

MIRT-VERKENNING OV EN WONEN TOETS VOORLOPIG VKA

EFFECTNOTITIE DUURZAAMHEID

MAART 2026

DEFINITIEF



Autorisatieblad

MIRT verkenning OV en Wonen Regio Utrecht, Toets voorlopig VKA

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	Loïs Tjon-Affo	√	19-03-2026
Gecontroleerd door	Thymo Vlot	√	19-03-2026
Vrijgegeven door	Willem Snel	√	20-03-2026

Versiehistorie

Versie	Naam	Datum	Korte toelichting
0.1	Loïs Tjon-Affo	02-12-2025	50% Conceptversie
1.0	Loïs Tjon-Affo	18-12-2025	Conceptversie voor review
2.0	Loïs Tjon-Affo	28-01-2026	Reviewopmerkingen verwerkt
3.0	Loïs Tjon-Affo	25-02-2026	Alternatieven 5&6 toegevoegd
4.0	Loïs Tjon-Affo	20-03-2026	Reviewopmerkingen verwerkt

1	Doel rapportage	4
1.1	Inleiding	4
1.2	Leeswijzer.....	4
2	Beleidskader en wet- en regelgeving	5
2.1	Beleid.....	5
2.2	Rijksbeleid	5
2.3	Provinciaal beleid	5
2.4	Gemeentelijk beleid	6
2.4.1	Gemeente Utrecht	6
2.4.2	Gemeente Nieuwegein	6
3	Onderzoeksmethodiek en scoremethodiek	7
3.1	Onderzoeksmethodiek.....	7
3.1.1	Onderzoeksmethodiek.....	7
3.1.2	MKI-uitgangspunten.....	7
3.1.3	Circulariteitswaarde	9
3.1.4	Flankerende mobiliteitsbeïnvloeding	9
3.2	Scoringsmethodiek.....	9
4	Klimaatmitigatie	11
4.1	Milieu-impact van verschillende materialisaties	11
4.1.1	Milieu-impact.....	11
4.1.2	Conclusie	12
4.1.3	Mitigerende maatregelen	13
4.2	Mate van circulair materiaalgebruik.....	13
4.2.1	Circulariteitswaarde	13
4.2.2	Conclusie	13
4.2.3	Mitigerende maatregelen	14

5	Flankerende mobiliteitsbeïnvloeding	15
6	Netto CO₂-emissie	17
7	Conclusie	18
7.1	Leemten in kennis	18
7.2	Aanbevelingen	19
	Colofon	20

1 Doel rapportage

1.1 Inleiding

Voorliggend achtergrondrapport betreft de effectenbeoordeling van de MIRT-verkenning OV en Wonen. Deze rapportage beschouwt de optredende effecten van zes verschillende alternatieven voor het aspect duurzaamheid en toetst deze aan de vigerende wet- en regelgeving. Voor een uitgebreide beschrijving van de verschillende alternatieven wordt verwezen naar de bijbehorende oplegnotitie.

Deze rapportage maakt inzichtelijk hoe de alternatieven zich ten opzichte van elkaar verhouden. Dit geeft input om te komen tot een voorkeursalternatief. Tot slot geeft de notitie op hoofdlijnen aan in hoeverre mitigerende en/of compenserende maatregelen nodig en mogelijk zijn.

1.2 Leeswijzer

Deze effectnotitie bestaat uit een beleidskader met bijbehorende wet- en regelgeving, een beschrijving van de onderzoeksmethodiek en scoremethodiek, de beoordeling en mogelijke maatregelen van het aspect duurzaamheid, gevolgd door een conclusie met een samenvatting van de resultaten en een eindbeoordeling over de effecten van het aspect.

2 Beleidskader en wet- en regelgeving

2.1 Beleid

Dit hoofdstuk beschrijft het relevante beleid voor de thema Duurzaamheid, onderverdeeld in Rijksbeleid, Provinciaal beleid, en Gemeentelijk beleid.

2.2 Rijksbeleid

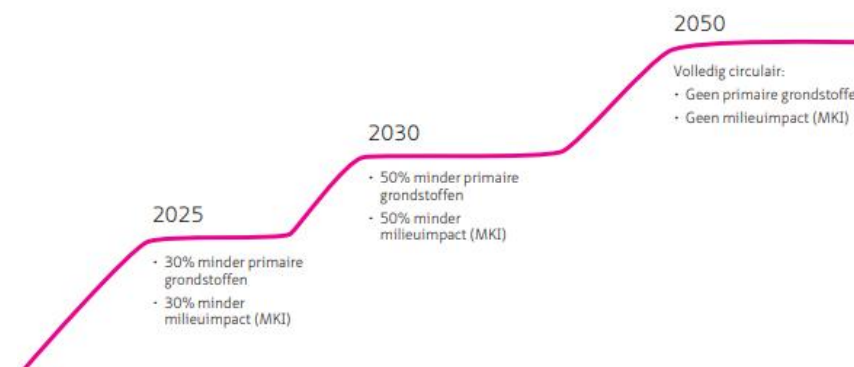
De doelstellingen van het Rijk op het gebied van Duurzaamheid zijn in twee lijnen uit te splitsen: 1) een lijn op het tegengaan van klimaatverandering, met een focus op CO₂-emissies; en 2) een lijn gericht op het hergebruiken van grondstoffen.

Een belangrijk doel van het nationale klimaatbeleid is de uitstoot van broeikasgassen te verminderen met 55% in 2030 ten opzichte van 1990. Nederland moet in 2050 volledig klimaatneutraal zijn. Om dit doel te halen neemt de Rijksoverheid maatregelen en maakt afspraken met andere partijen. In het Klimaatakkoord staan afspraken met de sectoren over de manier waarop de klimaatdoelen kunnen worden gehaald. In het toekomstige mobiliteitssysteem moeten alle modaliteiten schoon zijn. Dit betekent, dat elektrische personenauto's concurrerend worden, met een streven naar 100% emissieloze nieuwverkoop van personenauto's in 2030, en de laadinfrastructuur moet worden uitgebreid. Daarnaast moet het gebruik van OV, fiets, en deelmobiliteit aantrekkelijker worden gemaakt.

Naast het verminderen van CO₂-emissies, heeft het Rijk ook nog doelen gesteld op het verminderen van primair materiaal gebruik: in 2030 een halvering van primaire grondstoffenverbruik en in 2050 een volledig circulaire economie¹. De afspraken op het gebied van het hergebruiken

¹ <https://www.denkdoeduurzaam.nl/doelen/circulariteit>

van grondstoffen zijn vastgelegd in het 'Nationaal Grondstoffenakkoord'. Om de Rijksdoelen te halen, is er een route naar circulaire bouwen in 2050 geschetst (Figuur 1). De route bestaat uit drie (tussen) doelstellingen voor de jaren 2025, 2030, en 2050. Bepalen van een referentie is belangrijk om het doel 30% minder grondstoffen en 30% lagere MKI in 2025 te kunnen vergelijken.



Figuur 1. De drie (tussen) doelstellingen naar volledig circulaire bouwen. Bron: COB (2022)².

2.3 Provinciaal beleid

De Provinciale Staten van Utrecht hebben in 2019 ingestemd met het uitvoeren van het nationale Klimaatakkoord. Dit betekent dat de provincie zich inspent om 49% minder reductie van broeikasgassen ten opzichte van 1990 en netto nul uitstoot in 2050 te realiseren.

Daarnaast heeft de provincie in 2017 het 'Nationaal Grondstoffenakkoord' ondertekend, en zich in 2019 in samenspraak met de Rijksoverheid, het Interprovinciaal Overleg, de Vereniging van Nederlandse Gemeenten en de waterschappen gecommitteerd aan de uitvoering van het landelijk 'Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie'. In het coalitieakkoord

² https://www.cob.nl/wp-content/uploads/2023/01/COB_Circulaire-tunnels-fase-2_20230127.pdf

2023-2026 'Aan de slag voor Utrecht' is er veel aandacht voor circulariteit en duurzaamheid. Acties die in het coalitieakkoord staan, gaan over de thema's: circulair bouwen, circulaire gebiedsontwikkeling, circulaire ketensamenwerking, en circulaire bedrijfsvoering. De provincie Utrecht heeft drie doelen opgesteld op weg naar de transitie naar een circulaire samenleving:

1. Het verminderen van de milieudruk van materiaalgebruik.
2. Het verbeteren van de leveringszekerheid van producten, componenten en materialen.
3. Het ontwikkelen van een toekomstgerichte regionale economie.

De provincie Utrecht focust hierbij niet alleen op de productie- en bouwphase van projecten, maar op de gehele levenscyclus fase, inclusief gebruik, onderhoud en beheer. Hierbij is naast het verminderen van CO₂-emissies, ook de aandacht gevestigd op het verminderen van - en materiaalgebruik in de gehele levenscyclus.

Daarnaast heeft de provincie Utrecht zich in 2017 gecommitteerd aan het Nationaal Convenant Zero Emissie Busvervoer 2030, waarbij alle bussen in 2028 schoon zijn en gebruik moeten maken van (regionaal) duurzaam opgewekte energie³.

2.4 Gemeentelijk beleid

2.4.1 Gemeente Utrecht

Evenals het Rijk en de provincie Utrecht, heeft ook de gemeente Utrecht het doel om volledig circulair te zijn in 2050. Het coalitieakkoord 2022-2026 noemt als 1 van de drie grote opdrachten: "De klimaatcrisis: we kiezen voor stevige maatregelen om een bijdrage te leveren aan het aanpakken van de klimaatcrisis." Acties van de gemeente Utrecht zijn:

- Zoveel mogelijk circulair en maatschappelijk verantwoord inkopen.
- Wegen en gebouwen zo circulair mogelijk bouwen.

³ [Nota van uitgangspunten ov-concessies Utrecht](#)

Gemeente Utrecht heeft zich ook gecommitteerd om duurzamer met beton om te gaan door het betonconvenant te ondertekenen net als andere gemeentes uit de U-10.

Daarnaast heeft de gemeente Utrecht ook een mobiliteitsplan 2040. De gemeente heeft hierin opgesteld om de stad gezond, aantrekkelijk en bereikbaar te maken voor iedereen. Er wordt voorrang gegeven aan schone vervoersmiddelen (lopen, fiets, Openbaar Vervoer) en het autoverkeer mag niet groeien. Nieuwe woningen, bedrijven en andere voorzieningen worden langs OV-knooppunten gebouwd om de reis korter te maken. Er worden daarbij ook directe loop en fietsroutes naar OV-knooppunten en P+R's aangelegd, waar makkelijk kan worden overstapt op andere vervoersmiddelen. Nieuwe wijken krijgen een beperkt aantal parkeerplekken die vooral in garages komen te liggen. Tot slot wordt thuiswerken en reizen buiten de spits gestimuleerd door Utrecht.

2.4.2 Gemeente Nieuwegein

Gemeente Nieuwegein werkt aan een circulaire stad waar afval wordt beschouwd als grondstof. Door te werken aan SDG 12 (verantwoorde consumptie en productie) van materialen is de gemeente op weg naar circulair bouwen. Daarnaast is de gemeente Nieuwegein aangesloten op het betonconvenant, waarbinnen zestien Utrechtse gemeenten en een aantal marktpartijen zich gezamenlijk inzetten voor het gebruik van CO₂-arm en circulair beton. Daarbij werkt Nieuwegein aan duurzame mobiliteit aan de hand van SDG 9 (industrie, innovatie, en infrastructuur) door milieuvriendelijk vervoer te stimuleren. Ruimtes voor wandelaars en fietsers worden gecreëerd en het openbaar vervoer wordt verder verbeterd. In 2040 moet het verkeer in Nieuwegein schoon zijn, door te rijden op duurzame energie en brandstoffen. Elektrische mobiliteit wordt ook gestimuleerd.

3 Onderzoeksmethodiek en scoremethodiek

3.1 Onderzoeksmethodiek

3.1.1 Onderzoeksmethodiek

De effectstudie richt zich op zes verschillende alternatieven: alternatief 1, 2, 3, 4, 5 en 6. De alternatieven verschillen hoofdzakelijk op type infrastructuur en het aandeel nieuwe aanleg voor de ov-lijnen. De alternatieven zijn vergeleken aan de hand van twee criteria: klimaatmitigatie en flankerende mobiliteitsbeïnvloeding.

Klimaatmitigatie is onderzocht op basis van twee parameters: 1) milieu-impact, aan de hand van MKI, en 2) circulair materiaalgebruik.

De milieu-impact van de materialisaties, circulariteitswaarde en flankerende mobiliteitsbeïnvloeding zijn kwantitatief beoordeeld. De beoordelingscriteria staan beschreven in Tabel 1. Om een eindoordeel over de totale milieu-impact te geven, zijn de CO₂-emissies veroorzaakt door de materialisatie en de potentiële CO₂-reductie veroorzaakt door en modal shift met elkaar vergeleken. Hierbij is de totale CO₂-emissie van de alternatieven berekend.

Tabel 1. Beoordelingscriteria op het thema duurzaamheid.

Criterium	Parameter	Methode
Klimaatmitigatie	Milieu-impact van verschillende materialisaties	Vergelijking in Milieu Kosten Indicator (MKI) met behulp van DuboCalc
	Mate van circulair materiaalgebruik	Berekening van circulariteitswaarde (circulaire inflow) op basis van meest voorkomende materialen op basis van kengetallen uit dashboard duurzaam GWW.
Flankerende mobiliteitsbeïnvloeding	CO ₂ uitstoot reisbewegingen (km) van voet, fiets, auto, bus, metro, tram, trein.	Kwantitatief (grof niveau) a.d.h.v. verkeerscijfers VRU en kentallen (CO ₂ -emissiefactoren)

3.1.2 MKI-uitgangspunten

Voor een inzicht in hoe de ontwerpen van de verschillende alternatieven zich verhouden tot de duurzaamheidsdoelen van het Rijk, de provincie Utrecht en de gemeente Utrecht en Nieuwegein is de milieu-impact van de materialisatie berekend aan de hand van MKI. De MKI en CO₂-emissie zijn berekend door middel van DuboCalc 6.0.9⁴. Er is hier gebruik gemaakt van standaardobjecten uit de objecten bibliotheek met publicatiedatum 27 november 2025 en een levensduur van 50 jaar, dit is ook de standaard van DuboCalc. De gehele levenscyclus (A1-D) is meegenomen in de berekening (Figuur 2).

⁴ <https://app6.dubocalc.nl/#>



Figuur 2. Fases van een levenscyclusanalyse (LCA). Bron: Nationale Milieu Database⁵.

Hoeveelheden zijn geschat op basis van metingen in GIS en op basis van gegevens die door constructeurs zijn verstrekt.

De scope van de MKI-berekening is weergegeven in Tabel 2. De fundering van de ondergrondse trambaan, verdiepte ligging, verhoogde ligging en nieuwe brug bij Amsterdam-Rijnkanaal bijhorend bij de Merwedelijn zijn buiten scope. De funderingen zijn nog niet ver genoeg gespecificeerd om mee te nemen in de MKI-berekening. Datzelfde geldt voor de funderingen van de fietstunnel en onderdoorgang Maarschalkerweerd voor Tram 22 en de kabels en leidingen die nodig zijn voor de tramsporen van de Merwedelijn. Voor de installaties zijn geen milieuprofielen in DuboCalc beschikbaar en zijn daarom buiten scope.

Tabel 2. Scopetabel MKI-berekening.

OV-lijn	Systeem	Binnen scope	Buiten scope
Merwedelijn	Tram maaiveld	Onderlaag Tramspoor (spoorstaven, dwarsliggers, ballast, bovenleiding)	Haltes Installaties Kabels en Leidingen
	Ondergrondse trambaan	Voorzetwand en damwand Ontgraven grond Zandbed buiten tunnel Betonconstructie incl. wapeningsstaal Tramspoor (spoorstaven, dwarsliggers, ballast, bovenleiding)	Fundering Haltes Installaties Kabels en Leidingen
	Verdiepte ligging (open bak)	Voorzetwand en damwand Ontgraven grond Zandbed buiten tunnel Betonconstructie incl. wapeningsstaal Tramspoor (spoorstaven, dwarsliggers, ballast, bovenleiding)	Fundering Haltes Installaties Kabels en Leidingen
	Verhoogde ligging	Kolommen en liggers Geleiderails Verlichting Tramspoor (spoorstaven, bovenleiding)	Fundering Haltes Installaties Kabels en Leidingen
	Nieuwe brug Amsterdam-Rijnkanaal	Landhoofd Stalen brugconstructie Geleiderails Verlichting Tramspoor (spoorstaven, bovenleiding)	Fundering Installaties Kabels en Leidingen
Bus Waterlinieweg en USP	HOV-busbaan	Zandbed Funderingslaag Tussenlaag Betondek	Haltes Verlichting
Tram 22	Tunnel langzaam verkeer Koningsweg	Ontgraven grond Betonconstructie incl. wapeningsstaal Zandbed Asfalt (incl. onderlagen)	Fundering Installaties Verlichting
	Onderdoorgang Laan van Maarschalkerweerd	Ontgraven grond Betonconstructie incl. wapeningsstaal Zandbed Asfalt (incl. onderlagen)	Fundering Installaties Verlichting

⁵ <https://milieudatabase.nl/nl/milieudata-lca/wat-is-een-levencyclusanalyse-lca/>

3.1.3 Circulariteitswaarde

De circulariteitswaarde wordt bepaald op basis van de materialen met de hoogste milieuimpact (MKI) op basis van het aandeel in gewicht. De volgende materialen zijn daarom onderzocht:

- Beton en wapeningsstaal
- Spoorse elementen zoals spoorstaven, dwarsliggers en bovenleiding
- Wegverhardingen

De circulariteitswaarde is bepaald aan de hand van het aandeel secundair versus primair materiaal. Het aandeel primair materiaalgebruik (in %) wordt verkregen door uit categorie 3-LCA's van de Nationale Milieudatabase⁶ van het desbetreffende materiaal het gewicht van primair materiaal te delen door het totaalgewicht van het desbetreffende materiaal.

Om op alternatief niveau het aandeel primair materiaal te bepalen is van bovengenoemde materialen afzonderlijk het gewicht van het object vermenigvuldigd met het % primair materiaal. Vervolgens is dit gedeeld door het totale gewicht van het alternatief tezamen om te komen tot een circulariteitswaarde per alternatief.

3.1.4 Flankerende mobiliteitsbeïnvloeding

Het hoofdstuk flankerende mobiliteitsbeïnvloeding beschrijft de potentiële CO₂-reductie door een eventuele shift van autokilometers naar schonere voertuigen zoals het openbaar vervoer. De CO₂-emissies (Well-to-Wheel, WTW) van voertuigen is berekend op basis van de effectnotitie Bereikbaarheid en Verkeersveiligheid ten opzichte van de referentiesituatie (2040). Het verkeersmodel berekent de voertuigkilometers van een gemiddelde werkdag op basis van

verkeerscijfers VRU. Aan de hand van de voertuigkilometers zijn de CO₂-emissies berekend op basis van emissiegegevens 2025⁷. Voor personenauto's is de CO₂-emissiefactor per reizigerskilometer genomen voor een middelgrote benzineauto. Rijksdoelen stellen dat alle nieuwe personenauto's die in 2030 op de markt komen, 100% elektrisch moeten zijn. Echter, zijn er geen doelen vastgesteld op een volledig elektrisch autovervoer en is in de berekening nog uitgegaan van benzineauto's. Bij vrachtwagens is uitgegaan van een gemiddelde vrachtwagen met 10-20 ton belading. De CO₂-emissie voor trein, tram en bus zijn nul. Trein en tram zijn doorgaans al volledig elektrisch. Voor bussen is de aanname genomen dat deze ook volledig elektrisch rijden. Deze aanname is gebaseerd op de doelstelling: alle bussen zero emissie in 2028⁸. De referentiesituatie is in 2040, waarbij vanuit wordt gegaan dat in dat jaar alle bussen zero emissie zijn. Fietzers veroorzaken geen CO₂-emissies tijdens de reis.

3.2 Scoringsmethodiek

In Tabel 3 is de scoringsmethodiek ten behoeve van de effectenrapportage weergegeven. Scores worden toegekend aan de verschillende alternatieven per criterium en parameter.

⁶ <https://milieudatabase.nl/nl/rapporten-tool/>

⁷ Bron Emissiegegevens per voertuigkilometer: *Factoren - Brandstoffen voertuigen | CO₂-emissiefactoren*. Hierin zijn kg CO₂-eq/eenheid Well to Wheel per voertuigtype gebruikt.

⁸ *Nieuwe uitgangspunten OV | provincie Utrecht (provincie-utrecht.nl)*

Tabel 3. Scoringsmethodiek ten behoeve van de effectenrapportage.

Score	Verklaring	MKI	Circulariteit	Mobiliteit
++	Zeer positieve effecten	Zeer positieve impact op duurzaamheid, veroorzaakt door schade aan milieu	De circulariteitswaarde voldoet ruim aan het de ambitie van 2030 (>75% circulair)	Sterke toename van mobiliteitsbeïnvloeding naar schonere vervoersmiddelen (voet, fiets, OV)
+	Positieve effecten	Positieve impact op duurzaamheid, veroorzaakt door schade aan milieu	De circulariteitswaarde voldoet aan het de ambitie van 2030 (60-75%)	Toename van mobiliteitsbeïnvloeding naar schonere vervoersmiddelen (voet, fiets, OV)
0	Geen of geringe effecten	Geen of geringe impact op duurzaamheid, veroorzaakt door schade aan milieu	De circulariteitswaarde ligt rondom de ambitie van 2030 (40-60%)	Geen of geringe toename/afname van mobiliteitsbeïnvloeding naar schonere vervoersmiddelen (voet, fiets, OV)
-	Negatieve effecten	Negatieve impact op duurzaamheid, veroorzaakt door schade aan milieu	De circulariteitswaarde ligt onder de ambitie van 2030 (20-40%)	Afname van mobiliteitsbeïnvloeding naar schonere vervoersmiddelen (voet, fiets, OV)
--	Zeer negatieve effecten	Sterk negatieve impact op duurzaamheid, veroorzaakt door schade aan milieu	De circulariteitswaarde ligt ver onder de ambitie van 2030 (<20%)	Sterke afname van mobiliteitsbeïnvloeding naar schonere vervoersmiddelen (voet, fiets, OV)

4 Klimaatmitigatie

4.1 Milieu-impact van verschillende materialisaties

De milieu-impact ten gevolge van de materialisaties zijn op kwantitatieve wijze vergeleken. Door middel van een globale DuboCalc berekening op basis van de Milieu Kosten Indicator (MKI).

4.1.1 Milieu-impact

Merwedelijn en Tram Kanaleneiland (SUNIJ)

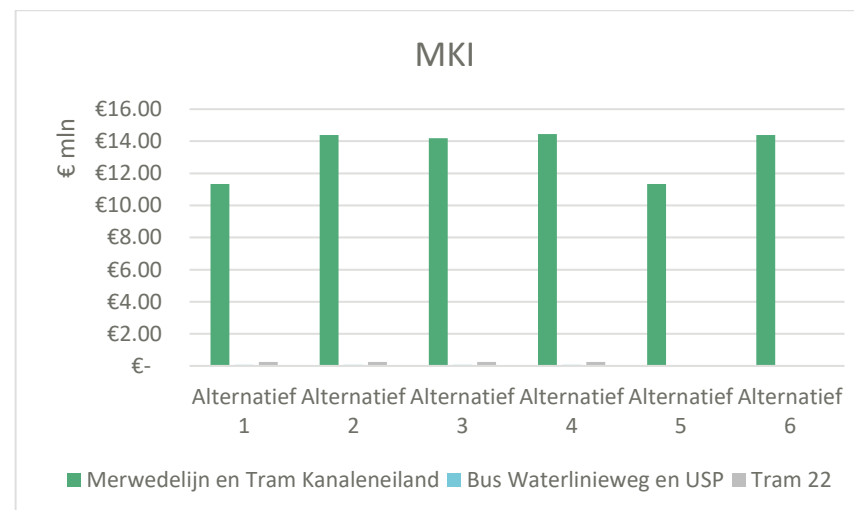
De milieukosten in miljoenen euro's voor de alternatieven zijn weergegeven in Figuur 3. Er is hierbij onderscheid gemaakt tussen de drie verschillende bouwstenen. De Merwedelijn (groen) en heeft duidelijk de hoogste milieu-impact van de verschillende ov-lijnen. Deze lijn ligt gedeeltelijk ondergronds in een dichte tunnel of een open bak in alternatieven 1, 2, 5, en 6. In alternatief 3 en 4 ligt de Merwedelijn gedeeltelijk verhoogd. De lengte van het ondergrondse traject van de Merwedelijn verschilt per alternatief. De lengte van het ondergrondse traject heeft een grotere impact op de MKI, omdat hier meer materiaalgebruik voor nodig is in vergelijking met een tram op maaiveld. Alternatieven 2, 4 en 6 hebben het langste ondergrondse/verdiepte traject. Hierdoor heeft de Merwedelijn de hoogste milieu-impact in alternatieven 2, 4 en 6. Alternatief 3 bevat een nieuwe brug over het Amsterdams Rijnkanaal, waardoor dit alternatief ook een hoge milieu-impact heeft, slechts minder dan 2% lager dan alternatieven 2, 4 en 6.

Tram 22

Tram 22 (grijs) heeft in de alternatieven 1 tot en met 4 een fietsonderdoorgang en een onderdoorgang voor autoverkeer. Hierdoor is de MKI voor tram 22 hoger dan voor de Bus Waterlinieweg. Echter, is de milieu-impact van deze twee onderdoorgangen vele malen lager dan de milieu-impact van de Merwedelijn. In alternatieven 5 en 6 komen de maatregelen voor tram 22 niet terug.

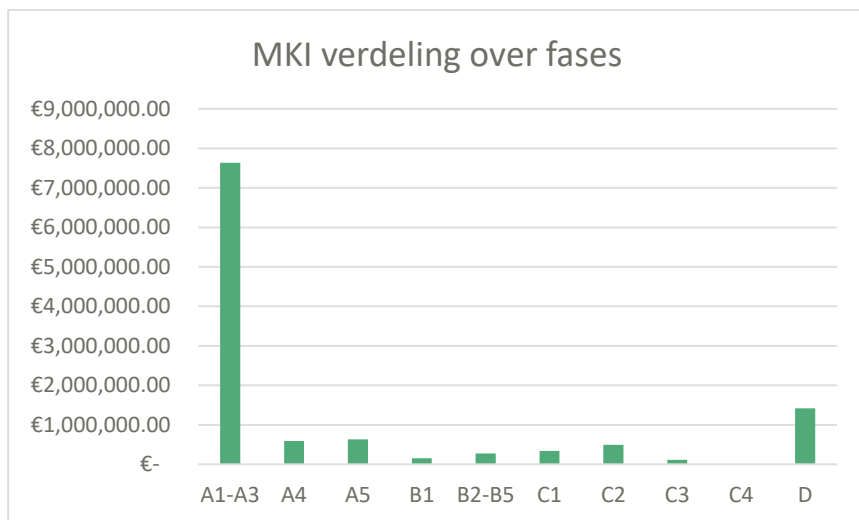
Bus Waterlinieweg en USP

De Waterlinieweg (blauw) heeft de laagste milieu-impact in de alternatieven 1 tot en met 4. Hier wordt enkel een busbaan met 4 haltes aangelegd, en verder geen kunstwerken. In alternatieven 5 en 6 komen de maatregelen voor de Waterlinieweg niet terug.



Figuur 3. Resultaten MKI (in miljoenen euro's) van de zes alternatieven. Berekend met DuboCalc 6.0 MKI.

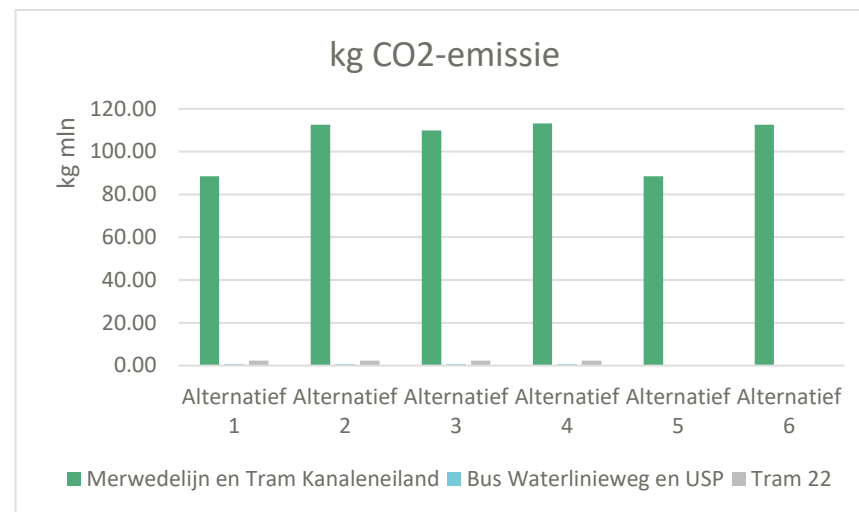
Figuur 4 laat de verdeling van MKI kosten over de verschillende levensfasen zien voor alternatief 2. Deze verdeling is vergelijkbaar voor alle andere alternatieven en varianten. De productiefase (A1-A3) heeft de grootste impact op de MKI (Figuur 4). Mitigerende maatregelen (beschreven in 4.1.3) die focussen op grondstoffenwinning, transport naar de producent, en productieprocessen (Figuur 2) hebben de grootste impact op het reduceren van de MKI.



Figuur 4. Verdeling van de MKI kosten over de verschillende levensfases (3.1.2) voor alternatief 2. Deze verhouding is vergelijkbaar voor de andere alternatieven.

4.1.2 Conclusie

De Merwedelijn heeft duidelijk de hoogste milieu-impact van alle ov-lijnen. Alternatief 4 heeft (net) de hoogste milieu-impact, echter ligt de MKI van alle alternatieven dicht bij elkaar. De MKI-resultaten komen ook overeen met de CO₂-emissie van alle alternatieven (Figuur 5).



Figuur 5. CO2-emissie in miljoenen kilogram in 50 jaar van de zes alternatieven. Berekend met DuboCalc 6.0.

De MKI van de verschillende alternatieven is gescoord in Tabel 4. Alle alternatieven hebben een hoge MKI boven de €10 miljoen, en dus een (zeer) negatieve impact op duurzaamheid.

Tabel 4. Scorekaart MKI per alternatief/variant

Alternatief	Score
Alternatief 1	---
Alternatief 2	---
Alternatief 3	---
Alternatief 4	---
Alternatief 5	---
Alternatief 6	---

4.1.3 Mitigerende maatregelen

De milieu-impact van de materialisaties kan verminderd worden door mitigerende maatregelen te nemen, zoals:

- Gebruik van minder materiaal door een efficiënter ontwerp en het intensiever gebruiken van bestaande infrastructuur.
- Toepassen van duurzame betonmengsels.
- Toepassen van biobased materialen waar mogelijk.
- Hergebruik van materialen zoals spoorstaven en bovenbouw.
- Circulaire bouwmethodes toepassen

Een aantal van deze maatregelen zullen ook voor de kosten een reductie teweeg kunnen brengen, denk daarbij aan het hergebruik van materialen en het niet toepassen van materiaal.

Door deze maatregelen toe te passen kan de MKI nog een stuk lager uitkomen.

4.2 Mate van circulair materiaalgebruik

Het Rijk, de provincie en beide gemeenten hebben het doel om volledig circulair te zijn in 2050. Deze paragraaf beschrijft de mate van circulair materiaalgebruik voor de zes alternatieven.

4.2.1 Circulariteitswaarde

Alternatief	Totaal primair materiaal (kton)	Circulariteitswaarde
1	269	12%
2	323	12%
3	305	10%
4	322	10%
5	236	9%
6	290	9%

Merwedelijn en Tram Kanaleneiland (SUNIJ)

De Merwedelijn heeft het hoogste materiaalgebruik van de OV-lijnen. De Merwedelijn bestaat voor een gedeelte uit een ondergrondse tunnel. Een ondergrondse trambaan heeft meer materiaalgebruik in vergelijking met een trambaan op maaiveld. Daarbij heeft een ondergrondse tunnel ook minder mogelijkheden tot circulair materiaalgebruik. Daarom is de circulariteit van een trambaan op maaiveld het hoogst. Hiervoor wordt minder materiaal gebruikt en zijn er grote kansen voor hergebruikt materiaal.

Bus Waterlinieweg en USP

Voor de aanleg van een nieuwe busbaan zijn niet veel onderdelen nodig. Zowel de funderingslaag als de tussenlaag hebben vaak al veel gerecycled materiaal in zich. Het voordeel van asfalt voor een nieuwe busbaan is dat dit materiaal al veel wordt hergebruikt, asfalt bestaat uit weinig primair abiotisch materiaal.

Tram 22

De kansen voor hoge circulariteit van civiele objecten zoals bruggen of onderdoorgangen zijn afhankelijk van de grootte van het object: hoe kleiner het civiele object, hoe groter de circulariteitskansen.

4.2.2 Conclusie

Doordat de circulariteitswaarde in alle alternatieven tussen de 12 en 9% ligt scoren alle alternatieven zeer negatief. Alternatieven 1 en 2 hebben met 12% een hoger aandeel circulair materiaal. Alternatief 5 heeft in absolute zin het minste primair materiaalgebruik.

Alternatief	Score
Alternatief 1	---
Alternatief 2	---
Alternatief 3	---
Alternatief 4	---
Alternatief 5	---
Alternatief 6	---

4.2.3 Mitigerende maatregelen

Om de circulariteit van een ontwerp te verhogen is het belangrijk dat het materiaalgebruik zo laag mogelijk wordt gehouden (R1) (Figuur 3). Dit kan door binnen het ontwerp zo veel mogelijk gebruik te maken van bestaande infrastructuur, en alleen nieuwe (delen van) ov-lijnen aan te leggen daar waar noodzakelijk. Daarnaast is het belangrijk om het ontwerp efficiënt te maken, waarbij geen onnodig materiaal wordt gebruikt (R2). Daarnaast dient er te worden gekeken naar de mogelijkheden voor hergebruikte materialen en het gebruik van primaire materialen beperken (R3, R4, en R5).

Daarnaast moet er worden gekeken naar variaties van de onderzochte alternatieven voor een optimaal ontwerp. Een korte tramtunnel draagt bij aan verhoogde circulariteitskansen.

Het is wel belangrijk om ook rekening te houden met de levensduur van civiele objecten. Een ondergrondse trambaan heeft een langere levensduur dan kleinere civiele objecten zoals een trambaan op maaiveld of een busbaan. Voor grote civiele objecten, zoals een ondergrondse trambaan, kan daarom een andere materialisatie worden toegepast. Terwijl bij objecten met een korte levensduur de losmaakbaarheid belangrijk is voor een hoge circulariteit. Deelobjecten met verschillende levensduren moeten hier losmaakbaar ontworpen worden voor een verhoogde circulariteit. Er is nu in de berekening uitgegaan van de standaard DuboCalc levensduur van 50 jaar voor alle civiele objecten. Hierdoor kan de MKI en circulariteit van grote constructies worden onderschat. Een levensduur van 70-100 jaar is hier meer realistisch.

5 Flankerende mobiliteitsbeïnvloeding

Voor het thema klimaat en milieu-impact is er een berekening gemaakt van de CO₂-emissie van voertuigen op basis van de verkeersberekening uit het verkeersmodel (VRU). De resultaten van de berekening staan in Tabel 5. Voor de overzichtelijkheid is enkel het verschil in reizigerskilometers en CO₂-emissies in ton ten opzichte van de referentiesituatie (2040) weergegeven. De scope van deze berekening is de gehele provincie Utrecht.

Voor een vergelijking met de CO₂-emissies ten gevolge van de materialisatie van de ov-lijnen (H6. Netto CO₂-emissie), is de CO₂-reductie of emissie van elk alternatief/variant per etmaal omgerekend naar CO₂-reductie of emissie per 50 jaar. De gegevens van de voertuigkilometer per etmaal in Tabel 4 zijn op basis van een gemiddelde werkdag. De CO₂ uitstoot per etmaal is omgerekend naar 50 jaar voor een volledige vergelijking met de CO₂-emissie van de materialisatie dat levensduur van 50 jaar heeft (H6. Netto CO₂-emissie). Hierbij is de aanname gemaakt dat in weekenden en vakantieweken (12 weken vakantie per jaar) de helft van de kilometers gereisd wordt. Voor een uitgebreidere beschrijving van de verschillen in ritgeneratie en kilometers per vervoerswijze, zie de notitie Bereikbaarheid en Verkeersveiligheid.

Het aantal reizigerskilometers (alle vervoerswijzen samen) neemt in alle alternatieven toe ten opzichte van de referentiesituatie. Dit komt deels omdat er meer reizen worden gemaakt, maar ook omdat voor autoverkeer sommige reizen langer worden. In de alternatieven 1 tot en met 4 is een knip aangebracht op de Koningsweg. Niet al het verkeer kan via de Laan van Maarschalkerweerd en Herculeslaan rijden. Daarom zal een deel van de reizigers omrijden via de A12 en Waterlinieweg in plaats van de provinciale weg N411.

In alle alternatieven neemt het aantal reizigerskilometers in het ov toe. In de alternatieven 3, 5 en 6 neemt het aantal voertuigkilometers van personenauto's zeer licht af. De andere alternatieven hebben een zeer lichte toename in voertuigkilometers van personenauto's door omrijdbewegingen als gevolg van de knip op de Koningsweg, waarbij alternatief 2 de grootste toename heeft.

Hierdoor hebben alternatieven 1, 2, en 4 een iets hogere CO₂-uitstoot dan in de referentiesituatie in 2040. Waarbij alternatief 2 de hoogste toename in CO₂-uitstoot heeft. Alternatieven 3, 5 en 6 hebben een afname van de CO₂-uitstoot ten opzichte van de referentiesituatie, door de afname in voertuigkilometers van personenvervoer.

Het aantal reizigerskilometers neemt in alle alternatieven toe ten opzichte van de referentiesituatie. De uitstoot wordt dus door meer reizigers gedragen dan in de referentiesituatie. Uit dit onderzoek blijkt dat de maatregelen zoals voorzien in de MIRT-verkenning niet direct/in beperkte mate bijdragen aan het verminderen van autoverkeer. Het is daarom aan te raden naast het aanleggen van hoogwaardig OV, verdergaande maatregelen te nemen om het autoverkeer te verminderen. Zoals de stad en omgeving autolouwer maken, meer ruimte creëren voor schone mobiliteitsstromen, milieuzones implementeren, snelheidsverlagingen, en kilometerheffing toepassen.

Bij de berekening van personenauto's is uitgegaan van een gemiddelde auto brandstofsoort onbekend. Voor goederenvervoer is uitgegaan van een vrachtwagen van 10-20 ton. Voor beide vervoersmiddelen is de aanname gemaakt dat deze vanaf 2060 volledig elektrisch zijn⁹ en dus een emissiefactor van 0 ton/km hebben. Tussen 2040 en 2060 is een jaarlijks lineaire afname in CO₂-emissiefactor berekend. Voor de OV-lijnen is het uitgangspunt 'zero emissie'⁹.

De productie van de voertuigen is niet meegenomen in de berekening. Als dit wel meegenomen wordt, kan de CO₂-reductie hoger uitvallen ten opzichte van de referentiesituatie.

⁹ In afstemming met MKBA

Tabel 5. Absolute voertuigkilometers en CO₂-emissies op basis van emissiegegevens 2025⁷. Voertuigkilometers op basis van berekening met Verkeersmodel Regio Utrecht.

Indicator		Ref.	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6
Voertuigkilometers etmaal personen-auto	km's referentie en verschil t.o.v. referentie	51.383.341	+1.032	+4.093	-6.326	+1.162	-7.912	-7.537
	CO ₂ -uitstoot [ton]	1.122	+0,0	+0,1	-0,1	+0,0	-0,2	-0,2
Voertuigkilometers etmaal vracht	km's referentie en verschil t.o.v. referentie	4.720.668	+52	-10	+52	+6	+56	-7
	CO ₂ -uitstoot [ton]	138	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fietskilometers etmaal	km's referentie en verschil t.o.v. referentie	6.663.549	-40.614	-42.394	-41.975	-43.238	+4.895	+2.979
	CO ₂ -uitstoot [ton]	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Reizigerskilometers trein etmaal	km's referentie en verschil t.o.v. referentie	15.775.393	+97.151	+96.024	+114.977	+105.686	+43.575	+42.569
	CO ₂ -uitstoot [ton]	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Reizigerskilometers tram etmaal	km's referentie en verschil t.o.v. referentie	401.211	+94.940	+100.184	+118.112	+127.455	+68.749	+74.016
	CO ₂ -uitstoot [ton]	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Reizigerskilometers bus etmaal	km's referentie en verschil t.o.v. referentie	2.536.818	+32.586	+28.636	+8.119	+10.536	-50.926	-53.006
	CO ₂ -uitstoot [ton]	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal CO ₂ -uitstoot en verschil t.o.v. referentie		1.260	+0,02	+0,09	-0,14	+0,03	-0,17	-0,16
Totaal CO ₂ -uitstoot en verschil t.o.v. referentie per 50 jaar [ton]		17.812.335	+340	+1.259	-1.931	+361	-2.419	-2.329

Tabel 6 laat de scores van de alternatieven van de flankerende mobiliteitsbeïnvloeding zien. Alternatieven 1, 2, en 4 hebben een zeer lichte toename in CO₂-uitstoot door meer voertuigkilometers van personenauto's ten opzichte van de referentiesituatie. Echter hebben de alternatieven maar een geringe impact op de mobiliteitsbeïnvloeding waardoor de alternatieven een neutrale score krijgen. Alternatieven 3, 5 en 6 hebben een afname van de CO₂-uitstoot door een mobiliteitsbeïnvloeding naar schonere vervoersmiddelen. Dit is echter net als de andere alternatieven een geringe verandering ten opzichte van de referentiesituatie en deze krijgen daarom ook een neutrale score.

Tabel 6. Scorekaart flankerende mobiliteitsbeïnvloeding per alternatief/variant.

Alternatief	Score	Verandering in CO ₂ -reductie [ton] per etmaal ten opzichte van referentiesituatie 2040
Alternatief 1	0	+0,02
Alternatief 2	0	+0,09
Alternatief 3	0	-0,14
Alternatief 4	0	+0,03
Alternatief 5	0	-0,17
Alternatief 6	0	-0,16

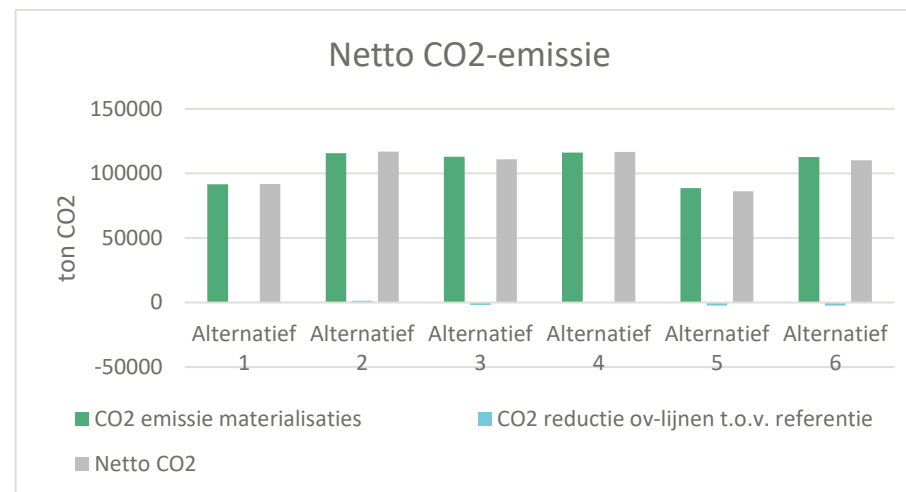
6 Netto CO₂-emissie

Voor een volledig beeld is er ook een vergelijking gemaakt tussen de CO₂-emissies die vrijkomen bij de aanleg van de nieuwe ov-lijnen en de CO₂-emissies die eventueel bespaard worden bij alternatieven ten opzichte van de referentiesituatie. Hierbij is de CO₂-emissies per etmaal van de voertuigen (Tabel 5 en 6) omgerekend naar CO₂-emissies per 50 jaar, zodat hiermee de netto CO₂ winst/verlies berekend kan worden in vergelijking met de aanleg van de ov-lijnen (met een levensduur van 50 jaar). Tabel 7 en Figuur 6 laten deze netto CO₂-emissie zien van de verschillende alternatieven. Alle alternatieven hebben een netto CO₂-emissie. Dit betekent dat bij elk alternatief er uiteindelijk meer CO₂ uitgestoten zal worden, en dit dus geen duurzame ontwerpen zijn.

Tabel 7. Netto CO₂-emissie van de verschillende alternatieven.

Alternatief	CO ₂ -emissie materialisatie per 50 jaar [ton] ¹⁰	CO ₂ -emissie mobiliteitsbeïnvloeding per 50 jaar [ton] ¹¹	Netto CO ₂ -emissie [ton]
Alternatief 1	91.534	340	91.874
Alternatief 2	115.608	1.259	116.867
Alternatief 3	112.863	-1.931	110.932
Alternatief 4	116.224	361	116.585
Alternatief 5	88.534	-2.419	86.116
Alternatief 6	112.609	-2.329	110.280

¹⁰ Getallen gebaseerd op resultaten hoofdstuk 4.1. Milieu-impact van verschillende materialisaties weergegeven in Figuur 5



Figuur 6. Netto CO₂-emissies van de materialisatie en flankerende mobiliteitsbeïnvloeding.

Tabel 8 laat de scores van de alternatieven van de netto CO₂-emissies zien.

Tabel 8. Scorekaart netto CO₂-emissie per alternatief/variant.

Alternatief	Score
Alternatief 1	---
Alternatief 2	---
Alternatief 3	---
Alternatief 4	---
Alternatief 5	---
Alternatief 6	---

¹¹ Getallen gebaseerd op resultaten hoofdstuk 5. Flankerende mobiliteitsbeïnvloeding weergegeven in Tabel 5 (onderste rij).

7 Conclusie

De duurzaamheidsanalyse laat zien dat geen enkel alternatief een positieve impact heeft op het milieu en klimaat. Alle alternatieven hebben een netto CO₂-emissie, ten opzichte van de referentiesituatie (situatie in jaar 2040), door de materialisatie en flankerende mobiliteitsbeïnvloeding. In Tabel 9 is een scorekaart weergegeven waarin de scores zoals bepaald in deze studie zijn weergegeven.

De effectnotitie duurzaamheid laat twee belangrijke aspecten zien:

- 1) het aanleggen van ondergrondse infra is zeer milieubelastend, ofwel hoe meer ondergrondse infra hoe hoger de milieu-impact; en
- 2) het aanleggen van de (H)OV-infra verhoogd vooral de mogelijkheid om OV te gebruiken en maakt verbindingen sneller, maar gaat zelfstandig niet zorgen voor een modal shift, daarvoor zullen er ook remmende maatregelen voor personenauto's nodig zijn.

Tabel 9. Scorekaart van de criteria per alternatief.

Alternatief	MKI	Circulariteit	Flankerende mobiliteit	Totaal netto CO ₂
Alternatief 1	---	---	0	---
Alternatief 2	---	---	0	---
Alternatief 3	---	---	0	---
Alternatief 4	---	---	0	---
Alternatief 5	---	---	0	---
Alternatief 6	---	---	0	---

Er zijn mitigerende maatregelen te nemen om de MKI en CO₂-emissies van de materialisatie te verminderen. Een maatregel die altijd een positieve impact hebben op de totale netto CO₂-emissies, is het toepassen van circulaire materialen en duurzame materialen. Hierbij is de R-ladder en goede methode om te gebruiken bij het ontwerp, met als doel te streven naar een zo hoog mogelijke positie op de ladder. Daarnaast

kunnen circulaire bouwmethoden, zoals Zero Emissie bouwen, ook de milieu-impact van de materialisatie verminderen. Tot slot hebben maatregelen gericht op het terugdringen van autoverkeer ook een positieve milieu-impact. Dit kan bijvoorbeeld middels flankerend beleid. Voorbeelden hiervan zijn stad en omgeving autoluwer maken, meer ruimte creëren voor schone mobiliteitsstromen, milieuzones vergroten, het verlagen van maximumsnelheden en kilometerheffingen toepassen. Hiervoor is nader onderzoek nodig.

7.1 Leemten in kennis

De beoordeling van omvangrijke projecten, zoals de MIRT-verkenning OV & Wonen, gaat gepaard met leemten in kennis. Deze leemten staan een degelijke effectbeoordeling en besluitvorming echter niet in de weg: er is voldoende informatie geleverd voor besluitvorming. Wel is het voor de besluitvorming relevant om te weten welke leemten in kennis inherent zijn geweest aan deze effectbeoordeling.

De fundering van de alternatieven zijn nog niet uitgewerkt in het ontwerp. Om die reden is de fundering dan ook buiten de scope van de MKI en CO₂-emissie berekeningen. De aanname dat met name de ondergrondse, verdiepte, en verhoogde ligging voor een hogere MKI en CO₂-emissie veroorzaken kan wel gemaakt worden. Het is echter lastig te zeggen bij welke ligging van de Merwedelijn dit het meeste gaat zijn. Een voordeel voor ondergronds/verdiept is dat je al dichter op de stabiele zandlagen zit in de bodem waardoor funderingspalen korter kunnen zijn. Wel heb je er mogelijk meer nodig dan bij bovengronds. Onze verwachting is dat de conclusie niet zal veranderen aangezien deze al zeer negatief is voor alle alternatieven. Het zal er vooral voor zorgen dat het onderlinge verschil van de alternatieven verandert wat betreft de materiaalgebonden impact. Alt 2, 3, 4 en 6 met langere ondertunneling of verhoogde ligging komen ten opzichte van 1 en 5 negatiever uit.

Daarnaast zijn de installaties ook buiten de scope van de MKI en CO₂-emissie berekeningen, omdat dit onderdeel nog niet is uitgewerkt in het ontwerp van de alternatieven en vanwege een gebrek aan NMD-milieuprofielen. Echter zullen de installaties geen groot verschil maken

voor de beoordeling van de alternatieven, maar vooral de milieu-impact van de aanleg verder verhogen.

Voor de berekening van flankerende mobiliteitsbeïnvloeding is uitgegaan van emissiekengetallen. Deze richten zich op de uitstoot van de voertuigen en nemen om die reden niet de volledige levenscyclus mee van de benodigde energie en het produceren van de voertuigen. Bovendien is de impact van de personenauto's aan de infrastructuur ook niet meegenomen. Voor trams en bussen zijn we uitgegaan dat er geen uitstoot is. Mocht de productie van bijvoorbeeld windturbines meegenomen worden dan zou je alsnog uitstoot hebben bij deze voertuigen. Het is echter lastig te bepalen wat deze uitstoot is. Bovendien is dit ook van toepassing op andere voertuigen, waardoor het verschil beperkt gaat zijn.

7.2 Aanbevelingen

Voor de mate van circulair materiaalgebruik is nu alleen gekeken naar het aandeel primair versus secundair materiaal. Circulariteit omvat echter meer dan uitsluitend het percentage secundair materiaalgebruik. Ook duurzaamheidskansen op het gebied van onder andere losmaakbaarheid en levensduurverlenging zijn belangrijk om in een volgende fase verder te onderzoeken.

Het advies is daarom om duurzaamheid in het komende ontwerpproces expliciet op te nemen als afwegingskader. Op die manier wordt geborgd dat circulaire kansen, zoals het beperken van primair materiaalgebruik, het toepassen van circulaire materialen en het benutten van circulaire ontwerpmogelijkheden zoals losmaakbaarheid, niet over het hoofd worden gezien.

Colofon

Opdrachtgever U Ned

Uitgave Mott MacDonald & Movares

Ondertekenaar Willem Snel

Projectteam Loïs Tjon-Affo
Jan Gerk de Boer
Thymo Vlot, Martin Wink

Projectnummer M0007542 / MM207100372

Versie 4.0

Datum 20-03-2026

© 2026, Movares Nederland B.V. en Mott MacDonald B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V. en Mott MacDonald B.V.