



PROGRAMMA AANSLUITING WIND OP ZEE (PAWOZ) - EEMSHAVEN

Notitie Circulariteit

Ministerie van Klimaat en Groene Groei

7 FEBRUARI 2025

Project
Opdrachtgever

Programma Aansluiting Wind Op Zee (PAWOZ) - Eemshaven
Ministerie van Klimaat en Groene Groei

Titel
Organisatie
Werkpakket
Onderdeel
Soort
Discipline
Status
Voortgangpercentage
Projectnummer
Document Referentie

Notitie Circulariteit
RHW - Combi RHDHV & W+B
2.8 MER - Circulariteit
GEN - General
RP - Report
MR - MER
A1 - Client accepted
100%
BI9148
BI9148-RHW-2.8-GEN-RP-MR-031743

Datum

7 februari 2025

Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.	Royal HaskoningDHV Nederland B.V.
Postbus 24087	Postbus 1132
3511 SW Utrecht	3818 EX Amersfoort
Nederland	Nederland
www.witteveenbos.com	www.royalhaskoningdhv.nl

INHOUDSOPGAVE

0	SAMENVATTING	5
	LIJST VAN AFKORTINGEN	7
	LIJST VAN BEGRIPPEN	8
1	ALGEMENE INTRODUCTIE	10
1.1	Waarom deze notitie?	10
1.2	Waar gaat circulariteit over?	10
1.2.1	Waarom is circulariteit belangrijk?	10
1.2.2	Welke onderdelen vallen onder circulariteit?	11
1.2.3	Wat is nodig voor meer circulariteit?	11
2	NATIONAAL EN INTERNATIONAAL BELEID	12
2.1	Europese doelen	12
2.2	Nationale doelen voor circulaire economie	13
2.2.1	Circulariteit als onderdeel van tenders	15
2.2.2	Circulariteit als onderdeel van milieueffectrapportage (MER)/IEA.	16
3	CIRCULARITEIT EN PAWOZ	18
3.1	Introductie	18
3.2	Welke methode is gehanteerd voor vergelijking van PAWOZ-routes op circulaire aspecten?	18
3.2.1	Onderdelen en materialen voor de infrastructuur van PAWOZ (Stap 1)	18
3.2.2	Activiteiten in levensfasen (Stap 2)	20
3.2.3	Hoe kan circulariteit bevorderd worden binnen PAWOZ en wat zijn mogelijk onderscheidende circulaire aspecten? (Stap 3)	21
3.3	Welke onderscheidende circulaire aspecten worden gehanteerd voor de PAWOZ-routes? (Stap 4)	22
3.4	Hoe scoren de PAWOZ-routes op onderscheidende circulaire aspecten? (Stap 5)	23
4	CONCLUSIES	28

5	VERVOLGSTAPPEN: TOEPASSING OP PAWOZ	30
5.1	Vervolg uitwerking op projectniveau en projectMER/IEA	30
5.1.1	Circulair ontwerpproces	30
5.1.2	Marktscan	32
5.1.3	Geleerde lessen	32
5.1.4	Kennisdeling	32
5.1.5	Informatiebeheer en monitoring	32
	Laatste pagina	45
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Interview Gasunie	2
II	Interview TenneT	2
III	Interview Tunnelsysteem-Ontwerpteam PAWOZ	2
IV	Overzicht van combinaties voor routes	3

SAMENVATTING

Deze Notitie Circulariteit maakt deel uit van de milieueffectrapportage (planMER) voor het Programma Aansluiting Wind op Zee - Eemshaven (hierna: PAWOZ). Het thema Circulariteit is samen met Klimaatadaptatie en Biodiversiteit in de NRD benoemd als overige relevante thema's. Circulariteit (en Klimaatadaptatie en Biodiversiteit) zijn niet in het in de NRD uitgewerkte beoordelingskader opgenomen. Ze zijn kwalitatief uitgewerkt in het planMER voor PAWOZ. Deze notitie behandelt circulaire aspecten van de PAWOZ-routes en bijbehorende elektriciteits- en waterstofinfrastructuur van PAWOZ op planMER-niveau. Ook belicht de notitie op hoofdlijnen hoe in de toekomst bij het ontwerpen van genoemde infrastructuur circulariteit als mede-ontwerpfactor kan worden toegepast.

Circulariteit draait om het gebruiken van minder primair materiaal en het sluiten van de materiaalketen om afval en milieubelasting te verminderen.

Gasunie en TenneT zijn aangewezen partijen voor de aanleg van de kabelsystemen en waterstofleidingen voor PAWOZ. Interviews met Gasunie en TenneT hebben inzicht gegeven in hoe deze organisaties circulariteit (willen) integreren in hun projecten, dus ook voor de realisatie van infrastructuur binnen PAWOZ.

Onderscheidende aspecten

Op dit moment zijn de PAWOZ-routes nog slechts op globaal niveau bepaald. Op basis van de beschikbare informatie, zijn in deze notitie de onderscheidende aspecten voor circulariteit geïnventariseerd. De routes zijn vervolgens op basis van deze aspecten onderling vergeleken en gerankt.

Vanuit circulariteitsoogpunt worden voor de PAWOZ-routes de volgende onderscheidende aspecten gehanteerd:

- A. **Primair:** de lengte van de route. De lengte is in eerste instantie maatgevend voor circulariteit, omdat, zoals eerder aangegeven, voor een kortere route minder materiaal en werkzaamheden nodig zijn;
- B. **Secundair:** aanlegtechniek met als subcriteria:
 - (a) de diepte waarop de aanlegtechniek de infrastructuur voor deze route zal plaatsen;
 - (b) de hoeveelheid te verzetten grond;
 - (c) de hierbij in te zetten extra hoeveelheid materiaal.

Vergelijking en ranking van de routes

De mate van circulariteit (ranking) is gebaseerd op de lengte van de route en de gekozen aanlegtechniek. Een kortere route met ondiep aangelegde kabelsystemen of leidingen zal meer circulair zijn dan een langere route met dieper aangelegde kabelsystemen en leidingen. Het valt op dit moment buiten de scope om in alle gevallen vergelijkingen te kunnen maken. Indien relevant zal hiervoor een nader onderzoek, zo nodig inclusief LCA-impactanalyse, moeten worden uitgevoerd.

Meest circulaire PAWOZ-routes o.b.v. lengte van de route (onderscheidend aspect A)

Hieronder zijn de kortste routes en hierdoor, ten aanzien van het aspect 'lengte', de meest circulaire routes weergegeven voor respectievelijk kabelsystemen naar TNW en DDW en voor leidingen naar TNW. Bijlage IV geeft een overzicht van de lengtes van de verschillende gedeelten, alsook de totale lengte van deze PAWOZ-routes.

Meest circulaire PAWOZ-route voor kabelsystemen naar windpark Doordewind (DDW)

Uit Tabel 4.1 blijkt dat de PAWOZ-route bestaande uit Noordzeeroute B (91 km), de II: Oude Westereems route A1 (44 km) en de II: Oude Westereems landroute A (9 km) de kortste (totaal 144 km) en dus meest circulaire route voor kabelsystemen naar DDW betreft.

Meest circulaire PAWOZ-route voor kabelsystemen naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW)

Uit Tabel 4.2 blijkt dat de PAWOZ-route bestaande uit Noordzeeroute B (61km), de II: Oude Westereems route A1 (44 km) en de II: Oude Westereems route II A (9 km) de kortste (totaal 114 km) en dus meest circulaire route voor kabelsystemen naar TNW is.

Meest circulaire PAWOZ-route voor leidingen naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW)

Uit Tabel 4.3 blijkt dat de PAWOZ-route bestaande uit Noordzeeroute C (61 km), de II: Oude Westereems route (49 km) en de II: Oude Westereems route A (8 km) de kortste (totaal 118 km) en dus meest circulaire route voor leidingen naar TNW is.

Hoewel de X: Tunnel route in lengte korter is dan de bovengenoemde kortste route, zal deze naar verwachting toch minder circulair zijn door de bijbehorende aanlegtechniek en grote hoeveelheid extra benodigd materiaal.

Ranking voor aanlegtechnieken op circulariteit (onderscheidend aspect B)

De mogelijke aanlegtechnieken zijn op basis van circulariteit als volgt gerangschikt:

- 1 Horizontal Directional Drilling (HDD): HDD scoort het hoogst op circulariteit vanwege minder grondverzet en lager energieverbruik, ondanks de grotere aanlegdiepte;
- 2 Sleuf/Open Ontgraving: Deze methode scoort gemiddeld op circulariteit, met meer vulmateriaalgebruik maar minder gespecialiseerde materialen dan HDD;
- 3 Tunnelsystemen: Tunnelsystemen scoren het laagst op circulariteit vanwege het grote grondverzet en de aanzienlijke hoeveelheid extra materiaal die nodig is.

Conclusies ten aanzien van combinaties van routelengte en aanlegtechniek

Voor combinaties van routelengte en aanlegtechniek kunnen de volgende (algemene) conclusies worden getrokken: kortere routes waarbij kabelsystemen of leidingen zijn aangelegd met HDD zijn over het algemeen meer circulair. Verdere analyse, inclusief levenscyclusanalyse (LCA), is nodig om de meest circulaire combinatie van routelengte en aanlegtechniek te bepalen.

Nuancering voor tunnelsystemen

Tunnelsystemen onder de Waddenzee kunnen nodig zijn om ecologische effecten te minimaliseren, ondanks hun lagere circulariteit. Deze systemen bieden voordelen zoals langere levensduur en betere terugwinbaarheid van materialen, wat hun circulariteit op lange termijn kan verbeteren. De huidige inschatting is echter dat in circulair opzicht de voordelen niet opwegen tegen de nadelen. Volgens deze inschatting biedt een tunnelsysteem dus een minder circulaire oplossing, dan de aanleg van een kabelsysteem of leiding in de zeebodem. Indien de X: Tunnel route (met tunnelsystemen) wordt gekozen, dan ligt de uitdaging vanuit circulair oogpunt in het optimaliseren van de tunnelconstructie en de benodigde materialen.

Toekomstige Stappen

In de projectMER-fase die volgt wordt het ontwerp verder uitgewerkt. Op basis hiervan kunnen meer circulaire maatregelen worden bepaald.

LIJST VAN AFKORTINGEN

AC	Alternating Current (wisselspanning). Wisselstroom is een elektrische stroom met een periodiek wisselende stroomrichting. Vrijwel het hele elektriciteitsnet in Nederland maakt gebruik van dit type stroom
CBAM	Carbon Border Adjustment Mechanism
CSRM	Critical and Strategical Raw Materials, (kritische en strategische grondstoffen); grond-stoffen die essentieel zijn voor de economie en strategische sectoren, maar die een hoog risico lopen op verstoring van de levering
DC	Direct Current (gelijkstroom)
DDW	Doordewind offshore windpark
EC	Europese Commissie
ECI	Environmental Cost Indicator (Milieukostenindicator, MKI)
EFRO	Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling
EMVI	Economisch Meest Voordelige Inschrijving
EP	Europese Parlement
ETS	Emissions Trading System
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
GIS	Geografische Informatie Systemen
HDD	Horizontal Directional Drilling. Oftewel: een gestuurde boring
IEA	Integrale Effectenanalyse
IMVO	Internationaal Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen
KGG	Ministerie van Klimaat en Groene Groei
LCA	Levenscyclusanalyse
mer	Milieueffectrapportage (procedure)
MER	Milieueffectrapport (product)
MFA	Material Flow Analysis: materiaalstroomanalyse
MKI	Milieukostenindicator
NGT	Nationale Gastransportleiding
NPCE	Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030
OSS	Offshore Sub Station, platform op zee
PAWOZ	Programma Aansluiting Wind Op Zee
PE	Polyethyleen (PE),
PlanMER	PlanMER (Plan-Milieueffectrapportage) is een proces waarbij de milieueffecten van een voorgenomen plan of programma systematisch worden onderzocht en beoordeeld, om zo duurzame besluitvorming te bevorderen.
ROV	Remote Operated Vehicle
RVO	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
TNW	Ten Noorden van de Waddeneilanden offshore windpark
VKA	Voorkeursalternatief
WN	Waterstofnetwerk Nederland
XLPE	Cross-linked polyethyleen.

LIJST VAN BEGRIPPEN

Aspect (milieuaspect)	Een aspect/milieuaspect is een onderwerp dat binnen een MER wordt onderzocht. Bijvoorbeeld het aspect 'Bodem en Water'. Elk aspect is vertaald naar één of meerdere deelaspecten. Bijvoorbeeld het deelaspect 'Bodem' of 'Grondwater' binnen het aspect 'Bodem en water'.
Beoordelingskader	Lijst met daarin alle criteria die per (milieu)aspect onderzocht worden in het MER.
Beoordelingsschaal	Schaal die aangeeft hoe een criterium beoordeeld wordt in het MER. Deze schaal maakt onderscheid tussen positieve, neutrale en negatieve beoordelingen.
Circulariteit	Principes en praktijken die gericht zijn op het sluiten van materiaalkringlopen, minimaliseren van afval, en maximaliseren van hergebruik en recycling van materialen en grondstoffen.
Circulaire aspecten	Verschillende elementen en factoren binnen een systeem of proces die bijdragen aan het sluiten van materiaalkringlopen, het minimaliseren van afval, en het maximaliseren van hergebruik en recycling. Deze aspecten kunnen betrekking hebben op ontwerp, productie, gebruik, en eindelevensduur-management van producten en materialen, en omvatten zaken als materiaalkeuze, energie-efficiëntie, demontagegemak, en levensduurverlenging.
Circulaire economie	Dit is een economisch model dat gebaseerd is op de principes van circulariteit. Het gaat verder dan alleen het hergebruiken van materialen en richt zich op het herontwerpen van economische systemen om duurzaamheid en regeneratie te bevorderen. In een circulaire economie worden bedrijfsmodellen, productieprocessen, en consumentengedrag zo ingericht dat ze bijdragen aan het behouden van waarde binnen de economie door middel van hergebruik, reparatie, refurbishing, en recycling.
Circulaire maatregelen	Concrete acties en beleidsinitiatieven die gericht zijn op het toepassen van de principes van de circulaire economie. Deze acties kunnen variëren van het bevorderen van hergebruik en recycling van materialen, het optimaliseren van productieprocessen om afval te minimaliseren, en het stimuleren van circulair ontwerp, tot het invoeren van regelgeving die duurzame bedrijfsmodellen ondersteunt.
Circulaire ontwerpprincipes	Richtlijnen voor het ontwerpen van producten, systemen en infrastructuur met als doel het minimaliseren van afval en het maximaliseren van hergebruik en recycling. Deze principes omvatten het gebruik van duurzame en hernieuwbare materialen, het faciliteren van eenvoudige demontage, en het verlengen van de levensduur van producten door middel van reparatie en her-fabricage. Het uiteindelijke doel is om gesloten kringlopen te creëren waarin materialen continu worden hergebruikt, waardoor de druk op natuurlijke hulpbronnen en het milieu wordt verminderd.
Criterium	Een criterium is een maatstaf die gebruikt wordt om een (milieu)aspect of deelaspect in het MER te beoordelen. Bijvoorbeeld het criterium

‘Zetting’ om voor het deelaspect ‘Grondwater’ te beschrijven wat het effect is van grondwaterverlaging.

Gasunie	Gasunie is een netwerkbedrijf voor energie. Via Hynetwork Services (een 100% dochteronderneming van Gasunie) ontwikkelt Gasunie het waterstofnetwerk op land, Waterstofnetwerk Nederland. En Gasunie maakt zich klaar om ook het waterstofnetwerk op zee te ontwikkelen.
PlanMER	Het MER voor een plan of programma. PAWOZ-Eemshaven heeft een planMER.
Programma	Een programma is een instrument onder de Omgevingswet. Het vat het nieuwe beleid op hoofdlijnen samen en is kaderstellend (geeft de grenzen aan) voor nieuwe plannen of projecten. PAWOZ-Eemshaven resulteert in een programma. Dit is een notitie waarin beschreven staat welke routes wel/niet kunnen en een prioritering. Dit wordt ook het programma-beleidsdocument genoemd.
Primair materiaal	Grondstoffen die voor het eerst worden gewonnen en gebruikt in de productie van goederen en producten. Primair materiaal komt direct uit natuurlijke bronnen zoals mijnbouw, landbouw of bosbouw en heeft nog niet eerder een functionele levenscyclus doorlopen.
ProjectMER	Het MER voor een projectbesluit dat het vervolg kan zijn op PAWOZ-Eemshaven. Een projectMER kent een groter detailniveau dan een planMER.
Refurbishment	Het herstellen en/of opknappen van gebruikte producten om hun levensduur te verlengen.
Secundair materiaal	Grondstoffen die afkomstig zijn van hergebruikte of gerecyclede producten en materialen. In plaats van nieuw gewonnen primaire materialen, worden secundaire materialen teruggewonnen uit afvalstromen en opnieuw ingezet in productieprocessen.
Subcriterium	Een subcriterium is een specifieke maatstaf die wordt gebruikt om een deelaspect van een breder criterium in meer detail te beoordelen binnen het MER (Milieu Effect Rapportage).
TenneT	TenneT is in Nederland de beheerder van het elektriciteitsnet vanaf een spanningsniveau van 110 kV. Ook beheert TenneT het Net op zee.
Tie-in	(Koppeling voor waterstofleidingen) Een technische aansluiting die wordt gebruikt om een (nieuwe) waterstofleiding te verbinden met een (bestaand) leidingnetwerk of systeem.

1

ALGEMENE INTRODUCTIE

1.1 Waarom deze notitie?

Het doel van het Programma Aansluiting Wind Op Zee - Eemshaven (hierna: PAWOZ) is om te onderzoeken waar voldoende ruimte is om kabelsystemen en leidingen in de Noordzee, het Waddengebied en op het vasteland aan te leggen. Op elke route zijn er uitdagingen, omdat er bepaalde regels gelden en er andere gebruikers zijn. Per route wordt onderzocht hoeveel beschikbare ruimte er is. En de routes worden geprioriteerd. Dit betekent dat de ene route de voorkeur krijgt boven een andere route. Als er in de toekomst windparken worden ontwikkeld, dan worden routes uit PAWOZ gebruikt om de windparken aan te sluiten. PAWOZ draagt zo bij aan het aansluiten van windparken op zee en daarmee aan het terugbrengen van de Nederlandse CO₂-uitstoot. Deze offshore windparken en/of nabij geplaatste elektrolyzers zijn gelegen op het noordelijke gedeelte van het Nederlandse deel van de Noordzee.

Het thema Circulariteit is samen met Klimaatadaptatie en Biodiversiteit in de NRD benoemd als overige relevante thema's. Circulariteit (en Klimaatadaptatie en Biodiversiteit) zijn niet in het in de NRD uitgewerkte beoordelingskader opgenomen. Ze worden kwalitatief uitgewerkt in het planMER voor PAWOZ, deze notitie ziet alleen op het thema Circulariteit.

1.2 Waar gaat circulariteit over?

Circulariteit draait allereerst om het zoveel mogelijk hergebruiken van materialen en het sluiten van de keten. Met keten wordt bedoeld de volledige levenscyclus van een product of materiaal, van de winning van grondstoffen, productie en gebruik, tot en met de uiteindelijke verwerking en hergebruik van afvalstoffen. Dit betekent dat producten en grondstoffen zo veel mogelijk opnieuw worden gebruikt, gerepareerd, en gerecycled, zodat er zo min mogelijk afval en verspilling is. In een *circulaire economie* worden materialen die nu als afval worden beschouwd, hergebruikt, waardoor we minder nieuwe grondstoffen uit de aarde nodig hebben. Hiervoor is onder andere goede informatie nodig over de productiewijze, historie en/of samenstelling van materialen of onderdelen.

Ook de beschikbaarheid van materialen is een cruciaal aspect. Dit geldt met name voor de zogenaamde kritische en strategische materialen (Critical and Strategical Raw Materials, CSRMs). Voor deze materialen is de oorsprong en leveringszekerheid van groot belang, omdat de aanvoer bijvoorbeeld door geopolitieke redenen onder druk kan komen te staan. Bovendien zijn deze materialen relatief schaars, waardoor hergebruik extra belangrijk wordt. Steeds vaker wordt materiaal- of productinformatie verstrekt in de vorm van een materiaal- of productpaspoort.

1.2.1 Waarom is circulariteit belangrijk?

De aarde beschikt over eindige hoeveelheden materialen. Ook zijn er grenzen aan wat de planeet aan kan op het gebied van milieubelasting. Circulariteit speelt een cruciale rol doordat het hergebruiken van materialen de druk op natuurlijke hulpbronnen vermindert en de milieu-impact verkleint. Door circulaire processen toe

te passen, kunnen we de levensduur van materialen en onderdelen verlengen, wat leidt tot een duurzamer gebruik van beschikbare grondstoffen en een verminderde afhankelijkheid van nieuwe grondstoffen.

1.2.2 Welke onderdelen vallen onder circulariteit?

Circulariteit heeft verschillende facetten die samen bijdragen aan een duurzamer gebruik van hulpbronnen. Allereerst gaat het om het gebruik van primaire en secundaire materialen. Primaire materialen zijn nieuw gewonnen grondstoffen, terwijl secundaire materialen afkomstig zijn uit recyclingprocessen. Daarnaast spelen hulpstoffen een belangrijke rol. Dit omvat alle stoffen die nodig zijn bij de productie en het onderhoud van infrastructuur, zoals smeermiddelen en koelmiddelen. Tot slot zijn er de overige circulaire aspecten, waaronder energiegebruik, CO₂-emissies en andere vormen van milieubelasting, zoals de productie van (gevaarlijk) afval en geluid.

1.2.3 Wat is nodig voor meer circulariteit?

Om circulariteit te bevorderen en duurzamer gebruik van hulpbronnen te realiseren, zijn verschillende strategieën en maatregelen van essentieel belang. Allereerst is circulair ontwerpen een cruciale stap. Circulair ontwerpen begint met preventie, dat wil zeggen voorkomen dat materialen/grondstoffen überhaupt nodig zijn. Hieronder valt ook het zoeken naar materiaal-arme(re) oplossingen. Deze benadering draagt bij aan de reductie van materiaalgebruik en onderdelen. Daarnaast worden producten en infrastructuur zodanig ontworpen, dat ze eenvoudig te demonteren en te recyclen zijn, waardoor materialen efficiënt kunnen worden hergebruikt en hoogwaardige verwerking na gebruik mogelijk wordt. Een volgende stap is het implementeren van circulair produceren. Dit betekent dat productieprocessen worden geoptimaliseerd om afval te minimaliseren en hergebruik te maximaliseren. Bijvoorbeeld door gebruik te maken van gerecyclede materialen en duurzame productiemethoden. Dit valt onder de strategie van vervanging door meer circulaire materialen of onderdelen. Verder is het implementeren van circulaire principes in alle fasen van de levenscyclus van infrastructuur van groot belang. Circulaire principes omvatten circulair bouwen, waarbij duurzame materialen worden gebruikt en constructies worden ontworpen met het oog op demontage en hergebruik. Ook circulaire bedrijfsvoering, onderhoud, reparatie en sloop spelen een essentiële rol. Door gedurende de hele levensduur van infrastructuur te zorgen voor duurzame en herbruikbare oplossingen, kan levensduurverlenging worden gerealiseerd.

Door consistent gebruik te maken van de vier belangrijke circulaire strategieën kan circulariteit worden bevorderd en kunnen we een belangrijke bijdrage leveren aan een circulaire economie, te weten:

- 1 reductie van materiaalgebruik en onderdelen;
- 2 vervanging door meer circulaire materialen of onderdelen;
- 3 hoogwaardige verwerking na gebruik; en;
- 4 levensduurverlenging.

Voor een circulaire economie is transparantie cruciaal, vooral wat betreft de herkomst en samenstelling van materialen. Beschikbare informatie hierover helpt bij het maken van duurzame keuzes, waarborgt de kwaliteit en veiligheid van producten, en vergemakkelijkt recycling. Het Circulair Product Paspoort (CPP) speelt voor recycling een belangrijke rol door gedetailleerde informatie over een product, zoals gebruikte materialen en hergebruiksmogelijkheden, beschikbaar te maken. Daarnaast vraagt TenneT om grondstofpaspoorten om circulariteit inzichtelijk te maken, een initiatief dat zij delen met andere netbeheerders. Deze grondstofpaspoorten bieden inzicht in de herkomst en samenstelling van de gebruikte grondstoffen, wat essentieel is voor het bevorderen van een duurzame en circulaire economie. Het CPP en de grondstofpaspoorten samen bevorderen innovatie, traceerbaarheid en verantwoord gebruik van materialen, en ondersteunen beleidsvorming gericht op duurzaamheid.

NATIONAAL EN INTERNATIONAAL BELEID

De transitie naar een circulaire economie is een cruciaal onderdeel van duurzaamheidsbeleid op zowel nationaal als internationaal niveau. Deze notitie circulariteit belicht de relevante beleidskaders, wetgevingen, en plannen die de circulaire economie bevorderen, met een specifieke focus op de context van offshore windenergie en de bijbehorende infrastructuur. Dit hoofdstuk is van belang, aangezien het inzicht biedt in de bestaande en toekomstige richtlijnen die van invloed zijn op de ontwikkeling en exploitatie van offshore windparken, elektriciteitskabels, en waterstofleidingen. De relevantie van deze beleidskaders is dat ze de randvoorwaarden en stimulansen bepalen voor de circulaire principes die in het Programma van PAWOZ kunnen of moeten worden toegepast. Dit heeft direct invloed op de ontwerpkeuzes, materiaalgebruik, en de uiteindelijke milieu-impact van de infrastructuurprojecten.

Het hoofdstuk behandelt naast beleid ook wetgeving, strategische plannen, en programma's die bijdragen aan de circulaire economie. Dit geïntegreerde overzicht helpt om de samenhang tussen verschillende beleidsniveaus en sectorale initiatieven te begrijpen en hoe deze de doelstellingen van PAWOZ ondersteunen.

2.1 Europese doelen

Vanuit het Europese Parlement (EP) en de Europese Commissie (EC) is beleid geformuleerd met betrekking tot circulariteit, windenergie en offshore kabels en leidingen. Dit beleid is vooral stimulerend en nog weinig normatief of kaderstellend.

Europese plannen en wetgeving voor meer circulariteit

De Europese Unie (EU) heeft onder de noemer 'Fit for 55' beleid en wetgeving ontwikkeld met betrekking tot klimaat. Dit pakket aan maatregelen heeft invloed op materiaalgebruik, en omvat onder andere Emissions Trading System (ETS), Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) en 'duurzaam inkopen' (green procurement). Ook bevordert de EU duurzaamheid en circulaire economie via verschillende initiatieven, zoals de Europese Green Deal.

De EC heeft plannen om de circulaire economie te stimuleren door middel van beleid en wetgeving, ten aanzien van het bevorderen van hergebruik, recycling en duurzaam ontwerp. Hieronder volgen enkele illustratieve voorbeelden van Europese (beleids)plannen en wetgeving. Deze beleidsinstrumenten bevatten algemene circulaire principes, die ook van toepassing zijn op kabels en waterstofleidingen voor offshore windparken en elektrolyzers.

EC Actieplan voor de Circulaire Economie

De EC heeft een Circulaire Economie Actieplan opgesteld om de overgang naar een circulaire economie te versnellen. Dit plan bevat concrete maatregelen om duurzaamheid te bevorderen, zoals het verminderen van afval, het bevorderen van hergebruik en recycling, en het stimuleren van duurzaam ontwerp. Het actieplan omvat doelstellingen voor recyclingpercentages, het verminderen van stortplaatsafval en het bevorderen van ecodesign. Ecodesign betekent in dit geval, dat producten zo worden ontworpen dat ze langer meegaan, gemakkelijker kunnen worden gerepareerd en recyclebaar zijn.

Afvalbeheerwetgeving; Kaderrichtlijn Afvalstoffen

De EC heeft wetgeving aangenomen om afvalbeheer te verbeteren, zoals de Kaderrichtlijn Afvalstoffen en de Richtlijn Kunststofproducten voor eenmalig gebruik (Richtlijn EU 2019/904 Single-Use Plastics Directive, aangenomen in 2019). Deze wetgeving bevordert recycling en vermindert de impact van afval op het milieu. Volgens Kaderrichtlijn Afvalstoffen, Richtlijn 2008/98/EG) moet 70 % van bouw- en sloopafval gerecycled en nuttig worden toegepast. Hergebruik van elektriciteitskabels en waterstofleidingen van offshore windparken en elektrolyzers wordt op dit moment echter nog niet toegepast (2020). Technische complexiteit en hoge kosten van demontage en hergebruik maken het economisch minder aantrekkelijk zonder financiële prikkels. Daarnaast ontbreken duidelijke regelgeving en standaarden, wat implementatie bemoeilijkt. Kwaliteits- en veiligheidszorgen over hergebruikte materialen spelen ook een rol, evenals een gebrek aan bewustzijn en kennis binnen de industrie. Tot slot vormen logistieke uitdagingen bij het transporteren en verwerken van grote offshore componenten een bijkomende hindernis.

Financiële Instrumenten

De EC ondersteunt circulaire initiatieven via financieringsprogramma's, zoals het Europese Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO) en het Horizon Europe-programma. Deze fondsen stimuleren projecten gericht op circulariteit en duurzaamheid.

Offshore elektriciteitskabels en waterstofleidingen

Specifiek Europees beleid gericht op circulariteit van offshore elektriciteitskabels en waterstofleidingen is er op dit moment nog niet. Toch worden deze onderwerpen besproken in het bredere kader van energie-infrastructuur en de energietransitie binnen diverse Europese beleidsfora en instellingen, zoals de Europese Commissie, het Europees Parlement, en in werkgroepen en commissies die zich richten op energie, milieu en duurzaamheid. Daarnaast kunnen ze ook aan bod komen in bijeenkomsten en conferenties georganiseerd door relevante Europese agentschappen en samenwerkingsverbanden tussen lidstaten.

De discussie over de circulariteit van offshore elektriciteitskabels en waterstofleidingen wordt gevoerd door beleidsmakers, deskundigen en stakeholders uit verschillende sectoren, waaronder vertegenwoordigers van de Europese Commissie, leden van het Europees Parlement, nationale overheden, industrie-experts, milieuorganisaties, en academische onderzoekers. Deze diverse groep belanghebbenden werkt samen om richtlijnen en strategieën te ontwikkelen die de energietransitie ondersteunen en bijdragen aan duurzame energie-infrastructuur.

2.2 Nationale doelen voor circulaire economie

Nederland heeft de ambitie om in 2050 volledig circulair te zijn. Het circulaire-economiebeleid was tot op heden vooral gericht op vrijwilligheid en vrijblijvendheid. De Nederlandse overheid vindt dat meer richtinggevend en dwingende maatregelen nodig zijn. In het [Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030](#) (NPCE) is daarom een mix van beprijzende, normerende en stimulerende maatregelen opgenomen.

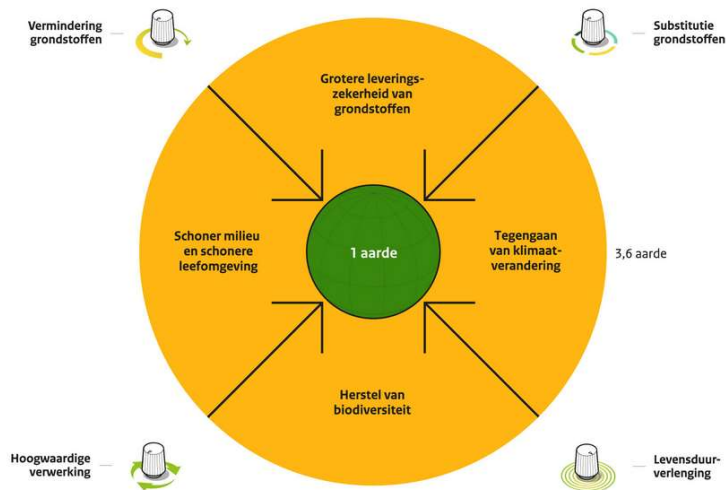
In het NPCE zijn vier belangrijkste strategieën genoemd om genoemde ambitie te halen, die consistent zijn met de in Hoofdstuk 3 voor PAWOZ gehanteerde circulaire strategieën:

- 1 reductie (vermindering) van materiaalgebruik (grondstoffen):
 - het verminderen van de Nederlandse grondstoffenvoetafdruk, zowel vanuit productie- als consumptieperspectief;
- 2 vervanging (substitutie) door meer circulaire materialen of onderdelen (grondstoffen):
 - het zoveel mogelijk vervangen van primaire grondstoffen door secundaire grondstoffen en duurzame hoogwaardige biograndstoffen. Of het gebruik van andere beschikbare grondstoffen met een lagere milieudruk;
- 3 levensduurverlenging:
 - het aansturen op een maximale levensduur voor producten en onderdelen, onder meer door hergebruik, refurbishment en reparatie;

4 hoogwaardige verwerking na gebruik:

- het verbeteren van schone, goed gesorteerde inzamelstromen en terugwinning van materialen om materialen tot op een gelijkwaardig niveau als het oorspronkelijke materiaal te recycleren.

Afbeelding 2.1 Circulaire strategieën. Legenda: Door het draaien aan de knoppen kunnen we de effecten van het grondstoffengebruik terugbrengen binnen de draagkracht van de aarde. Bron: NPCE



Het genoemde NPCE richt zich onder andere circulaire maatregelen met betrekking tot onshore en offshore windparken, inclusief de aansluitingen van deze windparken. Hierbij worden circulaire strategieën toegepast om de circulaire economie te bevorderen en de milieu-impact te verminderen. Het effectdoel voor windparken is bijdragen aan 2,2 Mton CO₂-reductie (scope 1 en 2) en bijdragen aan het verbeteren van de leveringszekerheid van de maakindustrie. Het NPCE wil de milieu-impact verminderen om bij te dragen aan een duurzamer, gezonder en veerkrachtiger toekomst voor mens en planeet.

Het NPCE noemt drie circulariteitsdoelen voor deze industrie-sector:

- 1 100 % secundair gebruik van windturbine-materialen in 2050;
- 2 verplichte toepassing van secundaire (gerecyclede) materialen in een windturbine;
- 3 verminderen inzet van primaire ('maagdelijke') materialen.

Het NPCE noemt de volgende hiervan afgeleide circulaire maatregelen met betrekking tot windenergie:

- 1 circulaire tendercriteria: de overheid zal circulariteit en Internationaal Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen opnemen als kwalitatieve randvoorwaarde in tenders voor windenergie op zee. Er zal gestuurd worden op het gebruik van gerecyclede materialen in windturbines;
- 2 100 % traceerbaarheid van materialen: deze maatregel beoogt het bereiken van 100 % traceerbaarheid van materialen in waardeketens tegen 2030, wat bijdraagt aan de bevordering van circulaire praktijken;
- 3 samenhangend onderzoeksprogramma: een onderzoeksprogramma opgezet om circulariteit van hernieuwbare elektriciteit op zee te bevorderen, inclusief het recyclen van materialen en het hergebruiken van bestaande olie- en gasinfrastructuur;
- 4 inkoop circulaire windparken op land versnellen: Er wordt gewerkt aan het versnellen van de inkoop van circulaire windparken op land, waarbij een buyer-group is opgericht om een overkoepelende marktvisie en ondersteunend beleid te ontwikkelen;
- 5 afweging tussen circulariteit en CO₂-reductie: Er wordt gewerkt aan het ontwikkelen van een meetmethode om de milieu-impact van circulaire strategieën te bepalen en om een goede balans te vinden tussen circulariteit van materialen en CO₂-reductie;
- 6 harmonisatie van beleid inzake windenergie: Er wordt gestreefd naar harmonisatie van beleid binnen de windindustrie, zowel nationaal als internationaal, om de circulaire praktijken te bevorderen en efficiëntie te vergroten.

Hoewel deze maatregelen niet in alle gevallen direct betrekking hebben op elektriciteitskabels en waterstofleidingen, kunnen ze wel de circulariteit van deze onderdelen verbeteren. Deze maatregelen stimuleren hergebruik en recycling van materialen, creëren markten voor circulaire producten en diensten, ontwikkelen innovatieve oplossingen en technologieën, en harmoniseren beleid om uniforme circulaire praktijken te ondersteunen. De maatregelen 2, 3, 5 en 6 hebben betrekking op elektriciteits- of waterstofverbindingen van offshore windparken. Maatregel 1 richt zich voornamelijk op de windturbines en maatregel 4 is specifiek gericht op windparken op land.

Klimaatneutrale en Circulaire Infrastructuur (KCI).

Voor infrastructuur is een concreet nationaal programma Klimaatneutrale en Circulaire Infrastructuur (KCI). Dit programma richt zich niet specifiek op energie-infrastructuur, maar de elektriciteit- en waterstofnetwerken vallen hier ook onder. Het programma heeft als doel om onze infrastructuur tegen 2030 zo veel mogelijk klimaatneutraal en circulair aan te leggen en te onderhouden. Dit initiatief wordt gedreven door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rijkswaterstaat en ProRail. Het streven is om CO₂-uitstoot, fijnstof en stikstof te verminderen en het gebruik van primaire materialen te beperken.

Programma Schoon en Emissieloos Bouwen

Het programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) streeft naar een succesvolle transitie naar schoon en emissieloos bouwen in 2030 en daarna. In samenwerking met medeoverheden, marktpartijen en kennisinstellingen wordt één aanpak ontwikkeld voor de hele bouwsector. SEB ondersteunt overheden, marktpartijen en brancheorganisaties bij het schoner en emissieloos uitvoeren van bouw-, onderhouds- en sloopprojecten. Dit omvat ook de aanleg van offshore en onshore elektriciteitskabels en waterstofleidingen voor het transport van offshore geproduceerde elektriciteit en waterstof. In SEB zijn Gasunie en TenneT convenantpartners.

Groene netten

Het Nederlandse programma Groene netten is een samenwerkingsverband tussen verschillende infrastructuurbeheerders, waaronder ProRail, Rijkswaterstaat, KPN, Alliander, Enexis, TenneT, Gasunie en Stedin. Hun gezamenlijke doel is het realiseren van klimaatneutrale en circulaire infrastructuren. Ze zetten in op energiebesparing, het gebruik van honderd procent duurzame energie en het toepassen van circulaire principes in hun bedrijfsvoering. Bijvoorbeeld door het ontwikkelen van kabels met een lange levensduur en het circulair ontmantelen van oude kabels.

Circular Economy Strategy (CES) en Climate Transition Plan (CTP) van TenneT

TenneT heeft eind 2023 een Circular Economy Strategy (CES) opgesteld, wat in de komende jaren moet gaan leiden tot steeds meer circulair verantwoorde keuzes. In de CES staan drie circulaire principes: ontwerpen, inkopen en terugwinnen. Komende jaren worden doelstellingen en KPI's richting 2030 voor elke categorie activiteiten ontwikkeld, waarmee effectief kan worden gestuurd en resultaten kunnen worden gemonitord. In het interview (zie Bijlage: Interview TenneT) wordt gesproken over het Climate Transition Plan, wat een overkoepelend plan is.

2.2.1 Circulariteit als onderdeel van tenders

Circulariteit in windkavel-tenders

De Nederlandse overheid (RVO) heeft het thema circulariteit voor het eerst geïntroduceerd in de tender voor de kavels Alpha en Beta van het offshore windpark IJmuiden Ver. In de tender waren criteria opgenomen om meer inzicht te krijgen in de circulaire situatie van het te bouwen windpark, inclusief de zogenaamde Inter Array (IA) elektriciteitskabels. Concreet betekent dit dat initiatiefnemer werd gevraagd inzicht te bieden in de circulaire kenmerken van de gebruikte materialen en onderdelen, en ook in de toegepaste circulaire maatregelen voor het windpark. De gevraagde aanlevering van circulaire informatie had betrekking op de hoeveelheden van de ingezette materialen, het aandeel hergebruikte materialen of onderdelen, de herkomst van de gebruikte materialen en de uitstoot van CO₂ voor de materialen en onderdelen. Tevens werd gevraagd per levensfase voor gedefinieerde onderdelen van het windpark circulaire maatregelen aan te geven. Deze maatregelen moesten voor vier circulaire ontwerpstrategieën worden beschreven, zoals

genoemd in paragraaf 1.2.3. In deze tender waren geen eisen opgenomen ten aanzien van ambities of minimaal te behalen circulariteitsdoelen.

Standaardisatie en duurzaamheid in windenergie

TenneT heeft ervoor gekozen om het 2 GW-concept toe te passen op de elektrische verbindingen voor het ontsluiten van windparken verder uit de kust dan 100 km vanwege het beperken van transportverliezen. Dit is ook meer duurzaam. Hoewel duurzaamheid niet de oorspronkelijke reden was voor de standaardisatie van het 2 GW-concept, heeft het een gunstig effect op het gebruik van materiaal en onderdelen. Het belangrijkste voordeel is dat de gelijkstroomverbinding (DC) minder transportverliezen heeft.

Het standaard ontwerpconcept betekent dat er niet telkens opnieuw een uniek ontwerp wordt gemaakt. Voor opeenvolgende projecten worden 'lessons learned' toegepast, wat leidt tot verbeteringen. Hierbij spelen circulariteit en duurzaamheid een steeds belangrijkere rol. Een ander voordeel van standaardisatie is dat reserveonderdelen nu voor meerdere projecten kunnen worden gebruikt. Dit is circulariteit 'pur sang'.

Voor de 700 MW-AC-platforms en AC-kabelsystemen begon TenneT in de loop van de eerste projecten toe te werken naar een standaard. Mocht het noodzakelijk zijn dat TNW elektrisch ontsloten wordt, dan wordt een standaard ontwerp gebruikt en worden 'lessons learned' toegepast. Dit past bij circulaire ontwerpprincipes, waarbij de 2 GW-DC-verbinding een meer circulair ontwerp is dankzij standaardisatie.

Circulariteit in net op zee-tenders

Circulariteit neemt ook in tenders voor elektriciteitsnetten op zee een steeds belangrijkere plaats in. Zo heeft TenneT vanaf 2021 de milieukostenindicator (MKI of ECI) in alle 2 GW offshore tenders voor kabels en platforms al een kwantitatief EMVI-criterium toegepast, zowel in Nederland als in Duitsland.

Circulariteit in de tender voor IJmuiden Ver Gamma en Nederwiek I

Op het moment van schrijven is er nog geen nadere informatie over verdere voor windparken te behalen doelen of toe te passen maatregelen ten aanzien van circulariteit. In een kamerbrief van 31 mei 2024 gaf de toenmalig minister van EZK aan, dat hij voornemens is voor de tenders voor de offshore windparken IJmuiden Ver Gamma en Nederwiek I een opzet te kiezen met een vergelijkende toets en een financieel bod. Hierbij is, naast ecologie, IMVO en systeemintegratie, circulariteit genoemd als een van de onderwerpen voor de vergelijkende toets.

2.2.2 Circulariteit als onderdeel van milieueffectrapportage (MER)/IEA.

Circulariteit wordt tegenwoordig veelal als aanvullend duurzaamheidsthema opgenomen in milieueffectrapportages/IEA's voor net-op-zee-projecten. Routes kunnen op onderscheidende aspecten van dit thema worden beoordeeld. Hierdoor kan voor deze aspecten een vergelijking tussen de routes worden gemaakt.

Circulariteit als beoordelingscriterium in een MER verschilt van de traditionele milieueffecten omdat het zich richt op de levenscyclus van materialen en hulpbronnen. Het doel van circulariteit is om afval te minimaliseren en het gebruik van nieuwe grondstoffen te beperken door hergebruik, reparatie, en recycling te bevorderen om uiteindelijk daarmee bij te dragen aan een lagere ecologische footprint. Circulariteit gaat dus minder over specifieke lokale, ruimtelijke en milieueffecten, maar meer over systemische veranderingen die leiden tot een duurzamer gebruik van hulpbronnen in de gehele keten van winning van grondstoffen tot en met het einde van levenscyclus en hopelijk de start van een nieuwe (cradle-to-cradle).

Bij het opnemen van circulariteit als beoordelingscriterium in een MER, worden geen directe milieueffecten gemeten, maar wordt geëvalueerd hoe goed alternatieven bijdragen aan een circulaire economie. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat een alternatief hoger scoort als het materialen gebruikt die gemakkelijk te recycleren zijn of als het ontwerp zodanig is dat onderdelen eenvoudig vervangen of gerepareerd kunnen worden. Tevens wordt de aandacht gevestigd op de wijze waarop in de volgende (project)-fase gewerkt kan worden aan een zo circulair mogelijke toepassing / uitvoering.

Opmerking

Voor het planMER voor PAWOZ is circulariteit in paragraaf. 5.2.1.3 van de NRD als een 'overig relevant thema' benoemd. Er is in de NRD geen beoordelingscriterium uitgewerkt. Conform de NRD wordt circulariteit in Hoofdstuk 3 kwalitatief uitgewerkt.

3

CIRCULARITEIT EN PAWOZ

3.1 Introductie

Het doel van PAWOZ is om te onderzoeken waar voldoende ruimte is om kabelsystemen, leidingen en de bijbehorende stations in de Noordzee, het Waddengebied en op het vasteland aan te leggen. Het gaat in elk geval om de ruimte voor het aansluiten van TNW en DDW. En verder is onderzocht hoeveel ruimte er nog meer is voor de ontsluiting van toekomstige windparken. Circulariteit wordt in deze notitie als extra duurzaamheidsthema gebruikt om in het planMER/IEA PAWOZ-routes te vergelijken.

De partijen die circulaire maatregelen voor PAWOZ kunnen toepassen zijn in eerste instantie de initiatiefnemers Gasunie voor de waterstofleidingen en TenneT voor de kabelsystemen. Beide partijen zullen derden inhuren voor de levering en de aanleg van de infrastructuur. Met beide bedrijven zijn interviews gehouden. Hierbij is informatie verkregen over op welke wijze beide organisaties, zowel algemeen als binnen PAWOZ, invulling willen geven aan circulariteit. Ook is gesproken met een vertegenwoordiger van het ontwerpteam voor de tunnelopties. Korte weergaven van de interviews zijn opgenomen in de [Bijlagen](#). Voor zover van toepassing voor PAWOZ is genoemde informatie van de interviews in de Hoofdstukken 3 en 4 van deze notitie verwerkt.

3.2 Welke methode is gehanteerd voor vergelijking van PAWOZ-routes op circulaire aspecten?

Gehanteerde methode in 5 stappen

Om de PAWOZ-routes op circulariteit te vergelijken, zijn de volgende stappen doorlopen:

- **stap 1:** paragraaf 3.2.1 beschrijft de verschillende onderdelen en materialen van de elektrische- en waterstofverbindingen;
- **stap 2:** een beschrijving van de bij de infrastructuur behorende activiteiten in de verschillende levensfasen is gegeven (zie 3.2.2);
- **stap 3:** de onderscheidende circulaire aspecten zijn geïdentificeerd aan de hand van de vier gangbare circulaire strategieën, zoals beschreven in paragraaf 1.2.3 (zie 3.2.3);
- **stap 4:** op basis hiervan zijn de voor de PAWOZ-routes te hanteren onderscheidende circulaire aspecten bepaald (zie 3.3);
- **stap 5:** met de onderscheidende circulaire aspecten zijn de meest circulaire routes (top 3) bepaald. Hiermee wordt inzicht geboden in welke combinaties van PAWOZ-routes en aanlegtechnieken het meest circulair zijn (zie 3.4).

3.2.1 Onderdelen en materialen voor de infrastructuur van PAWOZ (Stap 1)

Deze paragraaf inventariseert de (mogelijke) onderdelen en toegepaste materialen die nodig zijn voor de PAWOZ-infrastructuur om op de Noordzee geproduceerde elektriciteit en waterstof te transporteren. De onderdelen worden beschreven in Hoofdstuk 4 Voorgenomen activiteit van het MER-hoofdrapport. Hieronder wordt besproken welke materialen en onderdelen hiervoor gebruikt worden.

Kabelsystemen

Kabelsystemen voor export van elektriciteit vanaf een offshore windpark bestaan uit verschillende lagen en materialen. De kern bestaat uit een geleider, meestal gemaakt van koper of aluminium, die verantwoordelijk is voor het geleiden van elektriciteit. Rondom de geleider bevindt zich isolatiemateriaal, vaak polyethyleen (PE) of cross-linked polyethyleen (XLPE), dat zorgt voor elektrische isolatie. Om elektromagnetische interferentie te verminderen, wordt de kabel afgeschermd met koperen of aluminium tapes of vlechten. Daarnaast is de kabel voorzien van een beschermende mantel van polyethyleen of PVC, die bescherming biedt tegen externe invloeden. Soms wordt er ook een wapeningslaag toegevoegd, bestaande uit staal- of glasvezeldraden, voor extra mechanische bescherming. Deze opbouw zorgt ervoor dat de elektriciteit efficiënt en betrouwbaar van de offshore windturbines via het platform (OSS) naar het vasteland wordt getransporteerd.

Offshore platforms en converter/transformatorstations

Offshore platforms en converter/transformatorstations dienen als tussenstations waar de opgewekte elektriciteit van de windturbines wordt verzameld, geconverteerd of getransformeerd, en vervolgens via onderzeese kabelsystemen naar het vasteland wordt getransporteerd. Deze platforms bevatten verschillende essentiële onderdelen en systemen, zoals transformatoren, converters, schakelapparatuur, koelsystemen, beveiligings- en controlesystemen, en funderingen van staal.

De belangrijkste materialen die voor deze infrastructuur nodig zijn, omvatten staal voor de fundering en structurele elementen van het platform, koper voor transformatoren, converters en bekabeling vanwege zijn uitstekende geleidingseigenschappen, en aluminium als een lichter alternatief voor koper en staal in sommige structurele componenten. Voor circulariteit is het belangrijk dat deze materialen en componenten herbruikbaar of recyclebaar zijn. Staal en aluminium zijn beide goed recyclebaar en kunnen meerdere keren worden hergebruikt zonder kwaliteitsverlies. Koper heeft een hoge recyclebaarheid en is waardevol in de schrootmarkt. Innovaties in het gebruik van milieuvriendelijke en recyclebare isolatiematerialen kunnen bijdragen aan de circulariteit.

Waterstofleidingen

Een offshore waterstofpijpleiding van circa 48 inch bestaat uit verschillende lagen. De binnenzijde is gemaakt van hoogwaardig staal met een binnenlaag van speciale coating om waterstofbroosheid te voorkomen. Daaromheen zit een anti-corrosielaag van bitumen- of epoxycoating, beschermd door een isolerende laag van polyurethaan of polyethyleen schuim. De buitenste laag is van polyethyleen of polypropyleen voor fysieke bescherming, soms aangevuld met een betonnen mantel voor stabiliteit op de zeebodem. Deze opbouw zorgt voor veilige en efficiënte waterstoftransport van zee naar land. Ook hier is het van belang om aandacht te besteden aan de afval- en schrootketen, zodat materialen na gebruik kunnen worden gerecycled en terug naar de hoogovens kunnen worden gebracht.

Koppelpunten (tie-in) waterstofleiding

Een koppelpunt, of 'tie-in', voor waterstofleidingen bestaat uit stalen flensverbindingen voor een stevige waterstofleiding-verbinding met bouten en moeren. Afsluiters zoals kogelkranen regelen de waterstofstroom, terwijl afdichtingen lekken voorkomen. Bochten en T-stukken bieden flexibiliteit in leidingontwerp. Meet- en regelapparatuur zoals druk- en temperatuursensoren bewaken de leidingprestaties. Een koppeling van (waterstof)gasleidingen kan ook bovenwater gefaciliteerd worden via een offshore platform. Genoemde onderdelen zijn overwegend gemaakt van staal.

Tunnelsystemen voor kabelsystemen of waterstofleidingen

Voor kabelsystemen en waterstofleidingen moeten aparte tunnelsystemen worden aangelegd. Een optie is hiervoor een of meerdere betonnen tunnelbuizen van circa 5,5 m diameter en een wanddikte van circa 35 cm onder de Waddenzee aan te leggen. Voor PAWOZ bestaat de scope van een tunnelsysteem voor het ontsluiten van windparken TNW en DDW uit:

- een buis met een 2 GW-kabelsysteem;
- een tweede buis met een 2 GW-kabelsysteem;
- een derde buis met een waterstofleiding.

De tunnelbuizen voor kabelsystemen bevatten aan weerszijden rails, waarover deze kabelsystemen via geleidingswielen naar binnen worden gereden. Voor de waterstofleidingen zijn er rails op de bodem van de tunnelbuizen. De waterstofleidingen worden over deze rails naar binnen gereden, en er is ruimte voor een tweede waterstofleiding indien nodig. Alle tunnelsystemen (kunnen) worden uitgerust met luchtbehandelingssystemen en conditiebewakingsapparatuur om de operationele omstandigheden te optimaliseren en de infrastructuur te monitoren. Deze opzet zorgt voor een veilige en efficiënte transportroute voor zowel elektriciteit als waterstof. De leidingen zijn geconditioneerd wat resulteert in minder storingen (hogere beschikbaarheid) en minder noodzaak tot vervanging van kabelsystemen of leidingen (langere levensduur). Het intredepunt op de Ballonplaat en het aanlandingspunt op het vasteland vereisen aanzienlijke hoeveelheden materiaal en werkzaamheden. Het is ook hier van belang om materialen te kiezen die goed recyclebaar zijn en aandacht te besteden aan de afval- en schrootketen, zodat gebruikte materialen terug naar de hoogovens kunnen worden gebracht voor hergebruik.

3.2.2 Activiteiten in levensfasen (Stap 2)

Hieronder volgen mogelijke activiteiten per levensfase van onderdelen voor de PAWOZ-infrastructuur. Voor een uitgebreide beschrijving van de onderdelen verwijzen we naar Hoofdstuk 4 van het MER-hoofdrapport.

Ontwerpfase

Als aangegeven verloopt het ontwerp van de elektrische- en waterstofverbindingen voor PAWOZ in verschillende stappen. In de planfase ligt de focus op het bepalen van de kansrijkheid van routes uit een reeks PAWOZ-routes. In de projectfase kunnen een of meerdere routes in meer detail uitgewerkt, waarbij circulaire aspecten, zoals gebruik van minder of gerecycled materiaal, of hergebruik van onderdelen in het ontwerp kunnen worden meegenomen.

In de ontwerpfase is ook de inkoopfase van groot belang. Door strikte eisen te stellen aan de duurzaamheid en herkomst van materialen, evenals aan de methoden van productie en levering, kan de circulariteit van de infrastructuur aanzienlijk worden verbeterd. Dit kan bijvoorbeeld inhouden dat er specifiek wordt gekozen voor leveranciers die gerecyclede materialen gebruiken, of dat er voorkeur wordt gegeven aan lokale producenten om de ecologische voetafdruk van transport te verminderen.

Productiefase

In deze fase worden de onderdelen en/of subonderdelen voor het bovengenoemde ontwerp geproduceerd of hergebruikt. De productie kan in circulair opzicht geoptimaliseerd worden, bijvoorbeeld door een proces te ontwikkelen met minder (productie)afval, minder materiaalinzet en/of minder en/of schoner energiegebruik.

Aanlegfase kabelsystemen en leidingen

Ten aanzien van de aanlegfase beperkt deze notitie zich tot de aanleg van kabelsystemen en leidingen. Het voornemen is breder en omvat ook platforms, stations en dergelijke. Genoemde beperking is echter gemaakt, omdat in deze fase alleen voor kabelsystemen en leidingen onderscheidende circulaire aspecten voor de PAWOZ-routes bepaald kunnen worden.

De aanleg van de kabelsystemen en leidingen voor een offshore windpark naar land is in drie onderdelen te verdelen: (1) onderdeel door de Noordzee, (2) onderdeel door de Waddenzee en (3) onderdeel op het vasteland. Voor de aanleg- en installatietechnieken verwijzen wij naar het MER hoofdrapport en de Notitie Routeontwikkeling, Bijlage 2.

Operationele en onderhoudsfase

Offshore kabelsystemen en waterstofleidingen worden regelmatig gecontroleerd en onderhouden om hun betrouwbaarheid te waarborgen. Monitoring van de operationele parameters zoals druk, temperatuur en stroomsterkte zijn van belang om de goede en veilige werking te waarborgen. Ook is er monitoring om de veiligheid van de kabelsystemen en leidingen vanuit oogpunt van defensie en terrorismebestrijding te waarborgen. Vernieling of vernietiging van infrastructuur door sabotage is zeer onvriendelijk voor de

circulariteit van de infrastructuur, en kan ook leiden tot stilstand van windparken, waardoor hernieuwbare energie van één of meerdere windparken niet benut kan worden. Verder vinden inspecties met ROV's en sonar plaats voor het identificeren van schade, corrosie of andere problemen. Reparaties worden waar nodig uitgevoerd. Op zee gebeurt dat door duikteams en/of onderhoudsschepen. Onderhoud omvat ook schoonmaak en integriteitstests om de operationele veiligheid te waarborgen. Zorgvuldige operationele uitvoering en regelmatig onderhoud bevorderen betere circulariteit. Hierdoor zal het aantal reparaties en vervangingen worden verminderd. Dit zal tevens de levensduur verlengen.

Verwijderingsfase

Offshore kabelsystemen en waterstofleidingen kunnen worden verwijderd door gebruik te maken van geavanceerde technologieën en methoden. Voor kabelsystemen kunnen speciale kabelsnijders en onderwaterrobots (ROV's) worden ingezet om de kabelsystemen op de zeebodem te lokaliseren en veilig te verwijderen. Naar verwachting zal in de vergunning worden opgenomen dat kabelsystemen verwijderd moeten worden na buitengebruikstelling, tenzij de milieueffecten daarvan te groot zijn. Kabelsystemen die diep zijn begraven kunnen moeilijk te verwijderen zijn, waardoor de kosten en milieueffecten mogelijk hoger uitvallen. In dergelijke gevallen kan het laten liggen van de kabelsystemen een betere optie zijn, totdat materialen dermate veel waard worden of beleid/wetgeving het opruimen verplichten.

Voor platforms is het momenteel nog niet duidelijk hoeveel verwijderd moet worden: alles, tot enkele meters in de bodem of enkele meters boven de zeebodem. Een kwestie die hierbij ook een rol speelt, is dat de jacket-constructie van de platforms door marien leven wordt bedekt en in de loop van minimaal 4 decennia veel ecologische waarde kan creëren, die niet zomaar vernietigd moet of kan worden.

Voor waterstofleidingen kunnen vergelijkbare technieken worden toegepast, waarbij ook speciale graafmachines worden gebruikt om de leidingen te verwijderen. In de toekomst wordt verwacht dat technologische ontwikkelingen de verwijdering van offshore infrastructuur verder zullen verbeteren. Dit kan onder meer gaan om verbeterde robotica, autonome systemen en geavanceerde materialen die milieuvriendelijker zijn. Eenvoudige en zo volledig mogelijke verwijdering bevordert de kansen voor circulaire verwerking en/of hergebruik.

3.2.3 Hoe kan circulariteit bevorderd worden binnen PAWOZ en wat zijn mogelijk onderscheidende circulaire aspecten? (Stap 3)

Circulariteit richt zich op het duurzaam gebruik van grondstoffen en minimale emissies. Om circulariteit te bevorderen bestaan vier belangrijke circulaire strategieën, zoals reeds genoemd in paragraaf 1.2.3.

De PAWOZ-routes van PAWOZ zijn nog slechts in concept gedefinieerd in de vorm van corridors en componenten op een GIS-kaart. Hieronder is beschreven hoe deze circulaire strategieën in deze situatie toegepast kunnen worden. Er is nog geen informatie over de feitelijke uitvoering aangaande te gebruiken materialen en (on)geplande werkzaamheden.

Hierdoor is er slechts een beperkt aantal onderscheidende circulaire aspecten gebaseerd op de vier genoemde circulaire strategieën:

- 1 reductie van materiaalgebruik en onderdelen: voor PAWOZ kan reductie van materiaalgebruik en onderdelen als volgt bereikt worden:
 - voor kortere routes zijn minder materiaal en hulpstoffen nodig en treden minder emissies op. Dus hoe korter de route, des te meer circulair deze route is;
 - de wijze waarop de elektrische- en waterstofverbindingen zullen worden aangelegd heeft invloed op de mate van circulariteit. In het algemeen geldt dat hoe dieper de kabelsystemen en leidingen worden aangelegd, des te meer grondverzet nodig is, waarbij ook zwaarder materieel en hulpstoffen nodig zijn. Aanlegtechnieken waarbij de kabelsystemen en leidingen dieper worden gelegd zijn hierdoor minder circulair. In geval van een tunnelsysteem is naast meer grondverzet ook de inzet van nog zwaarder aanlegmaterieel nodig. Daarnaast is nog zeer veel additioneel materiaal (beton en

- staal) nodig. Dit is een groot circulair nadeel. Hier staan weliswaar circulaire voordelen van betere terugwinbaarheid en levensduurverlenging van kabelsystemen en leidingen tegenover;
- vermindering van materiaalinzet voor koppelingen (tie-in's): per route is de inzet van materiaal tevens afhankelijk van het aantal en type koppelingen of tie-in's;
 - in hoeverre andere besparingen van materialen mogelijke en wenselijk zijn zal afhangen van het nog te bepalen ontwerp. Hierover kan in deze fase dus nog geen inzicht worden geboden;
- 2 vervanging door meer circulaire materialen of onderdelen:
- gebruik maken van bestaande infrastructuur: waar mogelijk kan voor PAWOZ zowel op de Noordzee, op de Waddenzee en op land, in plaats van alle leidingen nieuw te bouwen, gebruik gemaakt worden van (delen van) bestaande leidingen en/of infrastructuur. Voor transport van elektriciteit zijn in dit gebied geen (geschikte) bestaande kabels. Er zijn wel bestaande aardgasleidingen die omgebouwd zouden kunnen worden voor waterstoftransport. Recentelijk is een studie gestart om de mogelijkheden voor hergebruik van aardgasleidingen, waaronder via de NGT-leiding door de Waddenzee, te onderzoeken. De eerste resultaten zullen eind 2024, begin 2025 beschikbaar komen;
 - in hoeverre vervanging door meer circulaire materialen of onderdelen mogelijk en haalbaar is, zal eveneens afhangen van het nog te bepalen ontwerp. Hierover kan in deze fase dus nog geen inzicht worden geboden;
- 3 hoogwaardige verwerking na gebruik: in hoeverre hoogwaardige verwerking van onderdelen of materialen na gebruik mogelijk en haalbaar is, zal mede afhangen van het nog te bepalen ontwerp. De hoofdbestanddelen van kabelsystemen en leidingen zijn koper, eventueel aluminium, en staal. Deze materialen zijn na terugwinning (bijvoorbeeld in geval van kabelsystemen en leidingen in tunnelsystemen, of na (mogelijk verplichte) verwijdering uit de bodem) uitstekend hoogwaardig te verwerken. Op dit moment is echter nog geen informatie bekend over de materiaal-samenstelling en configuratie van kabelsystemen en leidingen. Hierdoor kan ook nog geen nader inzicht worden geboden over mogelijke hoogwaardige verwerking na gebruik;
- 4 levensduurverlenging: In het ontwerp van de elektrische- en waterstofverbindingen kan gekozen worden voor een langere dan gebruikelijke levensduur. Ook kan, bijvoorbeeld in geval van kabelsystemen en leidingen, in één of meer tunnelsystemen, door betere conditionering een langere levensduur van toepassing zijn. Onderhoud en goed beheer in de operationele fase zijn eveneens van invloed op het halen van de levensduur en kunnen bijdragen aan verlenging hiervan. Op dit moment is hierover echter nog geen informatie beschikbaar.

Ontwerpkeuzes zoals levensduurverlenging door dieper begraven en het gebruik van hoogwaardige materialen zijn nog niet vastgesteld. Ook hergebruik van materialen en/of onderdelen wordt nog onderzocht.

3.3 Welke onderscheidende circulaire aspecten worden gehanteerd voor de PAWOZ-routes? (Stap 4)

In de voorgaande paragraaf is weergegeven op welke wijze circulariteit van de PAWOZ-routes kan worden bevorderd. Hierbij zijn voor de onderscheidende circulaire aspecten effecten bepaald. Hieronder volgt een overzicht.

Vanuit circulariteitsoogpunt worden voor de PAWOZ-routes de volgende *onderscheidende aspecten* gehanteerd:

- Primair:** de lengte van de route. De lengte is in eerste instantie maatgevend voor circulariteit, omdat, zoals eerder aangegeven, voor een kortere route minder materiaal en werkzaamheden nodig zijn;
- Secundair:** aanlegtechniek met als subcriteria:
 - (a) de diepte waarop de aanlegtechniek de infrastructuur voor deze route zal plaatsen;
 - (b) de hoeveelheid te verzetten grond;
 - (c) de hierbij in te zetten extra hoeveelheid materiaal.

Opmerkingen

Infrastructurele onderdelen die voor alle routes nodig zijn, zoals hoogspanningsstations en waterstof aanlandingsstations, zijn buiten beschouwing gelaten, omdat ze in circulair opzicht geen onderscheidende effecten opleveren voor de PAWOZ-routes.

Het aantal en type koppelingen voor elke PAWOZ-route verschilt enigszins, bijvoorbeeld als gevolg van de lokale kenmerken (zoals een wadplaat of geul) waar de route overheen loopt. Dit is nader beschreven in het deelrapport Techniek. Wij schatten echter in dat deze verschillen voor de routevergelijking in circulair opzicht in deze fase nog niet of nauwelijks onderscheidend zijn. Deze koppelingen kunnen, afhankelijk van nog te maken ontwerpkeuzen, meer of minder circulair ontworpen en uitgevoerd worden. Hergebruik van bestaande (aardgas)leidingen is, in afwachting van nadere informatie, vooralsnog buiten beschouwing gelaten.

Het beoordelingskader (tabel 5-3) in de NRD bevat geen beoordelingscriterium of beoordelingskader voor 'Circulariteit', maar bestaat uit een toelichtende paragraaf (paragraaf 5.2.1.3) waarin aangegeven wordt dat er 'overige relevante thema's zijn: Circulariteit, klimaatadaptatie en biodiversiteit. Het NRD geeft verder aan, dat deze thema's in het MER op een kwalitatieve manier in beeld gebracht dienen te worden. In lijn hiermee worden in deze notitie PAWOZ-routes vergeleken en gerankt op basis hiervan eerdergenoemde onderscheidende aspecten ten aanzien van circulariteit.

De vergelijking op basis van circulaire onderscheidende aspecten is uitgevoerd aan de hand van Tabel 3.1.

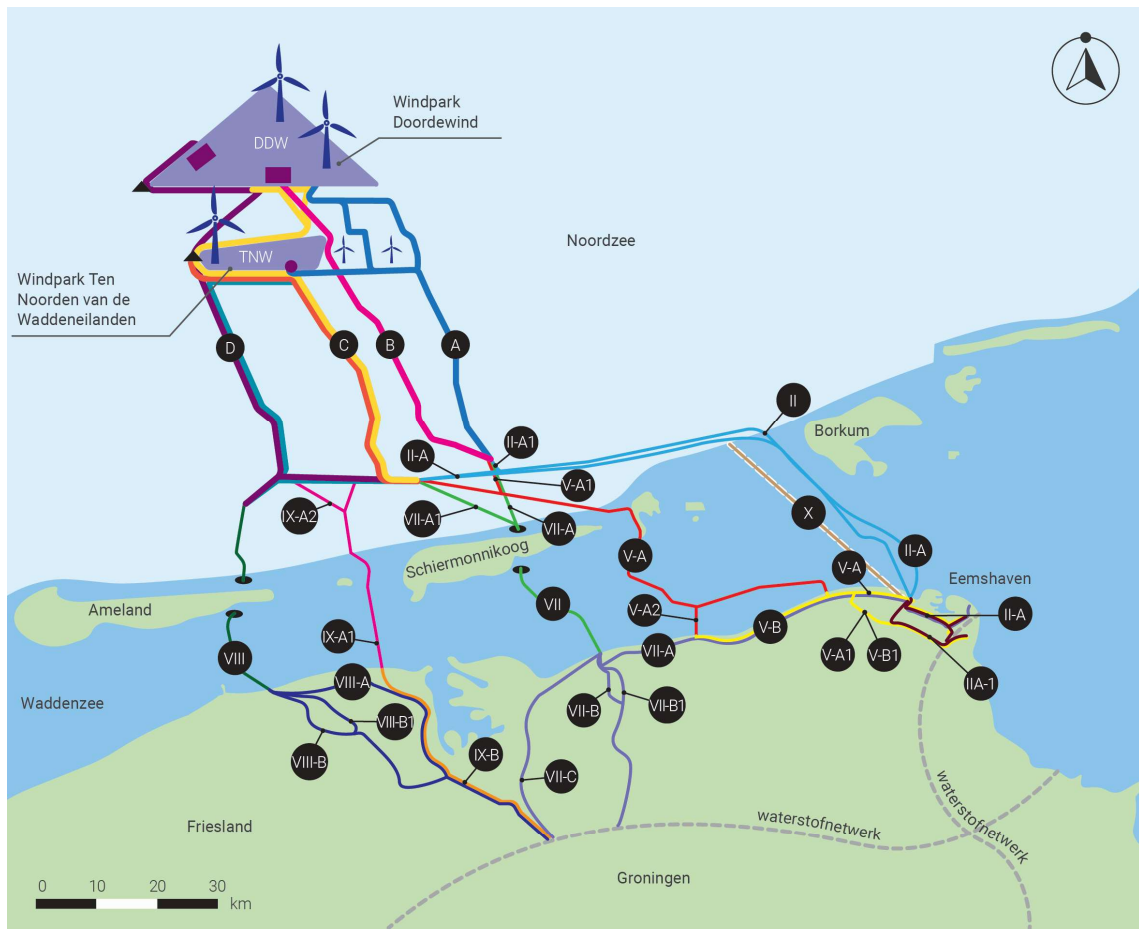
Tabel 3.1 Vergelijking van PAWOZ-routes op basis van onderscheidende circulaire aspecten.

Score	Wanneer toegekend
	route is op dit aspect in circulair opzicht minder wenselijk
	route voldoet op dit aspect in circulair opzicht het beste

3.4 Hoe scoren de PAWOZ-routes op onderscheidende circulaire aspecten? (Stap 5)

De PAWOZ-routes worden in eerste instantie op circulariteit vergeleken en gerangschikt op basis van hun lengte. De routes zijn onder te verdelen in routegedeelten over de Noordzee (Noordzeeroutes), routegedeelten door de Waddenzee (Waddenzeeroutes) en routegedeelten over het vasteland (landroutes) naar respectievelijk transformator- en converterstations (kabelsystemen) en het Waterstofnetwerk Nederland (WN) (leidingen). Over de Noordzee lopen vier routes: A, B, C en D. Door de Waddenzee lopen diverse routes, waarbij in theorie met elke Waddenzeeroute alle vier de Noordzeeroutes aangesloten kunnen worden op land.

Afbeelding 3.1 Overzichtsk kaart van de geoptimaliseerde routes



Legenda

Noordzee routes kabelsystemen

- A** Parallel aan Gemini kabels
- B** Parallel aan verlaten telecom kabel
- C** Direct naar TNW
- D** Parallel aan bestaande gasleiding

Noordzee routes leidingen

- C** Direct naar TNW
- D** Parallel aan bestaande gasleiding
- ▲ Demarcatiepunt
- Platformen DDW
- Platform TNW1

Waddenzee routes kabelsystemen

- II** Oude Westereems route
- V** Boschgat route
- VII** Schiermonnikoog Wantij route
- X** Tunnel route

Waddenzee routes leidingen

- II** Oude Westereems route
- VII** Schiermonnikoog Wantij route
- VIII** Ameland Wantij route
- IX** Zoutkamperlaag route
- X** Tunnel route

Land routes kabelsystemen

- II** Oude Westereems landroute
- V** Boschgat landroute
- VII** Schiermonnikoog Wantij landroute

Land routes leidingen

- II** Oude Westereems landroute
- VII** Schiermonnikoog Wantij landroute
- VIII** Ameland Wantij landroute
- IX** Zoutkamperlaag landroute

Verder zijn voor kabelsystemen PAWOZ-routes te onderscheiden: (1) van land naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW) en (2) van land naar windpark Doordewind (DDW). Voor leidingen zijn PAWOZ-routes beschouwd van land naar windpark Ten Noorden van de Wadden. Bijlage IV geeft een overzicht van de lengtes van de verschillende gedeelten, alsook de totale lengtes van deze PAWOZ-routes.

Meest circulaire PAWOZ-routes o.b.v. lengte van de route (onderscheidend aspect A)

In onderstaande tabellen zijn per Noordzeeroute (A t/m D) de korte routes bepaald naar windparken TNW en DDW. Vervolgens zijn hiervan achtereenvolgens voor kabelsystemen naar TNW en DDW en leidingen naar TNW de kortste en hierdoor ten aanzien van het aspect 'lengte' meest circulaire route aangegeven.

Meest circulaire PAWOZ-route voor kabelsystemen naar windpark Doordewind (DDW)

Uit Tabel 3.2 blijkt dat de PAWOZ-route bestaande uit Noordzeeroute B, de II: Oude Westereems route A1 en de II: Oude Westereems landroute A de kortste (totaal 144 km) en dus meest circulaire route voor kabelsystemen naar DDW betreft.

Tabel 3.2 Overzicht route-combinaties voor kabelsystemen naar windpark Doordewind (DDW)

Noordzeeroutes		Waddenzeeroutes		Landroutes		
Routedeel	Lengte (km)	Routedeel	Lengte (km)	Routedeel	Lengte (km)	Totale lengte (km)
Naar windpark Doordewind (DDW)						
A	94	II A1	44	II A	9	146
B	91	II A1	44	II A	9	144
C	112	II A	50	II A	9	170
D	125	II A	50	II A	9	183

Meest circulaire PAWOZ-route voor kabelsystemen naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW)

Uit Tabel 3.3 blijkt dat de PAWOZ-route bestaande uit Noordzeeroute B, de II: Oude Westereems route A1 en de II: Oude Westereems landroute A de kortste (totaal 114 km) en dus meest circulaire route voor kabelsystemen naar TNW betreft.

Tabel 3.3 Overzicht route-combinaties voor kabelsystemen naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW)

Noordzeeroutes		Waddenzeeroutes		Landroutes		
Routedeel	Lengte (km)	Routedeel	Lengte (km)	Routedeel	Lengte (km)	Totale lengte (km)
Naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW)						
A	68	II A1	44	II A	9	121
B	61	II A1	44	II A	9	114
C	61	II A	50	II A	9	119
D	80	II A	50	II A	9	138

Meest circulaire PAWOZ-route voor leidingen naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW) (Gasunie)

Uit Tabel 3.4 blijkt dat de PAWOZ-route bestaande uit Noordzeeroute C, de II: Oude Westereems route en de II: Oude Westereems landroute A de kortste (totaal 118 km) en dus meest circulaire route voor leidingen naar TNW betreft.

Tabel 3.4 Overzicht route-combinaties Leidingen naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW) (Gasunie)

Noordzeeroutes		Waddenzeeroutes		Landroutes		
Routedeel	Lengte (km)	Routedeel	Lengte (km)	Routedeel	Lengte (km)	Totale lengte (km)
Naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW)						
C*	61	II	49	II A	8	118
D	79	II	49	II A	8	135

* Hoewel de X: Tunnel route in lengte korter is dan de bovengenoemde kortste route, zal deze naar verwachting toch minder circulair zijn door de bijbehorende aanlegtechniek en grote hoeveelheid extra benodigd materiaal.

Ranking op circulariteit voor aanlegtechnieken

Op basis van eerdergenoemde circulaire onderscheidende aspecten is in tweede instantie de ranking vanuit circulair oogpunt voor de aanlegtechnieken bepaald, zoals weergegeven in Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Ranking op circulariteit van aanlegtechnieken op basis van de criteria: a) diepte, b) hoeveelheid grondverzet en c) inzet materiaal

Aanlegtechniek	Diepte aanleg	Hoeveelheid grondverzet	Extra materiaal inzet	Ranking (K)	Ranking (L)
Sleuf / open ontgraving	0 - 5 meter	midden	laag	2	2
HDD-boring	5 - 25 meter	laag	midden	1	1
Tunnelsysteem	circa 35-45 meter	hoog	hoog	3	3

HDD-boringen hebben, ondanks de grotere aanlegdiepte, minder grondverzet met een lagere energieverbruik dan een sleuf/open ontgraving. Een HDD-boring vereist over het algemeen meer gespecialiseerde materialen dan een open ontgraving, vooral door de noodzaak van boorvloeistoffen en mogelijk buisvoering. Open ontgravingen daarentegen gebruiken meer vulmateriaal om de sleuf aan te vullen. Hierdoor kan gesteld worden dat een HDD-boring een meer circulaire aanlegmethode is dan een sleuf/open ontgraving. Toepassing van tunnelsystemen zijn minder circulair dan een HDD-boring of sleuf/open ontgraving, met name vanwege meer grondverzet op grotere diepte en de benodigde hoeveelheid extra materiaal.

Voor zover haalbaar, volgt voor bovengenoemd routes vanuit circulariteit via bovenstaande tabel een voorkeur voor de wijze van aanleg.

Ranking op circulariteit voor combinatie routelengte en aanlegtechniek

Voor beoordeling op circulariteit moeten routes beoordeeld worden op combinatie van routelengte en aanlegtechniek. Zoals aangegeven zal een kortere route met kabelsystemen of leidingen aangelegd met HDD-boringen meer circulair zijn dan kabelsystemen en leidingen met een langere route en sleuf/open ontgravingen. Op dit moment ontbreekt echter informatie om in alle gevallen een dergelijke vergelijking te kunnen maken. Zo kan een langere route met HDD-boringen meer circulair zijn dan een kortere route met sleuf/open ontgravingen. Indien relevant zal hiervoor een nader onderzoek, zo nodig inclusief LCA, moeten worden uitgevoerd.

Nuancering van circulaire aspecten voor tunnelsystemen

Voor PAWOZ wordt overwogen om tunnelsystemen onder de Waddenzee door aan te leggen. Het aanleggen van tunnelsystemen is veel duurder en zal in alle gevallen leiden tot meer grondverzet en inzet van meer materiaal. Zoals aangegeven is dit vanuit circulariteitsoogpunt niet gunstig. Indien dit echter de

enige overgebleven mogelijkheid is, kunnen deze tunnelsystemen gezien worden als een 'noodzakelijke mitigerende maatregel'. In dat geval kan vanuit circulariteitsoogpunt vervolgens onderzocht worden hoe deze tunnelsystemen zo circulair mogelijk kunnen worden gebouwd en/of kunnen functioneren. Tunnelsystemen hebben enkele circulaire voordelen ten opzichte van andere aanlegtechnieken. De kabelsystemen en leidingen bevinden zich in een geconditioneerde ruimte en zijn goed bereikbaar voor onderhoud. Ze hebben hierdoor naar verwachting een langere levensduur. Ook zijn deze voorzieningen relatief gemakkelijk weer uit de tunnelsystemen te halen voor hergebruik of recycling.

Vervolgfase

In de projectfase zal het ontwerp verder worden uitgewerkt. In deze fase zal 'circulair ontwerpen', dat wil zeggen ontwerpen volgens circulaire ontwerpprincipes, kunnen bijdragen aan een meer circulair resultaat. We gaan hier in Hoofdstuk 4 nader op in.

4

CONCLUSIES

In het kader van PAWOZ zijn verschillende routes voor kabelsystemen en waterstofleidingen geëvalueerd op basis van hun circulariteit.

Voor het thema Circulariteit is in het NRD geen beoordelingskader gegeven. In deze notitie zijn onderscheidende circulaire aspecten op basis van op dit moment beschikbare informatie bepaald. Aan de hand van deze onderscheidende aspecten zijn de PAWOZ-routes onderling vergeleken en is per onderdeel een ranking bepaald.

Hierbij zijn de volgende onderscheidende circulaire aspecten gehanteerd:

- A. **Primair:** de lengte van de route. De lengte is in eerste instantie maatgevend voor circulariteit, omdat, zoals eerder aangegeven, voor een kortere route minder materiaal en werkzaamheden nodig zijn;
- B. **Secundair:** aanlegtechniek met als subcriteria:
 - (a) de diepte waarop de aanlegtechniek de infrastructuur voor deze route zal plaatsen;
 - (b) de hoeveelheid te verzetten grond;
 - (c) de hierbij in te zetten extra hoeveelheid materiaal.

Meest circulaire PAWOZ-routes o.b.v. lengte van de route (onderscheidend aspect A)

Onderstaande tabellen 4.1 t/m 4.3 geven per PAWOZ-route de kortste routes en hierdoor ten aanzien van het aspect 'lengte' meest circulaire route aan voor respectievelijk kabelsystemen naar TNW en DDW en voor leidingen naar TNW gegeven. Bijlage IV geeft een overzicht van de lengtes van de verschillende gedeelten, alsook de totale lengte van deze PAWOZ-routes.

Meest circulaire PAWOZ-route voor kabelsystemen naar windpark Doordewind (DDW)

Uit Tabel 4.1 blijkt dat de PAWOZ-route bestaande uit Noordzeeroute B, de II: Oude Westereems route A1 en de II: Oude Westereems landroute A de kortste (totaal 144 km) en dus meest circulaire route voor kabelsystemen naar DDW betreft.

Tabel 4.1 Overzicht route-combinaties voor kabelsystemen naar windpark Doordewind (DDW)

Noordzeeroutes		Waddenzeeroutes		Landroutes		
Routedeel	Lengte (km)	Routedeel	Lengte (km)	Routedeel	Lengte (km)	Totale lengte (km)
Naar windpark Doordewind (DDW)						
B	91	II A1	44	II A	9	144

Meest circulaire PAWOZ-route voor kabelsystemen naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW)

Uit Tabel 4.2 blijkt dat de PAWOZ-route bestaande uit Noordzeeroute B, de II: Oude Westereems route A1 en de II: Oude Westereems landroute A de kortste (totaal 114 km) en dus meest circulaire route voor kabelsystemen naar TNW betreft.

Tabel 4.2 Overzicht route-combinaties voor kabelsystemen naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW)

Noordzeeroutes		Waddenzeeroutes		Landroutes		
Routedeel	Lengte (km)	Routedeel	Lengte (km)	Routedeel	Lengte (km)	Totale lengte (km)
Naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW)						
B	61	II A1	44	II A	9	114

Meest circulaire PAWOZ-route voor leidingen naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW) (Gasunie)

Uit Tabel 4.3 blijkt dat de PAWOZ-route bestaande uit Noordzeeroute C, de II: Oude Westereems route II en de II: Oude Westereems landroute A de kortste (totaal 118 km) en dus meest circulaire route voor leidingen naar TNW betreft.

Tabel 4.3 Overzicht route-combinaties Leidingen naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW) (Gasunie)

Noordzeeroutes		Waddenzeeroutes		Landroutes		
Routedeel	Lengte (km)	Routedeel	Lengte (km)	Routedeel	Lengte (km)	Totale lengte (km)
Naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW)						
C	61	II	49	II A	8	118

* Hoewel de X: Tunnel route in lengte korter is dan de bovengenoemde kortste route, zal deze naar verwachting toch minder circulair zijn door de bijbehorende aanlegtechniek en grote hoeveelheid extra benodigd materiaal.

Ranking op circulariteit voor aanlegtechnieken (onderscheidend aspect B)

De aanlegtechnieken zijn als volgt gerangschikt op circulariteit:

- 1 Horizontal Directional Drilling (HDD): HDD scoort het hoogst op circulariteit vanwege minder grondverzet en lager energieverbruik, ondanks de grotere aanlegdiepte;
- 2 Sleuf/Open Ontgraving: Deze methode scoort gemiddeld op circulariteit, met meer vulmateriaalgebruik maar minder gespecialiseerde materialen dan HDD;
- 3 Tunnelsystemen: Tunnelsystemen scoren het laagst op circulariteit vanwege het grote grondverzet en de aanzienlijke hoeveelheid extra materiaal die nodig is.

Conclusies ten aanzien van combinaties van routelengte en aanlegtechniek:

- kortere routes waarbij kabelsystemen of leidingen zijn aangelegd met HDD-boringen zijn over het algemeen meer circulair;
- verdere analyse, inclusief levenscyclusanalyse (LCA), is nodig om de meest circulaire combinatie van routelengte en aanlegtechniek te bepalen.

Nuancerings voor tunnelsystemen:

- tunnelsystemen onder de Waddenzee kunnen nodig zijn om ecologische effecten te minimaliseren, ondanks hun lagere circulariteit;
- tunnelsystemen bieden voordelen zoals langere levensduur en betere terugwinbaarheid van materialen, wat hun circulariteit op lange termijn kan verbeteren;
- de huidige inschatting is echter dat in circulair opzicht de voordelen niet opwegen tegen de nadelen. Volgens deze inschatting biedt een tunnelsysteem dus een minder circulaire oplossing, dan de aanleg van een kabelsysteem of leiding in de zeebodem.

VERVOLGSTAPPEN: TOEPASSING OP PAWOZ

5.1 Vervolg uitwerking op projectniveau en projectMER/IEA

Het ontwerp wordt in de volgende fase (ProjectMER) nader uitgewerkt naar een detailontwerp. Bij voorkeur wordt dit ontwerp zo circulair mogelijk. Hieronder wordt op hoofdlijnen aangegeven hoe een circulair ontwerp tot stand kan komen.

5.1.1 Circulair ontwerpproces

Voor deze uitwerking kunnen de vier eerdergenoemde circulaire ontwerp strategieën worden toegepast (zie paragraaf 1.2.3).

Zoals aangegeven kunnen circulaire maatregelen elkaar soms ook tegenwerken. Een leiding kan bijvoorbeeld voor een langere levensduur ontworpen worden door een grotere wanddikte te kiezen. Deze keuze betekent echter meer materiaalgebruik. Bruikbare hulpmiddelen voor analyse van de totale circulaire effecten zijn een 'levenscyclusanalyse' (LCA) en een 'materiaalstroomanalyse' (in het Engels bekend als Material Flow Analysis, MFA). Desgewenst kunnen de uitkomsten van analyses uitgedrukt worden in circulaire indicatoren, zoals ECI (Environmental Cost Indicator).

In de ECI worden onder andere meegenomen: grondstoffen en gevaarlijke stoffen, energieverbruik, afvalbeheer, watergebruik, emissies, levensduur, transport, productiemethoden en verwijdering bij einde levensfase.

1. Reductie van materiaalgebruik en onderdelen

Zoals eerder aangegeven kan reductie van materiaalgebruik (en benodigde hulpstoffen voor de kabelsystemen en leidingen) en onderdelen met name bereikt worden door een zo kort mogelijke route te kiezen. De nadere ontwerpkeuzen voor de uitvoering en de toe te passen aanlegtechniek heeft eveneens een grote invloed op de hoeveelheden benodigd materiaal en hulpstoffen. Voorbeelden zijn:

- a. uitwisselbare reserveonderdelen: één van de doelstellingen van het 2 GW-concept van TenneT is dat reserveonderdelen voor meerdere projecten gebruikt kunnen worden. Dit vermindert de noodzaak om deze componenten in grote aantallen te produceren en op voorraad te houden;
- b. ontwerpen met minder materiaal: bij het optimaliseren van het ontwerp van een tunnelsysteem moet als randvoorwaarde worden meegenomen dat het materiaalgebruik geminimaliseerd wordt, vanzelfsprekend rekening houdend met technische en veiligheidseisen en in relatie tot een lange levensduur.

2. Vervanging materialen en onderdelen

In de projectfase kan ook verder gekeken worden naar mogelijkheden om in het ontwerp materialen te vervangen door een meer circulaire vorm of soort materiaal. Ook draagt vervanging door niet kritieke of strategische materialen (CSR) bij aan circulariteit. Voorbeelden zijn:

- a. toepassing van kabelsystemen en leidingen die geheel of gedeeltelijk zijn geproduceerd met gerecycleerd staal (schroot) of koper. Dit vermindert de vraag naar nieuwe grondstoffen en bevordert een circulaire economie;

- b. substitutie van materialen: onderzoek naar en implementatie van alternatieve materialen die beter beschikbaar en/of recyclebaar zijn, en/of een lagere milieubelasting hebben, zoals aluminium in plaats van koper en groen staal in plaats van traditioneel staal. Groen staal is staal geproduceerd met een lagere CO₂-uitstoot;
- c. hergebruik van bestaande (aardgas)leidingen valt ook onder deze categorie. Hierover is op dit moment nog geen informatie beschikbaar;
- d. aanleg van een tunnelsysteem: hoewel een tunnelsysteem zoals hier aangegeven in circulair opzicht niet de voorkeur geniet, kennen hierin geplaatste kabelsystemen en leidingen een langere levensduur en kunnen gemakkelijk en onbeschadigd worden verwijderd, waardoor zelfs volledige terugwinning mogelijk is. De overgebleven (lege) tunnelsystemen kunnen desgewenst worden hergebruikt voor een zelfde of een ander doel (zoals hergebruik voor van datakabels of CO₂-transport);
- e. ook meer circulair is het gebruik van duurzame brandstoffen tijdens de aanleg, zoals biodiesel of waterstof in plaats van fossiele brandstoffen;
- f. vervangen SF₆-gas: dit gas wordt in hoogspanningsinstallaties wordt vanwege zijn uitstekende isolerende en vlamboogdovende eigenschappen, is ook de stof met het hoogst bekende aardopwarmingsvermogen (global warming potential – GWP) van ongeveer 23.500 én een zeer lange atmosferische levensduur van meer dan 3.000 jaar. TenneT streeft er daarom naar om het gebruik van SF₆ op de lange termijn en de uitstoot van SF₆ op korte termijn te verminderen door deze te vervangen door minder schadelijke stoffen.

3. Hoogwaardige verwerking na gebruik

Meer circulaire waarde kan verder bereikt worden door te zorgen voor hoogwaardige verwerking van onderdelen of materialen die tijdens of aan het einde van de levensduur uit functie genomen worden. Hiervoor zijn enkele opties:

- a. terugwinning van materialen: ontwikkeling van processen, technieken en infrastructuur voor het efficiënt demonteren en recyclen van kabelsystemen en waterstofleidingen aan het einde van hun levensduur, waarbij waardevolle materialen zoals koper en staal worden teruggewonnen voor hergebruik;
- b. om dit te vergemakkelijken kan in het ontwerp gezorgd worden voor goede/betere losmaakbaarheid van onderdelen en/of scheidbaarheid van materialen;
- c. standaardisatie is van belang om afgedankte onderdelen na een opknapbeurt weer te kunnen hergebruiken, mogelijk in een ander project of als humanitaire hulp in andere landen.

4. Levensduurverlenging

In het ontwerp kunnen keuzes gemaakt worden waardoor een langere levensduur haalbaar is. Voorbeelden hiervan zijn:

- a. dieper begraven van kabelsystemen en leidingen: door kabelsystemen en leidingen dieper te begraven worden ze langere tijd beschermd tegen externe invloeden zoals scheepsankers en visserijactiviteiten. Dit kan bijdragen aan het verlengen van de levensduur. Kanttekening is dat het aanleggen op grotere diepte onder andere meer energie (hulpstoffen) kost en ook dat ook het terugwinnen bemoeilijkt wordt. Een optimale diepteligging kan door nadere analyse bepaald worden;
- b. preventief onderhoud: Implementatie van monitoringsystemen voor vroegtijdige detectie van slijtage en schade, waardoor tijdig onderhoud kan plaatsvinden en de levensduur van de kabelsystemen, leidingen en componenten wordt verlengd;
- c. geavanceerde coatings en materialen: gebruik van speciaal ontwikkelde coatings en andere beschermende materialen kunnen de duurzaamheid en de levensduur van de leidingen vergroten. In coatings worden vaak kritische en strategische materialen (CSRM) zoals zware metalen toegepast. Dit is in circulaire opzicht een nadeel. Ook hier geldt dat onderzocht kan worden hoe het ontwerp over de hele levenscyclus in zijn totaliteit zo circulair mogelijk gemaakt kan worden;
- d. aanleg van een tunnelsysteem: de kabelsystemen en leidingen in de tunnelsystemen liggen in een geconditioneerde ruimte. Hierdoor zal de levensduur van de kabelsystemen en leidingen van naar verwachting kunnen toenemen. De tunnelsystemen zelf hebben een basislevensduur van 120 jaar. Deze levensduur kan door ontwerpkeuzen nog worden verlengd. Door een grotere wanddikte te kiezen, kan de levensduur bijvoorbeeld worden verlengd tot 400 jaar. Verwijdering van een tunnelsysteem ligt niet voor de hand. In de meeste gevallen wordt voor de tunnelsystemen een waardevolle nieuwe bestemming gevonden (grote toekomstvastheid). Dat zou dezelfde bestemming kunnen zijn, of als doorvoerfaciliteit voor datakabels of CO₂-transport.

5.1.2 Marktscan

Het uitvoeren van een marktscan om beschikbare en haalbare circulaire maatregelen te inventariseren voor de aanleg en het beheer van infrastructuur voor kabelsystemen en waterstofleidingen kan beginnen met een literatuuronderzoek en een technische inventarisatie. Hierbij worden de huidige stand van de techniek, gebruikte materialen en methoden, en innovaties zoals hergebruik van kabels en biobased materialen bestudeerd. Vervolgens wordt een risicoanalyse en veiligheidsbeoordeling uitgevoerd om mogelijke veiligheidsrisico's van circulaire maatregelen te identificeren en te mitigeren, waarbij certificerings- en keuringsprocedures worden geëvalueerd.

Een volgende stap kan zijn het nagaan van de operationele efficiëntie van apparatuur bij gebruik van circulaire materialen op basis van efficiëncymetingen en analyse van onderhoudsbehoeften en levensduur. Hierbij worden mogelijkheden voor optimalisatie en prestatie-evaluatie van circulaire oplossingen onderzocht. Daarnaast wordt de leveringszekerheid en schaalbaarheid van circulaire maatregelen geanalyseerd door de betrouwbaarheid van materialen en componenten te evalueren en samen te werken met leveranciers om continuïteit te waarborgen.

Tot slot is een kosten-batenanalyse relevant om inzicht te krijgen in de economische haalbaarheid van circulaire maatregelen. Dit omvat het berekenen van initiële investeringskosten, operationele kosten en onderhoudskosten, en het vergelijken van de totale kosten met traditionele oplossingen over de levenscyclus van de infrastructuur. Hierbij kan ook gekeken worden naar mogelijke financieringsconstructies en economische incentives waarmee inzicht kan worden verkregen in de haalbaarheid en voor- en nadelen van circulaire maatregelen voor de infrastructuur van kabelsystemen en waterstofleidingen. Zo kunnen weloverwogen beslissingen worden genomen over toe te passen circulaire maatregelen.

5.1.3 Geleerde lessen

Door het toepassen van circulaire maatregelen in de infrastructuur voor het transport van met offshore wind geproduceerde elektriciteit en waterstof naar land, zullen waardevolle lessen worden geleerd. Deze lessen zijn essentieel voor het verbeteren en optimaliseren van duurzame infrastructuur. Bijvoorbeeld, het kiezen en toepassen van duurzame materialen zoals hernieuwbare en gerecyclede materialen biedt inzicht in hun prestaties, duurzaamheid, en levensduur. Dit draagt bij aan een beter begrip van welke materialen het meest geschikt zijn voor langdurig gebruik in een maritieme omgeving, wat cruciaal is voor het verlagen van milieu-impact en het bevorderen van circulariteit binnen de sector hernieuwbare energie.

5.1.4 Kennisdeling

Het delen van geleerde lessen draagt ook bij aan de ontwikkeling van circulariteit. Zo kan een grotere groep mensen of bedrijven betere circulaire maatregelen nemen. Dit levert een positieve bijdrage aan te boeken resultaten op het gebied van circulariteit.

5.1.5 Informatiebeheer en monitoring

Het is van groot belang om ten behoeve van circulariteit gegevens over het ontwerp en de resultaten in de verschillende levensfasen van een project te monitoren en te analyseren. Door deze informatie systematisch bij te houden, kunnen waardevolle inzichten worden verkregen die bijdragen aan het verbeteren van toekomstige ontwerpen en processen. Tijdens de uitvoering van een project is het essentieel om circulaire informatie nauwkeurig te registreren. Dit omvat niet alleen de gebruikte materialen en technieken, maar ook de methoden die zijn toegepast om hergebruik en recycling te bevorderen.

Daarnaast is het cruciaal om te monitoren in hoeverre de geïmplementeerde circulaire strategieën daadwerkelijk effectief zijn. Door deze monitoring kunnen eventuele knelpunten en succesfactoren worden geïdentificeerd, wat leidt tot een continue verbetering van de circulaire aanpak. Op deze manier draagt het verzamelen en analyseren van gegevens bij aan een steeds duurzamere en efficiëntere realisatie van projecten, waarbij de principes van circulariteit optimaal worden benut.

Bijlagen

BIJLAGE: INTERVIEW GASUNIE

Circulaire doelen Gasunie en relatie tot waterstofnetwerk PAWOZ

Gasunie heeft algemeen beleid om haar activiteiten meer circulair te laten worden. Dit beleid is nog in ontwikkeling en zal in de komende tijd nog worden aangescherpt.

Afbeelding I.1 Overzicht van Gasunie's aanpak van circulariteit.



(Bron: [#19_NL_Circulariteit_in_staal.JPG \(1920×1268\) \(publicatiesgasunie.nl\)](#))

Tijdens een interview met Gasunie is inzicht verkregen in de circulaire bedrijfsdoelen. Gasunie heeft zich het volgende doel gesteld:

Het beperken van de milieu-impact van onze processen, producten en diensten via de principes van circulaire economie. Onze primaire focus ligt op staal, dat zowel de belangrijkste bron van input als afval is in onze organisatie.

Gasunie maakt dit doel concreet via de volgende circulaire subdoelen en/of maatregelen (ook van toepassing voor PAWOZ):

- repurpose aardgasleidingen: Gasunie gaat voor het PAWOZ-plangebied in Noord Nederland onderzoeken of bestaande aardgasleidingen (op land) voor waterstof gebruikt kunnen worden. Gasunie streeft er naar op land 70 %-80 % van het waterstoftransport via bestaande leidingen uit aardgasdomein te laten verlopen. Hiervoor moet Gasunie deze leidingen herbestemmen. Dit levert voor deze leidingen

een verlengde levensduur op. Ook bespaart hergebruik forse investeringen die anders voor nieuwbouw moeten worden gepleegd;

- b. circulair inkopen: Gasunie streeft naar toepassing van gerecycled materiaal in het gasnet. Het gasnet bestaat voornamelijk uit stalen buizen. De focus ligt op staal. Gasunie gebruikt circa 75.000 ton staal per jaar voor de aanleg van nieuwe leidingen. Voorlopig blijven buizen van staal. Mogelijkheden voor toepassing van groen staal en meer schroot worden in overleg met staalleveranciers in kaart gebracht. Ook wordt onderzocht of dit meer circulaire staal of commercieel en technisch haalbaar is. Een eerste batch van emissievrij staal is gepland in 2027. Het gaat om leidingen met gezamenlijke lengte van 60-70 km en een totale massa van 25.000 ton. Gasunie zal EPD's (Environmental Product Declaration) als inkoopvoorwaarde stellen, om beter inzicht te hebben in de circulaire eigenschappen van geleverde materialen. Deze documenten moeten bij voorkeur gecertificeerd zijn door een officiële certificerende instantie, zoals DNV of TÜV. Ook laat Gasunie recyclebaarheid aan einde levensduur meewegen, (up-/downgraden wordt nog niet beschouwd). Hierbij speelt financieel haalbaarheid een rol. Stalen buizen zijn vrijwel geheel oneindig te recyclen (alleen de coating eraf halen). Dit geldt voor de bulk van de onderdelen die Gasunie toepast, zoals buizen en afsluiters;
- c. herinzet van assets, refurbishen: Gasunie streeft naar opnieuw inzetbaar maken van onderdelen. Dit levert in de praktijk versnelling op en is vaak ook goedkoper. Nieuwe leidingen/onderdelen hebben veelal een langere levertijd. Gasunie heeft hiervoor diverse activiteiten opgezet, zoals voor borging van de gewenste kwaliteit. Hiervoor is het belangrijk producten op grond van historie te kunnen onderscheiden (oud vs nieuw). De hergebruikte onderdelen moeten tevens voldoen aan de systeemeisen;
- d. afval recycling: recyclet Gasunie zorgt ervoor dat onderdelen, zoals metalen buizen na gebruik via daartoe gespecialiseerde bedrijven zo hoogwaardig mogelijk worden gerecycled. Dit geldt ook voor kantoorafval. Hiervoor zijn enkele additionele processen ingeregeld, zoals schoonmaken van buizen. Gasunie wil zorgen dat stromen zo goed mogelijk worden ingezet voor nieuwe producten. Zo wordt de lineaire keten verder gesloten.

Qua ontwerp zijn er verschillende mogelijkheden, elk met voor- en nadelen voor verschillende thema's. Op de Noordzee kan een waterstofleiding begraven worden, waardoor deze stabiel en beschermd ligt. Aan het einde van de levensduur is het relatief lastig om deze leiding weer te verwijderen (bijvoorbeeld om deze en te hergebruiken). Een alternatieve mogelijkheid is de leiding met een betonnen omhulsel op de zeebodem te leggen. De leiding is dan ook beschermd en kan relatief gemakkelijk worden verwijderd. Nadere analyse zal moeten uitwijzen welke oplossing de meeste voordelen oplevert, danwel de beste keuze is.



BIJLAGE: INTERVIEW TENNET

Circulaire doelen TenneT en relatie tot elektriciteitsnetwerk PAWOZ

TenneT heeft lange termijn doelen vastgesteld op het gebied van de circulaire economie, klimaat en natuur, die gekoppeld zijn aan de Duurzame Ontwikkelingsdoelen van de Verenigde Naties.

TenneT heeft concreet beleid en methodieken om circulariteit te bevorderen. Dit is onder andere vastgelegd in TenneT's [Climate Transition Plan](#). In dit plan stemt TenneT zijn bedrijfsactiviteiten af op wereldwijde klimaatdoelen. Hierdoor draagt TenneT bij aan het beperken van de wereldwijde opwarming tot maximaal 1,5 graden Celsius tegen 2050. Wat betreft circulariteit streeft TenneT naar een circulaire benadering door schaarse materialen minder te gebruiken, materialen te hergebruiken en afval te minimaliseren. TenneT heeft circulariteitseisen opgenomen in zijn aanbestedingprocedures. Leveranciers moeten bijvoorbeeld aantonen welk percentage van hun materialen gerecycled is. TenneT meet ook de klimaatimpact van hun eigen activiteiten. Het grootste deel van hun CO₂-voetafdruk wordt veroorzaakt door energieverlies in hun netwerk. TenneT streeft ernaar om tegen 2025 klimaatneutraal te zijn door initiatieven gericht op energie-efficiëntie en het minimaliseren van verliezen.

Ook in TenneT's *Corporate Social Responsibility* (CSR) ambitieplan 2025 heeft TenneT ambities opgenomen ten aanzien van circulariteit. TenneT wil zijn impact op zowel het gebruik van nieuw koper als op het gebied van niet-hernieuwbaar afval verminderen met 25 %.

Om haar circulaire beleid beter meetbaar te maken hanteert en ontwikkelt TenneT zogenaamde 'Key Performance Indicators' (KPI's). Deze KPI's geven aan welke kwantitatieve doelen ten opzichte van de huidige situatie gehaald moeten worden in 2030. Deze KPI's hebben onder andere betrekking op bereiken van een CO₂-reductie in de gehele leveringsketen. TenneT heeft ervaring met het toepassen van *levenscyclusanalyse* (LCA) en de *Environmental Cost Indicator* (ECI) in offshore projecten en tenders. Ook in de MER studies van TenneT op land wordt klimaatimpact en circulariteit al beoordeeld en meegenomen als criterium.

Ten aanzien van circulariteit heeft TenneT de volgende bedrijfsdoelen (waar mogelijk ook van toepassing voor PAWOZ):

- a. **circulair ontwerpen:** in het ontwerpproces gebruikt TenneT onder andere de Environmental Cost Indicator (ECI) als sturingsmiddel voor circulariteit. In de ECI zitten meerdere circulaire aspecten, waardoor circulariteit in een bredere context wordt beschouwd. ECI wordt bijvoorbeeld toegepast voor circulair ontwerpen van kabelplatforms (offshore substation). Op zee is de huidige praktijk om kabels en/of leidingen te begraven ten behoeve van een langere levensduur en minder Operation & Maintenance activiteiten (zie ook onder 'Circulaire verwerking'). Een voorbeeld van het ontwerpen van circulaire kabelroute op land is het vergelijken van een 'open ontgraving' met een Horizontal Directional Drilling (HDD) methode. De HDD-kabelroute kan korter zijn, maar andere impacts hebben, waardoor er kantelpunten kunnen zijn richting de ene of de andere oplossing. Daarbij kijkt TenneT naar de lokale situatie, maar neemt bij keuzes ook de gehele route in beschouwing;
- b. **circulair inkopen:** hiervoor heeft TenneT een inkoopbeleid geformuleerd, waarbij circulariteit een belangrijke beoordelingsfactor is. TenneT werkt aan het verminderen van de impact op het milieu die ontstaat, bij het aanleggen, onderhouden en vervangen van hun infrastructuur en de materialen die hiervoor nodig zijn. Daarbij wordt ECI als een kwantitatief tender criterium gebruikt bij alle 2 GW offshore tenders, en wordt ook steeds vaker toegepast bij onshore projecten;

- c. **circulaire verwerking:** terugwinning en/of circulaire verwerking van kabels en/of leidingen bij einde levensduur is in ontwikkeling. Op dit moment worden de kabels en leidingen nog niet hergebruikt. Voor kabels en leidingen op zee wordt nagegaan of deze dieper gelegd moeten worden om de levensduur te verlengen en O&M activiteiten te verminderen. Het is relatief lastig en vanuit ecologie bezwaarlijk om op kabels en leidingen op zee weer op te graven. Materiaal schaarste maakt terugwinning van materialen van met name kabels (vanwege het koper) echter in toenemende mate interessant.

Om bovengenoemde doelen te realiseren doorloopt TenneT thans een implementatietraject, waarbij sommige doelen al zijn gerealiseerd, andere zijn in ontwikkeling.



BIJLAGE: INTERVIEW TUNNELSISTEEM-ONTWERPTEAM PAWOZ

Onderstaande informatie is verkregen tijdens een interview met een vertegenwoordiger van het ontwerpteam voor eventuele tunnelsysteemopties voor PAWOZ.

Tunnelopties in PlanMER/IEA voor PAWOZ

Binnen het planMER/de IEA voor PAWOZ zijn PAWOZ-routes onderzocht voor kabelsystemen en leidingen, inclusief bijbehorende infrastructuur. Deze infrastructuur is nodig voor het aan land brengen van de elektriciteit en/of waterstof geproduceerd met de windenergie afkomstig van onder andere de toekomstige offshore windparken Ten Noorden van de Waddeneilanden (TNW, 700 MW) en Doordewind (DDW, 4.000 MW). Bij TNW is gepland een 500 MW waterstoffabriek (Demo 2) op zee te bouwen. In dit kader wordt voor het kruisen van de Waddenzee onder andere gekeken naar tunnelsysteemopties (de X: Tunnel route). De X: Tunnel route heeft een lengte van ongeveer 26 km. Het intredepunt Noordzee ligt op de Ballonplaat, ten noorden van Rottumerplaat en ten westen van Borkum. Vanaf de Noordzeeroutes volgen de kabelsystemen en leidingen de II: Oude Westereems route naar het intredepunt op de Ballonplaat, gesitueerd ten noorden van het Waddeneiland Rottumerplaat. Vanaf het intredepunt lopen maximaal zeven tunnelbuizen in een rechte lijn naar het aanlandingspunt in of nabij de Eemshaven.

Ontwerp en aanleg van tunnelsystemen

Voor kabelsystemen en waterstofleidingen moeten aparte tunnelsystemen worden aangelegd. Een optie is hiervoor een of meerdere betonnen tunnelsystemen van circa 5,5 meter diameter en een wanddikte van circa 35 cm onder de Waddenzee aan te leggen. De aanleg van een tunnelsysteem begint met de bouw van een hoefijzervormige dam in de Noordzee op de *Ballonplaat*. Binnen deze dam wordt een bouwterrein opgespoten, waarin een schacht wordt geplaatst van waaruit een tunnelgang wordt gegraven. Tegelijkertijd wordt er op het vasteland een vergelijkbare schacht gemaakt. De twee tunnelgangen worden naar elkaar toe geboord en komen samen op een afgesproken punt. In de tunnelgang worden de betonnen tunnelsegmenten en overige toebehoren geplaatst, waarna de kabelsystemen en/of waterstofleidingen aangebracht worden. De tunnelsystemen komen op een diepte van ongeveer 35 meter onder de zeebodem.

De tunnelbuizen voor kabelsystemen bevatten aan weerszijden rails, waarlangs een of twee kabelsystemen via geleidingswielen naar binnen worden gereden. Voor de waterstofleidingen zijn er rails op de bodem van de tunnelbuizen. De waterstofleidingen worden over deze rails naar binnen gereden. Er is ruimte voor een tweede waterstofleiding, indien nodig. Alle tunnelsystemen (kunnen) worden uitgerust met luchtbehandelingssystemen en conditiebewakingsapparatuur om de operationele omstandigheden te optimaliseren en de infrastructuur te monitoren. De tunnelsystemen zijn toegankelijk voor onderhoud en reparaties aan de infrastructuur. De tunnelsystemen worden voortdurend geventileerd en/of gekoeld en beveiligd. Meer technische informatie is te vinden in het deelrapport Techniek.

Er wordt nu vanuit gegaan dat 1 energiedrager (kabelsysteem/leiding) per tunnelbuis zal worden toegepast.

Kosten en duurzaamheid

Tunnelsystemen vragen een aanzienlijk grotere investering en materiaalinzet dan andere aanlegtechnieken (en ongunstig voor circulariteit), zoals aanleg met een open ontgraving of HDD-boring. Daar staat tegenover dat door tunnelsystemen de ecologische waarden van Waddenzee minimaal aangetast worden. Ook bieden tunnelsystemen een langdurige en toekomstbestendige verbindingsmogelijkheid en circulaire voordelen. Tunnelsystemen maken onderhoud en conditionering mogelijk, waardoor de kabelsystemen en leidingen in zeer goede staat gehouden kunnen worden. Ook zijn de kabelsystemen en leidingen aan het einde van de

levensduur gemakkelijk en volledig terug te winnen en te recyclen of her te gebruiken. De tunnelsystemen hebben, afhankelijk van ontwerpkeuzen, een levensduur van 120 tot 400 jaar en kan aan het einde van de levensduur van de kabelsystemen en leidingen (na meer dan 40 jaar) nog voor eenzelfde doel, of voor een ander doel hergebruikt worden, zoals huisvesting van een of meer datakabels. De levensduur van de tunnelsystemen is met maatregelen (zoals coating of plaatsing of vervanging van binnenschalen) in principe nog met een oneindige periode te verlengen.

IV

BIJLAGE: OVERZICHT VAN DE COMBINATIES VOOR ROUTES

Tabel IV.1 Overzicht route-combinaties

Noordzeeroutes		Waddenzeeroutes		Landroutes		
<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Totale lengte (km)</i>
Kabelsystemen (TenneT)						
Naar windpark Doordewind (DDW)						
A	94	II A1	44	II A	9	146
				II A1	14	151
		V A1	41	V A	17	152
				V A1	19	154
		VII A1	27	VII A Oostpolder	37	158
				VII A Roodeschool	39	160
B	91	II A1	44	II A	9	144
				II A1	14	148
		V A1	41	V A	17	150
				V A1	19	151
		VII A1	27	VII A Oostpolder	37	156
				VII A Roodeschool	39	157
C	112	II A	50	II A	9	170
				II A1	14	175
		V A	45	V A	17	174
				V A1	19	176
		V A2	36	V B	27	175
				V B1	29	176
		VII A	29	VII A Oostpolder	37	178
				VII A Roodeschool	39	179
D	125	II A	50	II A	9	183

Noordzeeroutes		Waddenzeeroutes		Landroutes		
<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Totale lengte (km)</i>
				II A1	14	188
		V A	45	V A	17	187
				V A1	19	189
		V A2	36	V B	27	188
				V B1	29	189
		VII A	29	VII A Oostpolder	37	191
				VII A Roodeschool	39	192
Naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW)						
A	68	II A1	44	II A	9	121
				II A1	14	126
		V A1	41	V A	17	127
				V A1	19	129
		VII A1	27	VII A Oostpolder	37	133
				VII A Roodeschool	39	135
B	61	II A1	44	II A	9	114
				II A1	14	119
		V A1	41	V A	17	120
				V A1	19	122
		VII A1	27	VII A Oostpolder	37	126
				VII A Roodeschool	39	128
C	61	II A	50	II A	9	119
				II A1	14	124
		V A	45	V A	17	123
				V A1	19	125
		V A2	36	V B	27	124
				V B1	29	125
		VII A	29	VII A Oostpolder	37	127
				VII A Roodeschool	39	129
D	80	II A	50	II A	9	138
				II A1	14	143
		V A	45	V A	17	142
				V A1	19	144
		V A2	36	V B	27	143

Noordzeeroutes		Waddenzeeroutes		Landroutes		
<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Totale lengte (km)</i>
				V B1	29	144
		VII A	29	VII A Oostpolder	37	146
				VII A Roodeschool	39	147
Leidingen naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW) (Gasunie)						
C	61	II	49	II A	8	118
				II A1	11	121
	61	VII	29	VII A Oostpolder	37	127
				VII A Roodeschool	37	127
				VII B	16	106
				VII B1	17	107
				VII C	20	110
	56	IX A1	22	IX B	23	101
D	79	II	49	II A	8	135
				II A1	11	139
	79	VII	29	VII A Oostpolder	37	144
				VII A Roodeschool	37	145
				VII B	16	124
				VII B1	17	125
				VII C	20	128
	65	VIII	23	VIII A	32	121
				VIII B	29	117
				VIII B1	29	117
	73	IX A1	22	IX B	23	118
	67	IX A2	25	IX B	23	115