabel 2.1 staat voor elk omgevingsvraagstuk in PAWOZ vermeld of het relevant is voor HGH2 en voor welke scenario's.

Tabel 2.1 Toepasselijkheid PAWOZ-omgevingsvraagstukken voor HGH2

Omgevingsvraagstukken PAWOZ	Relevant voor HGH2	Van toepassing in scenario('s)
algemene omgevingsvraagstukken		
'wat heeft de bevolking eraan'	ja	alle
eén plan voor de toekomst	ja	alle
cumulatieve effecten van activiteiten buiten het programma	ja	alle
regie in de regio	ja	alle
complexiteit en begrijpelijkheid	ja	alle
beveiliging voor terrorisme	ja	alle
veiligheid	ja	alle
vraag naar (elektrische) energie	ja	alle
bouwhinder en overlast	ja	alle
routespecifieke omgevingsvraagstukken		
aantasting land en vermindering opbrengsten in de landbouw	nee	
ruimtelijke claim op hoogwaardige landbouwgronden	nee	
aantasting kwelders	nee	
aantasting Natura 2000-gebied Lauwersmeer	nee	
aantasting Natura 2000-gebied Noordzeekustzone	ja	alle
aantasting leefgebied vogels	ja	alle
aantasting leefgebied vissen en zeezoogdieren	ja	alle
aantasting natuurgebied Borkumse Stenen	nee	
aantasting natuurwaarden Schiermonnikoog	nee	
aantasting natuurwaarden Ameland	nee	
aantasting natuurwaarden Natura 2000 gebied Eems-Dollard Estuarium	nee	
aantasting Waddengebied	ja	NGT-H2 en NGT Wadden-H2
hinder op waterrecreatie	ja	alle
hinder op de scheepvaart	ja	alle
permanente geluidshinder	ja	alle
aantasting zandwingebieden	ja	alle
elektromagnetische velden	nee	
waterveiligheid	ja	alle
doorkruising militaire (laagvlieg)gebieden	ja	NOGAT H2
aantasten archeologische waarden	ja	alle
vermindering landschappelijk en (cultuur)historische waarden	ja	alle
aantasting visgronden en visbestand	ja	alle
kruising bestaande infrastructuur	nee	
toekomstvastheid	ja	alle
beperking ruimte voor ontwikkeling Eemshaven-Oostpolder	nee	

In pVAWOZ spelen ook verschillende omgevingsvraagstukken een rol, zoals beschreven. Omdat de scope van pVAWOZ breder is dan PAWOZ zijn de vraagstukken enigszins generiek van aard.

De omgevingsvraagstukken van pVAWOZ zijn:

- hergebruik van bestaande offshore aardgasinfrastructuur voor het transporteren van waterstof;
- mijnbouwinstallaties op zee;
- (lijn)infrastructuur op zee;
- scheepvaart;
- zandwinning en morfologie;
- natuur en ecologie;
- visserij;
- ontwikkelingen Noordzee;
- systeemblik;
- CCS en waterstofopslag;
- veiligheid;
- kabels nabij of door windparken;
- overig.

De effecten van HGH2 voor de omgeving liggen in belangrijke mate op economisch gebied, omdat de effecten op de fysieke omgeving goeddeels op zee tot uiting komen en niet op land. Daarom worden de economische effecten hier uitgelicht. De IEA van pVAWOZ geeft een goed beeld van de economische effecten van aanlanding van wind op zee in verschillende scenario's. Het rapport beschrijft de brede welvaartseffecten van aanlanding. pVAWOZ is breder dan HGH2, maar kan gebruikt worden voor inzichten over welvaartseffecten van de HGH2-scenario's.

Wanneer energie aanlandt in de vorm van waterstof, is er bij de aanlandlocaties geen economisch effect van de bouw en operatie van elektrolyzers, wat bij aanlanding in de vorm van elektriciteit wel te verwachten is. De elektrolyzers staan immers op zee, en de economische effecten ervan concentreren zich niet per se in en rond de aanlandlocatie. De IEA van pVAWOZ wijst uit dat economische effecten vooral in Zuid-Holland verwacht worden, omdat zich daar veel toeleverende bedrijven bevinden. Voor Noord-Nederland (dus de NGT-scenario's) worden serieuze regionale welvaartseffecten verwacht. Dit geldt echter in mindere mate voor de aanlanding van waterstof via de NOGAT-leiding bij Den Helder. Het beperkte welvaartseffect van het NOGAT-scenario voor de kop van Noord-Holland is daarmee een relevante factor voor de omgeving.

Voor het NOGAT-scenario zou aanvullend onderzoek gedaan kunnen worden om het beeld dat uit de IEA van pVAWOZ naar voren treedt te verrijken en verdiepen. Met name het tijdpad van uitfasering van aardgastransport naar Den Helder en infasering van waterstoftransport en de daarmee gepaard gaande brede welvaartseffecten kunnen relevant zijn voor de kop van Noord-Holland.

2.4 Omgevingsproces

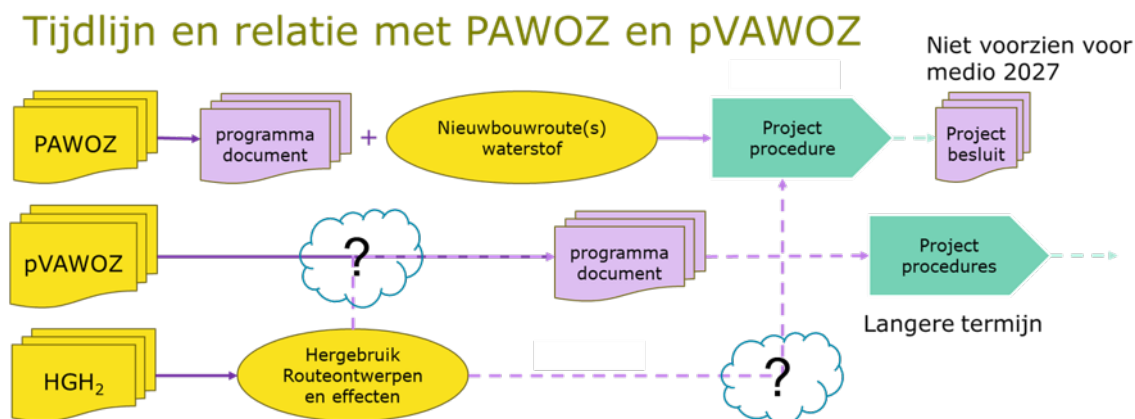
2.4.1 Koppeling PAWOZ en pVAWOZ

Het omgevingsproces van HGH2 is zeer sterk verweven met dat binnen PAWOZ en pVAWOZ. Het programmteam van PAWOZ heeft voor dit proces een aantal stappen geïdentificeerd:

- voorstel omgevingsvraagstukken en koppeling omgevingspartijen;
- verifiëren omgevingsvraagstukken en koppeling omgevingspartijen;
- verwerken input omgevingspartijen en koppelen routes aan omgevingsvraagstukken (90 %);
- verwerken conclusies deelrapporten en koppelen routes aan omgevingsvraagstukken (95 %);
- review van deelrapporten MER en IEA;
- terinzagelegging;
- vaststellen programma en bijlagen.

Dit proces, evenals dat van PAWOZ, liep tot de zomer 2025. Het omgevingsproces van HGH2 was minder intensief en uitgebreid dan dat van PAWOZ en loopt parallel mee. Met name in stap 2 (Verifiëren omgevingsvraagstukken en koppeling omgevingspartijen) is de koppeling te vinden met HGH2.

Afbeelding 2.2 Tijdlijn en relatie HGH2 met PAWOZ en pVAWOZ.



De Minister voor Klimaat en Groene Groei (KGG) heeft ontwikkelingen ten aanzien van waterstofproductie op zee voorlopig gepauzeerd. Hierdoor is onbekend of en wanneer deze studie zal worden voortgezet en wanneer de resultaten hiervan beschikbaar zullen komen voor PAWOZ en pVAWOZ.

2.4.2 Gedifferentieerde doelgroepen

De omgeving werd gedifferentieerd betrokken, door onderscheid te maken tussen direct betrokkenen en betrokkenen vanuit PAWOZ en pVAWOZ. De zogenaamde 1e schil betrokkenen werd geconsulteerd via een startbijeenkomst en zou de startnotitie reviewen.

1^e schil: Direct betrokkenen:

- Rijksoverheid: (RWS en LVVN);
- Gasunie;
- provincies: Noord-Holland, Fryslân, Groningen;
- gemeenten: Den Helder, Schagen, Het Hogeland;
- EBN;
- NOGAT/NGT;
- ENI Energy Netherlands.

2^e schil: Omgevingspartijen

Deze schil bevat de volgende sectoren:

- gemeenten (op grotere afstand): Noard-East Fryslân, Westerkwartier, Eemsdelta;
- landbouw & visserij;
- scheepvaart;
- natuur- en milieuorganisaties;
- omwonenden, waaronder specifieke groepen zoals direct omwonenden en bewoners van de Waddeneilanden;
- infrapartijen, zoals Enexis, Liander, NAM, EBN, HyNetwork Services;
- zandwinning.

2.4.3 Middelen

In het omgevingsproces zijn diverse middelen toegepast: sommige voor alle betrokkenen en andere voor alleen de eerste schil of de tweede schil. Voorziene middelen:

- stakeholdersessies (1e schil);
- review op conceptrapportage;
- stakeholderbijeenkomsten pVAWOZ/ PAWOZ (2e schil);
- sectorale overleggen (zoals het Noordzeeoverleg);
- gesprekken met betrokkenen en omgevingspartijen;
- [RVO-website, Onderzoek hergebruik aardgasleidingen op zee](#);
- projectwebsites ([pVAWOZ](#) / [PAWOZ](#)).

Met de eerste schil zijn sessies gehouden en de tweede schil is niet specifiek geconsulteerd en heeft nog geen kennis van de conceptresultaten, dit zal naar verwachting gebeuren via programma VAWOZ. Hierin verschilt het omgevingsproces van HGH2 van dat van PAWOZ en pVAWOZ. Over het algemeen kwamen de omgevingsvraagstukken in alle bovengenoemde middelen aan bod, al was dit soms heel summier en soms uitgebreider. De sectorale overleggen richtten zich vooral op onderwerpen die voor de desbetreffende sector van invloed waren. Gesprekken met betrokkenen focusten zich op de vraagstukken die de betrokkenen in hun belang raakten. Zo ontving ieder middel van het omgevingsproces een eigen accent.

2.5 Doelen omgevingsproces

De ontwikkeling en mogelijke realisatie van HGH2 brengt specifieke omgevingsvraagstukken met zich mee en heeft invloed op het bredere omgevingsproces, waarin verschillende belangen, gebiedsontwikkelingen en beleidsdoelen samenkomen. Tegelijkertijd kan deze ontwikkeling mogelijk de effecten van PAWOZ en pVAWOZ verkleinen. Door de inzet van NGT of NOGAT voor waterstoftransport hoeven namelijk minder nieuwe offshore waterstofleidingen aangelegd te worden. Daarom was het waardevol het omgevingsproces te integreren in dat van PAWOZ en pVAWOZ. Met de brede en gedifferentieerde aanpak werd de inbreng van zo veel mogelijk betrokkenen geborgd. De doelen van het proces waren:

- de direct betrokkenen (de eerste schil) goed meenemen in HGH2 en in gelegenheid stellen tot inbreng;
- de omgevingspartijen (de tweede schil) informeren, zodat ze gedurende de ontwikkeling van HGH2 op de hoogte zijn van de plannen en gemaakte keuzes;
- overheden optimaal in staat stellen zorgvuldig en met oog voor alle belangen de (advisering over) de besluitvorming voor HGH2 te doorlopen.

Omdat HGH2 zo nauw aansloot bij PAWOZ en pVAWOZ en het omgevingsproces alleen bestond uit het meedraaien in de lopende processen van PAWOZ en pVAWOZ, zijn er geen afzonderlijke resultaten te melden. Bij verdere uitvoering van HGH2 komt dat weer aan de orde.

2.6 Leemten in kennis

Nader onderzoek kan uitgevoerd worden naar het tijdpad van uitfasering van aardgastransport naar Den Helder. Dit is van belang om beter en gedetailleerder te kunnen inschatten wanneer de NOGAT-leiding ingezet zou kunnen worden voor waterstoftransport. Ook de omgevingseffecten voor de kop van Noord-Holland zouden daarmee beter in beeld komen.

3

TECHNIEK

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk licht toe hoe de IEA-effectbeoordeling plaatsvindt voor het onderdeel Techniek. Zoals toegelicht in HGH2 hoofdrapport paragraaf 1.3 worden effecten binnen de Waddenzee niet beschouwd in dit rapport. Vanwege gebrek aan gegevens en normering was er geen goede effectbeoordeling van NGT Waddenzee mogelijk.

Paragraaf 3.1.1 vat de relevante ingrepen samen. Op basis van de ingrepen en de aspecten die de technische complexiteit van de ingreep beïnvloeden is het beoordelingskader opgesteld en concreet gemaakt (paragraaf 3.1.2). Paragraaf 3.2 licht per criterium de onderzoeks aanpak en beoordelingsmethodiek nader toe.

3.1.1 Beschouwde ingrepen

De ingrepen die in deze studie zijn beschouwd voor de aanleg van nieuwe leidingen en het hergebruik van bestaande leidingen staan beschreven in HGH2 hoofdrapport hoofdstuk 3. Hieronder een opsomming van de ingrepen:

- aanleg en begraven van nieuwe leidingen (waterstof- en aardgasleidingen);
- kruisen van bestaande kabels en leidingen door nieuwe leidingen (waterstof- en aardgasleidingen) en het installeren van een bescherming;
- herbegraven van bestaande aardgasleidingen t.b.v. waterstoftransport;
- verwijderen van steenbestortingen voorafgaand aan herbegraven bestaande leidingen;
- installatie van onderwaterkoppelingen (tie-in's) en/of bovenwaterkoppelingen (risers) op bestaande of nieuw te bouwen platforms.

3.1.2 Beoordelingskader

Tabel 3.1 toont het beoordelingskader voor het beoordelen van de scenario's. De aspecten en criteria zijn in lijn met de aspecten in criteria die zijn toegepast in het Deelrapport IEA Techniek voor de projecten PAWOZ Eemshaven en pVAWOZ.

Tabel 3.1 Beoordelingskader techniek

Aspect	Criterium	Methode	Fase
tracélengte	kansen van intern en extern falen	kwantitatieve beoordeling op basis van GIS (lengte)	gebruiksfase
bodemdynamiek	technische complexiteit aanleg door het doorkruisen van morfologisch dynamische	kwalitatieve beoordeling op basis van openbare data (bodemhoogte) en beschikbare literatuur in combinatie met expert judgement	aanlegfase gebruiksfase

Aspect	Criterium	Methode	Fase
	gebieden. en risico op blootspoelen tijdens de gebruiksfase		
bodemsamenstelling	technische complexiteit aanleg door de voorkomende bodemsamenstelling	kwalitatieve beoordeling op basis van historische data in combinatie met expert judgement	aanlegfase
baggeren	technische complexiteit van de benodigde baggerwerkzaamheden.	kwalitatieve beoordeling op basis van openbare data (bodemhoogte), beschikbare literatuur en expert judgement	aanlegfase
kruisingen of parallellegging met kabels en leidingen	parallellegging of complexe kruisingen (waterdiepte <LAT-10m) of met andere kabels en leidingen	kwalitatieve beoordeling op basis van GIS data in combinatie met expert judgement.	aanlegfase gebruiksfase
kruisingen of parallellegging met overige obstakels	parallellegging of complexe kruisingen of met overige obstakels	kwalitatieve beoordeling op basis van GIS data in combinatie met expert judgement	aanlegfase

3.2 Onderzoeksaanpak aspecten

3.2.1 Tracélengte

Voor elk scenario is weergegeven wat de tracélengte is. Deze is opgebouwd uit nieuwe en bestaande leidingen, voor waterstof of aardgastransport. Deze hebben allen een andere kans op falen. De faalkans van een leiding is opgebouwd uit de interne en externe faalkans. Interne faalkans is het falen van de leiding door interne corrosie. Externe factoren zijn specifieke risico's die de leiding van buitenaf beschadigen met een lek of leidingbreuk tot gevolg (bijvoorbeeld: een schip zinkt en raakt de leiding of een anker raakt de leiding). Het detailniveau van de huidige studie laat het niet toe om per route de specifieke interne en externe faalkans te berekenen. Daarom wordt alleen ingegaan op de tracélengte.

De interne kans op falen van een leiding wordt in deze studie versimpeld beoordeeld aan de hand van de totale lengte van waterstofleidingen, hergebruik en nieuwbouw en aardgasleidingen, bestaand en nieuwbouw, binnen een scenario. Voor de externe faalkans wordt aangenomen dat deze niet relevant is omdat het uitgangspunt is dat leidingen dusdanig worden begraven/beschermd dat de externe kans op falen acceptabel laag is.

Omdat er geen beoordeling wordt uitgevoerd voor de interne faalkans wordt in de effectbeschrijving en -beoordeling (paragraaf 3.3) een relatieve beschrijving gepresenteerd, waarop geen beoordelingsschaal van toepassing is.

3.2.2 Bodemdynamiek

Morfologie betreft de (natuurlijke) vorm van de zeebodem. Op de zeebodem komen verschillende natuurlijke bodemvormen voor, zoals zandbanken, zandgolven, geulen en platen. Deze bodemvormen zijn ontstaan en veranderen doordat golven en getij het water in beweging brengen en daardoor sediment verplaatsen. Hierdoor verandert de zeebodem voortdurend van vorm; dit heet bodemdynamiek.

Voor het beoordelen van de effecten van bodemdynamiek op techniek wordt onderscheid gemaakt tussen de aanleg- en gebruiksfase.

Aanlegfase

Om blootspoeling van waterstofleidingen te voorkomen dienen waterstofleidingen begraven te zijn onder de zeebodem. In morfologisch dynamische gebieden leidt dit tot een grotere begraafdiepte voor waterstofleidingen dan in niet morfologisch dynamische gebieden.

Voor een grotere begraafdiepte (>2 m met een trencher) zijn alternatieve aanlegmethodes of aanvullende baggerwerkzaamheden nodig. Voor nieuwbouwgasleidingen op de Noordzee is er geen absolute begraafdiepte en is het uitgangspunt dat deze uitsluitend bij kruising met scheepvaartwegen begraven dienen te worden.

Gebruiksfase

Hoewel waterstofleidingen worden aangelegd op een dusdanige diepte om blootspoeling te voorkomen is het in de praktijk echter mogelijk dat binnen het plangebied morfologisch onverwachte ontwikkelingen optreden, met als gevolg blootspoelingen. Een andere mogelijkheid is dat blootspoelingen ontstaan nabij steenbestortingen. Op locaties waar nieuwbougleidingen (aardgas of waterstof) kruisen met bestaande kabels of leidingen worden steenbestortingen aangebracht. Rond de steenbestorting kan erosie optreden door veranderingen in het stroombeeld (versnelling van de stroming) en de toename van de turbulentie. Als gevolg van de erosie nabij de bestorting kan een leiding lokaal blootspoelen.

Methode

Het effect van bodemdynamiek op de technische complexiteit van de aanleg is bepaald op basis van de benodigde begraafdiepte langs de route en de eventuele aanwezigheid van kruisingen met bestaande kabels en leidingen in een dynamisch gebied in combinatie met ervaring met installatie van leidingen op zee. De volgende beoordeling is toegepast:

Tabel 3.2 Beoordelingskader aspect bodemdynamiek

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+	positief	niet van toepassing
0	neutraal	morfologische dynamiek leidt tot begraafdieptes < 2 m en/of kans op blootspoeling
-	negatief	morfologische dynamiek leidt tot begraafdieptes > 2 m en kans op blootspoeling

3.2.3 Bodemsamenstelling

De bodem van de Noordzee in het studiegebied bestaat uit zand, klei en grind. De bovenste laag is het meest recent afgezet en bestaat in het grootste deel van het studiegebied uit fijn tot middel-grof zand met een dikte van 2 m tot 10 m. Dit criterium beoordeelt de bodemsamenstelling in relatie tot de installeerbaarheid van de leidingen. De installeerbaarheid van de leiding is onder andere afhankelijk van het bodemtype waarin de leiding geïnstalleerd wordt en het type installatiemethode dat wordt toegepast. Wanneer er bijvoorbeeld stijve klei pakketten voorkomen worden andere installatiemethodes toegepast dan wanneer er sprake is van een zandige bodem.

Methode

Het effect van bodemsamenstelling op de technische complexiteit van de aanleg is bepaald aan de hand van de bodemsamenstelling en eventuele aanwezigheid van hardere substraten langs de routes in combinatie met ervaring met installatie van leidingen op zee. De volgende beoordeling is toegepast:

Tabel 3.3 Beoordelingskader aspect bodemsamenstelling

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+	positief	niet van toepassing
0	neutraal	aanleg van leiding in overwegend zandige bodem
-	negatief	aanwezigheid van harde substraten aan het oppervlakte en/of aanwezigheid van harde bodemlagen

3.2.4 Baggeren

Om een leiding op de gewenste diepte te installeren en om bepaalde locaties toegankelijk te maken voor materieel kunnen baggerwerkzaamheden noodzakelijk zijn. De complexiteit van het baggerwerk is afhankelijk van een aantal factoren: baggervolume, variëteit aan bodemsamenstelling en lokale golf- en stromingscondities.

Voor de huidige beschouwde scenario's zijn geen baggerwerkzaamheden voorzien. Daarom worden hiervoor geen effecten beoordeeld.

3.2.5 Kruisingen of parallelligging met kabels en leidingen

Bij het aanleggen van nieuwe infrastructuur op zee is het van groot belang rekening te houden met bestaande kabels en leidingen. Zowel kruisingen als parallelligging vragen om planning om schade en verstoring te voorkomen. Dit vereist een inventarisatie van de zeebodem en goede afstemming met beheerders van bestaande infrastructuur. Zo wordt een veilige en betrouwbare aanleg gegarandeerd.

Kruisingen

Op locaties waar nieuwbouwleidingen (aardgas of waterstof) kruisen met bestaande kabels of leidingen wordt een steenbestorting aangebracht (HGH2 hoofdrapport hoofdstuk 3). Het aanbrengen van een steenbestorting is een standaard operatie. Wanneer bestaande infrastructuur wordt gekruist bij beperkte waterdiepte (<LAT -10 m) neemt de complexiteit van een kruising toe. Enerzijds dient er ander materieel te worden ingezet voor het maken van de kruising, omdat de diepgang van regulier materieel te groot is, en ten tweede hebben golven en stroming bij een waterdiepte <LAT-10 m invloed op het ontwerp en de stabiliteit van de bestorting.

Parallelligging

Bundelen met bestaande infrastructuur is een belangrijk ontwerpprincipe voor nieuwbouwleidingen. Bij het bundelen van infrastructuur is het van belang om rekening te houden met onderwerpen als inductieve beïnvloeding tussen AC kabels en leidingen, voldoende ruimte voor hertracering na survey en voldoende ruimte voor eventuele herstelwerkzaamheden. Voor deze studie is aangenomen dat de onderlinge afstand met bestaande infrastructuur voldoende rekening houdt met bovenstaande.

Methode

Het effect van kruisingen op de technische complexiteit van de aanleg is bepaald op basis van de waterdiepte ten opzichte van LAT en de in beeld gebrachte kruisingen.

Tabel 3.4 Beoordelingskader aspect kruisingen met kabels en leidingen

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+	positief	niet van toepassing
0	neutraal	kruisingen met bestaande infrastructuur op waterdiepte > LAT -10 m
-	negatief	kruisingen met bestaande infrastructuur op waterdiepte < LAT -10 m

3.2.6 Kruisingen of parallelligging met overige obstakels

Voor dit aspect zijn de kruisingen en parallelligging met scheepvaartroutes in beeld gebracht. Kruisingen met of ligging in vaarwegen kunnen tijdens de aanlegfase leiden tot vertragingen, omdat er rekening dient te worden gehouden met passerende schepen en mogelijk extra eisen aan het type materieel dat kan worden ingezet. Per route is bepaald of de route in een scheepvaartgeul ligt of er een kruist, en met welke hoek deze kruising plaatsvindt.

Methode

Het effect van scheepvaartroutes op de complexiteit van de aanleg is bepaald op basis van de ligging van de routes ten opzichte van de bestaande scheepvaartroutes. Omdat in de lengterichting van scheepvaartroutes niet voorkomen wordt deze in onderstaande tabel niet benoemd. De volgende beoordeling is toegepast:

Tabel 3.5 Beoordelingskader aspect kruisingen of parallelligging met overige obstakels

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+	positief	niet van toepassing
0	neutraal	loodrechte kruising van scheepvaartroutes (>60 graden)
-	negatief	hoek van kruisen met scheepvaartroute is < 60 graden

3.3 Effectenbeschrijving en -beoordeling

In deze paragraaf is de effectbeschrijving en -beoordeling voor de aspecten tracélengte, bodemdynamiek, bodemsamenstelling, baggeren, kruisingen of parallelligging met kabels en leidingen, kruisingen of parallelligging met overige obstakels en bereikbaarheid en beschikbare ruimte gegeven.

De effecten van hergebruik van de bestaande NGT-leiding in de Waddenzee zijn in deze effectenstudie niet beschreven en beoordeeld. Een nadere toelichting hierop is opgenomen in HGH2 hoofdrapport paragraaf 1.3.

3.3.1 Tracélengte

Beschrijving

Paragraaf 1.3 presenteert een overzicht van de totale lengte van nieuwe waterstofleidingen, nieuwe aardgasleidingen en bestaande leidingen per scenario.

Beoordeling

Zoals toegelicht in paragraaf 1.2.1 wordt voor de faalkans geen beoordeling gepresenteerd. Op basis van de informatie in paragraaf 1.3 wordt het volgende geconcludeerd:

- interne faalkans van nieuwbouw waterstofleidingen is het grootste bij scenario 1 (optie 1 en optie 2);
- interne faalkans van hergebruik bestaande aardgasleidingen t.b.v. waterstoftransport is het grootste bij scenario 1 (optie 1 en optie 2);
- interne faalkans van nieuwe aardgasleidingen is het grootste bij scenario 1 (optie 1 en optie 2);
- interne faalkans van bestaande aardgasleidingen is het grootste bij scenario 2 (optie 1 en optie 2).

Let op dat de totale lengte van nieuwbouw aardgasleidingen niet vergeleken kan worden met de lengte van nieuwbouw waterstofleidingen in relatie tot interne faalkans. De faalkans is niet uniform verdeeld over de lengte en afhankelijk van bijvoorbeeld vaartroutes en de bodemdynamiek. Daarom is de faalkans niet te beoordelen en moet hiervoor een uitgebreide analyse (QRA) worden uitgevoerd.

3.3.2 Bodemdynamiek

Beschrijving

Begraafdiepte

Voor zowel de nieuwbouwleidingen als bestaande leidingen in de 3 beschouwde scenario's is vastgesteld dat de (her)begraafdiepte kleiner is dan 2 meter, en kan worden uitgevoerd met een trencher.

Blootspoelen

De kans op toekomstig onderhoud door blootspoelen van leidingen langs routes in de Noordzee en de Noordzeekustzone wordt als klein ingeschat omdat de morfologische dynamiek langs de routes over het algemeen laag is en omdat in gebieden met zandgolven de bestaande leidingen niet meer dan 2 meter begraven hoeven worden.

Beoordeling

Scenario 1

De (her)begraafdiepte van leidingen langs de routes van scenario 1 is kleiner dan 2 m en kan met een trencher worden uitgevoerd. De kans op blootspoelen van leidingen langs de routes van scenario 1 is klein omdat de morfologische dynamiek langs de routes over het algemeen laag is en omdat in gebieden met zandgolven de bestaande leidingen niet meer dan 2 m begraven hoeven worden. Omdat de begraafdiepte kleiner is dan 2 m, en de kans op blootspoelen klein is, worden de effecten van bodemdynamiek op de complexiteit van de aanleg en gebruik voor scenario 1 (zowel optie 1 als 2) als **neutraal (0)** beoordeeld.

Scenario 2

De (her)begraafdiepte van leidingen langs de routes van scenario 2 is kleiner dan 2 m en kan met een trencher worden uitgevoerd. De kans op blootspoelen van leidingen langs de routes van scenario 2 is klein omdat de morfologische dynamiek langs de routes over het algemeen laag is en omdat in gebieden met zandgolven de bestaande leidingen niet meer dan 2 m begraven hoeven worden. Omdat de begraafdiepte kleiner is dan 2 m, en de kans op blootspoelen klein is, worden de effecten van bodemdynamiek op de complexiteit van de aanleg en gebruik voor scenario 2 (zowel optie 1 als 2) als **neutraal (0)** beoordeeld.

Scenario 3

De (her)begraafdiepte van leidingen langs de routes van scenario 3 is kleiner dan 2 m en kan met een trencher worden uitgevoerd. De kans op blootspoelen van leidingen langs de routes van scenario 1 is klein omdat de morfologische dynamiek langs de routes over het algemeen laag is en omdat in gebieden met zandgolven de bestaande leidingen niet meer dan 2 m begraven hoeven worden. Omdat de begraafdiepte kleiner is dan 2 m, en de kans op blootspoelen klein is, worden de effecten van bodemdynamiek op de complexiteit van de aanleg en gebruik voor scenario 3 als **neutraal (0)** beoordeeld.

3.3.3 Bodemsamenstelling

Beschrijving

Bodemsamenstelling

De voorkomende bodemsamenstelling langs de routes in alle scenario's is overwegend zandig. Er worden langs de routes geen dikke klei of veenlagen verwacht. Lokaal kunnen er wel dunnere lagen klei of veen voorkomen. De verwachting is dat dit geen effect heeft op de installeerbaarheid of het behalen van de (her)begraafdiepte van zowel de nieuwbouwleidingen als bestaande leidingen.

Harde substraten

Routes van scenario 1 en 2 doorkruisen KRM gebied 'Borkumse Stenen'. Voor scenario 1 gaat het om zowel een nieuwbouw waterstofleiding (optie 1 en 2) als een nieuwbouw aardgasleiding (optie 2). Voor scenario 2 gaat voor zowel optie 1 als optie 2 om een nieuwbouw waterstofleiding. Waarbij de waterstofleidingen over de complete lengte worden begraven en de aardgasleiding alleen daar waar de scheepvaartroute wordt doorkruist.

Het ingraven van de leidingen met een trencher wordt mogelijk gecompliceerd door de aanwezigheid van harde structuren. De verwachting is dat de harde structuren kunnen worden vermeden, dit kan echter pas definitief bevestigd worden na het uitvoeren van de survey in een latere ontwerpfase.

Beoordeling

Scenario 1

Zowel het aanleggen en begraven van nieuwbouwleidingen als het (her)begraven van bestaande leidingen vindt plaats in een overwegend zandige bodem. Voor scenario 1 worden een nieuwbouw waterstofleiding (optie 1 en 2) en een nieuwbouw aardgasleiding (optie 2) aangelegd door het KRM gebied 'Borkumse Stenen', met mogelijk aanwezigheid harde substraten die de installeerbaarheid beïnvloeden. De effecten van bodemsamenstelling op de complexiteit van de aanleg voor scenario 1 (zowel optie 1 als optie 2) als **negatief (-)** beoordeeld.

Scenario 2

Zowel het aanleggen en begraven van nieuwbouwleidingen als het (her)begraven van bestaande leidingen vindt plaats in een overwegend zandige bodem. Wel geldt voor beiden opties in scenario 2 dat KRM gebied 'Borkumse Stenen' wordt doorkruist met een waterstofleiding, met mogelijk aanwezigheid harde substraten die de installeerbaarheid beïnvloeden. De effecten van bodemsamenstelling op de complexiteit van de aanleg voor scenario 2 (zowel optie 1 als optie 2) als **negatief (-)** beoordeeld.

Scenario 3

Zowel het aanleggen en begraven van nieuwbouwleidingen als het (her)begraven van bestaande leidingen vindt plaats in een overwegend zandige bodem. Ook doorkruisen de routes voor scenario 3 geen gebieden met harde substraten. De effecten van bodemsamenstelling op de complexiteit van de aanleg voor scenario 3 als **neutraal (0)** beoordeeld.

3.3.4 Baggeren

Beschrijving

Voor zowel de aanleg en het begraven van nieuwbouw leidingen als het (her)begraven van bestaande leidingen zijn geen baggerwerkzaamheden noodzakelijk.

Beoordeling

Er worden langs de routes van geen van de scenario's baggerwerkzaamheden voorzien. Daarom vindt geen beoordeling van effecten plaats.

3.3.5 Kruisingen of parallelligging met kabels en leidingen

Beschrijving

Het aantal kruisingen per scenario is opgenomen in tabel 3.8 in HGH2 hoofdrapport. Het aantal kruisingen bepaalt niet de complexiteit van een kruising, maar de lokale waterdiepte. Bij een waterdiepte < LAT -10 m wordt een kruising geclassificeerd als complex. Geen van de nieuwbouw leidingroutes in scenario 1, 2 of 3 kruisen infrastructuur op een diepte < LAT - 10 m.

Beoordeling

Voor alle drie de scenario's wordt de complexiteit van kruisingen met bestaande infrastructuur beoordeeld als **neutraal (0)**, omdat geen van de kruisingen plaatsvindt op een waterdiepte < LAT -10 m.

3.3.6 Kruisingen of parallelligging met overige obstakels

Beschrijving

Door de Noordzee lopen internationale scheepvaartroutes. De vaarroute Oost-Fryslân en Terschelling - Duitse Bocht lopen ten noorden van Ameland en Schiermonnikoog richting Duitsland. En de vaarroute West-Fryslân en Vlieland-Noord lopen in noordoostelijke richting. In het midden van de scheepvaartroutes ligt een separatiezone, waarmee aanvaringen tussen schepen in die in tegengestelde richting varen voorkomen wordt. De scheepvaartroutes maken deel uit van het verkeersscheidingsstelsel (VSS).

De ligging van de routes voor de verschillende scenario's ten opzichte van de scheepvaartroutes zijn gepresenteerd in het HGH2 Achtergrondrapport A hoofdstuk 7 Gebruiksfuncties op zee - Scheepvaart. De routes binnen alle drie de scenario's kruisen de vaarwegen met een hoek van > 60 graden.

Beoordeling

Voor alle drie de scenario's wordt de complexiteit van aanleg als gevolg van scheepvaart beoordeeld als **neutraal (0)**. Geen van de routes ligt in de lengte richting in een scheepvaartroute, en de routes die een scheepvaartroute kruisen doen dit onder een hoek van >60 graden, waardoor hinder zo veel mogelijk wordt beperkt.

3.4 Samenvatting effectbeoordeling

Tabel 3.6 geeft een overzicht van de effectbeoordelingen. Het aspect bodemsamenstelling wordt voor scenario 1 (optie 1 en optie 2) en scenario 2 (optie 1 en optie 2) negatief beoordeeld vanwege de mogelijke aanwezigheid harde substraten in KRM gebied 'Borkumse Stenen' die de installeerbaarheid beïnvloeden.

Tabel 3.6 Effectbeoordeling techniek (voorlopig uitsluitend Noordzee en Noordzeekustzone, effecten Waddenzee kruising NGT niet beschreven en beoordeeld; H2 N: nieuwe waterstofleiding, H2 B: bestaande waterstofleiding, AG N: nieuwe aardgasleiding, AG B: bestaande aardgasleiding)

	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3
Aspect	Optie 1	Optie 2	Optie 1	Optie 2	-
tracélengte (km)	niet te beoordelen	niet te beoordelen	niet te beoordelen	niet te beoordelen	niet te beoordelen
bodemdynamiek	0	0	0	0	0
bodemsamenstelling	-	-	-	-	0
kruisingen of parallelligging met kabels en leidingen	0	0	0	0	0

3.5 Mitigerende maatregelen

Enkel op het aspect bodemsamenstelling wordt negatief gescoord. De mogelijke mitigerende maatregel is reeds benoemd in paragraaf 1.3.3, namelijk het lokaal hertraceren van de route zodra de resultaten van de survey beschikbaar zijn.

4

KOSTEN

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de effectbeoordeling van het thema kosten opgenomen. Voor het thema kosten is gekeken naar nieuw aan te leggen leidingen, platforms en het herbegraven van bestaande aardgasleidingen in de Noordzee, Noordzeekustzone en op het vasteland. Hiermee zijn alle scenario's van belang voor de effectbeoordeling. Voor een beschrijving van de scenario's en de werkzaamheden per scenario wordt verwezen naar hoofdstuk 2.

In paragraaf 4.1.1 is in het beoordelingskader opgenomen welke aspecten en criteria zijn onderzocht. Paragraaf 4.2 licht per criterium de onderzoeksaanpak en beoordelingsmethodiek nader toe. De effectenbeschrijving en -beoordeling is opgenomen in paragraaf 4.3. De conclusies zijn opgenomen in paragraaf 4.4. Tot slot zijn leemten in kennis opgenomen in paragraaf 4.5. Voor dit thema is niet gekeken naar mitigerende maatregelen en naar monitoring.

4.1.1 Beoordelingskader

Tabel 4.1 toont het beoordelingskader voor het beoordelen van de routes. Het thema kosten is onderverdeeld in de aspecten 'inschatting investeringskosten in aanleg', oftewel de CAPEX en 'inschatting onderhoud- en verwijderingskosten', oftewel OPEX en ABEX.

Tabel 4.1 Beoordelingskader kosten

Aspect	Criterium	Methode
inschatting investeringskosten in aanleg	verschil tussen de alternatieven	kwantitatieve beoordeling op basis van kengetallen
inschatting onderhoud- en verwijderingskosten	verschil tussen de alternatieven	kwantitatieve beoordeling op basis van kengetallen

4.2 Onderzoeksaanpak aspecten

4.2.1 Inschatting investeringskosten in aanleg

Om te komen tot een 'inschatting van investeringskosten voor aanleg', is volgens een aantal stappen gewerkt. Allereerst is per scenario in beeld gebracht, welke verbindingen, platforms etc. onderdeel uitmaken van de drie scenario's. Vervolgens is per scenario onderscheid gemaakt in de materialen die hiervoor nodig zijn (leidingen, platforms, verbindingen met platforms etc.) enerzijds en de aanlegactiviteiten (aanleggen van leidingen, begraven van leidingen etc.) anderzijds. Tot slot is per type materiaal en activiteit, een stuksprijs bepaald. Deze prijzen, uitgedrukt in EUR/km of EUR/stuk, zijn gebaseerd op kengetallen die in PAWOZ gebruikt zijn, aangevuld met ervaringsgetallen uit de kostendatabase van Worley.

Deze prijskentallen zijn opgenomen in tabel 4.2. Door alle activiteiten en materialen per scenario te vermenigvuldigen met de prijskentallen, ontstaat een inschatting van investeringskosten voor aanleg per scenario.

Deze aanpak leidt per scenario tot een inschatting van de investeringskosten. Het verschil in investeringskosten is vervolgens geanalyseerd en toegelicht.

Scope investeringskosten

Materialen en activiteiten benodigd voor de ontwikkeling van de drie scenario's zijn meegenomen om te komen tot een inschatting van de investeringskosten. Hiervoor is met name gekeken naar de kosten en activiteiten gericht op nieuwbouw. Voor het hergebruik van NOGAT/NGT zijn kosten opgenomen voor het (her)begraven van de leidingen op plekken op de Noordzee nabij vaargeulen en in dynamische gebieden. Kosten die niet zijn meegenomen in de inschatting van de investeringskosten zijn bijvoorbeeld kosten om NGT/NOGAT geschikt te maken voor hergebruik (anders dan begraven van de leiding), eventuele kosten voor het overnemen van NGT/NOGAT of kosten ter compensatie voor gasderving.

In tabel 4.2 zijn de kosten per materiaal en activiteit opgenomen.

Tabel 4.2 Prijs kentallen materialen en activiteiten (bron: Worley)

Beschrijving	Type	Stukprijs	Variabele
aardgasleiding 16 inch	materiaal	400.000,00	EUR/km
aardgasleiding 18 inch	materiaal	510.000,00	EUR/km
aardgasleiding 24 inch	materiaal	860.000,00	EUR/km
H2 leiding 36 inch	materiaal	1.900.000,00	EUR/km
tie-in spool piece materials	materiaal	200.000,00	EUR/stuk
riser	materiaal	300.000,00	EUR/stuk
Pipelay 16 inch	installatie	250.000,00	EUR/km
Pipelay 18 inch	installatie	270.000,00	EUR/km
Pipelay 24 inch	installatie	300.000,00	EUR/km
Pipelay 36 inch	installatie	340.000,00	EUR/km
trenching (jetting)	installatie	175.000,00	EUR/km
Subsea Tie-in	installatie	1.500.000,00	EUR/stuk
riser connection (incl spool)	installatie	500.000,00	EUR/stuk
riser installatie	installatie	1.000.000,00	EUR/stuk
doorleggen met pipelay vessel	installatie	1.300.000,00	EUR/stuk
leiding verwijderen	installatie	80% van pipelay	EUR/km
klein riser platform fab+inst	fabricage en installatie	20.000.000,00	EUR/platform
krusing kabel verlaten (matras + protectie)	materiaal + installatie	250.000,00	EUR/krusing
krusing kabel actief (matras + protectie)	materiaal + installatie	700.000,00	EUR/krusing
krusing leiding (matras + protectie)	materiaal + installatie	1.200.000,00	EUR/krusing
aanlandingsstation en afsluiter schema's (op land)	materiaal + installatie	25.000.000,00	EUR//stuk

Algemene kosten en risico's

Naast de bovenstaande fysieke componenten is in de berekening van de investeringskosten ook rekening gehouden met algemene kosten. Deze kosten zijn specifiek voor de individuele componenten en daarom opgenomen in de kengetallen (per kilometer of per stuk). Onder deze kosten vallen onder andere projectmanagement, ontwerp en veiligheidsmaatregelen. Specifiek voor de waterstof aanlandingsstations en afsluiterlocaties zijn kosten voor grondaankopen onderdeel van het kengetal. Daarnaast is in de raming rekening gehouden met onvoorziene kosten (verwacht onvoorzien) zoals vertraging als gevolg van te verwachten weersomstandigheden en het aantal werkbare uren (seizoen afhankelijk). Er is geen aanvullende opslag opgenomen voor onvoorziene gebeurtenissen (contingency).

Onzekerheid

Zoals hierboven is toegelicht is het bepalen van de verwachte totale investeringskosten gedaan op basis van kostenkengetallen. Er is geen gebruik gemaakt van actuele prijsinformatie van leveranciers. In plaats daarvan is gebruik gemaakt van historische kentallen, geactualiseerd op basis van prijsstijgingen in de afgelopen jaren. De onzekerheid die deze benadering met zich meebrengt resulteert in een grote onzekerheidsmarge van -30 % tot +50 %. Daarbovenop is een opslag van +50 % gehanteerd vanwege volatiele marktomstandigheden (hoge prijsschommelingen). Dit komt neer op een totale onzekerheidsbandbreedte van -30 % tot +100 %.

Indexatie

In PAWOZ en in pVAWOZ zijn zowel elektrische verbindingen als waterstofverbindingen onderzocht. In deze studies is voor het bepalen van de investeringskosten met het prijspeil van 2024 en met een door TenneT opgegeven jaarlijkse indexatie van 3,44 % gewerkt. TenneT acht op basis van haar ervaring deze indexatie betrouwbaar voor de markt van kabelsystemen. Deze methode met een jaarlijkse indexatie van 3,44 % is in PAWOZ op verzoek van KGG ook door Gasunie toegepast om te komen tot totale verwachte investeringskosten voor waterstofverbindingen vanuit TNW. Op basis van deze systematiek worden de kosten weergegeven op het moment van de geplande ingebruikname van de verbinding, dus gerekend naar de toekomst toe. Deze kostensystematiek op basis van indexatie wordt door TenneT en Gasunie ook toegepast in pVAWOZ, hetgeen een kostenvergelijk van kabelsystemen en leidingen tussen de programma's mogelijk maakt. Op basis van dezelfde argumenten, is ook in deze studie een enkelvoudige indexatie van 3,44 % per jaar toegepast tot aan het jaar van ingebruikname. Uitgangspunt, is dat elk scenario rond 2033 in gebruik wordt genomen (zie hoofdstuk 5).

4.2.2 Inschatting onderhoud- en verwijderingskosten

Onderhoud- en verwijderingskosten, zijn in PAWOZ niet in beeld gebracht. In pVAWOZ zijn deze kosten als een percentage van de verwachte investeringskosten voor aanleg uitgedrukt. Om aan te sluiten op pVAWOZ, is deze aanpak ook in dit rapport gehanteerd. Zodoende bedragen de onderhoudskosten 1 % per jaar van de investeringskosten. De kosten van de daadwerkelijke verwijdering (ABEX) zijn in pVAWOZ gebaseerd op studies en marktconsultaties. Voor pijpleidingen ligt deze tussen de 30 % en 140% van de CAPEX, vanwege de lange tijdsduur van het ontgraven, doorzagen, aan boord hijsen en afvoeren van pijpleidingen. Deze bandbreedte is aangehouden voor alle onderdelen van de onderzochte scenario's.

4.3 Effectenbeschrijving en -beoordeling

In deze paragraaf is de effectbeschrijving en -beoordeling voor de aspecten inschatting investeringskosten in aanleg en inschatting onderhoud- en verwijderingskosten gegeven.

4.3.1 Inschatting investeringskosten in aanleg

Tabel 4.3 presenteert de verwachte investeringskosten voor alle drie de scenario's, inclusief jaar van ingebruikname. De totale verwachte investeringskosten zijn het hoogste voor scenario 1, optie 2. De totale verwachte investeringskosten zijn het laagste, voor scenario 2. De opties van scenario 2 liggen qua verwachte investeringskosten relatief dicht bij elkaar in buurt.

Tabel 4.3 Inschatting investeringskosten aanleg

Scenario	Optie	Jaar van IBN	Investeringskosten
1	optie 1	2033	640 miljoen EUR
1	optie 2	2033	710 miljoen EUR
2	optie 1	2033	370 miljoen EUR
2	optie 2	2033	380 miljoen EUR
3	-	2033	540 miljoen EUR

Het verschil in de getoonde investeringskosten tussen de scenario's wordt met name verklaard door het wel/niet in scope mee nemen van een verbinding naar gebied 6/7 via Uittredezone West. In scenario's 1 en 3 worden onder andere kosten gemaakt voor het ontsluiten van gebied 6/7 door een combinatie van hergebruik en nieuwbouw. Dit is niet het geval voor scenario 2; een verbinding tussen windgebied 6/7 en TNW is opgenomen in pVAWOZ. In pVAWOZ zijn vier routes onderzocht die windgebied 6/7 met een nieuwe waterstofverbinding verbinden met het demarcatiepunt bij TNW. De kosten van deze routes varieert van 544 miljoen EUR tot 772 miljoen EUR (zie bijlage E van hoofdrapport pVAWOZ (deelrapport techniek en kosten)).

Om tot een volwaardige vergelijking van investeringskosten te komen, is in onderstaande tabel een overzicht opgenomen van de totale verwachte investeringskosten voor scenario 2, inclusief kosten voor nieuwbouw op basis van pVAWOZ routes. Als deze kosten worden vergeleken met de verwachte investeringskosten voor scenario 1 en 3, dan valt op dat scenario 2 juist duurder is dan scenario's 1 en 3.

Tabel 4.4 Inschatting investeringskosten aanleg scenario 2 inclusief kosten voor nieuwbouwverbinding uit pVAWOZ tussen zoekgebied 6/7 en TNW

Scenario	Optie	Jaar van IBN	Investeringskosten
2	optie 1	2033	910 tot 1.140 miljoen EUR
2	optie 2	2033	920 tot 1.150 miljoen EUR

Scenario 1 is circa 16 tot 24 % duurder dan scenario 3. Het verschil in kosten tussen scenario's 1 en 3 wordt met name verklaard door:

- de lengte van de NGT ten opzichte van de NOGAT leiding en daarmee het verschil in afstand waarover de leidingen moeten worden herbegraven. De NGT leiding (scenario 1) is langer dan NOGAT leiding (scenario 3);
- het aantal nieuwbouw aardgasleidingen en de lengte van deze nieuwbouwleidingen. Het aantal kilometer nieuwbouw gasleidingen is groter in scenario 1 dan in scenario 3;
- kosten van infrastructuur op land. Infrastructuur op land is scenario 1 opgenomen en geraamd. Dit is niet het geval voor scenario 3.

4.3.2 Inschatting onderhoud- en verwijderingskosten

Onderhouds- en verwijderingskosten van de verschillende scenario's zijn geschat aan de hand van de investeringskosten uit tabel 4.3. Omdat met vaste percentages is gewerkt, voor onderhoudskosten 1 % van de investeringskosten per jaar en 30 % tot 140 % van de investeringskosten voor verwijderingskosten, gelden hier dezelfde conclusies als voor de inschatting van de investeringskosten (paragraaf hierboven).

4.4 Samenvatting effectbeschouwing

4.4.1 Inschatting investeringskosten in aanleg

Op basis van de activiteiten en materialen die onderdeel zijn van de scenario's, zijn de investeringskosten het hoogste voor scenario 1 en het laagste voor scenario 2. Als in scenario 2 voor het ontsluiten van zoekgebied 6/7 materialen en activiteiten worden opgenomen uit pVAWOZ, dan stijgen de kosten van scenario 2 waardoor dit scenario het duurste scenario wordt. In deze situatie, waarin in alle ramingen zowel TNW en zoekgebied 6/7 worden ontsloten, is scenario 3 het goedkoopste scenario.

Het verschil in kosten tussen de scenario's wordt met name verklaard door het verschil in hoeveelheid nieuwe infrastructuur dat moet worden aangeschaft en geïnstalleerd en het verschil in lengte bestaande infrastructuur dat moet worden herbegraven.

4.4.2 Inschatting onderhoud- en verwijderingskosten

De conclusies uit de paragraaf hierboven (4.4.1) gelden ook voor deze paragraaf.

4.5 Leemten in kennis

Zoals omschreven in paragraaf 4.2.1 zijn er geen kostengetallen beschikbaar van opgeleverde waterstofinfrastructuur op zee. Daarom is door Gasunie in pVAWOZ en PAWOZ gewerkt met kostenkentallen op basis van uitgevoerde studies. In aanvulling op deze kostenkentallen, is in deze aanvulling op pVAWOZ en PAWOZ gebruik gemaakt van kostenkentallen uit de kostendatabase van Worley.. Verder is het onbekend, hoe kosten zich richting de toekomst zullen ontwikkelen. Hiervoor is gecorrigeerd door middel van een enkelvoudige indexatie toe te passen. Tot slot is niet bekend welke werkzaamheden benodigd zijn om NGT/NOGAT geschikt te maken voor transport van waterstof en wat de kosten bedragen voor het overnemen van deze leidingen, inclusief eventuele kosten ter compensatie van gasderving. Daarom zijn deze kosten niet meegenomen.

Vanwege deze onzekerheden omtrent kostengetallen en leemten in kennis, dienen de resultaten in dit hoofdstuk als een schatting van de kosten te worden geïnterpreteerd. De resultaten in dit hoofdstuk kunnen worden gevalideerd en waar nodig aangepast zodra ervaring is opgedaan met de aanleg van waterstofinfrastructuur op zee.

5

TOEKOMSTVASTHEID EN TIJD

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de effectbeoordeling van het thema toekomstvastheid en tijd opgenomen. Voor dit thema is gekeken naar de timing van de ontwikkeling van de windparken, de transportcapaciteit van de scenario's en nieuw aan te leggen leidingen, platforms en bestaande aardgasleidingen in de Noordzee, Noordzeekustzone en op het vasteland en naar de werkzaamheden bedoeld voor hergebruik van NOGAT- en NGT-leidingen. Voor een beschrijving van de scenario's en de werkzaamheden per scenario wordt verwezen naar HGH2 hoofdrapport hoofdstuk 3.

In paragraaf 5.1.1 is in het beoordelingskader opgenomen welke aspecten en criteria zijn onderzocht. Paragraaf 5.2 licht per criterium de onderzoeksaanpak en beoordelingsmethodiek nader toe. De effectenbeschrijving en -beoordeling is opgenomen in paragraaf 5.3. De belangrijkste conclusies zijn opgenomen in paragraaf 5.4. Tot slot is in 5.5 toegelicht welke kennisleemtes er zijn en hoe deze kennisleemtes de resultaten en conclusies beïnvloeden.

5.1.1 Beoordelingskader

Tabel 5.1 toont het beoordelingskader voor het beoordelen van de routes.

Tabel 5.1 Beoordelingskader toekomstvastheid en tijd

Aspect	Criterium	Methode
Toekomstvastheid vanuit energiesysteem	robuustheid energiesysteem	kwalitatief, gebaseerd op uitkomsten thema systeemintegratie
Technische uitvoerbaarheid	doorlooptijd	kwalitatieve effectbeschrijving op basis van expert judgement.
Tijd	volgorde van plaatsen van verbindingen	kwalitatief, op basis van uitkomsten van andere thema's en inschatting van de netbeheerders en regio's.
Ruimte om toekomstig te verwachten kabels en leidingen in hetzelfde tracé te ontwikkelen	onzekerheid fasering windenergiegebieden	kwalitatief gebaseerd op de meest recente kennis over de fasering
	kansen voor extra kabels en/of een leiding vanuit milieuperspectief	kwalitatief bureauonderzoek op basis van expert judgement en gis-analyse
	kansen voor extra kabels en/of een leiding vanuit techniekperspectief	kwalitatief bureauonderzoek op basis van expert judgement en gis-analyse
	kansen voor extra kabels en/of een leiding vanuit overige (ruimtelijke) ontwikkelingen	kwalitatief bureauonderzoek op basis van expert judgement en gis-analyse

5.2 Onderzoeksaanpak aspecten

5.2.1 Toekomstvastheid vanuit energiesysteem

In deze aanvulling op pVAWOZ en PAWOZ worden drie scenario's onderzocht. Deze scenario's dienen voldoende robuust te zijn om waterstof te kunnen transporteren die in de toekomst mogelijk op zee wordt geproduceerd. Om te bepalen of een scenario robuust is, is gekeken naar de hoeveelheid waterstof die op zee mogelijk wordt opgewekt en het transportvermogen van de leidingen. Deze twee componenten zijn vervolgens met elkaar vergeleken.

Elektrolyse capaciteit bij TNW en windzoekgebieden 6 en 7

De drie scenario's die worden onderzocht, zijn gericht op het ontsluiten van windzoekgebieden 6 en 7 en windpark TNW. Windpark TNW is aangewezen als demonstratiepilot (Demo 2) met een beoogde elektrolyse capaciteit van 500 MW (e). De beoogde ingebruiknamedatum ligt rond 2033. Daarnaast wordt met de scenario's die zijn ontwikkeld, aangesloten op windzoekgebieden 6 en 7. In deze zoekgebieden worden mogelijk in de toekomst windparken en elektrolyse op zee ontwikkeld in de periode 2031 - 2040.

Windzoekgebieden 6 en 7 zijn aanzienlijk groter dan het gebied waarin windpark TNW wordt ontwikkeld. Hoe groot de potentie is van deze zoekgebieden, moet blijken uit de partiële herziening Programma Noordzee en daaropvolgende gebiedsuitwerking. In de partiële herziening, wordt onderzocht met welke gebieden 23-26 GW(e) aan opgesteld vermogen windenergie op zee tussen 2031 en 2040 kan worden gerealiseerd. Naast Windzoekgebied 6 en 7, wordt gekeken naar gebieden die al eerder zijn aangewezen maar nog niet geheel zijn ingevuld in de huidige routekaart. Het gaat dan om Doordewind (west) en/of Nederwiek (noord). Gebied Lageland wordt gezien als terugvaloptie. Op basis van deze scope van de Partiële Herziening, kan worden gesteld dat in windgebieden 6 en 7 vooralsnog maximaal 26 GW (e) zal worden ontwikkeld. Dit is dus een bovengrens op basis van beleidsdoelstellingen uit de partiële herziening van programma Noordzee. In het Windenergie Infrastructuurplan (WIN) zijn de doelen naar omlaag bijgesteld. In de oplegger bij dit document is aangegeven wat de consequenties zijn van de bijgestelde doelen.

Op dit moment is nog niet duidelijk of in gebieden 6 en 7 in de toekomst waterstofproductie op zee zal plaatsvinden en hoe groot elektrolyse capaciteit daar in 2040 zal zijn. Dit hangt af van de omvang van windparken in deze gebieden, de haalbaarheid en kostprijsontwikkeling. Gasunie gaat in haar studie voor deze gebieden uit van een geïnstalleerd vermogen wind op zee van 24 GW (e) (bron: *HyONE: Scenarios for the design of an offshore hydrogen network (2023)*). De productie van waterstof op zee hangt af van projecten zoals Demo 1 en Demo 2 en toekomstige beleidskeuzes omtrent wind op zee en systeemintegratie. Er zijn ambitieuze doelen gesteld voor de ontwikkeling van wind op zee en elektrolyse wordt gezien als een belangrijke bouwsteen voor de integratie hiervan in het energiesysteem. Als windgebieden 6 en 7 de eerstvolgende stap zijn voor de ontwikkeling van offshore waterstofproductie na de pilot in TNW (Demo 2), dan wordt gedacht aan een hybride aansluiting (elektrisch en waterstof) van de windparken, met offshore elektrolyse tot maximaal de helft van het windvermogen. In de HyONE studie van Gasunie, wordt in het hoog-scenario (Highoff) 12 GW(e) elektrolyse capaciteit in gebied 6 en 7 aangenomen voor 2050.

Deze 12 GW(e) elektrolysecapaciteit vormt de bovengrens voor windzoekgebied 6 en 7 in 2040. Daarmee ligt de bovengrens voor de scenario's uit deze studie op 12,5 GW(e) (inclusief Demo 2, 0,5 GW(e)). Door onder andere tegenvallende kostprijs- en vraagontwikkeling van groene waterstof, is het onzeker of deze hoeveelheid offshore elektrolyse optimaal is voor het energiesysteem. Het is goed mogelijk, dat het vermogen offshore elektrolyse in deze gebieden 2040 lager uitvalt.

Transportcapaciteit NOGAT en NGT

De NGT- en NOGAT-leiding hebben elk een diameter van 36 inch. Het transportvermogen is vervolgens afhankelijk van de druk (bar) die wordt toegepast voor het transport van waterstof. Of deze leidingen daadwerkelijk geschikt zijn voor het transport van waterstof, moet echter nog worden bepaald. Op basis van een onderzoek van TNO, is de transportcapaciteit circa 70 PJ per jaar (~2,2 GW) tot circa 320 PJ per jaar (~10,5 GW) bij een druk van 20 tot 100 bar (bron:

In het HGH2-onderzoek is specifiek gekeken naar de transportcapaciteit van de NOGAT- en NGT- leiding. Daarbij is dezelfde bandbreedte gevonden als eerder door TNO is vastgesteld.

Uitgangspunten bepalen toekomstvastheid

Om te beoordelen of de drie scenario's voldoende toekomstvast zijn, zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- windzoekgebieden 6 en 7 hebben een maximaal vermogen van 24 tot 26 GW(e);
- elektrolysecapaciteit in windparken 6 en 7 is maximaal 50 % van dit vermogen, namelijk 12 GW(e). Dit komt overeen met het Hoog-scenario (Highoff) van Gasunie uit het HyONE rapport;
- rendement van elektrolyse op zee ligt tussen 68 % (studie DNV) en 81% (verwacht in 2030) tot 90 % (verwacht in 2050) (HyONE Gasunie) op basis van bovenwaarde (Higher Heating Value, HHV);
- de diameter van zowel de NGT- als de NOGAT-leiding is 36 inch;
- het drukregime dat kan worden toegepast, is onder andere afhankelijk van de integriteit van de leidingen. Informatie over de integriteit van de leidingen is niet bekend. Daarom wordt de transportcapaciteit onder meerdere drukregimes verkend;
- de focus ligt op transport van waterstof, geproduceerd in Demo 2 bij TNW en gebied 6/7. Er is niet gekeken naar andere bronnen van waterstofproductie.

5.2.2 Technische uitvoerbaarheid

Om de technische uitvoerbaarheid van de drie scenario's te beoordelen, is per scenario een aanlegplanning opgesteld. Vervolgens is beoordeeld of de doorlooptijd van de scenario's ten opzichte van elkaar variëren en wat deze variatie verklaard. Voor het opstellen van de aanlegplanningen, zijn de indicatieve doorlooptijden per activiteit uit tabel 5.2 gehanteerd.

Tabel 5.2 Uitgangspunten doorlooptijd activiteiten

Activiteit	type	tijdsduur (km/dag)	tijdsduur (dagen per activiteit)
Pipelay	36 inch (waterstof)	1,7	-
Pipelay	16 inch (aardgas)	2,8	-
Pipelay	18 inch (aardgas)	2,7	-
Pipelay	24 inch (aardgas)	2,4	-
trenching	36 inch (waterstof)	2	-
verwijderen leiding	16 inch (aardgas)	2,2	-
verwijderen leiding	36 inch (aardgas)	1,4	-
subsea tie-in	-	-	9
riser connectie	-	-	3
riser installatie	-	-	6
leiding ontgraven, oppakken en prepareren	-	-	6
kruisingen			0,5 per kruising
platform plaatsen			10

De plannings die zijn opgesteld, betreffen plannings voor de projectactiviteiten (ontwerp, inkoop en aanleg). Hiervoor is gebruik gemaakt van offshore ervaringsgetallen. Vanwege de grote onzekerheid m.b.t. de tijdsduur van offshore activiteiten vanwege seizoensafhankelijke weersinvloeden etc. dient deze tijdsplanning ter vergelijking van afzonderlijke scenario's.

5.2.3 Tijd

Volgorde van plaatsen van verbindingen

Onder het aspect technische uitvoerbaarheid, is de totale doorlooptijd van een scenario in beeld gebracht. Voor het aspect 'Volgorde van plaatsen van verbindingen' is vervolgens beoordeeld of het zinvol is om in de planning rekening te houden met de volgorde van het plaatsen van installaties en verbindingen binnen de scenario's. Ook is in beeld gebracht hoe de ingebruikname data per scenario zich verhouden tot de beoogde ingebruikname datum van het waterstofnetwerk op land in Noord-Holland en in Groningen. Voor de vergelijking met de ontwikkeling van het waterstofnetwerk op land, is gekeken naar het beoogde uitrolplan van Hynetwork (dochter van Gasunie) dat dit voorjaar in concept ter consultatie lag (bron: [hynetwork](#)).

Onzekerheid fasering van windenergiegebieden

Voor dit aspect, is de beoogde ingebruiknamedatum van windpark TNW en Demo 2 en de beoogde ingebruiknamedatum van een windpark in gebieden 6 en 7 in beeld gebracht. Deze data zijn vervolgens vergeleken met de doorlooptijden voor de ontwikkeling van de drie scenario's die in deze effectstudie zijn onderzocht.

5.2.4 Ruimte om toekomstig te verwachten kabels en leidingen in hetzelfde tracé te ontwikkelen

Het uitgangspunt, is dat toekomstige kabels en leidingen, gebruik maken van de routes en corridors die binnen pVAWOZ en PAWOZ zijn onderzocht. Daarom is dit aspect in deze studie niet verder uitgewerkt.

5.3 Effectenbeschrijving en -beoordeling

In deze paragraaf is de effectbeschrijving en -beoordeling voor de aspecten toekomstvastheid vanuit energiesysteem, technische uitvoerbaarheid, tijd en ruimte om toekomstig te verwachten kabels en leidingen in hetzelfde tracé te ontwikkelen gegeven.

5.3.1 Toekomstvastheid vanuit energiesysteem

De NOGAT- en de NGT-leiding dienen voldoende robuust te zijn om waterstof te kunnen transporteren die in de toekomst mogelijk op zee wordt ontwikkeld. Om te bepalen of een scenario robuust is, is gekeken naar de hoeveelheid waterstof die op zee in de toekomst mogelijk wordt opgewekt en het transportvermogen van de leidingen. Deze twee componenten zijn vervolgens met elkaar vergeleken.

Toekomstig vermogen waterstofproductie en transportcapaciteit NOGAT en NGT

De totale capaciteit van elektrolyse op zee op basis van Demo 2 en de uitgangspunten omtrent elektrolyse in windzoekgebieden 6 en 7, bedraagt 0,5 GW tot 12,5 GW (e). Op basis van een conversierendement van 68 % tot 81 % (hhv), is de benodigde transportcapaciteit voor het transporteren van de geproduceerde waterstof via NGT- of de NOGAT-leiding 0,34 GW ($0,68 \cdot 0,5$) tot 10,1 GW ($0,81 \cdot 12,5$) (H₂).

NGT en NOGAT zijn allebei 36 inch leidingen en voor beide leidingen geldt dat de integriteit en zodoende het toegestane drukregime onbekend is. Op dit punt zijn de drie scenario's niet onderscheidend voor het aspect toekomstvastheid vanuit energiesysteem. Of de drie scenario's voldoende robuust zijn voor toekomstig transport van waterstof, is afhankelijk van de ontwikkeling van elektrolyse in gebied 6 en 7, het conversierendement dat kan worden behaald met elektrolyse en het drukregime voor waterstoftransport via

NGT (scenario 1 en 2) en NOGAT (scenario 3). Hieronder is voor verschillende drukregimes de transportcapaciteit van NOGAT en NGT verkend en vergeleken met toekomstige waterstofproductie.

Verkenning toekomstvastheid onder verschillende drukregimes

De integriteit van de NGT- en NOGAT-leiding is niet bekend. Om te bepalen of de scenario's waarin NGT of NOGAT worden ingezet voor transport van waterstof voldoende toekomstvast zijn, is hieronder de transportcapaciteit van de leidingen onder verschillende drukregimes verkend. Er is gekeken naar transportcapaciteit bij 40 bar, 66 bar, 80 bar en 100 bar. Ook is kort toegelicht waarom naar deze drukregimes is gekeken. Zodra de integriteit van de leidingen bekend is, kan worden bepaald welk drukregime wordt toegepast en wordt meer bekend over de transportcapaciteit en daarmee de toekomstvastheid van de scenario's.

Zoals te zien in tabel 5.3 neemt de transportcapaciteit af bij lagere drukregimes. Bij een druk van 40 bar is de capaciteit voldoende voor transport van waterstof uit Demo 2 en kan 5-6 GW(e) elektrolysecapaciteit in gebied 6/7 worden ontsloten. Een druk van 66 bar, het regime van het Waterstofnetwerk Nederland, biedt een capaciteit van 7 GW(H₂) en kan tot 10 GW(e) elektrolysecapaciteit ontsluiten. Een druk van 80 bar biedt mogelijkheid voor 7,5 tot 11 GW(e) elektrolysecapaciteit; dit is ook het huidige werkdrukniveau van NGT (Bron: [Noord gas transport](#)). Een druk van 100 bar biedt capaciteit voor alle toekomstscenario's. Hierbij is van belang dat de maximale druk niet gelijk is aan de afleverdruk; door drukval in de leiding is de afleverdruk lager dan de druk na de compressor. Dit is van belang om te bepalen of er compressie bij het afleverpunt nodig is en hoe groot de compressor moet zijn.

Tabel 5.3 Transportcapaciteit van de NGT- en NOGAT-leidingen onder verschillende drukregimes op basis van studies van TNO en DNV (zie paragraaf 5.2.1)

Drukregime (bar)	Transportcapaciteit (GW H ₂)	Toelichting
40	4,5	Voldoende voor Demo 2; ontsluit 5-6 GW(e) elektrolysecapaciteit voor gebied 6 en 7 bij conversierendement van 68 % tot 81 %
66	7	Sluit aan op Waterstofnetwerk Nederland (66,2 bar); onvoldoende voor hoogste toekomstscenario, maar kan tot 10 GW(e) elektrolysecapaciteit ontwikkelen in gebieden 6 en 7
80	9	Ontsluit 7,5 tot 11 GW(e) elektrolysecapaciteit in gebieden 6 en 7 bij conversierendement van 68 % en 81 %; huidige werkdruk van NGT
100	11	Voldoende voor alle toekomstscenario's; drukregime voor nieuwbouw HyOne project

5.3.2 Technische uitvoerbaarheid

Voor elk van de scenario's, is een aanlegplanning opgesteld op basis van de activiteiten uit HGH2 hoofdrapport hoofdstuk 3 en de uitgangspunten omtrent doorlooptijd uit paragraaf 5.2.2. De verwachting is dat de vervolgpprocedure (mogelijk projectprocedure) kan starten in 2026, de eerste activiteiten in de aanlegplanning starten in 2028 (uitvoeren van surveys).

Op basis van de aanlegplanningen, is voor alle scenario's ingebruikname in Q4 2032/Q1 2033 voorzien. Op hoofdlijnen, zijn de volgende doorlooptijden gehanteerd:

- projectprocedure van circa 5 jaar, inclusief:
 - o vergunningverlening: 22 maanden;
 - o FEED: 15 maanden;
- uitvoering: 32 tot 35 maanden waarvan circa 12 maanden installatie op zee.

In deze aanlegplanning is geen rekening gehouden met risico's op uitloop door bijvoorbeeld beroep- en bezwarentermijnen, uitblijven van een besluit van de minister van KGG en andere risico's die de aanleg kunnen vertragen.

Zo heeft bijvoorbeeld het kabinet in juni 2025 besloten om de ontwikkeling van de demonstratieprojecten voor drie maanden te pauzeren. Dit is niet opgenomen in de opgestelde aanlegplanning. In de Klimaat- en Energienota 2025 neemt het kabinet een besluit over de voortgang van de demonstratieprojecten en het ontwikkelpad van waterstofproductie op zee. Daarnaast kan met name gedurende de uitvoering vanwege weer en mechanische defecten het werk uitlopen. Dit is een aspect dat bij seizoensgebonden offshore installatie een grote rol kan spelen. Als dergelijke vertragingen optreden kan de doorlooptijd uitlopen.

5.3.3 Tijd

Volgorde van plaatsen van verbindingen

Op basis van de doorlooptijd van elk scenario, kunnen de drie scenario's elk medio 2033 worden opgeleverd (zie paragraaf 5.3.2). Het Waterstofnetwerk Nederland dient op tijd gereed te zijn, zodat het offshore netwerk hierop kan aansluiten.

Het Waterstofnetwerk Nederland wordt gefaseerd opgeleverd en de ontwikkeling van het Waterstofnetwerk Nederland in Noord-Nederland behoort tot fase 2. Deze fase wordt in of net voor 2030 opgeleverd (zie afbeelding 5.1). Op basis van het uitrolplan van HyNetwork en de aanlegplanning voor het offshore netwerk is het Waterstofnetwerk Nederland in Noord-Nederland op tijd gereed voor transport van waterstof via NGT (scenario 1 of 2) naar Noord-Nederland.

Afbeelding 5.1 Fase 2 uitrolplan Waterstofnetwerk Nederland (<https://www.hynetwork.nl/kennisbank/artikel/consultatie-voorstel-aanpassing-uitrolplan>)



In het uitrolplan van HyNetwork is de ontwikkeling van het Waterstofnetwerk Nederland in Noord-Holland voorzien in fase 4. Onderdeel van het Waterstofnetwerk Nederland in Noord-Holland is een verbinding van Den Helder naar Beverwijk en een route vanaf het industriecluster in Groningen via het IJsselmeer naar Noord-Holland, de IJsselmeerroute. De ingebruikname datum voor deze fase is op basis van het 'conceptvoorstel aanpassing uitrolplan' (2024) nog niet bekend (zie afbeelding 5.2). Wel is bekend dat deze datum na 2033 ligt. Als de aanlegplanning uit paragraaf 5.3.2 wordt gevolgd, loopt de ontwikkeling van het offshore netwerk voor op de ingebruikname van het Waterstofnetwerk Nederland in Noord-Holland.

Zoals onder het aspect technische uitvoerbaarheid is toegelicht, is het uitrolpad van waterstof op zee nog onduidelijk waardoor de realisatiedatum van de scenario's mogelijk uitloopt. Het goed op elkaar aansluiten van het offshore en onshore deel van het waterstofnetwerk in tijd behoeft aandacht.

Afbeelding 5.2 Fase 4 uitrolplan Waterstofnetwerk Nederland (<https://www.hynetwork.nl/kennisbank/artikel/consultatie-voorstel-aanpassing-uitrolplan>)



Onzekerheid fasering van windenergiegebieden

De beoogde ingebruiknamedatum van windpark TNW en Demo 2 is 2033. Windzoekgebieden 6 en 7 zijn nog niet officieel aangewezen, maar vormen onderdeel van de partiële herziening Programma Noordzee. Ook zijn in pVAWOZ routes voor nieuwbouw onderzocht vanaf deze zoekgebieden naar land, met het oog op aanlanding van wind op zee in de periode 2031-2040. De ingebruikname data van deze verbindingen, is op basis van het hoofdrapport IEA van pVAWOZ niet bekend. Ook is de ingebruiknamedatum van eventuele windparken en elektrolyse in windzoekgebieden 6 en 7 onbekend.

Alle drie de scenario's die in deze effectenanalyse zijn onderzocht, kunnen op tijd worden gerealiseerd om Demo 2 bij TNW te ontsluiten door middel van hergebruik via de NOGAT- of NGT-leiding. In scenario 1 en 2 kan TNW door middel van de NGT-leiding vervolgens worden aangesloten op het Waterstofnetwerk Nederland in Groningen. Zoals hierboven is toegelicht, is het Waterstofnetwerk Nederland in Noord-Holland op basis van de huidige planning van Hynetwork mogelijk niet op tijd gereed om waterstof geproduceerd bij Demo 2 via de NOGAT leiding in scenario 3 in te voeden in het Waterstofnetwerk Nederland.

5.3.4 Ruimte om toekomstig te verwachten kabels en leidingen in hetzelfde tracé te ontwikkelen

In deze aanvulling op pVAWOZ en PAWOZ zijn enkel scenario's gericht op hergebruik onderzocht. In pVAWOZ en PAWOZ zijn routes en het maximaal aantal kabels en leidingen per route onderzocht.

5.4 Samenvatting effectbeschouwing

5.4.1 Toekomstvastheid vanuit energiesysteem

Op het moment van schrijven ontbreekt informatie over de integriteit en daarmee het toegestane drukregime van de NOGAT en de NGT leidingen. Ook is het onbekend of en hoeveel elektrolysecapaciteit in zoekgebied 6/7 zal worden geïnstalleerd (vermogen) en hoe deze elektrolysecapaciteit zal worden ingezet (productie). Om toch te beoordelen of de onderzochte scenario's voldoende toekomstvast zijn, is zowel voor de elektrolyse capaciteit als voor het toegestane drukregime van de onderzochte leidingen gewerkt met bandbreedtes.

Op basis van de effectenanalyse kan worden geconcludeerd dat de scenario's in ieder geval voldoende transportcapaciteit hebben voor transport van waterstof uit Demo 2. Bij een drukregime van 100 bar, zijn de scenario's voldoende toekomstvast voor transport van waterstof uit Demo 2 en zoekgebied 6/7 op basis van het Hoog-scenario (Highoff) van Gasunie uit het HyONE rapport (12 GW(e) in gebied 6/7). Ook bij lagere drukregimes dan 100 bar kan met alle drie de scenario's een significant vermogen elektrolysecapaciteit in zoekgebied 6/7 worden ontsloten. Zodoende kan worden geconcludeerd dat de drie scenario's niet gegarandeerd toekomstvast zijn op basis van het Hoog-scenario van Gasunie maar dat wel bij voor de offshore sector gangbare drukregimes, bijvoorbeeld 66 tot 80 bar, significante vermogens elektrolysecapaciteit kunnen worden ontsloten. Bij hogere drukregimes geldt dat de technische integriteit van de leidingen cruciaal wordt, hier is onvoldoende informatie over beschikbaar. Als het vermogen offshore waterstofproductie in zoekgebied 6/7 lager uitvalt dan aangenomen in hoog-scenario van Gasunie, dan bieden NOGAT of NGT bij dergelijke drukregimes al snel voldoende transportcapaciteit in 2040.

5.4.2 Technische uitvoerbaarheid

De drie scenario's kennen een ingebruiknamedatum van Q4 2032/Q1 2033. Daarmee is de doorlooptijd van de scenario's niet onderscheidend. Dit komt doordat in alle drie de scenario's dezelfde kritieke activiteiten voorkomen zoals FEED (de ontwerpfase die voorafgaat aan de daadwerkelijke uitvoering), productie van de leidingen en testen van platforms. De doorlooptijd van deze activiteiten zijn voornamelijk bepalend voor de totale doorlooptijd van de scenario's. Activiteiten die per scenario variëren, zoals de totale afstand nieuwbouwleidingen of het aantal risers dat moet worden geïnstalleerd, zijn in mindere mate/niet bepalend voor de ingebruikname datum van de scenario's.

5.4.3 Tijd

Volgorde van plaatsen van verbindingen

Op basis van de aanlegplanning van de drie scenario's en het uitrolplan van het Waterstofnetwerk Nederland, kan worden geconcludeerd dat de scenario's die in Noord-Nederland op het Waterstofnetwerk Nederland aansluiten, qua doorlooptijd aansluiten op het beoogde uitrolplan van de Waterstofnetwerk Nederland. Daarmee faciliteert de ontwikkeling van het Waterstofnetwerk Nederland in Noord-Nederland ingebruikname van scenario's 1 en 2 rond 2033.

Het Waterstofnetwerk Nederland in Noord-Holland is op basis van het 'conceptvoorstel aanpassing uitrolplan' nu niet gereed in 2033. Hierdoor lijkt ingebruikname van scenario 3 in 2033 niet mogelijk. Vanwege het pauzeren van de uitrol van waterstof op zee kan deze situatie nog veranderen. Op basis van het 'conceptvoorstel aanpassing uitrolplan' is het onduidelijk wanneer de Waterstofnetwerk Nederland wel gereed is in Noord-Holland. Scenario 3 is technisch niet uitvoerbaar indien bij ingebruikname van scenario 3 in 2033 waterstoftransportcapaciteit op land in Noord-Holland ontbreekt. Daarnaast geldt dat voor hergebruik van bestaande leidingen de huidige gasproductie moet worden verlegd. Dit vereist commerciële en technische afspraken met de producenten en aanvullende werkzaamheden voordat hergebruik mogelijk is. Dit introduceert extra risico's en kan leiden tot vertraging van het hergebruik. Aanvullend onderzoek is nodig om te bepalen hoe ingebruikname van scenario 3 en de ontwikkeling van het Waterstofnetwerk Nederland in Noord-Holland op elkaar kunnen worden afgestemd.

Onzekerheid fasering van windenergiegebieden

Op basis van de aanlegplanningen die zijn geanalyseerd onder het aspect technische uitvoerbaarheid, zijn alle drie de scenario's die in deze effectenanalyse zijn onderzocht op tijd gereed voor het ontsluiten van TNW. Het is nog niet bekend, of en wanneer windparken en elektrolysecapaciteit in zoekgebied 6/7 worden gerealiseerd. Deze ontwikkelingen liggen waarschijnlijk in de periode 2031-2040. Gezien de ingebruiknamedatum van de drie scenario's in 2033, kan worden geconcludeerd dat de scenario's op tijd worden opgeleverd indien elektrolyse capaciteit in zoekgebied 6/7 niet voor 2033 wordt gerealiseerd. Kanttekening hierbij is dat het Waterstofnetwerk Nederland in Noord-Holland mogelijk na 2033 wordt opgeleverd. Hierdoor zal ontsluiting van Demo 2 en gebieden 6/7 via NOGAT in scenario 3 mogelijk later in de tijd liggen dan via scenario 1 en 2.

5.4.4 Ruimte om toekomstig te verwachten kabels en leidingen in hetzelfde tracé te ontwikkelen

Zie de hoofdrapporten van pVAWOZ en PAWOZ.

5.5 Leemten in kennis

Zoals in dit hoofdstuk is omschreven, is de integriteit van de NOGAT en NGT niet bekend. Daardoor is het niet bekend, welke transportcapaciteit de leidingen hebben. Daarom is onder het aspect 'toekomstvastheid vanuit het energiesysteem' de transportcapaciteit van de leidingen onder verschillende drukregimes verkend. Het is waarschijnlijk, dat de transportcapaciteit van de leidingen binnen de brandbreedte valt die in deze effectenanalyse is verkend, hoewel hierover nog geen conclusie getrokken kan worden.

Ook is nog niet bekend wanneer windparken worden ontwikkeld in zoekgebied 6/7 en of en hoeveel elektrolyse capaciteit wordt gerealiseerd. Daarom is voor de planning van de ontwikkeling van windparken in zoekgebied 6/7 uitgegaan van de partiële herziening Programma Noordzee. Voor het bepalen van elektrolyse capaciteit in dit zoekgebied is gewerkt met uitgangspunten die zij afgestemd op het HyONE rapport van Gasunie.

Tot slot is onder het aspect 'technische uitvoerbaarheid' voor alle drie de scenario's een planning opgesteld op basis van projectactiviteiten zoals ontwerp, inkoop en aanleg. In deze planningen is geen rekening gehouden met risico's die de planning kunnen beïnvloeden.

6

CIRCULARITEIT

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de IEA-effectbeoordeling van het thema circulariteit opgenomen. Het wettelijk kader en beleidskader in de *Notitie Circulariteit voor PAWOZ* (Notitie Circulariteit) dient als uitgangspunt voor dit rapport. Dit wordt, waar mogelijk, aangevuld met informatie uit pVAWOZ.

In paragraaf 6.1.1 is voor het wettelijke en beleidskader voor circulariteit weergegeven. In paragraaf 6.1.2 is het beoordelingskader opgenomen welke aspecten en criteria zijn onderzocht. Paragraaf 6.1.3 licht per criterium de onderzoeks aanpak en beoordelingsmethode nader toe. De effectenbeschrijving en -beoordeling is opgenomen in paragraaf 6.3. De conclusies en aanbevelingen opgenomen in paragraaf 6.4. Paragraaf 6.5 belicht maatregelen voor meer circulariteit.

In de (concept)-Notitie Reikwijdte en Detailniveau (concept-NRD) voor pVAWOZ wordt circulariteit niet genoemd. Vanuit circulair oogpunt is het hergebruiken van aardgasleidingen voor waterstoftransport een belangrijke overweging. In de NRD voor PAWOZ is circulariteit niet in het beoordelingskader opgenomen. De NRD geeft aan dat circulariteit een belangrijke thema vormt met het oog op de overkoepelende thema's zoals klimaatverandering, energietransitie en de transitie naar andere grondstoffen. De NRD vermeld verder dat in circulariteit in het MER op een kwalitatieve manier in beeld gebracht wordt.

In de Notitie Circulariteit zijn diverse circulaire aspecten belicht. Hergebruik van bestaande gasleidingen heeft in principe de voorkeur boven nieuwbouw. Dit sluit aan bij de bredere doelstellingen van een circulaire economie: het maximaliseren van hergebruik en het minimaliseren van afval en verspilling. Hergebruik draagt verder bij aan het verminderen van de druk op natuurlijke hulpbronnen en de milieu-impact, wat cruciaal is in een wereld met eindige hoeveelheden materialen en toenemende milieubelasting. Door bestaande infrastructuur een 'tweede leven' te geven, wordt de levensduur (gebruiksduur) van materialen verlengd, wat een duurzame en kostenefficiënte oplossing biedt voor de toekomstige energiebehoeften van Nederland.

6.1.1 Wettelijk- en beleidskader

Het wettelijk kader en beleidskader uit de Notitie circulariteit voor PAWOZ dient als uitgangspunt voor dit rapport.

De transitie naar een circulaire economie is een essentieel onderdeel van duurzaamheidsbeleid op zowel nationaal als internationaal niveau. De Notitie circulariteit voor PAWOZ belicht de relevante beleidskaders, wetgevingen en plannen die de circulaire economie bevorderen, specifiek in de context van offshore windenergie en de bijbehorende infrastructuur. Deze kaders beschrijven tevens de randvoorwaarden en stimulansen voor de circulaire principes die ook voor HGH2 kunnen of moeten worden toegepast. Dit heeft directe invloed op ontwerpkeuzes, materiaalgebruik en de uiteindelijke milieu-impact van infrastructuurprojecten.

Op Europees niveau zijn er diverse plannen en wetgevingen, zoals de *Europese Green Deal* en het *Circulaire Economie Actieplan*, die gericht zijn op het bevorderen van hergebruik, recycling en duurzaam ontwerp. Deze beleidsinstrumenten bevatten algemene circulaire principes die van toepassing zijn op kabels en waterstofleidingen voor offshore windparken en elektrolyzers. Specifiek beleid gericht op de circulariteit van deze infrastructuur is echter nog in ontwikkeling.

Nationaal heeft Nederland de ambitie om in 2050 volledig circulair te zijn, zoals uiteengezet in het [Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030](#) (NPCE). Dit programma beschrijft vier circulaire strategieën: (1) reductie van materiaalgebruik en onderdelen, (2) vervanging door meer circulaire materialen of onderdelen, (3) hoogwaardige verwerking na gebruik, en (4) levensduurverlenging.

Verder omvat het NPCE een mix van beprijzende, normerende en stimulerende maatregelen om de circulaire economie te bevorderen. Het NPCE richt zich onder andere op circulaire maatregelen voor onshore en offshore windparken, met als doel de milieu-impact te verminderen en bij te dragen aan een duurzame toekomst.

In de context van PAWOZ is circulariteit benoemd als een 'overig relevant thema' in paragraaf 5.2.1.3 van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) voor PAWOZ. Hoewel er geen specifieke beoordelingscriteria zijn uitgewerkt, is circulariteit kwalitatief belicht in Hoofdstuk 3 van de Notitie circulariteit.

6.1.2 Huidige situatie en autonome ontwikkelingen

De HSAO uit de Notitie Circulariteit voor PAWOZ dient als uitgangspunt voor deze huidige situatie en autonome ontwikkelingen.

Huidige situatie

Het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE) streeft naar een transitie naar een circulaire economie waarbij het gebruik van grondstoffen tot een minimum wordt beperkt en hergebruik wordt gemaximaliseerd. De huidige infrastructuur van de NGT- en NOGAT-leidingen voor het transport van aardgas biedt mogelijkheden voor hergebruik in lijn met deze circulaire ambities. Op dit moment zijn de leidingen nog in gebruik voor transport van aardgas. Door de afname van de aardgasproductie op de Noordzee en geopolitieke ontwikkelingen hebben overheden en marktpartijen behoefte aan inzicht in alternatief gebruik van deze leidingen, dat zo goed mogelijk past binnen de circulaire economie. Om deze reden wordt gezocht naar innovatieve oplossingen waarbij bestaande infrastructuur kan worden aangepast voor het transport van duurzame energiebronnen, zoals waterstof. Hierbij wordt het hergebruik van materialen en componenten bij de ontmanteling van infrastructuur nagestreefd.

Autonome ontwikkeling

Naar verwachting zal de winning van aardgas verder afnemen door de uitputting van gasvelden en de verschuiving naar duurzame energiebronnen. Op termijn lopen de getransporteerde hoeveelheden zover terug dat verdere exploitatie niet meer rendabel is. Dan zullen deze leidingen door de eigenaren verwijderd (geamoveerd) moeten worden. Deze autonome ontwikkelingen bieden kansen om bestaande leidingen een nieuwe functie te geven binnen de circulaire economie. Bij de ontwikkeling van waterstofleidingen stimuleert het NPCE circulariteit en de inzet van duurzame energie. De voorkeur is om bestaande leidingen te hergebruiken voor het transport van waterstof. Ook wordt gepleit voor een integrale benadering waarbij bij de ontmanteling van leidingen materialen worden gerecycled en hergebruikt. Deze ontwikkelingen sluiten aan bij de bredere doelstellingen van de PAWOZ en pVAWOZ programma's.

Er is behoefte aan een nog nader te bepalen capaciteit voor transport van offshore geproduceerde waterstof nabij nieuw te bouwen offshore windparken. Indien bestaande leidingen hiervoor niet gebruikt (kunnen) worden of niet toereikend zijn, zullen (aanvullende) nieuwe waterstofleidingen worden aangelegd. Deze vallen onder de programma's PAWOZ en pVAWOZ. Eventueel zou een ook combinatie van meerdere scenario's (bijvoorbeeld scenario 1 of 2 met scenario 3) van HGH2 voor meer capaciteit kunnen zorgen. Dat kan echter pas als geen aardgastransport via NOGAT of NGT meer nodig is.

6.1.3 Methodiek

Deze paragraaf licht toe hoe de effectbeoordeling plaatsvindt voor het IEA-thema circulariteit. HGH2 hoofdrapport hoofdstuk 3 beschrijft de relevante ingrepen voor HGH2. De effecten die daar direct uit voortvloeien, zijn vermeld onder de ingreep-effectrelaties.

Binnen de context van dit rapport wordt onder *circulaire effecten* verstaan: de mate waarin de scenario's bijdragen aan het beperken van grondstoffengebruik, het hergebruiken van bestaande onderdelen en het verlengen van de levensduur van materialen en onderdelen over de hele levenscyclus.

Ingreep-effectrelaties

Deze paragraaf beschrijft de relevante ingreep-effectrelaties voor de aanlegfase en gebruiksfase. De effecten van de ontwerpfase en de verwijderingsfase worden niet beschouwd. Over de ontwerpfase kan nog niets gezegd worden, omdat het ontwerp nog niet bepaald is, en ontwerpkeuzes dus nog gemaakt moeten worden. De verwijderingsfase blijft buiten beschouwing omdat deze op dit moment geen onderscheidende verschillen oplevert ten aanzien van circulariteit. Uitgangspunt is dat voor alle scenario's geldt dat de (nieuwe en bestaande) leidingen bij einde levensduur ofwel worden hergebruikt, ofwel worden verwijderd waardoor het materiaal weer voor recycling beschikbaar komt. Hoe en wanneer dit zal gebeuren is nu nog niet te zeggen, dus kunnen hierover op dit moment nog geen verschillen per scenario worden aangegeven.

Uit HGH2 hoofdrapport hoofdstuk 3 volgt dat de infrastructuur voor waterstof- en aardgastransport bestaat uit bestaande en nieuw aan te leggen leidingen en koppelingen. Voor deze onderdelen geldt, dat deze voor het overgrote deel van staal zijn. Voor deze studie wordt aangenomen dat alle systeemonderdelen volledig van staal zijn gemaakt. In een volgende fase, wanneer meer gedetailleerde technische informatie beschikbaar is, kan nader ingegaan worden op eventuele andere materialen, zoals coatings.

tabel 6.1, tabel 6.2 en tabel 6.3 geven per gebied een overzicht van *ingreep-effectrelaties* in de aanleg- en gebruiksfase, inclusief een toelichting op de gevolgen en circulaire effecten in elke fase. De bepaling van de in deze fase onderscheidende aspecten en de bijbehorende criteria zijn nader toegelicht in 6.2.

Noordzee

De onderstaande tabel toont een overzicht van de te verwachten ingreep-effectrelaties voor het thema Circulariteit op de Noordzee. In onderstaande tabel zijn alleen de aanvullingen die gelden voor hergebruik weergegeven.

Tabel 6.1 Overzicht van ingreep-effectrelaties voor circulariteit op de Noordzee

Ingreep	Projectfase		Gevolg	Effect op	Criterium
	Aanleg	Gebruik			
nieuwe leidingen aanleggen	x	x	inzet grondstoffen	beschikbare grondstoffen	lengte in km
bestaande leidingen	x	x	hergebruik grondstoffen	beschikbare grondstoffen	lengte in km
begraven bestaande leidingen	x		inzet materieel en hulpstoffen	klimaat/lucht (emissies), beschikbare grondstoffen	verwachte hoeveelheid verplaatste grond in km sleufgraven (km sg*)
begraven nieuwe leidingen	x		inzet materieel en hulpstoffen	klimaat/lucht (emissies), beschikbare grondstoffen	verwachte hoeveelheid verplaatste grond in km sleufgraven (km sg*)

Ingreep	Projectfase		Gevolg	Effect op	Criterium
	Aanleg	Gebruik			
nieuwe onderwater-koppelingen (tie-in's)	x		inzet grondstoffen	beschikbare grondstoffen	aantal onderwater-koppelingen (tie-in's)
nieuwe bovenwater-koppelingen op bestaande platforms (risers)	x		inzet grondstoffen	beschikbare grondstoffen	aantal bestaande platforms met risers
nieuwe bovenwater-koppelingen op nieuwe platforms (risers)	x		inzet grondstoffen	beschikbare grondstoffen	aantal nieuwe platforms met risers

(km sg*): aantal kilometer te graven sleuf ('kilometer sleufgraven') is een maat voor de hoeveelheid hulpstoffen (brandstof) voor de te verplaatsten hoeveelheid materiaal.

Waddengebied

De onderstaande tabel toont een overzicht van de te verwachten ingreep-effectrelaties voor het thema circulariteit in het Waddengebied. In onderstaande tabel zijn alleen de aanvullingen die gelden voor hergebruik weergegeven. De overige ingreep-effectrelaties zijn te vinden in de Notitie circulariteit voor PAWOZ.

Tabel 6.2 Overzicht van ingreep-effectrelaties voor circulariteit in het Waddengebied

Ingreep	Projectfase		Gevolg	Effect	Criterium
	Aanleg	Gebruik			
Begraven bestaande leidingen voor gebruik als waterstofleiding	x		inzet materieel en hulpstoffen	emissies, beslag op beschikbare grondstoffen	verwachte hoeveelheid verplaatste grond in km sleufgraven (km sg)

Op land

De onderstaande tabel toont een overzicht van de te verwachten ingreep-effectrelaties voor het thema circulariteit op land. In onderstaande tabel zijn alleen de aanvullingen die gelden voor hergebruik weergegeven. De overige ingreep-effectrelaties zijn te vinden in de Notitie circulariteit voor PAWOZ.

Tabel 6.3 Overzicht van ingreep-effectrelaties voor circulariteit op land

Ingreep	Projectfase		Gevolg	Effect	Criterium
	Aanleg	Gebruik			
nieuwe leiding-aansluiting, inclusief T-stuk, afsluiter en pigging-ontvangst-installatie	x		inzet grondstoffen	beslag op beschikbare grondstoffen	aantal aansluitvoorzieningen
opgraven bestaande leidingen voor koppeling met Waterstofnetwerk Nederland	x		inzet materieel en hulpstoffen	emissies, beslaglegging op beschikbare grondstoffen	verwachte hoeveelheid verplaatste grond

Ingreep	Projectfase		Gevolg	Effect	Criterium
	Aanleg	Gebruik			
nieuw waterstof meet- en monitoring-voorziening in Uithuizen	x		inzet grondstoffen	beslag op beschikbare grondstoffen	aantal meet- en monitoring-voorzieningen

Om de circulaire effecten van de ingrepen te kunnen bepalen, is het nodig voor de verschillende scenario's inzicht te hebben in de onderdelen en de hiervoor gebruikte materialen. Op dit moment is deze informatie nog slechts op hoofdlijnen bekend. Dat wil zeggen, nu bekend zijn schattingen voor lengtes en begraafactiviteiten voor bestaande en nieuwe leidingen, en typen en aantallen koppelingen (boven- of onderwater). In deze fase is nog geen gedetailleerde technische informatie bekend en ook is niet bekend in hoeverre gebruikte materialen voor nieuwe onderdelen al meer circulair zijn, bijvoorbeeld door gebruik van gerecycled staal. In latere fase zal deze informatie nader worden bepaald en kunnen circulaire effecten in meer detail onderzocht worden.

Voor circulariteit is vooraf geen beoordelingskader bepaald. De beoordelingsmethode is onderdeel van de onderzoeks aanpak, die is opgesteld in paragraaf 6.2.

6.2 Onderzoeks aanpak aspecten

Voor het onderzoeken en beoordelen van de circulaire effecten van de hergebruikopties van HGH2 voor dit rapport volgt een aanpak in drie stappen. Deze drie stappen zijn:

- 1 bepaling van de onderscheidende aspecten;
- 2 bepaling van de beoordelingsmethode;
- 3 bepaling van circulaire effecten en ranking op circulariteit.

Stap 1 - Bepaling van de onderscheidende aspecten

Dit onderzoek van circulaire effecten focust op de onderscheidende aspecten, dat wil zeggen: aspecten waarover op dit moment informatie bekend is en die per scenario aantoonbaar verschillende circulaire effecten opleveren. Als eerste stap zijn de onderscheidende circulaire aspecten bepaald aan de hand van de vier circulaire strategieën van het NPCE.

Circulaire strategie 1 'Reductie van materiaal'. Deze strategie is vertaald in de volgende onderscheidende aspecten:

- lengte en hoeveelheid verplaatst materiaal voor nieuwe leidingen:
hoe korter de leidingen, desto minder materiaal (staal) nodig is;
hoe minder te verplaatsen materiaal (graaf-/baggerwerk), desto minder hulpstoffen (brandstoffen) nodig zijn.
- aantal en type koppelingen:
hoe minder koppelingen, desto minder materiaal (staal) nodig is;
hoe minder massa typen (onder- en bovenwater) koppelingen, desto minder materiaal (staal) nodig is.

Circulaire strategie 2 'Vervanging door meer circulaire materialen of onderdelen'. Deze strategie leidde niet tot onderscheidende aspecten. Dergelijke maatregelen kunnen in alle scenario's in principe op dezelfde wijze toegepast worden. Of meer circulaire materialen of onderdelen worden gebruikt, wordt pas in latere fase bepaald.

Circulaire strategie 3: 'Hoogwaardige verwerking na gebruik'. Uit deze strategie volgde ook geen onderscheidende aspecten. Verwerking na gebruik zal in alle scenario's op dezelfde manier kunnen plaatsvinden. Over de verwerking na gebruik is op dit moment nog niets bekend.

Circulaire strategie 4: 'Levensduurverlenging'. Hieruit volgde eveneens geen onderscheidende aspecten. Levensduurverlenging is inherent aan het hergebruik van bestaande leidingen en overige bestaande infrastructuur, ongeacht de lengte (van een bestaande leidingen) of de grootte (van een bestaand platform).

Stap 2 - Bepaling van de beoordelingsmethode

De beoordelingsmethode is erop gericht het meest circulaire scenario te bepalen. Dat gebeurt door voor de scenario's de circulaire effecten voor de onderscheidende aspecten te bepalen en de uitkomsten onderling te vergelijken en hierop te rangschikken. De circulaire effecten zijn de resultaten die per criterium bepaald worden, zoals weergegeven in tabel 6.4. Deze beoordelingsmethode is in lijn met de beoordelingsmethode zoals toegepast voor de Notitie Circulariteit voor PAWOZ.

In dit HGH2-rapport worden per scenario voor de onderscheidende aspecten de circulaire effecten als volgt beoordeeld:

- lengte van nieuwbouwleidingen' (in km): vergelijking geschiedt op basis van de opgetelde lengten (in km) van de nieuw aan te leggen leidingen per scenario. De lengten zijn directe indicatoren van de gebruikte hoeveelheid materiaal. Beoordeling: hoe minder de lengte, hoe minder materiaal, dus hoe hoger de ranking van het scenario voor dit deelaspect;
- hoeveelheid te verplaatsen materiaal' (afhankelijk van aanleg- en/of begraafttechniek): vergelijking gebeurt op basis van de een kwantitatieve inschatting van de verwachte hoeveelheden te verplaatsen materiaal, uitgedrukt in 'kilometer sleufgraven', afgekort als 'km sg'. De hoeveelheden zijn indicatief voor de inzet van hulpstoffen een daarmee voor de gekoppelde indirecte milieukosten. Beoordeling: hoe minder 'km sg', hoe hoger de ranking van het scenario voor dit deelaspect;
- aantal en type koppelingen': de benodigde hoeveelheden materiaal (ton staal) zijn afgeleid van het aantal koppelingen en de massa van het type koppeling. De aannames bij deze berekening zijn toegelicht in Stap 3 onder 'koppelingen'. Beoordeling: hoe minder materiaal, hoe hoger de ranking van het scenario voor dit deelaspect.

Tabel 6.4 Beoordelingsmethode op circulariteit voor scenario's

Aspect	Criterium	Methode
materiaal voor nieuwbouwleidingen	lengte nieuwbouwleidingen, dat een maat is voor de benodigde hoeveelheid materiaal	kwantitatieve beoordeling op basis van lengte (km)
aanleg- en begraafttechnieken	hoeveelheid verplaatst materiaal, dat een maat is voor de benodigde hoeveelheid hulpstoffen (brandstoffen)	kwalitatieve beoordeling op basis van de ingeschatte hoeveelheid verplaatst bodemmateriaal in kilometer sleufgraven (km sg)
materiaal voor koppelingen	aantal en type koppelingen, dat een maat is voor de benodigde hoeveelheid materiaal	kwantitatieve beoordeling op basis van aantal en massa's (ton) van typen koppelingen

Stap 3 - Bepaling van de circulaire effecten en ranking op circulariteit

Per onderscheidend aspect en per scenario zijn materiaalgebruik en de benodigde hulpstoffen als volgt bepaald:

- nieuwbouwleidingen op de Noordzee:
 - de totale lengten van de nieuwbouwleidingen zijn berekend op basis van HGH2 hoofdrapport hoofdstuk 3 en GIS-gegevens. De lengte is een maat voor het materiaalgebruik (in ton staal). Omrekening van lengte naar massa gebeurt door het vermenigvuldigen van de lengte van de leiding in kilometers met de massa per kilometer van de leiding. Voor gasleidingen is uitgegaan van 'Schedule 80'. De massa van dit type leiding bedraagt dit 420 ton per kilometer, zie [overzichtstabel voor wanddikte-afmetingen voor gasleidingen](#);

de hoeveelheid verzette bodem is bepaald voor bestaande en nieuwe leidingen voor waterstof in de aanlegfase (voor aardgas geldt geen begraafis). De hoeveelheid te verwijderen bodemmateriaal wordt bepaald door de lengte van de leidingen en van het aantal 'trencher sweeps' (sleufgraven), hier aangeduid als het *aantal km sleufgraven* (km sg). Voor begraven van leidingen worden drie gevallen onderscheiden:

- 0x sleufgraven (sg): in verband met het niet begraven van nieuwe of bestaande gasleidingen;
- 1x sleufgraven (sg): voor bestaande of nieuwe waterstofleidingen in laag-dynamische gebied;
- 2x sleufgraven (sg): voor bestaande of nieuwe waterstofleidingen in hoog-dynamische gebied.

Het aantal km sg is per scenario bepaald op basis van de kaarten van HGH2 achtergrondrapport A afbeelding 1.5 tot en met afbeelding 1.9 in paragraaf 1.3. Voor de omrekening van sleufgraaf lengte naar liters diesel is uitgegaan van een gemiddelde trencher met een verbruik van 100 liter per uur en een werktijd van 10 uur per kilometer, zie bijvoorbeeld trencher [Fortitude](#). In dat geval is het geschatte verbruik circa 1000 liter diesel per km (motorvermogen van ruim 22.000kW)

- Koppelingen:

voor het hergebruiken van bestaande offshore gasleidingen zijn koppelingen (verbindingen) met nieuwe leidingen nodig. Deze kunnen zowel onderwater als bovenwater worden geplaatst. De keuze heeft implicaties voor de effecten op circulariteit. Hier volgt de onderzoeks aanpak voor verschillende typen koppelingen:

- koppelingen onderwater (tie-in's): Het aantal koppelingen onderwater per scenario wordt bepaald. Voor onderwaterkoppelingen is minder materiaal nodig dan voor bovenwaterkoppelingen, waardoor hun invloed op circulariteit relatief laag is. Hierdoor worden deze koppelingen beoordeeld als relatief **laag effect (L)** voor de circulariteit;
- koppelingen bovenwater, riser op bestaand platform: Het aantal koppelingen bovenwater op een bestaande platforms (zogenaamde 'risers') wordt per scenario vastgesteld. Hoe meer koppelpunten er zijn, hoe lager de ranking op circulariteit. Dit komt doordat bovenwaterkoppelingen meer complexe voorzieningen vereisen waarvoor meer materialen en hulpstoffen (energie) nodig zijn. Hierdoor worden deze koppelingen beoordeeld als relatief **middelgroot effect (M)** voor circulariteit;
- koppelpunten bovenwater, riser op nieuw platform: Het aantal nieuwe platforms per scenario wordt bepaald. Hoe meer nieuwe platforms er nodig zijn, hoe groter de effecten op circulariteit (H), dus hoe lager de ranking. Nieuwe platforms vragen om aanzienlijke investeringen in materialen en hulpstoffen energie, wat een negatieve invloed heeft op de circulariteit. Hierdoor worden deze koppelingen beoordeeld als relatief **groot effect (H)** voor circulariteit.

op basis van de gegevens uit HGH2 hoofdrapport hoofdstuk 3 is een overzicht gemaakt van de aantallen en typen koppelingen. Hieruit worden schattingen (in ton staal) gemaakt voor materiaalgebruik. Om per scenario een vergelijking te kunnen maken van de benodigde hoeveelheid grondstoffen (massa aan staal) voor nieuwbouwleidingen en nieuwe koppelingen, zijn de volgende schattingen gehanteerd:

- bovenwater-koppeling (riser op nieuw platform): geschatte massa van 1200 ton (topside: circa 300 ton; jacket: circa 900 ton), zie *HGH2 Technische uitwerking*, paragraaf 5.3.3, Bijlage IV;
- bovenwater-koppeling (riser op bestaand platform): geschatte massa van circa 400 ton;
- eenvoudige onderwater-koppeling (alleen een 'in-line tie-in'): massa varieert van 30-80 ton, exclusief manifold en ondersteuningsconstructie, bestaande uit de volgende onderdelen;
 - 1 Tie-in spool: 20-50 ton;
 - 2 connectoren en afsluiters: afhankelijk van ontwerp varieert de massa tussen 10 - 30 ton.

Een 'in-line tie-in' verwijst naar een verbinding die wordt gemaakt tussen twee pijpleidingen die in lijn liggen met elkaar. Dit type tie-in is een directe verbinding die de doorstroming van gas tussen de pijpleidingen mogelijk maakt zonder dat er een aanzienlijke verandering in de richting van de pijpleiding plaatsvindt. Een 'tie-in spool' is een specifiek onderdeel in pijpleidingsystemen dat wordt gebruikt om twee stukken pijpleiding met elkaar te verbinden. Het is een kort stuk pijp, vaak voorzien van flenzen aan beide uiteinden, dat wordt gebruikt om een verbinding te maken tussen bestaande pijpleidingen of tussen pijpleidingen en andere componenten zoals manifolds, kleppen, of apparatuur. Ten aanzien van de onderwaterkoppeling is aangenomen dat hiervoor geen manifold of ondersteuningsconstructie nodig is (eenvoudige onderwaterkoppeling).

Een 'manifold' is een constructie die dient als verdeel- en/of verzamelpunt voor gasstromen. Het is een pijpleidingcomponent waarin meerdere leidingen samenkomen of juist van elkaar worden gesplitst. Een manifold kan daarmee één of meerdere gasstromen controleren, verdelen of combineren.

Op basis van bovengenoemde onderscheidende aspecten worden circulaire effecten voor de HGH2-routescenario's bepaald. Dit is nader onderzocht en uitgewerkt in paragraaf 6.3.

Om het totale circulaire effect van alle deelaspecten samen te beoordelen, wordt per scenario de totaal benodigde massa voor de nieuwe leidingen en koppelingen bepaald en vergeleken. Voor de aanlegfase wordt ook de verplaatste hoeveelheid materiaal beoordeeld als maat voor benodigde hulpstoffen (brandstof). Hoewel verwacht wordt dat het gebruik van brandstof slechts een geringe invloed heeft, kan de ranking veranderen indien dit niet zo blijkt te zijn. Beoordeling: het scenario met de aldus bepaalde kleinste totale massa, krijgt de hoogste ranking ten aanzien van circulariteit.

Indien brandstof significant en mogelijk van invloed op de ranking is, wordt de Milieu Kosten Indicator (MKI) toegepast om de circulaire effecten accuraat te beoordelen, waarbij weegfactoren zorgen voor een juiste verhouding tussen verschillende grootheden. Dit gebruik van de MKI maakt een gedetailleerde technische en financiële vergelijking van de scenario's gezamenlijke circulariteit mogelijk. In dat geval wordt de beoordeling: het scenario met de aldus bepaalde laagste totale milieukosten, krijgt de hoogste ranking ten aanzien van circulariteit.

De scenario's worden op basis van de circulaire effecten gerankt in 6.3. Deze sectie biedt inzicht in welke routes qua benodigde inzet van grond- en hulpstoffen het meest circulair zijn. Hierbij wordt per scenario gekeken naar de lengte van de nieuw te bouwen leidingen, grondverplaatsing en aantallen en type koppelingen.

6.3 Effectenbeschrijving en -beoordeling

In deze paragraaf is de effectbeschrijving en -beoordeling gegeven voor de aspecten lengte van de nieuwbouwleiding(en) voor waterstof en aardgas op de Noordzee en in het Waddengebied. De lengte van de leidingen is een maat voor de hoeveelheid in te zetten materiaal (staal). Ook worden effectbeschrijving en -beoordeling gedaan voor de grondverplaatsing, die vanuit circulair oogpunt maat is voor de benodigde hulpstoffen (inzet brandstoffen) in de aanlegfase. Ook worden de koppelingen beschouwd. Hierbij wordt gekeken naar het aantal en type koppelingen, die medebepalend zijn voor de inzet van materiaal (staal).

Voor vasteland geen onderscheid

De ingrepen op land leveren geen verschil op ten aanzien van circulariteit. Waterstoftransport over land gaat in alle 3 scenario's via bestaande leidingen. Dus in geen van de scenario's worden op land nieuwe leidingen aangelegd. Een meet- en monitoringfaciliteit is alle scenario's nodig, alsook een koppeling met bijbehorende voorzieningen de bestaande leiding over land en de leiding van het Waterstof Netwerk Nederland. Deze ingrepen zijn voor scenario 1 en 2 hetzelfde en dus niet onderscheidend. Voor scenario 3 valt alleen hergebruik van de reeds bestaande leiding naar het gasbehandelstation van NOGAT in Julianadorp binnen de scope van deze studie.

6.3.1 Leidingen: leidingmaterialen en hulpstoffen

Tabel 6.5 geeft per scenario een overzicht van de totale lengtes van bestaande en nieuwbouwleidingen voor aardgas en waterstof per gebied. In tabel 6.6 is weergegeven hoeveel kilometer aan sleuven gegraven moet worden. Dit aantal kan hoger liggen als over een zekere lengte twee maal sleufgraven noodzakelijk is.

Tabel 6.5 Overzicht lengtes van bestaande en nieuwe leidingen op de Noordzee, in het Waddengebied en over land

Scenario	Nieuw/bestaand	Type leiding	Noordzee (km)	Wadden gebied (km)	Land (km)	Totale lengte* (km)
1 optie 1	nieuwbouw	waterstof	104	0	0	104
	nieuwbouw	aardgas	142	0	0	142
	bestaand	waterstof	237	31	n.o.	61
	bestaand	aardgas	585	0	0	761
1 optie 2	nieuwbouw	waterstof	104	0	0	104
	nieuwbouw	aardgas	237	0	0	200
	bestaand	waterstof	206	31	n.o.	61
	bestaand	aardgas	585	0	0	761
2 optie 1	nieuwbouw	waterstof	195	0	0	195
	nieuwbouw	aardgas	45	0	0	45
	bestaand	waterstof	0	31	n.o.	31
	bestaand	aardgas	882	0	0	882
2 optie 2	nieuwbouw	waterstof	192	0	0	192
	nieuwbouw	aardgas	45	0	0	45
	bestaand	waterstof	0	31	n.o.	31
	bestaand	aardgas	882	0	0	882
3	nieuwbouw	waterstof	130	0	b.s.	130
	nieuwbouw	aardgas	45	0	b.s.	45
	bestaand	waterstof	149	0	b.s.	149
	bestaand	aardgas	746	0	b.s.	746

n.o.: niet onderzocht; b.s.: buiten scope;

Tabel 6.6 Overzicht grondverplaatsing van bestaande en nieuwe leidingen op de Noordzee, in het Waddengebied en over land

Scenario	Nieuw/bestaand	Type leiding	Noordzee (km)	Wadden gebied (km)	Land (km)	Totale lengte* (km)
1 optie 1	nieuwbouw	waterstof	104 km sg	0	0	104
	nieuwbouw	aardgas	0 km sg	0	0	142
	bestaand	waterstof	241 km sg	31	n.o.	206
	bestaand	aardgas	0 km sg	0	0	761
1 optie 2	nieuwbouw	waterstof	104 km sg	0	0	104
	nieuwbouw	aardgas	0 km sg	0	0	200

Scenario	Nieuw/bestaand	Type leiding	Noordzee (km)	Wadden gebied (km)	Land (km)	Totale lengte* (km)
2 optie 1	bestaand	waterstof	241 km sg	31	n.o.	206
	bestaand	aardgas	0 km sg	0	0	761
	nieuwbouw	waterstof	195 km sg	0	0	195
	nieuwbouw	aardgas	0 km sg	0	0	45
2 optie 2	bestaand	waterstof	0 km sg	31	n.o.	31
	bestaand	aardgas	0 km sg	0	0	882
	nieuwbouw	waterstof	192 km sg	0	0	192
	nieuwbouw	aardgas	0 km sg	0	0	45
3	bestaand	waterstof	0 km sg	31	n.o.	31
	bestaand	aardgas	0 km sg	0	0	882
	nieuwbouw	waterstof	130 km sg	0	b.s.	130
	nieuwbouw	aardgas	0 km sg	0	b.s.	45
	bestaand	waterstof	225 km sg	0	b.s.	149
	bestaand	aardgas	0 km sg	0	b.s.	746

n.o.: niet onderzocht; b.s.: buiten scope;

6.3.2 Koppelingen

Tabel 6.7 Overzicht van type en aantal koppelingen, inclusief hun geschatte totale massa

Scenario	Aantal onderwater-koppelingen (tie-in's)	Aantal bovenwater-koppelingen op bestaand platform (risers)	Aantal bovenwater-koppelingen op nieuw platform (risers)	Geschatte totale massa (ton)	Ranking
1 - optie 1	7	0	0	2560	4
1 - optie 2	8	0	0	3040	5
2 - optie 1	1	2	2	3280	3
2 - optie 2	1	2	2	3280	2
3	0	4	0	1600	1

Tabel 6.7 toont de typen en aantallen onderwater- en bovenwaterkoppelingen per scenario. Ook bevat deze tabel de geschatte totale massa's van deze koppelingen per scenario.

6.3.3 Ranking per scenario

Tabel 6.8 Ranking nieuwbouwleidingen op lengte

Scenario	Leiding nieuw waterstof (km)	Leiding nieuw aardgas (km)	Leiding nieuw totaal (km)	Ranking
1 optie 1	104	142	246	4
1 optie 2	104	200	304	5
2 optie 1	195	45	240	3
2 optie 2	192	45	237	2
3	130	45	175	1

Tabel 6.8 laat zien dat scenario 3 de hoogste ranking heeft voor het aspect lengte van nieuwbouwleidingen. Scenario 2 volgt als tweede met een ranking van 2 en 3. Scenario 1 heeft de laagste ranking met de posities 4 en 5.

Tabel 6.9 Ranking leidingen op grondverplaatsing

Scenario	Grondverplaatsing leiding waterstof (km)	Grondverplaatsing leiding aardgas (km)	Ranking
1 optie 1	1x171 + 2x35 = 345 km sg	0x727 = 0 km sg	1
1 optie 2	1x171 + 2x35 = 345 km sg	0x785 = 0 km sg	1
2 optie 1	1x 195 = 195 km sg	0x927 = 0 km sg	3
2 optie 2	1x 192 = 192 km sg	0x927 = 0 km sg	2
3	1x205 + 2x75 = 355 km sg	0x791 = 0 km sg	4

Zoals getoond in heeft scenario 1 de hoogste ranking ten aanzien van grondverplaatsing. Scenario 2 volgt met plaats 2 en 3. Scenario 3 heeft de laagste ranking met plaats 4. Dit scenario moet zowel een deel van de NOGAT-leiding, als de nieuwleiding voor waterstof over (samen 279km) begraven worden, waarvan de trencher voor over een lengte van circa 75 km van de NOGAT-leiding tweemaal ingezet moet worden (2 trencher sweeps).

6.4 Samenvatting effectbeoordeling

Hieronder volgt per scenario en per aspect een samenvattend overzicht van de effecten op circulariteit. De beschouwde (onderscheidende) aspecten zijn 'lengte van de nieuw te bouwen leidingen' (als relatieve maat voor de massa), 'kilometers grondverplaatsing' in verband met de begraafeisen en hiervoor benodigde grondstoffen (maat voor de brandstoffen) en aantal en type koppelingen (maat voor de massa).

Tabel 6.10 Effectbeoordeling circulaire aspecten (hoeveelheden grondstoffen (staal) en hulpstoffen (brandstof))

Aspect	Aanlegfase scenario 1 optie 1	Aanlegfase scenario 1 optie 2	Aanlegfase scenario 2 optie 1	Aanlegfase scenario 2 optie 2	Aanlegfase scenario 3
<i>Lengte nieuwbouw waterstof- en aard- gasleidingen</i>	246 km	304	240 km	237 km	175 km
<i>Grondstoffen - massa nieuwbouw waterstof- en aard- gasleidingen</i>	103.320 ton	127.680 ton	100.800 ton	99.540 ton	73.500 ton
<i>Grondstoffen - massa koppelingen</i>	2.560 ton	3.040 ton	3.280 ton	3.280 ton	1.600 ton
<i>Grondstoffen- totale massa (staal)</i>	105.880 ton	130.720 ton	104.080 ton	102.820 ton	75.100 ton
<i>Grondverplaatsing nieuwbouw waterstof- en aardgasleidingen</i>	104 km sg	104 km sg	192 km sg	195 km sg	130 km sg
<i>Hulpstoffen (brandstoffen)</i>	345 km sg	345 km sg	192 km sg	195 km sg	355 km sg

Conclusies

Vergelijking van de scenario's op basis van massa

De massa wordt met name bepaald door de lengte van nieuwbouwleidingen voor aardgas en waterstof. Zoals te zien in tabel 6.10 is de ranking voor circulariteit op het aspect van (geschatte) massa (inclusief koppelingen) als volgt:

- scenario 3 heeft de laagste totale massa en scoort het beste (1);
- scenario 2 (optie 1 en 2) hebben de op een na grootste massa en scoort nummer 2 en 3;
- scenario 1 (optie 1 en 2) hebben de grootste massa en eindigt op nummer 4 en 5.

Vergelijking van de scenario's op basis van hulpstoffen

Het begraven van bestaande en nieuwe leidingen voor waterstof in de aanlegfase (voor aardgas geldt geen begroafte) heeft ook effecten op de circulariteit vanwege de hoeveelheid benodigde hulpstoffen. Deze wordt uitgedrukt in het aantal km sleufgraven in [km sg].

Zoals te zien in tabel 6.10 is de ranking voor circulariteit op het aspect van hulpstoffen als volgt:

- scenario 2 optie 1 en 2 hebben de minste grondverplaatsing en scoort ook op dit aspect het beste (1);
- scenario 1 optie 1 en 2 heeft de op een na laagste grondverplaatsing dus scoort qua hulpstoffen de tweede plaats (2);
- scenario 3 heeft de op een na meest grondverplaatsing dus scoort qua hulpstoffen de derde plaats (3).

Vergelijking van de scenario's op basis van massa en hulpstoffen

Op basis van de bovenstaande resultaten scoort scenario 3 als beste ten aanzien van de beschouwde circulaire aspecten. Scenario 2 scoort weliswaar het beste op hulpstoffen. Het verschil met scenario 3 is 160 km sg. Uit MKI berekeningen van andere offshore projecten blijkt dat milieu-impact van de aanlegfase (met name brandstofverbruik) een factor 2 tot 4 lager is dan de milieu-impact van materiaalgebruik. Uitgaande van een geschat verbruik van 1000 liter diesel per km sleufgraven, komt dit overeen met circa 2000-4000 kg aan massa, ofwel 2-4 ton. Voor 160 km betekent dit een verschil circa 320 - 640 ton. Het verschil tussen scenario 3 en scenario 2 is minstens 27.720 ton. Hieruit blijkt dat de hulpstoffen verwaarloosbaar zijn in vergelijking met de grondstoffen die nodig zijn voor de nieuwbouwleidingen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat scenario 3 overall het beste scoort, terwijl scenario 2 op de tweede plaats eindigt en scenario 1 op de derde plaats.

Aanbevelingen

Hergebruik gaat boven recycling

Hergebruik van bestaande aardgasleidingen voor waterstoftransport is een circulaire maatregel, omdat het aansluit bij de eerder genoemde circulaire strategieën. Het gebruik van onderdelen in een andere functie (transport van waterstof in plaats van aardgas) valt hier ook onder. Hergebruik staat hoger op de circulaire [R-ladder](#) dan recycling. Hoewel recycling ook een circulaire maatregel is, is voor de recycling van staal doorgaans inzet van (veel) energie (hulpstoffen) nodig om staal voor een andere toepassing geschikt te maken (bijvoorbeeld voor omsmelten). Hierdoor is recycling aanzienlijk minder circulair dan hergebruiken.

Materialen terugwinnen na einde levensduur

Vanuit circulair perspectief is het van belang dat zeker gesteld wordt dat de (stalen) onderdelen van de aardgas en waterstofinfrastructuur na het einde van de levensduur verwijderd worden. En dat deze zo mogelijk hergebruikt, en anders (als schroot) het recyclingproces in gaan. Op deze manier keren deze schaarse materialen weer terug in de (circulaire) economie.

Gasunie streeft naar een gesloten staal kringloop recycling van staal door recycling van vrijkomende leidingen en toepassen van schroot/recycalaat in nieuwe stalen leidingen. Vanuit circulair oogpunt heeft direct hergebruik de voorkeur, maar mogelijk spelen hier technische en/of economische beperkingen. Dit kan nader onderzocht worden om het omslagpunt van beide circulaire strategieën te bepalen.

Onderzoek economische waarde

Het is ook vanuit circulariteit aanbevolen om de technische staat van de leidingen te bepalen en de economische waarde van het staal vast te stellen. Materiaalpaspoorten en dossieronderzoek zijn hier onder andere bij nodig. Een materiaalpaspoort biedt gedetailleerde informatie over de samenstelling, herkomst en eigenschappen van materialen, waardoor transparantie en traceerbaarheid mogelijk worden. Dit helpt bij het efficiënt hergebruiken en recyclen van materialen, verlengt hun levenscyclus en vermindert afval. Bovendien zorgt een materiaalpaspoort voor kwaliteitsbewaking, waardoor de technische staat van materialen nauwkeurig kan worden beoordeeld en de veiligheid gewaarborgd blijft. Door gedocumenteerde gegevens kan de economische waarde van materialen realistisch worden bepaald. Het ondersteunt bedrijven in het maken van duurzame keuzes en vergemakkelijkt naleving van wet- en regelgeving omtrent duurzaamheid en materiaalgebruik, die een transparante en verantwoorde bedrijfsvoering bevorderen.

6.5 Maatregelen voor meer circulariteit

Het ontwerp van één of meer routes zal in een volgende fase nader worden uitgewerkt naar een detailontwerp. Bij voorkeur wordt dit ontwerp zo circulair mogelijk. In paragraaf 5.1 van de Notitie circulariteit PAWOZ is aangegeven hoe een (meer) circulair ontwerp tot stand kan komen. In 6.5.1 zijn deze maatregelen kort samengevat.

6.5.1 Circulair ontwerpproces

Voor een meer circulair ontwerpproces voor offshore waterstofleidingen en overige infrastructuur kunnen aan de vier eerdergenoemde circulaire strategieën circulaire ontwerpprincipes worden ontleend: reductie van materiaalgebruik en onderdelen, vervanging van materialen en onderdelen, hoogwaardige verwerking na gebruik, en levensduurverlenging. Deze strategieën worden toegepast om de totale circulaire effecten te optimaliseren, waarbij hulpmiddelen zoals levenscyclusanalyse (LCA) en materiaalstroomanalyse (MFA) nuttig zijn. Resultaten kunnen nader worden uitgedrukt in circulaire indicatoren zoals de [Milieu Kosten Indicator](#), die factoren als grondstoffen, energieverbruik, afvalbeheer, en emissies omvat.

Reductie van materiaalgebruik

Reductie van gebruik van materiaal wordt bereikt door een kortere route te kiezen en optimale ontwerpkeuzes te maken. Een voorbeeld is ontwerpen met minder materiaal, rekening houdend met technische en veiligheidseisen voor een lange levensduur.

Vervanging van materialen en onderdelen

In de ontwerpfase kan worden gezocht naar meer circulaire materialen, zoals gerecycleerd staal, en substitutie van kritieke materialen met alternatieven zoals groen staal. Het hergebruik van bestaande aardgasleidingen en het gebruik van duurzame brandstoffen tijdens de aanleg dragen bij aan circulariteit.

Hoogwaardige verwerking na gebruik

Hoogwaardige verwerking wordt bereikt door het efficiënt demonteren en recyclen van onderdelen, waarbij waardevolle materialen worden teruggewonnen. Ontwerpen die losmaakbaarheid en scheidbaarheid van materialen verbeteren, en standaardisatie bevorderen hergebruik van onderdelen.

Levensduurverlenging

Keuzes zoals dieper begraven van leidingen, preventief onderhoud, en gebruik van geavanceerde coatings (niet mogelijk voor de buitenzijde van bestaande leidingen) verlengen de levensduur van de leidingen.

6.6 Leemten in kennis

Op dit moment ontbreekt gedetailleerde informatie over het ontwerp, inclusief technische specificaties. Daarnaast zijn naast hergebruik van bestaande leidingen andere circulaire maatregelen mogelijk. Keuzes hierover moeten nog gemaakt worden, zoals ten aanzien van:

1. gebruik van staal met hoge fractie gerecycled staal;
2. gebruik van elektrisch aangedreven schepen of van duurzamere brandstoffen;
3. Enz.

Nadat bovenstaande kennis beschikbaar is, moeten de scenario's nader op circulariteit onderzocht en vergeleken worden.

6.7 Monitoring en Evaluatie

Ten aanzien van de beoordeelde aspecten is het aanbevolen in de uitvoeringsfase monitoring en evaluatie toe te passen op gebruik van hulpstoffen en nader te bepalen circulaire maatregelen. Hierdoor kan gecontroleerd worden of en in hoeverre maatregelen getroffen zijn, hoe effectief ze zijn en om te bepalen wat nodig is om verdere toepassing mogelijk te maken.

