380/150 kV-Hoogspanningstation Wijchen

Bureaustudie Duurzaamheid



Meridiankenmerk: C1699279

SWECO

Sweco Nederland B.V.	Handelsregister 30129769
Onderwerp	380/150 kV-hoogspanningsstation Wijchen
Projectnummer	51030945
Klant	TenneT B.V.
Auteur	Sweco
Datum	18-06-2026
Versie	D3
Documentreferentie	NL26-648800269-163837

Inhoudsopgave

1 Inleiding 4
1.1 Aanleiding en doel 4
1.2 Te onderzoeken stationslocaties 4
1.3 Leeswijzer 5

2 Uitgangspunten 6
2.1 Plangebied en studiegebied 6
2.2 Kaders wet- en regelgeving, beleid en richtlijnen 6
2.3 Afwegingskader 8
2.3.1 Beoordeling tracéalternatieven 8
2.3.2 Effecten circulariteit als gevolg van materiaalgebruik 8
2.3.3 Effecten op klimaat als gevolg van broeikasgassen 9
2.4 Toelichting methodiek 10
2.4.1 Rekenmodel DuboCalc 10
2.4.2 Scope 10
2.4.3 Circulariteit (MKI): productiefase A1 t/m A3 11
2.4.4 Scope Klimaat (kg CO_2-eq.): productie- en bouwfase A1 t/m A5 11

3 Referentiesituatie 13
3.1 Huidige situatie 13
3.2 Autonome ontwikkelingen 13
3.3 Varianten 13

4 Effectbeoordeling stationslocaties en aansluiting op hoogspanningsnet 14
4.1 Effectbeoordeling 14
4.1.1 Circulariteit 14
4.1.2 Klimaat 16
4.1.3 Effectbeoordeling totaal 18
4.1.4 Samenvatting effectbeoordeling 18
Circulariteit (MKI) 18
Klimaat (CO_2-eq.) 18
Relatie tussen MKI en CO_2-uitstoot 18
Totaalbeeld 19
4.2 Mitigerende maatregelen 19

Bijlage 1: Rekenkundige uitgangspunten 22

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

TenneT is voornemens een nieuw 380/150 kV-station (station Wijchen) te realiseren op een nader te bepalen locatie in de omgeving van de kern van Wijchen. Het hoogspanningsstation zal worden verbonden met de bestaande bovengrondse 380 kV-verbinding ten zuidwesten van Wijchen. Ook zal het nieuwe hoogspanningsstation via een ondergrondse 150 kV-kabel worden verbonden met het bestaande 150 kV-hoogspanningsstation in Oss.

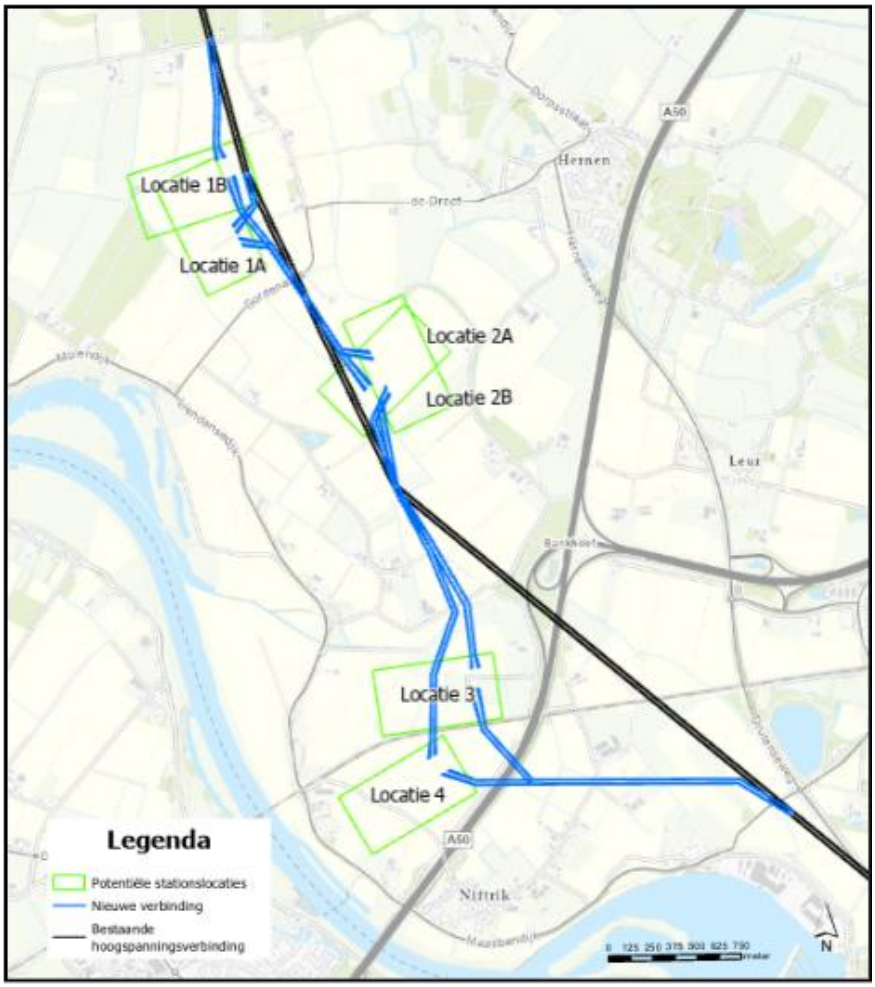
Het nieuwe 380/150 kV-hoogspanningsstation is nodig omdat er veel meer stroom gebruikt wordt in het oosten van Noord-Brabant vanwege de energietransitie. Het 150 kV-hoogspanningsnet rondom Oss kan op dit moment geen extra stroom meer vervoeren. Daardoor is er netcongestie rondom Oss en Eindhoven. Door het nieuwe 380/150 kV-hoogspanningsstation kan een nieuwe verbinding worden gemaakt tussen het landelijke 380 kV-hoogspanningsnet bij Wijchen en het regionale 150 kV-hoogspanningsnet rondom Oss. Door deze extra verbinding kunnen meer bedrijven en huishoudens in het oosten van Noord-Brabant op het 150 kV-hoogspanningsnet aangesloten worden. Zij kunnen daardoor verder elektrificeren.

Netbeheerder TenneT heeft het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) gevraagd een projectprocedure te starten waarmee een nieuw 380/150 kV-hoogspanningsstation mogelijk wordt gemaakt. Met de projectprocedure wordt bepaald waar het nieuwe 380/150 kV-hoogspanningsstation uiteindelijk komt te staan. De definitieve locatie van het hoogspanningsstation zal worden vastgelegd in het projectbesluit.

In de locatiestudie zijn vier stationslocaties (inclusief inlussing op de bestaande 380 kV-hoogspanningsverbinding) onderzocht en beoordeeld op milieueffecten. Dit gebeurt voor alle relevante thema’s die een relatie hebben met de mens en de fysieke leefomgeving. Een van de thema’s waar in de locatiestudie aandacht aan wordt besteed is duurzaamheid. Voorliggend bureauonderzoek levert de input voor de effectbeschrijving en -beoordeling van de voorgenomen ontwikkeling voor dit thema.

1.2 Te onderzoeken stationslocaties

Figuur 1 toont een kaart van de stationslocaties met daarbij de beoogde nieuwe verbinding op de bestaande hoogspanningsverbinding. De locaties liggen binnen de grenzen van de gemeente Wijchen, tussen de Maas en de snelweg A50. Op één van deze 26 ha grote locaties zal het nieuwe station Wijchen gebouwd worden.



Figuur 1 Overzichtskaart potentiële stationslocaties

1.3 Leeswijzer

Dit hoofdstuk gaat in op de effecten van de locatie- en tracéalternatieven van het 380/150 kV-hoogspanningsstation omgeving Wijchen voor het milieuaspect Duurzaamheid.

- In hoofdstuk 2 worden de uitgangspunten voor het milieuaspect Duurzaamheid weergegeven, waaronder de relevante wettelijke en beleidskaders
- Beleidskaders beschreven in paragraaf 2.2 en het afwegingskader in paragraaf 2.3.
- Hoofdstuk 3 bevat de referentiesituatie, en de beoordelingscriteria die bij de effectbeoordeling worden gehanteerd.
- In hoofdstuk 4 wordt de effectbeoordeling stationslocaties en aansluiting op hoogspanningsnet omschreven.

2 Uitgangspunten

2.1 Plangebied en studiegebied

Het plangebied bestaat uit het geheel van de mogelijke locaties, inclusief de tracés voor de inlussing van de bestaande 380 kV-verbinding. Het studiegebied is het gebied waarbinnen mogelijke effecten worden onderzocht omdat hier effecten kunnen optreden. Het studiegebied kan (aanzienlijk) groter zijn dan het plangebied, omdat sommige effecten een grotere reikwijdte kunnen hebben dan het plangebied. Waar de effecten groter zijn dan het plangebied zal dat expliciet worden aangegeven.

2.2 Kaders wet- en regelgeving, beleid en richtlijnen

Het betreft een rijksproject waarbij Europees en Nationaal beleid kaderstellend zijn. Provinciaal, regionaal en lokaal beleid zijn hier niet bindend, maar zijn voor extra context wel opgenomen. In tabel 2-1 is een beknopte beschrijving van relevante wet- en regelgeving en beleid en de relevantie voor het project opgenomen.

Tabel 2-1 Relevante regelgeving en beleid[1]

Europese kaders	
Klimaatwet & de Green Deal	De doelstellingen, wet- en regelgeving om Europa klimaatneutraal te maken voor 2050. Op korte termijn zijn er ook doelen gesteld, om voor 2030 55% minder CO2 uit te stoten ten opzichte van 1990. Ook wordt het belang van duurzaam materiaalgebruik en het minimaliseren van afval benoemd. *Betekenis voor project* Het hoogspanningsstation kan helpen om deze doelen te ondersteunen, voornamelijk op de langere termijn aangezien het project na 2030 wordt gerealiseerd. Het project kan verder bijdragen aan het behalen van de doelen/ambities van de Europese Green Deal, door in de realisatiefase emissies en vervuiling tot het minimum te beperken.

Rijksbeleid	
Nationale omgevingsvisie (NOVI)[4] **(2020)**	In de NOVI zijn 21 nationale belangen in de fysieke leefomgeving beschreven. Deze nationale belangen komen samen in vier prioriteiten: ruimte voor klimaatadaptatie en energietransitie, een duurzaam en (circulair) economisch groeipotentieel, sterke en gezonde steden en regio's en toekomstbestendige ontwikkeling van het landelijk gebied. Bij de afweging van de belangen staat een evenwichtig gebruik van de fysieke leefomgeving centraal voor zowel de boven- als de ondergrond. *Betekenis voor project* Binnen het thema duurzaamheid is een aantal uitgangspunten van belang voor dit project: • **Waardebehoud van gebruikt materiaal (circulair).** Hierin is het uitgangspunt dat gebruikte grondstoffen en materialen in gebouwen, wegen en objecten zoals viaducten en bruggen hun waarde behouden, zodat na de gebruiksfase geen afvalstromen overblijven.

[1] Hierin staan alleen voor dit rapport relevante documenten. Op gemeentelijk niveau zijn niet alle beleidsdocumenten opgenomen, maar alleen die documenten die een relevant kader meegeven voor deze studie.

Rijksbeleid	
	• **Het realiseren van betaalbare en CO2-arme (duurzame) energievoorzieningen.** Zo is de doelstelling opgenomen om een robuust, betrouwbaar en veilig hoofdnetwerk van buisleidingen en kabels te realiseren. Dit is bedoeld om de transitie naar een circulaire economie en CO_2-arme energievoorziening te realiseren.
Het Nederlandse Klimaatakkoord en Klimaatplan	Binnen dit beleidsplan zijn de Europese doelstellingen vertaald naar Nederlandse doelstellingen. Ook hierin staan richtlijnen en doelstellingen waar dit project aan kan bijdragen. Eén van deze doelstellingen is bijvoorbeeld om (meer) windparken op zee te realiseren. Ook worden er – in lijn met de NOVI – tot 2040 naar verwachting 370.000 woningen in het Randstadgebied bijgebouwd. *Betekenis voor project* Om de nieuw te bouwen woningen van betrouwbare energievoorzieningen te kunnen blijven voorzien, is het van belang dat de capaciteit van het elektriciteitsnet van en naar dit gebied wordt verhoogd. De voorgenomen ontwikkeling kan hier aan bijdragen.
Programma Circulaire Economie	Het Rijksbrede programma Nederland Circulair schetst de transitie naar een volledig circulaire economie in 2050. Daarvoor is in 2017 het Grondstoffenakkoord ondertekend en zijn voor vijf sectoren transitieagenda's gepubliceerd, waaronder de transitieagenda Circulaire Bouweconomie. Eén van de specifieke doelen voor de Bouweconomie is dat de overheden vanaf 2023 alle opdrachten 100% circulair uitvraagt. Een ander landelijk tussendoel is om 2030 50% minder primaire grondstoffen te gebruiken. *Betekenis voor project:* TenneT kan actief bijdragen aan de doelen van het programma Nederland Circulair door in het ontwerp circulaire principes te integreren, zoals het voorkomen van materiaalgebruik, zo veel mogelijk inzetten op het hergebruik van materialen en levensduur verlenging.
Convenant Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB)	Een overeenkomst tussen de Rijksoverheid, provincies, waterschappen, gemeenten, branche- en netwerkverenigingen in de bouwsector. Het is een convenant waarmee overheden en opdrachtgevers samen werken aan het verduurzamen van bouw-, onderhoud- en sloopprojecten. De focus ligt op het verminderen van uitstoot door bouwmaterieel, zoals transportvoertuigen, hijs- en werktuigen en vaartuigen. In een gezamenlijke routekaart zijn oplopende emissie-eisen tot 2030 vastgelegd, variërend van een minimumniveau tot een ambitieus niveau. Betekenis voor project: TenneT heeft het convenant SEB ondertekend en committeert daarmee op het toepassen van de emissie-eisen uit de SEB-routekaart[2].
Lokaal beleid	
Gemeente Wijchen	In 2027 wil de gemeente Wijchen als organisatie 37% minder CO_2 uitstoten ten opzichte van 2022. Bovendien willen we in 2027 23% minder energie verbruiken dan in 2022. Daarvoor neemt de gemeente verschillende maatregelen. De voortgang wordt gemeten doormiddel van het doorlopen van het CO2-prestatieladderproces.

[2] SEB Routekaart: https://www.opwegnaarseb.nl/documenten/2024/11/04/routekaart-seb

Overig	
Definitie circulariteit	In het kader van dit IEA wordt voor de definitie van de term circulariteit aangesloten bij de definitie die de Commissie MER hanteert (Commissie mer, 2020). De Commissie definieert de term als: “Een overkoepelend begrip voor het sluiten van kringlopen en ketens waardoor de impact op het milieu vermindert. Dit vereist zowel het beperken van het gebruik van grondstoffen, als het terugwinnen, gebruiken en recyclen van (herbruikbare) grondstoffen en materialen.”

2.3 Afwegingskader

Om de stationslocaties en de aansluiting op het hoogspanningsnet te beoordelen en te vergelijken is een afwegingskader vastgesteld. Voor het aspect duurzaamheid geldt het volgende afwegingskader:

Tabel 2.2 Beoordelingscriteria voor aspect Duurzaamheid

Deelaspect	Beoordelingscriteria	Wijze onderzoek
Circulariteit	Materiaalgebruik	Kwalitatief: beoordeling op MKI impact van de aanlegfase. Het materiaalgebruik wordt beoordeeld aan de hand van de volgende variabelen: • Het aantal 380 kV-steunmasten, • Het aantal 380-kV hoekmasten, • De lengte van hoogspanningskabels (afhankelijk van de lengte van het tracé). • De benodigde hoeveelheid zand van de ophogingen bij het hoogspanningsstation.
Klimaat	Uitstoot broeikasgassen	Kwalitatief: beoordeling op CO_2 uitstoot tijdens de aanlegfase. De CO_2-uistoot wordt beoordeeld aan de hand van de volgende variabelen: • Het opbouwproces van een 380 kV-steunmast, • Het opbouwproces van een 380-hoekmast, • Het opbouwproces van een ontgraving.

2.3.1 Beoordeling tracéalternatieven

Voor de verschillende tracéalternatieven worden de effecten per beoordelingscriterium beschreven en beoordeeld. De beoordeling van de alternatieven gebeurd op basis van een onderlinge vergelijking, waarin het best scorende alternatief als neutraal wordt beoordeeld. Een absolute beoordeling is niet mogelijk, omdat een wetenschappelijk onderbouwd kader ontbreekt die plafondwaarden opstelt voor milieu-impact voor dit soort projecten. Om die reden is de inschaling een inschatting op basis waarvan de tracéalternatieven onderling onderscheidend zijn van elkaar. Het beoordelingskader kent daarom alleen een neutrale of (licht/sterk) negatieve beoordeling.

Hieronder wordt per beoordelingscriterium beschreven welk beoordelingskader is gehanteerd voor de effectbeoordeling van de stationslocaties en bijbehorende hoek- en steunmasten, tracélengtes en zand ophogingen.

2.3.2 Effecten circulariteit als gevolg van materiaalgebruik

Circulariteit richt zich op het elimineren van afval en vervuiling, het in omloop houden van materialen en het herstellen van de natuur (Ellen MacArthur Foundation). Om locatie-alternatieven hierop te vergelijken wordt het beoordelingscriterium materiaalgebruik gehanteerd, uitgedrukt via de Milieukostenindicator (MKI).

De MKI drukt de integrale milieu-impact van materialen uit in euro's, op basis van een levenscyclusanalyse (LCA), en combineert meerdere milieu-effectcategorieën, waaronder klimaatverandering, grondstoffenverbruik en toxiciteit, tot één getal. De MKI is daarmee primair een milieu-impactmaatstaf en geen directe circulariteitsmaatstaf: aspecten als losmaakbaarheid of herbestemmingspotentieel worden er niet in gemeten. Toch is de MKI een geschikte indicator voor circulaire keuzes in materiaalgebruik, omdat reductie van milieu-impact één van de centrale doelen van circulariteit is. Een lagere MKI weerspiegelt doorgaans materiaalreductie, gebruik van gerecyclede of biobased materialen, of een ontwerp gericht op hergebruik. In dit vroege planstadium ontbreekt het detailniveau voor een directe maatstaf voor hergebruik; de MKI is daarmee de beste beschikbare kwantitatieve indicator.

De berekening is gebaseerd op een kwantitatieve inschatting van het materiaalgebruik per alternatief, aan de hand van het aantal masten, de tracélengte van de inlussing en de ophoging per hoogspanningsstation.

Klassegrenzen

De beoordeling is relatief: het alternatief met de laagste MKI-score geldt als referentie. De overige alternatieven worden hieraan getoetst volgens onderstaande klassegrenzen.

Tabel 2-3 Klassegrenzen criterium 'Circulariteit'

+ +	n.v.t.
+	n.v.t.
0/+	n.v.t.
0	Neutraal: MKI-score tot 5% hoger dan de laagste score.
0/-	Licht negatief: MKI-score 5% tot 20% hoger dan de laagste score.
-	Negatief: MKI-score 20% tot 40% hoger dan de laagste score.
- -	Zeer negatief: MKI-score meer dan 40% hoger dan de laagste score.

2.3.3 Effecten op klimaat als gevolg van broeikasgassen

Voor het criterium klimaat wordt de beoordeling gebaseerd op de totale uitstoot van broeikasgassen, uitgedrukt in kilogram CO_2-equivalenten (kg CO_2-eq.). Broeikasgassen dragen bij aan de opwarming van de aarde doordat ze warmte in de atmosfeer vasthouden, waardoor het klimaat verandert. Dit leidt tot gevolgen zoals zeespiegelstijging, extremere weersomstandigheden en verlies aan biodiversiteit. Nederland heeft zich via het Klimaatakkoord gecommitteerd aan een reductie van broeikasgasemissies met 55% in 2030 ten opzichte van 1990, en klimaatneutraliteit in 2050. Het terugdringen van broeikasgasemissies bij infrastructuurprojecten draagt direct bij aan deze doelstellingen.

Kg CO_2-eq. is een gestandaardiseerde maatstaf waarbij het zogeheten opwarmingspotentieel van verschillende broeikasgassen (zoals koolstofdioxide, lachgas, waterdamp en methaan) wordt omgerekend naar de equivalente hoeveelheid CO_2. De kg CO_2-eq.-score wordt per alternatief berekend via DuboCalc.

Klassegrenzen

De beoordeling is relatief: het alternatief met de laagste CO_2-uitstoot geldt als referentie. De overige alternatieven worden hieraan getoetst volgens onderstaande klassegrenzen.

Tabel 2-4 Klassegrenzen criterium 'Klimaat'

+ +	n.v.t.
+	n.v.t.
0/+	n.v.t.
0	Het effect op het klimaat als gevolg van uitstoot van broeikasgassen is neutraal. Dit betreft de laagste broeikasgasuitstoot tot +5% kg CO2-eq t.o.v. de laagste score.
0/-	Het effect op het klimaat als gevolg van uitstoot van broeikasgassen is licht negatief. Dit betreft de broeikasgasuitstoot van +5% tot +20% kg CO2-eq t.o.v. de laagste score.
-	Het effect op het klimaat als gevolg van uitstoot van broeikasgassen is negatief. Dit betreft de broeikasgasuitstoot van +20% tot +40% kg CO2-eq t.o.v. de laagste score.
- -	Het effect op het klimaat als gevolg van uitstoot van broeikasgassen is sterk negatief. Dit betreft de broeikasgasuitstoot van +40% kg CO2-eq of hoger t.o.v. de laagste score.

2.4 Toelichting methodiek

Voor de beoordeling van duurzaamheid wordt onderscheid gemaakt tussen de levenscyclusfasen zoals gedefinieerd in de EN 15978-norm. De twee beoordelingscriteria (circulariteit en klimaat) richten zich op verschillende fasen van deze levenscyclus, op basis van waar de onderlinge verschillen tussen de alternatieven het meest bepalend zijn.

2.4.1 Rekenmodel DuboCalc

Voor beide criteria is gebruik gemaakt van DuboCalc, het rekenmodel dat door Rijkswaterstaat is ontwikkeld voor de milieuprestatiebepaling van GWW-projecten. DuboCalc is gebaseerd op de levenscyclusanalyse (LCA)-methodiek conform de EN 15978-norm en maakt gebruik van milieuprofielen uit de Nationale Milieudatabase (NMD).

Voor het criterium circulariteit wordt DuboCalc gebruikt om de MKI (in euro's) te berekenen en voor het criterium klimaat wordt het gebruikt om de broeikasgasemissies (kg CO_2-eq) uit te rekenen. CO_2-eq is een gestandaardiseerde maatstaf waarbij het zogeheten opwarmingspotentieel van verschillende broeikasgassen, zoals CO_2, methaan en lachgas, wordt omgerekend naar de equivalente hoeveelheid CO_2. Anders dan de MKI, die meerdere milieueffecten integreert, richt kg CO_2-eq zich specifiek op klimaatverandering. Dit maakt het een gangbare maatstaf voor de impact van een project op het klimaat. Beide indicatoren worden met behulp van DuboCalc berekend op basis van dezelfde invoer: materiaalhoeveelheden en materiaaltypen per alternatief.

2.4.2 Scope

In tabel 2.5 is weergegeven welke levenscyclusfasen worden meegenomen om de indicatoren op te toetsen voor circulariteit en klimaat. Hieronder wordt de scope voor de deelaspecten circulariteit en klimaat verder toegelicht. Verder is het van belang om te vermelden dat de MKI- en CO_2-eq.-berekeningen in deze

bureaustudie indicatief zijn van aard. De absolute waarden zijn in dit stadium minder relevant, daarmee zijn de onderlinge verschillen tussen de alternatieven leidend. In latere projectfasen kan een volledige berekening worden uitgevoerd op basis van een concreter ontwerp, inclusief gebruiksfase, onderhoud en einde levensduur.

2.4.3 Circulariteit (MKI): productiefase A1 t/m A3

De milieu-impact van materiaalgebruik vindt primair plaats in de productiefase (A1: grondstofwinning, A2: transport en A3: productie). De onderlinge verschillen tussen de alternatieven komen voort uit de hoeveelheden en typen materialen die per alternatief worden toegepast. Dit vertaalt zich direct in verschillen in MKI in fase A1 t/m A3.

Hoewel circulariteit ook betrekking heeft op de einde-levensduurfase (C1 t/m C4) en module D (hergebruik en recycling), worden deze fasen in deze bureaustudie buiten beschouwing gelaten. De reden hiervoor is dat voor alle alternatieven wordt uitgegaan van dezelfde standaard scenario’s uit de Nationale Milieudatabase (NMD), namelijk de meest waarschijnlijke verwerkingsmethode aan het einde van de levensduur. Omdat deze scenario's per alternatief identiek zijn, leveren ze geen onderscheidend vermogen op tussen de alternatieven. Ze zijn daarmee niet bruikbaar als vergelijkingsmaatstaf in deze bureaustudie. In latere projectfasen, wanneer het ontwerp verder is uitgewerkt, kunnen alternatief-specifieke einde-levensduurscenario's worden opgesteld en kan een vollediger beeld van circulariteit worden gegeven.

2.4.4 Scope Klimaat (kg CO_2-eq.): productie- en bouwfase A1 t/m A5

Voor het criterium klimaat wordt naast de productiefase ook de bouwfase (A4: transport naar de bouwplaats, A5: bouwproces) meegenomen. Broeikasgassen kunnen in verschillende levenscyclusfasen vrijkomen: tijdens de productiefase door winning en bewerking van materialen, tijdens de aanlegfase door inzet van bouwmaterieel en transport, tijdens de gebruiksfase (in beperkte mate) door onderhoudsactiviteiten, en tijdens de eindelevensduur fase door verwerking van materialen. De beoordeling klimaat richt zich dus op de productie- en bouwfase (A1 t/m A5), omdat de onderlinge verschillen tussen de alternatieven zich hier het sterkst voordoen. De gebruiks- en eindelevensduurfase worden buiten beschouwing gelaten, omdat hiervoor voor alle alternatieven van dezelfde standaardscenario's wordt uitgegaan en deze fasen daardoor geen onderscheidend vermogen bieden.

Voor de inzet van materieel tijdens de bouwfase (A4 en A5) ligt de focus op de uitstoot door dieselmaterieel, denk hierbij bijvoorbeeld aan graafwerkzaamheden, het klaarmaken van het werkterrein, transport, heien, hijsen etc. Voor de verschillende variabelen is een gemiddelde materieelinzet bepaald (zie uitgangspunten in Bijlage 1: Rekenkundige uitgangspunten) en doorgerekend op CO_2 uitstoot in fase A4 en A5. De kg CO_2-eq.-score wordt per alternatief berekend via DuboCalc.

Tabel 2.5 Levenscyclusfasen voor de criteria circulariteit en klimaat

Levenscyclusfase	Code conform Bepalingsmethode	Toelichting fase	Toepassing binnen MER beoordeling
Productiefase	A1 t/m A3	• Winning van grondstoffen • Transport naar producent • Productieprocessen	Criterium circulariteit en klimaat
Bouwfase	A4, A5	• Transport naar gebruikslocatie • Bouw- en installatieproces	Criterium klimaat
Gebruiksfase	B1 t/m B5	• Gebruik • Onderhoud • Reparaties • Vervangingen • Hernieuwing	Buiten scope
Einde levensduur	C1 t/m C4	• Sloop • Transport • Afvalverwerking • Finale afvalverwerking	Buiten scope
Volgende productiesystemen	D	• Milieulasten en baten buiten de systeemgrens	Buiten scope

Data inventarisatie

De MKI en uitstoot worden berekend aan de hand van het type materiaal en de hoeveelheid. Hieronder in Tabel 2.6 is een inventarisatie weergegeven van de materiaaltypen en hoeveelheden waarmee gerekend is. Deze zijn ook terug te vinden in Bijlage 1: Rekenkundige uitgangspunten.

Tabel 2.6 Uitgangspunten materiaalgebruik per onderdeel

Onderdeel	Element	DuboCalc object	Eenheid	#
Materiaalgebruik Donau Steunmast	Staalconstructie	Zwaar constructiestaal GWW	kg	25.000
	Betonfundering	Heipaal Prefab Beton	m	56
Materiaalgebruik Donau Hoekmast HA	Staalconstructie	Zwaar constructiestaal GWW	kg	49.000
	Betonfundering	Heipaal Prefab Beton	m	112
Materiaalgebruik Donau Hoekmast HC	Staalconstructie	Zwaar constructiestaal GWW	kg	54.000
	Betonfundering	Heipaal Prefab Beton	m	112
Materiaalgebruik 380 kV lijnen	Geleider (Aluminium)	Hoogspanningskabel aluminium, schaalbaar	m	*schaalbaar*
Materiaalgebruik open ontgraving	Zand	Ophoogmateriaal, zand	m3	*schaalbaar*
Ringdijk	Zand	Ophoogmateriaal, zand	m3	95.000
	Klei	Ophoogmateriaal, klei	m3	55.000
	Asfalt	Gietasfalt, waterbouw PCR (2.100 kg/m^3)	kg	18.900.000

3 Referentiesituatie

3.1 Huidige situatie

In de huidige situatie zijn de effecten op het aspect duurzaamheid verwaarloosbaar. In de huidige situatie zijn de effecten voor beide deelaspecten (circulariteit en klimaat) minimaal. Naast regulier onderhoud aan de hoogspanningskabels en masten, zijn er in de huidige situatie namelijk geen ontwikkelingen bekend die een effect hebben op milieu-impact van materiaalgebruik en CO_2-uitstoot op de directe locatie.

3.2 Autonome ontwikkelingen

Er zijn geen autonome ontwikkelingen bekend die relevant zijn voor dit onderzoek.

3.3 Varianten

Tabel 3.1 Uitgangspunten objecten per stationslocatie

Stationslocatie	**1A**	**1B**	**2A**	**2B**	**3**	**4**
Realisatie						
Steunmasten (*stuks*)					4	6
Hoekmasten HA (*stuks*)	2	4	2	2	4	3
Kabels (*aantal meter*)	5.346	9.005	6.487	6.645	19.687	21.717
Ringdijk (*stuks*)	1	1	1	1	1	1
Ombouwen						
2-Circuit vakwerkmast (*stuks*)	2	2	2	2	2	2
Amoveren						
2-Circuit vakwerkmast (*stuks*)	1	3	2	3	7	7
Kabels (*aantal meter*)	4.725	9.433	7.046	7.046	17.328	17.328

4 Effectbeoordeling stationslocaties en aansluiting op hoogspanningsnet

4.1 Effectbeoordeling

In deze paragraaf worden de effecten van de locatie- en tracéalternatieven beschreven voor het milieuaspect Duurzaamheid op basis van het afwegingskader die zijn geformuleerd in paragraaf 2.3. De uitgangspunten van de hoeveelheden en typen materialen zijn kort weergegeven in Tabel 2.6 en Tabel 3.1. De MKI en CO_2-eq. per eenheid zijn te vinden in de Excel van Bijlage 1: Rekenkundige uitgangspunten.

4.1.1 Circulariteit

Tabel 4.1 Beoordeling alternatieven op criterium circulariteit

Alternatief	**1A**	**1B**	**2A**	**2B**	**3**	**4**
MKI (EUR)	€ 861.069	€ 958.092	€ 875.772	€ 881.908	€ 1.297.633	€ 1.380.013
Beoordeling	0	0/-	0	0	- -	- -

De MKI-waarden van de onderzochte alternatieven zijn weergegeven in Tabel 4.1. De beoordeling is gebaseerd op de totale milieu-impact van het materiaalgebruik (fasen A1–A3), waarbij zowel de impact van nieuw te plaatsen materialen als de milieuwinst door recycling van geamoveerde hoogspanningsinfrastructuur is meegenomen.

<u>Beoordeling van de alternatieven</u>
De MKI-waarden variëren van € 861.069 (alternatief 1A) tot € 1.380.013 (alternatief 4). Alternatief 1A heeft de laagste MKI-waarde en vormt de referentie voor de beoordeling.

- Alternatieven 1A, 2A en 2B scoren *neutraal*. De alternatieven 2A en 2B kennen weliswaar langere nieuwe tracés dan 1A, maar deze worden gecompenseerd door de grotere hoeveelheid te amoveren tracé. De recycling van het vrijkomende staal en aluminium levert een substantiële milieuwinst op, waardoor de hogere materiaalinzet voor de nieuwe tracés vrijwel volledig wordt gecompenseerd. Hierdoor blijven de MKI-waarden binnen de 5%-drempel van de klasse *neutraal*.
- Alternatief 1B scoort *licht negatief*. Dit alternatief bevat vier nieuwe hoekmasten en een langer nieuw tracé, wat leidt tot een hogere inzet van staal, beton en aluminium. De MKI-waarde (€ 958.092) ligt 11,3% boven de referentie en valt daarmee binnen de klasse *licht negatief* (5–20%).
- Alternatieven 3 en 4 scoren *sterk negatief*. Deze alternatieven kennen de grootste hoeveelheid nieuw materiaal door aanzienlijk langere tracés en een hoger aantal nieuw te plaatsen masten. De hogere materiaalinzet wordt slechts beperkt gecompenseerd door recycling van

geamoveerde infrastructuur. Hierdoor vallen de MKI-waarden respectievelijk 50,7% (alternatief 3) en 60,3% (alternatief 4) hoger uit dan de referentie.

Bepalende factoren MKI-waarde
Er zijn enkele duidelijke factoren die de MKI-score bepalen. De belangrijkste zijn:

- **Materiaalintensiteit van nieuwe masten en funderingen**
  Staal (voor mastconstructies) en beton (voor funderingen) zijn de grootste MKI-dragers in de productiefase. Alternatieven met meer nieuwe masten of langere tracés (zoals 3 en 4) scoren daardoor structureel hoger in MKI.

- **Lengte van het nieuw aan te leggen tracé**
  Een langer tracé betekent meer aluminium hoogspanningskabels en meer mastfunderingen. Aluminium heeft een relatief hoge MKI-waarde per kilogram, waardoor tracélengte een belangrijke bepalende factor is.

- **Recyclingwinst door amoveren van bestaand tracé**
  Het verwijderen van bestaande masten en kabels levert een negatieve MKI-bijdrage op, omdat het vrijkomende staal en aluminium opnieuw kan worden ingezet. Alternatieven 2A en 2B profiteren hiervan het meest, omdat zij de grootste hoeveelheid bestaand tracé verwijderen. Deze recyclingwinst compenseert een groot deel van de MKI-impact van de nieuwe materialen.

- **De aanleg van de ringdijk**
  De ringdijk draagt bij ieder alternatief exact dezelfde MKI-waarde (€ 694.077), daardoor verandert de absolute rangorde tussen alternatieven niet. De MKI-score van alle alternatieven liggen lager dan in de eerdere situatie met stationsophogingen. Hierdoor worden de procentuele verschillen groter ten opzichte van de situatie met stationsophogingen,

Milieu-impact ringdijk ten opzichte van stationsophogingen
De ringdijk resulteert bij ieder alternatief in dezelfde milieu-impact (MKI = € 694.077). Ten opzichte van de eerder berekende milieu-impact voor de stationsophogingen zorgt vervanging door de ringdijk ervoor dat ieder alternatief in totaal een lagere milieu-impact heeft. Doordat de ringdijk bij alle alternatieven een gelijke MKI bijdraagt, blijven de absolute onderlinge verschillen tussen de alternatieven onveranderd, maar nemen de procentuele verschillen toe. Het vervangen van de stationsophogingen door de ringdijk is op het gebied van circulariteit een gunstigere keuze die resulteert in een lagere totale MKI per alternatief.

4.1.2 Klimaat

Tabel 4.2 Beoordeling alternatieven op criterium klimaat

Alternatief	1A	1B	2A	2B	3	4
Broeikasgassen (kg CO_2-eq.)	7.540.583	7.743.954	7.531.017	7.542.453	8.337.065	8.485.185
Beoordeling	0	0	0	0	0/-	0/-

De broeikasgasuitstoot van de onderzochte alternatieven is weergegeven in Tabel 4.2. De beoordeling is gebaseerd op de uitstoot in fasen A1 t/m A5, waarin zowel materiaalgebonden emissies (productie van staal, beton, aluminium, zand, klei en asfalt) als transportemissies zijn meegenomen.

Beoordeling van de alternatieven
De totale CO_2-uitstoot varieert van ongeveer 7,53 miljoen kg CO_2-eq. (alternatief 2A) tot 8,49 miljoen kg CO_2-eq. (alternatief 4). De onderlinge verschillen zijn daarmee relatief beperkt (ongeveer 13% tussen het laagste en hoogste alternatief). Op basis van de beoordelingssystematiek worden de alternatieven als volgt beoordeeld:

- Alternatieven 1A, 1B, 2A en 2B scoren *neutraal*. Hun uitstoot ligt binnen 5% van het laagst scorende alternatief (2A). De verschillen worden grotendeels gedempt door de dominante bijdrage van de ringdijk, die bij alle alternatieven identiek is.
- Alternatieven 3 en 4 scoren *licht negatief*. Hun uitstoot ligt 10 tot 13% hoger dan alternatief 2A. Dit komt vooral door langere tracés en meer nieuw te plaatsen masten, waardoor de materiaalgebonden emissies toenemen. De recyclingwinst van geamoveerde objecten compenseert dit in beperkte mate.

De beoordelingsklassen worden dus bepaald door de variatie in tracélengte en masten, maar de absolute verschillen blijven klein doordat de ringdijk ongeveer 60% van de totale CO_2-uitstoot bepaalt.

Bepalende factoren in CO_2-uitstoot

Uit de berekeningen blijkt dat de totale CO_2-uitstoot vooral wordt bepaald door drie factoren:

- **De aanleg van de ringdijk**
  De ringdijk bestaat uit grote hoeveelheden zand (95.000 m³), klei (55.000 m³) en asfalt. Uit de berekening blijkt dat de ringdijk alleen al verantwoordelijk is voor ongeveer 4,7 miljoen kg CO_2-eq, een optelsom van zand: 1.585.266 kg CO_2-eq, klei: 2.824.661 kg CO_2-eq en asfalt: 308.192 kg CO_2-eq. (zie Bijlage 1). Daarmee is de ringdijk veruit het grootste onderdeel van de totale uitstoot (ongeveer 60% van de totale CO_2-impact per alternatief).
- **De lengte van het nieuw aan te leggen tracé**
  Een langer tracé betekent meer aluminium hoogspanningskabels en meer masten (staal en betonfunderingen). Aluminium en staal zijn

beide materiaalsoorten met een hoge CO_2-intensiteit in de productiefase.

- **De hoeveelheid te amoveren tracé en masten**
  Amoveren levert een *negatieve* CO_2-uitstoot op, doordat recycling van staal en aluminium ervoor zorgt dat de materiaalwaarde blijft en daarmee broeikasgasemissies van nieuwe materialen voorkomt. Deze emissiewinst is wel relatief klein ten opzichte van de grote materiaalvolumes van de ringdijk en weegt daardoor minder zwaar mee in de totale balans.

Impact van de ringdijk vergeleken met stationsophogingen

De aanleg van de ringdijk is de meest bepalende factor voor de totale CO_2-uitstoot van alle alternatieven. De ringdijk is verantwoordelijk voor ongeveer 60% van de totale uitstoot per alternatief. In de eerdere situatie, waarin geen ringdijk maar stationsophogingen aanwezig waren, speelden de verschillen in ophooghoogte (2,7 tot 3,5 meter) nog een duidelijke rol. De benodigde zandvolumes en transportemissies verschilden per alternatief, waardoor de CO_2-uitstoot sterker uiteenliep. Met de introductie van de ringdijk is deze variatie grotendeels verdwenen: de ringdijk vervangt de ophogingen door een grotere en uniforme constructie, waardoor de totale CO_2-uitstoot per alternatief hoger is geworden, maar de onderlinge verschillen juist kleiner. Hierdoor liggen de alternatieven qua klimaatimpact dichter bij elkaar dan in de eerdere berekeningen.

Effect van SEB-niveaus op de CO_2-impact

In de berekeningen is uitgegaan van de standaard DuboCalc-emissiefactoren voor transport en bouwmaterieel tijdens de bouwfase (fasen A4 en A5). Het toepassen van de emissiefactoren uit de SEB-niveaus is daarin niet meegenomen, terwijl het zeker wenselijk is om SEB-niveaus toe te passen vanuit duurzaamheidsperspectief. SEB-niveaus gaan uit van schoner en efficiënter bouwmaterieel, waardoor de emissies van transport en activiteiten op de bouwplaats lager uitvallen dan in de standaardbenadering.

Het effect van het toepassen van SEB heeft vooral een absoluut effect en het is sterk aanbevolen om op die manier de broeikasgassen van het gehele project en tijdens de bouw te beperken. Het effect van SEB toepassing is echter relatief beperkt in de context van deze beoordeling. De emissies uit A4 en A5 vormen een klein aandeel van de totale CO_2-uitstoot, die grotendeels wordt bepaald door materiaalproductie (A1-A3) en met name door de ringdijk. Toepassing van SEB-niveaus zou daarom leiden tot lagere totale CO_2-waarden voor alle alternatieven, maar de onderlinge verschillen en de beoordeling blijven nagenoeg gelijk.

Het toepassen van SEB-niveaus is daarmee een zinvolle maatregel om de duurzaamheid van het project te verhogen, maar het heeft geen invloed op de conclusies van de effectbeoordeling. Omdat het handmatig aanpassen van alle materieelcategorieën in DuboCalc tijdsintensief is en de relatieve beoordeling niet verandert, is ervoor gekozen de standaard DuboCalc-waarden te hanteren en het effect van SEB-niveaus kwalitatief toe te lichten en te benoemen als mitigerende maatregel.

4.1.3 Effectbeoordeling totaal

Tabel 4.3 Effectbeoordeling op criterium circulariteit en klimaat per alternatief

Alternatief	1A	1B	2A	2B	3	4
Circulariteit: Materiaalgebruik (MKI)	0	0/-	0	0	- -	- -
Klimaat: broeikasgassen (kg CO_2-eq.)	0	0	0	0	0/-	0/-

4.1.4 Samenvatting effectbeoordeling

De beoordeling op duurzaamheid omvat twee deelaspecten: circulariteit (MKI) en klimaat (kg CO_2-eq). De scores per alternatief zijn samengevat in Tabel 4.3.

De duurzaamheidseffecten zijn beoordeeld op de deelaspecten circulariteit (MKI) en klimaat (kg CO_2-eq.). De resultaten laten zien dat de alternatieven verschillend presteren, waarbij vooral de lengte van het nieuwe tracé, het aantal nieuwe masten en de hoeveelheid te amoveren infrastructuur bepalend zijn.

Circulariteit (MKI)

Voor circulariteit scoren 1A, 2A en 2B het best (*neutraal*). Bij 2A en 2B komt dit door de hoeveelheid verwijdering van bestaand tracé, waardoor de recyclingwinst van staal en aluminium een deel van de MKI-impact van nieuwe materialen compenseert. Alternatief 1B scoort *licht negatief* door minder amovering en dus minder recyclingwinst. Alternatieven 3 en 4 scoren *sterk negatief* door de grote hoeveelheid nieuw materiaal die nodig is voor de langere tracés en extra masten.
De vervanging van de stationsophogingen door de ringdijk heeft hierbij een duidelijk effect: de ringdijk heeft een lagere MKI dan de eerdere stationsophogingen, waardoor de totale MKI van alle alternatieven lager uitvalt. Omdat de ringdijk bij alle alternatieven identiek is, worden de onderlinge verschillen juist groter, waardoor alternatieven 3 en 4 nu in de klasse *sterk negatief* vallen.

Klimaat (CO_2-eq.)

Voor klimaat scoren 1A, 1B, 2A en 2B *neutraal*, 3 en 4 scoren *licht negatief*. De bepalende factor is de ringdijk, die verantwoordelijk is voor circa 60% van de totale CO_2-uitstoot. Hierdoor worden de verschillen tussen alternatieven sterk afgevlakt: variatie in tracélengte en masten speelt nog wel een rol, maar minder dan bij circulariteit.

Relatie tussen MKI en CO_2-uitstoot

De MKI-waarden liggen veel lager dan de CO_2-uitstoot, omdat MKI een samengestelde indicator is die milieuschade in euro's uitdrukt, terwijl CO_2-eq. De daadwerkelijke hoeveelheid uitgestoten broeikasgassen uitdrukt. Daarnaast hebben zand en klei een hoge CO_2-impact maar een lage MKI-waarde, waardoor de ringdijk de CO_2-resultaten domineert maar minder zwaar weegt in de klimaat beoordeling op MKI.

Totaalbeeld

Wanneer circulariteit en klimaat gezamenlijk worden beschouwd, komen 2A en 2B als meest gunstige alternatieven naar voren: zij scoren *neutraal* op klimaat en het best op circulariteit. Alternatief 4 scoort relatief goed op klimaat, maar *sterk negatief* op circulariteit. Alternatieven 3 en 4 hebben in beide categorieën een minder gunstige score door de grote materiaalinzet voor de langere nieuwe tracés.

4.2 Mitigerende maatregelen

Om de milieu-impact van de alternatieven, zowel op het gebied van circulariteit (MKI) als klimaat (kg CO_2-eq), te reduceren, zijn verschillende maatregelen beschikbaar. Onderstaand zijn generieke maatregelen opgenomen die kunnen bijdragen aan het beperken van de milieu-impact en uitstoot aan broeikasgassen binnen het project. Deze maatregelen zijn onderverdeeld naar thema:

Verduurzaming van materiaalgebruik
Een aanzienlijk deel van de MKI-score en broeikasgasuitstoot is toe te schrijven aan de productie van primaire bouwmaterialen. Door in te zetten op materialen met een lagere milieu-impact kunnen deze scores worden verlaagd. Concrete opties zijn:

- Cementloos of bio-based beton voor funderingen en constructieve toepassingen, waarmee de CO_2-intensieve cementproductie wordt vermeden of gereduceerd.
- Gerecycled beton als vervanging van primair beton, waarbij secundaire grondstoffen worden ingezet in plaats van nieuw gewonnen materiaal.
- Hergebruik van masten: bestaande masten die worden geamoveerd kunnen, na toetsing op restlevensduur en constructieve geschiktheid, elders worden herplaatst. Dit voorkomt zowel de productie van nieuwe stalen masten als de energie-intensieve recycling van het vrijkomende staal.
- Optimalisatie van de tracé ontwerp, bijvoorbeeld door het minimaliseren van het aantal hoekenmasten en het reduceren van de funderingsomvang, vermindert direct het benodigde materiaalvolume.
- Recycling van geotextiel en het vermijden van samengestelde materialen en coatings die herverwerking bemoeilijken, verhogen de circulariteit aan het einde van de levensduur.
- Hergebruik van vrijkomende grond binnen het projectgebied: grond die bij ontgravingen vrijkomt, kan mogelijk worden ingezet voor de stationsophogingen. Dit vermindert de aanvoer van primair zand en de bijbehorende transportemissies, een directe maatregel die aansluit bij de belangrijkste ‘hotspot’ in deze beoordeling.

Behoud van waarde van te amoveren masten
Voorafgaand aan de sloop van bestaande masten dient een toetsing plaats te vinden op restlevensduur en losmaakbaarheid. Wanneer masten nog voldoende restlevensduur hebben en demontabel zijn, biedt herplaatsing op een andere locatie een aanzienlijke milieubesparing ten opzichte van zowel recycling als vervanging door nieuwe masten. Staalrecycling is weliswaar waardevol, maar vergt veel energie. Direct hergebruik scoort in de R-ladder hoger en levert daarmee een grotere reductie van MKI op.

Verduurzaming van materieel en transport
Naast materiaalgebonden emissies leveren bouwlogistiek en materieelinzet een relevante bijdrage aan de totale broeikasgasuitstoot. De volgende maatregelen kunnen deze bijdrage verminderen:

- Het volgen van de richtlijnen van het convenant Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB), die TenneT heeft ondertekend, beperkt de broeikasgasuitstoot van bouwmaterieel. Dit houdt in dat bij de inzet van bouw- en transportmaterieel wordt gestuurd op emissieloze of emissiearme alternatieven, afhankelijk van de technische haalbaarheid. Door expliciet te kiezen voor een vastgesteld ambitieniveau (minstens het basisniveau als standaard in aanbestedingen of het ambitieuze niveau voor een koploper project), hiermee kan de uitstoot van broeikasgassen in de aanlegfase worden beperkt.
- Transport over water in plaats van over de weg reduceert de transportemissies aanzienlijk, dit is met name relevant bij de aanvoer van grote bulkvolumes zand en prefab constructiedelen. De voordelen van binnenwater transport zijn met name de geschiktheid voor grote bulkvolumes en de ontlasting van het wegennet.
- Waar volledig emissieloos materieel nog niet beschikbaar is, biedt HVO-brandstof (Hydrotreated Vegetable Oil) een directe reductie van broeikasgasemissies ten opzichte van fossiele diesel brandstof.

Compenserende maatregelen
Waar emissiereductie direct op projectlocatie niet volledig mogelijk is, kunnen compenserende maatregelen de resterende impact gedeeltelijk neutraliseren. Opties zijn onder meer het stimuleren van CO_2-vastlegging via de aanplant van gewassen zoals bomen. Dit is echter afhankelijk van beschikbaarheid van gronden, aangezien TenneT de betreffende percelen doorgaans niet in eigendom heeft. Een alternatieve manier om dit te doen, is het financieren of faciliteren van compensatie-opgaven op terreinen van derden.

Circulaire ontwerpprincipes
Het vroegtijdig toepassen van circulaire ontwerpprincipes tijdens de ontwerpfase van de hoogspanningstracés biedt de grootste kans op structurele reductie van materiaalgebruik en emissies. Deze principes zijn georganiseerd rond drie niveaus:

- *Preventie*: het voorkomen van onnodig materiaalgebruik door te kiezen voor de meest compacte inpassing. In de context van deze studie betekent dit het selecteren van het alternatief met de kortste tracélengte en het laagste aantal masten dat functioneel toereikend is.
- *Waardebehoud*: het maximaal benutten van bestaande materialen en componenten. Concreet betekent dit: eerst toetsen of bestaande masten en kabels herbruikbaar zijn, voor over te gaan op vervanging door nieuwe grondstoffen.
- *Waardecreatie*: wanneer het toepassen van nieuw materiaal onvermijdelijk is, dit zo duurzaam mogelijk inkopen, bijvoorbeeld door hoge gerecyclede content, lage milieu-impact (MKI) en ontwerpen voor mogelijkheid van demontage en hergebruik aan het einde van de levensduur.

Circulair aanbesteden en contracteren
Duurzaamheidsambities kunnen worden verankerd in de aanbestedingsstrategie:

- De MKI in te zetten als gunningscriterium, zodat marktpartijen worden gestimuleerd om aantoonbaar circulaire oplossingen aan te bieden en hierop te concurreren.
- Inschrijvers te verplichten onderbouwde voorstellen in te dienen voor materiaalreductie, hergebruik van te amoveren masten en afvalpreventie. Dit maakt duurzaamheid een integraal onderdeel van de contractuele afspraken in plaats van een inspanningsverplichting.

Duurzaamheidskansen in het stationsontwerp
Tot slot verdient het hoogspanningsstation zelf nadrukkelijk aandacht in het kader van verduurzaming. Hoewel het station niet onderscheidend is tussen de alternatieven (elk alternatief omvat hetzelfde station) vertegenwoordigt het naar verwachting een aanzienlijk deel van het totale materiaalgebruik en de bijbehorende broeikasgasuitstoot van het gehele project. Het is aannemelijk dat de materiaalvraag van het station die van de tracéinfrastructuur (masten en kabels) overstijgt.

Dit betekent dat, indien verdere duurzaamheidswinst gewenst is voor het project als geheel, een grote potentie mogelijk ligt in het verduurzamen van het stationsontwerp. Concreet gaat het om het reduceren van primaire materialen en het verhogen van het aandeel secundaire (gerecyclede en hergebruikte) materialen in de stationsconstructie, bijvoorbeeld in de funderingen, schakelinstallaties en gebouwdelen. Het is daarom aan te bevelen om in de verdere uitwerking van het voorkeursalternatief duurzaamheidseisen expliciet mee te nemen in het ontwerpproces van het station.

Bijlage 1: Rekenkundige uitgangspunten

Bouwwijze	Onderdeel	Element	DuboCalc object	Eenheid	#	Uitgangspunt	Bron	MKI waarde A1-A3 [€]	Uitstoot A1-A4 [kg CO2-eq.]	Eenheid onderdeel
Bovengrondse 380 kV verbinding	Materiaalgebruik Donau Steunmast	Staalconstructie	Zwaar constructiestaal GWW	kg	25.000	7820 kgm3, incl. conservering 25 ton voor een reguliere steunmast. Fundatieblok met een diameter tussen 10 en 15 meter en diepte van 1,75 tot 2,75 meter. Maximaal 300 m3 bemalen worden.	Informatie aangereikt door TenneT	€ 3.384,47	32.887,14	Per stuk
		Betonfundering	Heipaal Prefab Beton	m	56		Vanuit voorgaand project			Per stuk
	Materiaalgebruik Donau Hoekmast HA	Staalconstructie	Zwaar constructiestaal GWW	kg	49.000	7820 kgm3, incl. conservering 49 ton voor een reguliere steunmast. Fundatieblok met een diameter tussen 10 en 15 meter en diepte van 1,75 tot 2,75 meter. Maximaal 300 m3 bemalen worden.	Informatie aangereikt door TenneT	€ 6.644,63	64.586,42	Per stuk
		Betonfundering	Heipaal Prefab Beton	m	112		Vanuit voorgaand project			Per stuk
	Materiaalgebruik Donau Hoekmast HC	Staalconstructie	Zwaar constructiestaal GWW	kg	54.000	7820 kgm3, incl. conservering 54 ton voor een reguliere steunmast. Fundatieblok met een diameter tussen 10 en 15 meter en diepte van 1,75 tot 2,75 meter. Maximaal 300 m3 bemalen worden.	Informatie aangereikt door TenneT	€ 7.266,17	68.896,18	Per stuk
		Betonfundering	Heipaal Prefab Beton	m	112		Vanuit voorgaand project			Per stuk
	Materiaalgebruik 380 kV lijnen	Hoogspanningskabel (Aluminium)	Hoogspanningskabel aluminium, schaalbaa	m	1	Aluminium geleider van 882 mm2. Betreft 2 circuits, 3 fasen per circuit en 3 geleiders per fase	Informatie aangereikt door TenneT Nationale MilieuDatabase	€ 40,52	72,38	per m
Ammoveren onderdelen	Ammoveren steunmast	Staalconstructie + betonfundering	**Vrijkomend**: fase C1-C4 en D van 25.000 zwaar constructiestaal en 56 m heipaal prefab beton	stuks	1		Informatie aangereikt door TenneT	-€ 266,34	-3.257,65	per stuk
	Ammoveren hoekmast HC	Staalconstructie + betonfundering	**Vrijkomend**: fase C1-C4 en D van 54.000 kg zwaar constructiestaal en 112 m heipaal prefab beton	stuks	1		Informatie aangereikt door TenneT	-€ 578,96	-7.066,70	Per stuk
	Ammoveren tracé	Benodigdheden sloopwerkzaamheden	**Vrijkomend**: fase C1-C4 en D hoogspanningskabel aluminium	m	1		Informatie aangereikt door TenneT	-€ 13,47	-38,30	Per m
Opwaarderen masten	Materiaalgebruik opwaarderen mast	Staalconstructie	Zwaar constructiestaal GWW	kg	4000		Informatie aangereikt door TenneT	€ 497,24	4.200,05	Per stuk
Ringdijk	Zand	Ophoogmateriaal	Ophoogmateriaal, zand	m3	95000	Linker zijde: 11,25^2*4,5^2 = 2562,89, schuine zijde = sqrt(2562,89) = 50,625. Volume linkerzijde = lengte * schuine zijde * 1 = X * 50,625 * 1 = Volume bovenkant = X * 2 * 1 = Rechterzijde: 8,75^2 * 4,5^2 = 1550,39 = sqrt(1550,39) = 39,375. Volume rechterzijde = X * 39,375 * 1 =	Informatie uit rapport "Waterveiligheid hoogspanningsstation Wijchen"	€ 211.548,84	2.797.771,29	Per stuk
	Klei	Ophoogmateriaal	Ophoogmateriaal, klei	m3	55.000	Dichtheid: 2100 kg/m3 bron: https://milieudatabase.nl/media/filer_public/55/13/5513125f-51f5-	Informatie uit rapport "Waterveiligheid hoogspanningsstation Wijchen"	€ 174.336,68	1.585.265,65	Per stuk
	Asfalt	Asfalt	Gietasfalt, waterbouw PCR asfalt 2.0	kg	18900000		Informatie uit rapport "Waterveiligheid hoogspanningsstation Wijchen"	€ 308.191,78	2.824.660,52	Per stuk

Alternatief	Onderdeel	Hoeveelheid	MKI / Eenheid	Totale MKI
1A	Aantal steunmasten [stuks]	*0*	€ 3.384,47	€ 0,00
	Aantal hoekmasten HA [stuks]	*2*	€ 6.644,63	€ 13.289,26
	Aantal hoekmasten HC [stuks]	*0*	€ 7.266,17	€ 0,00
	Lengte tracé [m]	*5346*	€ 40,52	€ 216.619,92
	Ringdijk	*1*	€ 694.077,30	€ 694.077,30
	Te amoveren steunmasten [stuks]	*1*	-€ 266,34	-€ 266,34
	Om te bouwen masten [stuks]	*2*	€ 497,24	€ 994,48
	Te amoveren tracé [m]	*4725*	-€ 13,47	-€ 63.645,75
				€ 861.068,87
1B	Aantal steunmasten [stuks]	*0*	€ 3.384,47	€ 0,00
	Aantal hoekmasten HA [stuks]	*4*	€ 6.644,63	€ 26.578,52
	Aantal hoekmasten HC [stuks]	*0*	€ 7.266,17	€ 0,00
	Lengte tracé [m]	*9005*	€ 40,52	€ 364.882,60
	Ringdijk	*1*	€ 694.077,30	€ 694.077,30
	Te amoveren steunmasten [stuks]	*3*	-€ 266,34	-€ 799,02
	Te amoveren hoekmasten [stuks]	*1*	-€ 578,96	-€ 578,96
	Om te bouwen masten [stuks]	*2*	€ 497,24	€ 994,48
	Te amoveren tracé [m]	*9433*	-€ 13,47	-€ 127.062,51
				€ 958.092,41
2A	Aantal steunmasten [stuks]	*0*	€ 3.384,47	€ 0,00
	Aantal hoekmasten HA [stuks]	*2*	€ 6.644,63	€ 13.289,26
	Aantal hoekmasten HC [stuks]	*0*	€ 7.266,17	€ 0,00
	Lengte tracé [m]	*6487*	€ 40,52	€ 262.853,24
	Ringdijk	*1*	€ 694.077,30	€ 694.077,30
	Te amoveren steunmasten [stuks]	*2*	-€ 266,34	-€ 532,68
	Om te bouwen masten [stuks]	*2*	€ 497,24	€ 994,48
	Te amoveren tracé [m]	*7046*	-€ 13,47	-€ 94.909,62
				€ 875.771,98
2B	Aantal steunmasten [stuks]	*0*	€ 3.384,47	€ 0,00
	Aantal hoekmasten HA [stuks]	*2*	€ 6.644,63	€ 13.289,26
	Aantal hoekmasten HC [stuks]	*0*	€ 7.266,17	€ 0,00
	Lengte tracé [m]	*6645*	€ 40,52	€ 269.255,40
	Ringdijk	*1*	€ 694.077,30	€ 694.077,30
	Te amoveren steunmasten [stuks]	*3*	-€ 266,34	-€ 799,02
	Om te bouwen masten [stuks]	*2*	€ 497,24	€ 994,48
	Te amoveren tracé [m]	*7046*	-€ 13,47	-€ 94.909,62
				€ 881.907,80
3	Aantal steunmasten [stuks]	*4*	€ 3.384,47	€ 13.537,88
	Aantal hoekmasten HA [stuks]	*4*	€ 6.644,63	€ 26.578,52
	Aantal hoekmasten HC [stuks]	*0*	€ 7.266,17	€ 0,00
	Lengte tracé [m]	*19687*	€ 40,52	€ 797.717,24
	Ringdijk	*1*	€ 694.077,30	€ 694.077,30
	Te amoveren steunmasten [stuks]	*7*	-€ 266,34	-€ 1.864,38
	Om te bouwen masten [stuks]	*2*	€ 497,24	€ 994,48
	Te amoveren tracé [m]	*17328*	-€ 13,47	-€ 233.408,16
				€ 1.297.632,88
4	Aantal steunmasten [stuks]	*6*	€ 3.384,47	€ 20.306,82
	Aantal hoekmasten HA [stuks]	*3*	€ 6.644,63	€ 19.933,89
	Aantal hoekmasten HC [stuks]	*0*	€ 7.266,17	€ 0,00
	Lengte tracé [m]	*21717*	€ 40,52	€ 879.972,84
	Ringdijk	*1*	€ 694.077,30	€ 694.077,30
	Te amoveren steunmasten [stuks]	*7*	-€ 266,34	-€ 1.864,38
	Om te bouwen masten [stuks]	*2*	€ 497,24	€ 994,48
	Te amoveren tracé [m]	*17328*	-€ 13,47	-€ 233.408,16
				€ 1.380.012,79

Alternatief	1A	1B	2A	2B	3	4
MKI Score	€ 861.068,87	€ 958.092,41	€ 875.771,98	€ 881.907,80	€ 1.297.632,88	€ 1.380.012,79
Verschil	0,0%	11,3%	1,7%	2,4%	50,7%	60,3%
	Neutraal	Licht negatief	Neutraal	Neutraal	Sterk negatief	Sterk negatief

Beoordelingsschaal MKI				
Neutraal	**€ 861.068,87**	**-**	**€ 904.122,31**	//+ 0 tot 5%
Licht negatief	**€ 904.122,31**	**-**	**€ 1.205.496,42**	//+ 5 tot 20%
Negatief	**€ 1.033.282,64**	**-**	**€ 1.205.496,42**	//+ 20 tot 40%
Sterk negatief	**€ 1.205.496,42**	**-**	**>**	//+ 40% >

Alternatief	1A	1B	2A	2B	3	4
kg CO2-eq	7.540.583,1	7.743.953,6	7.531.016,7	7.542.452,8	8.337.065,3	8.485.184,6
Verschil	0,1%	2,8%	0,0%	0,2%	10,7%	12,7%
	Neutraal	Neutraal	Neutraal	Neutraal	Licht negatief	Licht negatief

Beoordelingsschaal CO2-uitstoot				
Neutraal	**7.531.016,7**	**-**	**7.907.567,6**	//+ 0 tot 5%
Licht negatief	**7.907.567,6**	**-**	**9.037.220,1**	//+ 5 tot 20%
Negatief	**9.037.220,1**	**-**	**10.543.423,4**	//+ 20 tot 40%
Sterk negatief	**10.543.423,44**	**-**	**>**	//+ 40% >

Alternatief	Onderdeel		CO2 / Eenheid	Totale kg CO2-eq
1A	Aantal steunmasten [stuks]	*0*	32.887,1	0,0
	Aantal hoekmasten HA [stuks]	*2*	64.586,4	129.172,8
	Aantal hoekmasten HC [stuks]	*0*	68.896,2	0,0
	Lengte tracé [m]	*5346*	72,4	386.943,5
	Ringdijk	*1*	7.207.697,5	7.207.697,5
	Te amoveren steunmasten [stuks]	*1*	-3.257,7	-3.257,7
	Om te bouwen masten [stuks]	*2*	497,2	994,5
	Te amoveren tracé [m]	*4725*	-38,3	-180.967,5
				7.540.583,1
1B	Aantal steunmasten [stuks]	*0*	32.887,1	0,0
	Aantal hoekmasten HA [stuks]	*4*	64.586,4	258.345,7
	Aantal hoekmasten HC [stuks]	*0*	68.896,2	0,0
	Lengte tracé [m]	*9005*	72,4	651.781,9
	Ringdijk	*1*	7.207.697,5	7.207.697,5
	Te amoveren steunmasten [stuks]	*2*	-3.257,7	-6.515,3
	Te amoveren hoekmasten [stuks]	*1*	-7.066,7	-7.066,7
	Om te bouwen masten [stuks]	*2*	497,2	994,5
	Te amoveren tracé [m]	*9433*	-38,3	-361.283,9
				7.743.953,6
2A	Aantal steunmasten [stuks]	*0*	32.887,1	0,0
	Aantal hoekmasten HA [stuks]	*2*	64.586,4	129.172,8
	Aantal hoekmasten HC [stuks]	*0*	68.896,2	0,0
	Lengte tracé [m]	*6487*	72,4	469.529,1
	Ringdijk	*1*	7.207.697,5	7.207.697,5
	Te amoveren steunmasten [stuks]	*2*	-3.257,7	-6.515,3
	Om te bouwen masten [stuks]	*2*	497,2	994,5
	Te amoveren tracé [m]	*7046*	-38,3	-269.861,8
				7.531.016,7
2B	Aantal steunmasten [stuks]	*0*	32.887,1	0,0
	Aantal hoekmasten HA [stuks]	*2*	64.586,4	129.172,8
	Aantal hoekmasten HC [stuks]	*0*	68.896,2	0,0
	Lengte tracé [m]	*6645*	72,4	480.965,1
	Ringdijk	*1*	7.207.697,5	7.207.697,5
	Te amoveren steunmasten [stuks]	*2*	-3.257,7	-6.515,3
	Om te bouwen masten [stuks]	*2*	497,2	994,5
	Te amoveren tracé [m]	*7046*	-38,3	-269.861,8
				7.542.452,8
3	Aantal steunmasten [stuks]	*4*	32.887,1	131.548,6
	Aantal hoekmasten HA [stuks]	*4*	64.586,4	258.345,7
	Aantal hoekmasten HC [stuks]	*0*	68.896,2	0,0
	Lengte tracé [m]	*19687*	72,4	1.424.945,1
	Ringdijk	*1*	7.207.697,5	7.207.697,5
	Te amoveren steunmasten [stuks]	*7*	-3.257,7	-22.803,6
	Om te bouwen masten [stuks]	*2*	497,2	994,5
	Te amoveren tracé [m]	*17328*	-38,3	-663.662,4
				8.337.065,3
4	Aantal steunmasten [stuks]	*6*	32.887,1	197.322,8
	Aantal hoekmasten HA [stuks]	*3*	64.586,4	193.759,3
	Aantal hoekmasten HC [stuks]	*0*	68.896,2	0,0
	Lengte tracé [m]	*21717*	72,4	1.571.876,5
	Ringdijk	*1*	7.207.697,5	7.207.697,5
	Te amoveren steunmasten [stuks]	*7*	-3.257,7	-22.803,6
	Om te bouwen masten [stuks]	*2*	497,2	994,5
	Te amoveren tracé [m]	*17328*	-38,3	-663.662,4
				8.485.184,6