RAPPORT

Circulaire bewegwijzering Nationale Bewegwijzeringsdienst

Levenscyclusanalyse en innovatiesporen

Klant: Nationale Bewegwijzeringsdienst

Referentie: BG8140-RHDHV-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: S0/P01.01

Datum: 10 maart 2020

NBd Nationale Bewegwijzeringsdienst

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Transport & Planning
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document:	Circulaire bewegwijzering Nationale Bewegwijzeringsdienst
Ondertitel:	
Referentie:	BG8140-RHDHV-ZZ-XX-RP-Z-0001
Status:	P01.01/S0
Datum:	10 maart 2020
Projectnaam:	Circulaire bewegwijzering
Projectnummer:	BG8140
Auteur(s):	Jorrit Zuidema, Jan Bart Jutte
Opgesteld door:	Jorrit Zuidema
Gecontroleerd door:	Maarten van den Berg
Datum/paraaf:	
Goedgekeurd door:	Jan Bart Jutte
Datum/paraaf:	

Classificatie
Project gerelateerd

Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and ISO 45001:2018.

Inhoudsopgave

1	**Introductie - inzicht in milieuprestatie en innovatiepaden**	**1**
1.1	NBd op weg naar duurzame en circulaire bewegwijzering	1
1.2	Aanpak	1
1.3	Nulmeting: LCA en MKI	2
1.4	Innovatiesporen	4
1.5	Leeswijzer	4
2	**Methode nulmeting**	**5**
2.1	Doel en reikwijdte nulmeting	5
2.2	Systeemfuncties	5
2.3	Systeemgrenzen	5
2.4	Uitgangspunten	7
2.5	Dataverzameling	7
3	**LCI portofolio Nationale Bewegwijzeringsdienst**	**8**
3.1	Portaal	8
3.2	Bord	13
3.3	Lichtwegwijzer	17
3.4	Grote handwegwijzer	18
3.5	Fietswegwijzer	19
3.6	Fietspaddenstoel	21
4	**LCIA portofolio Nationale bewegwijzeringsdienst**	**22**
4.1	Milieuprestatie portofolio NBd	22
4.2	Milieuprestatie portaal	24
4.3	Milieuprestatie bord	31
4.4	Milieuprestatie lichtwegwijzer	36
4.5	Milieuprestatie grote handwegwijzer	37
4.6	Milieuprestatie fietswegwijzer	38
4.7	Milieuprestatie fietspaddenstoel	39
5	**Interpretatie nulmeting**	**40**
6	**Innovatiesporen**	**43**
6.1	Innovatiespoor 1: Versobering bewegwijzering	44
6.2	Innovatiespoor 2: Alternatieve materialen	49
6.3	Innovatiespoor 3: Levensduurverlenging ondersteuningsconstructie	52

6.4 Innovatiespoor 4: Uitwisselborden 53
6.5 Innovatiespoor 5: Zelfvoorzienende lichtwegwijzer 54
6.6 Samenvatting innovatiesporen 55

7 Bevindingen en aanbevelingen 56

Bijlagen

A1 Betrokken partijen
A2 Conversiefactoren
A3 Biobased borden
A4 Rekensheet MKI-berekening

1 Introductie - inzicht in milieuprestatie en innovatiepaden

1.1 NBd op weg naar duurzame en circulaire bewegwijzering

De wettelijke taken van de Nationale Bewegwijzeringsdienst (NBd) zijn planvorming van bewegwijzering en databasebeheer. De NBd is een alliantie van de Vereniging van Nederlandse Gemeenten, het Interprovinciaal Overleg, de Unie van Waterschappen en Rijkswaterstaat. Hiermee zijn alle wegbeheerders vertegenwoordigd. De NBd levert wegbeheerders aanvullende diensten, zoals inkoop, plaatsing, beheer en onderhoud van bewegwijzering. Deze diensten kunnen wegbeheerders inkopen bij de NBd, maar ook door andere marktpartijen uit laten voeren.

Bij de NBd – evenals bij de wegbeheerders – is steeds meer aandacht voor duurzaamheid en bestaat de ambitie dit betekenis te geven in haar taken en dienstverlening. Vanuit deze ambitie wil de NBd dan ook graag haar klanten ondersteunen om duurzame keuzes te maken als het gaat om de inkoop, plaatsing en het beheer en onderhoud van bewegwijzering. De inzichten om haar klanten hiermee te ondersteunen, ontbraken echter nog.

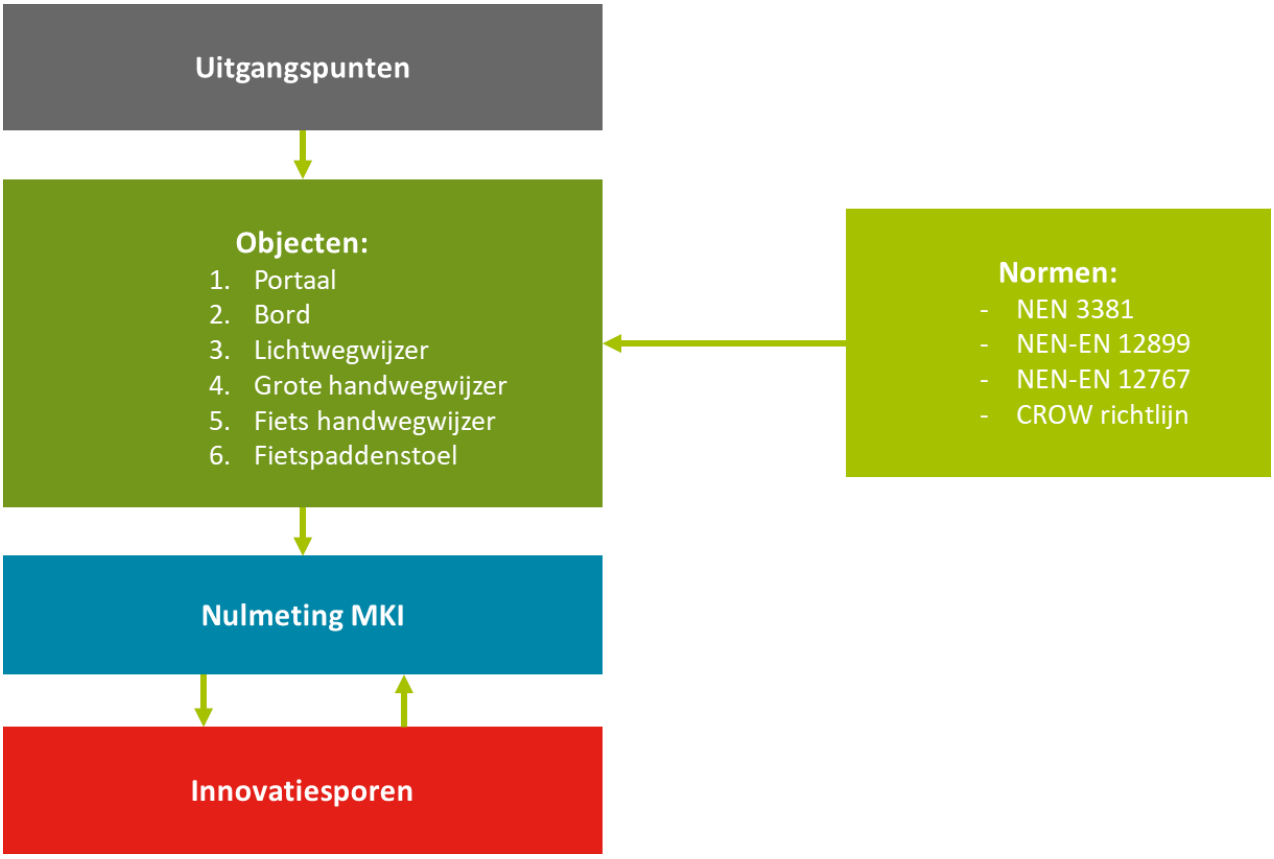
De NBd heeft Royal HaskoningDHV gevraagd daar invulling aan te geven met een onderzoek naar de milieuprestatie van bestaande bewegwijzering (de “nulmeting”) en innovaties om de milieubelasting te verlagen. De voorliggende studie is daar het resultaat van. De nulmeting geeft inzicht in de milieuprestatie van 6 bewegwijzeringsobjecten, te weten: portaal (1), plaatligger (2), lichtwegwijzer (3), handwegwijzer groot (4), fietswegwijzer (5) en de fietspaddenstoel (6). Navolgend op de nulmeting zijn verschillende innovatiesporen verkend.

1.2 Aanpak

Bij de uitwerking van de nulmeting en innovatiesporen is de volgende aanpak gehanteerd (voor een schematische weergave zie Figuur 1).

- Als eerste zijn de uitganspunten en systeemgrenzen die gelden voor alle bewegwijzeringsobjecten vastgesteld.
- Vervolgens zijn de uitgangspunten per bewegwijzeringsobject verder verfijnd in afstemming met NBd en verschillende marktpartijen.
- Daarnaast zijn verschillende normen en richtlijnen geraadpleegd om te komen tot representatieve ontwerpen per object.
- De representatieve ontwerpen per bewegwijzeringsobject zijn vervolgens doorgerekend resulterend in een overzicht van milieuprestaties uitgedrukt in MKI.
- Deze milieuprestaties zijn door middel van de innovatiesporen geoptimaliseerd.

Figuur 1 Schematische weergave van onderzoek aanpak.



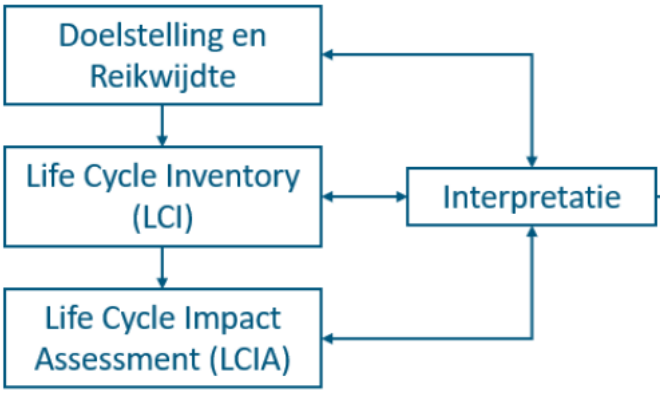
1.3 Nulmeting: LCA en MKI

De nulmeting heeft als doel het in kaart brengen van de milieuprestatie van bewegwijzeringsobjecten. In deze studie is de nulmeting uitgevoerd met behulp van de LCA (levenscyclusanalyse) methodiek. LCA is een internationaal erkende methode voor het in kaart brengen van de milieueffecten van producten en activiteiten. In een LCA wordt de hele levenscyclus van een product of activiteit bekeken. Van de winning van grondstoffen via productie en (her)gebruik tot en met afvalverwerking. Oftewel: van wieg tot graf. De uitkomst van een LCA-studie is een milieuprofiel van bijvoorbeeld een object. Aan het milieuprofiel is te zien welke ketenstappen en welke milieueffecten de belangrijkste rol spelen in de levenscyclus.

LCA's bestaan uit een aantal stappen (zie Figuur 2). De belangrijkste stappen zijn:

1. **Doelstelling en reikwijdte**: bij een LCA is het vaststellen van systeemgrenzen en uitgangssituaties belangrijk. Deze stap is in Hoofdstuk 2 beschreven.
2. **LCI** (Life Cycle Inventory): In deze stap wordt de informatie over de processen en grondstoffen verzameld die gebruikt worden binnen de levenscyclus. Deze stap is in Hoofdstuk 3 beschreven.
3. **LCIA** (Life Cycle Impact Assessment): In deze stap worden de inventarisatiegegevens (verzameld in de LCI) beoordeeld. Hiermee ontstaat een beeld van de milieueffecten waarvoor het product of de activiteit direct of indirect verantwoordelijk is. Deze stap is in Hoofdstuk 4 beschreven.
4. **Interpretatie**: In deze stap worden de resultaten van de LCI en LCIA geïnterpreteerd. Deze stap is in Hoofdstuk 5 beschreven.

Figuur 2 LCA-onderzoeksfasen.



De LCA is uitgevoerd op basis van de Bepalingsmethode Milieuprestatie gebouwen en GWW-werken versie 3.0 (januari 2019[1]) van Stichting Bouwkwaliteit (SBK). De milieuprestatie van de objecten is uitgedrukt in euro's, de Milieukostenindicator (MKI)[2]. In de berekening zijn daarbij alle relevante milieueffecten[3] gedurende de totale levensloop meegenomen. Om te komen tot een 1-puntscore (MKI) worden de verschillende milieueffecten gewogen op basis van schaduwprijzen per kg equivalent (zie Figuur 3). De MKI's van verschillende producten met dezelfde functionele eenheid kunnen met elkaar vergeleken worden om te bepalen welke variant een betere milieuprestatie heeft. Hierbij geldt: hoe lager de schaduwkosten (MKI), hoe beter de milieuprestatie van een product.

Figuur 3 Weegfactoren voor de milieueffectcategorieën.

Milieueffectcategorie	Equivalent eenheid	Weegfactor [€ / kg equivalent]	
Uitputting abiotische grondstoffen (exclusief fossiele energiedragers) – ADP	Sb eq	€ 0,16	Grondstoffen
Uitputting fossiele energiedragers – ADP	Sb eq[8]	€ 0,16	
Klimaatsverandering – GWP 100 j.	CO_2 eq	€ 0,05	1-puntsscore
Aantasting ozonlaag – ODP	CFK-11 eq	€ 30	
Fotochemische oxidantvorming – POCP	C_2H_4 eq	€ 2	
Verzuring – AP	SO_2 eq	€ 4	
Vermesting – EP	PO_4 eq	€ 9	Emissies
Humane toxiciteit – HTP	1,4-DCB eq	€ 0,09	
Zoetwater aquatische ecotoxiciteit – FAETP	1,4-DCB eq	€ 0,03	
Mariene aquatische ecotoxiciteit - MAETP	1,4-DCB eq	€ 0,0001	
Terrestrische ecotoxiciteit – TETP	1,4-DCB eq	€ 0,06	

Tot slot is een 'hot-spot analyse' uitgevoerd waarmee duidelijk wordt welke onderdelen van de objecten de grootste bijdrage leveren aan de milieubelasting.

[1] https://milieudatabase.nl/wp-content/uploads/2019/05/SBK-Bepalingsmethode-versie-3.0-1-januari-2019.pdf

[2] *De emissies van stoffen behorend bij een milieueffectcategorie worden omgerekend van hun eenheid (midpoint score) naar de milieukosten (endpoint score) met behulp van weegfactoren. Deze weegfactoren representeren het hoogste toelaatbare kostenniveau (preventiekosten) per eenheid emissiebestrijding. Dit staat ook bekend als de 'schaduwprijsmethodiek'. Afhankelijk van de samenstelling van materialen en processen die deel uitmaken van de procesboom van het betreffende product of proces weegt de ene milieueffectcategorie zwaarder mee in de eindscore dan de ander. Een hoge CO_2-equivalente besparing van een recyclingproces betekent niet automatisch een hoge MKI-besparing, en vice versa.*

[3] *Milieueffecten: Uitputting abiotisch grondstoffen (exclusief fossiele energiedragers) – ADP, Uitputting fossiele energiedragers – ADP, Klimaatverandering – GWP 100 j., Aantasting ozonlaag – ODP, Fotochemische oxidantvorming – POCP, Verzuring – AP, Vermesting – EP, Humane toxiteit – http, Zoetwater aquatische ecotoxiteit – FAETP, Mariene aquatische ecotoxiteit – MAETP, Terrestrische ecotoxiteit – TETP.*

1.4 Innovatiesporen

Volgend op de nulmeting zijn innovatiesporen geïdentificeerd om de milieuprestatie van de bewegwijzeringsobjecten te verbeteren. Deels zijn de innovatiesporen doorgerekend om het verschil ten opzichte van de nulmeting te kwantificeren. De volgende innovatiesporen zijn in samenspraak met de NBd geselecteerd voor uitwerking in deze studie:

1. Versobering bewegwijzering;
2. Alternatieve materialen;
3. Verlengen levensduur;
4. Uitwisselborden;
5. Zelfvoorzienende lichtwegwijzer.

1.5 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd:

- In **Hoofdstuk 2** is het doel en de reikwijdte van de nulmeting beschreven. Hierbij zijn de methodologische stappen toegelicht.
- In **Hoofdstuk 3** volgt een beschrijving van bewegwijzeringsobjecten en is de levenscyclusinventarisatie per object weergegeven.
- In **Hoofdstuk 4** volgt de impact analyse waarbij de MKI per object is ontleed.
- In **Hoofdstuk 5** volgt een interpretatie van de resultaten uit Hoofdstuk 3 en 4. Hoofdstuk 5 dient als input voor innovatiesporen.
- In **Hoofdstuk 6** zijn de innovatiesporen uitgewerkt. De innovatiesporen geven inzicht in de mogelijke optimalisatie van de milieuprestatie.
- Tot slot worden in **Hoofdstuk 7** de conclusies en aanbevelingen volgend uit dit rapport samengevat.

2 Methode nulmeting

In Hoofdstuk 2 zijn de aanpak en methodologische keuzes beschreven. Hoofdstuk twee is als volgt opgebouwd:

- In **paragraaf 2.1** zijn doel en reikwijdte van de nulmeting beschreven.
- In **paragrafen 2.2 tot en met 2.4** zijn de systeemgrenzen en uitgangspunten van de nulmeting beschreven.
- In **paragraaf 2.5** staat de wijze van dataverzameling beschreven.

2.1 Doel en reikwijdte nulmeting

Het doel van de nulmeting is het inzichtelijk maken van de milieuprestaties van de verschillende bewegwijzeringsobjecten die de NBd voorschrijft. Door de milieuprestatie te kwantificeren voor de geselecteerde bewegwijzeringsobjecten krijgt NBd concreet inzicht in de manier waarop de milieuprestatie is opgebouwd en hoe de impact te reduceren is.

2.2 Systeemfuncties

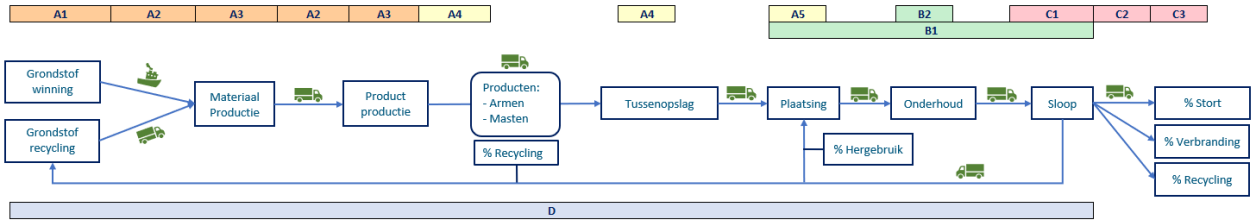
De NBd bewegwijzering heeft als functie het informeren van weggebruikers, zowel automobilisten als fietsers. Hoewel digitale hulpmiddelen het al lange tijd mogelijk maken om weggebruikers vlot en veilig naar hun bestemming te brengen, blijft bewegwijzering een essentieel onderdeel bij het maken van keuzes. In de CROW-richtlijn wordt de functie en het doel van bewegwijzering als volgt omschreven:

"Het doel van bewegwijzering is het zo goed mogelijk informeren van weggebruikers en het zo vlot en veilig mogelijk geleiden van weggebruikers naar hun bestemmingen. Met behulp van bewegwijzering kunnen weggebruikers hun weg vinden op het wegennet en kunnen zij de plaats bepalen waar zij zich op dat moment bevinden. Door weggebruikers te informeren, draagt bewegwijzering bij aan een vlotte en veilige verkeersafwikkeling." (CROW richtlijn, 2014, p.11).

2.3 Systeemgrenzen

De nulmeting is een LCA-berekening waarbij de milieu-impact van wieg tot graf wordt meegenomen. Het begint bij het onttrekken van grondstoffen en eindigt bij het afvalscenario van deze grondstoffen of gebruikte materialen. In de SBK-bepalingsmethode worden de volgende levenscyclusfase onderscheiden: productiefase (A1-A3), bouwfase (A4-A5), gebruiksfase (B1-B7), sloop- en verwerkingsfase (C1-C4) en aanvullende informatie buiten de levenscyclus van het bouwwerk (D). Een schematische weergave van een dergelijke levenscyclus is weergegeven in Figuur 4.

Figuur 4 Schematische weergave van de systeemgrenzen.



In deze nulmeting zijn niet alle procestappen meegenomen. In Tabel 1 is een beschrijving per processtap gegeven en beschreven of en in welke hoedanigheid de processtap is meegenomen in de nulmeting.

Tabel 1 Overzicht van levenscyclusfasen in de LCA.

Productfase	Beschrijving	Meegenomen
A1 – winning van grondstoffen	Alle processen die nodig zijn voor de winning van de grondstoffen die toegepast worden in een bewegwijzeringsobject. Denk hierbij aan staal en aluminium, maar ook polymeren, harsen, coatings, etc.	Ja
A2 – Transport	Het transport van de grondstof naar de productielocatie, inclusief intern transport bij de winning en retourlogistiek.	Ja
A3 – Productie	Alle processen die nodig zijn om van grondstoffen en materialen tot het eindproduct te komen, inclusief afvalverwerking en uitval tijdens het productieproces.	Ja
A4 – Transport	Transport aanvoer van bewegwijzering naar locatie. Voor de aanvoer van de bewegwijzering wordt een standaard afstand van 150 km gehanteerd. De berekening is gebaseerd op basis van tonkilometer. Ee formule *gewicht materialen productiefase in kg x 150 kilometer / 1000 = tonkilometer.*	Ja
A5 – Bouw- en installatieproces, aanleg	Bij de aanleg van de bewegwijzering worden verschillende typen werktuigen en brandstof ingezet. Uit eerder uitgevoerde onderzoeken blijkt dat de impact van de aanlegfase beperkt is, daarom is gekozen deze stap buiten beschouwing te laten.	Nee
B1 – Gebruik	Bij het gebruik van de bewegwijzering komen geen emissies vrij.	Ja
B2 – Onderhoud	Het onderhoud van de bewegwijzering wordt uitgevoerd door de wegbeheerders. Op het moment bestaat er geen standaard onderhoudsmethode en daarom is deze processtap niet meegenomen.	Nee
B3 – Reparaties	Reparaties zijn in veel gevallen incidenteel van aard. Voor variant 2b plaatligger schoorconstructie (excl. fundatie) geeft NBd aan dat reparaties vaker voorkomen. De reparaties zijn impliciet meegenomen door de levensduur van de ondersteuningsconstructie op 20 jaar te zetten.	Ja
B4 – Vervangingen	Vervangingen zijn meegenomen indien de levensduur van een onderdeel korter is dan de projectlevensduur van 50 jaar. De milieu-impact van de productie- en bouwfase van deze vervangingen wordt in de respectievelijke productfase weergegeven.	Ja
B5 – Hernieuwing	Hernieuwingen zijn niet meegenomen in deze studie.	Nee
B6 – Operationeel energiegebruik	Bij variant 3 lichtwegwijzer is het operationeel energiegebruik meegenomen. Voor de overige varianten geldt dat er geen energiegebruik plaats vindt.	Ja (alleen bij object 3)
B7 – Operationeel watergebruik	De wegbewijzeringsobjecten gebruiken geen water.	Nee
C1 – Sloop	Bij de sloop van de bewegwijzering worden verschillende typen werktuigen en brandstof ingezet. Uit eerder uitgevoerde onderzoeken blijkt dat de impact van de sloopfase beperkt is, daarom is gekozen deze stap buiten beschouwing te laten.	Nee
C2 – Transport	Transport afvoer van bewegwijzering naar verwerkingslocatie. Voor de afvoer van de bewegwijzering naar sortering, recycling of verbrandingslocatie wordt een standaard afstand van 100 km gehanteerd. De berekening is gebaseerd op basis van tonkilometer. Ee formule *gewicht materialen productiefase in kg x 100 kilometer / 1000 = tonkilometer.*	Ja
C3 – Afvalverwerking	Bij afvalverwerking zijn de forfaitaire waarden voor afvalscenario's uit de SBK-bepalingsmethode (pp. 62-63, Bijlage 1 – Tabel 1) gevolgd. De afvalverwerking van de fundatie is buiten beschouwing gelaten aangezien de milieu-impact van de fundatie bij alle objecten beperkt is.	Ja
C4 – Finale afvalverwerking	Bij afvalverwerking zijn de forfaitaire waarden voor afvalscenario's uit de SBK-bepalingsmethode (pp. 62-63, Bijlage 1 – Tabel 1) gevolgd. De finale afvalverwerking is bij default stort.	Ja
D – Milieulasten en baten buiten de systeemgrens van het bouwwerk	Op basis van de secundaire content in de productiefase en de afvalverwerking scenario's uit processtappen C3 en C4 zijn baten en/of lasten aan het systeem toegekend.	Ja

2.4 Uitgangspunten

De uitgangspunten van de nulmeting zijn zowel generiek als object-specifiek vastgesteld. De volgende uitgangspunten gelden voor alle objecten en varianten:

- Bewegwijzering dient aan eisen te voldoen die de veiligheid en gewenste doorstroming van de weggebruikers garanderen. Om dit te kunnen garanderen worden eisen gesteld aan de bewegwijzering (bijvoorbeeld: reflecterend klasse 3 folie[4]).
- De locatie waar de bewegwijzering staat heeft invloed op het ontwerp. Er is gekozen voor het gelijkstellen van de locatie van het ontwerp van alle objecten. Deze locatie is in Midden-Nederland, op zandgrond en geschikt voor windgebied 2. De ontwerpen van de bewegwijzeringsobjecten dienen geschikt te zijn voor dit type locatie.
- De milieuprestatie van de bewegwijzeringsobjecten is vastgesteld op projectlevensduur van 50 jaar. Dit betekent dat wanneer onderdelen en materialen een kortere levensduur hebben dan 50 jaar deze gedurende projectlevensduur worden vervangen.

De uitgangspunten die object-specifiek zijn, zoals bijvoorbeeld afmetingen, aantal armen, etc., zijn benoemd in Hoofdstuk 3 LCI portofolio Nationale Bewegwijzeringsdienst.

2.5 Dataverzameling

Data van NBd en leveranciers

Om de MKI van de bewegwijzeringsobjecten te bepalen, zijn gegevens verzameld van het materiaal- en energiegebruik van de verschillende objecten. Aan de hand van de zes bewegwijzeringsontwerpen is een vragenlijst opgesteld. In de vragenlijst zijn de benodigde data met betrekking tot materiaal- en energiegebruik per onderdeel uitgevraagd. Het gaat hierbij om gegevens over hoeveelheden materiaal en brandstof en type materiaal en brandstof. De vragenlijst is zo volledig mogelijk ingevuld door de betrokken partijen. Hierbij is zowel een interne als externe check uitgevoerd (zie “Bijlage A1 – Betrokken partijen bij datavergaring” voor een overzicht van partijen die zijn benaderd en gegevens hebben aangeleverd).

Hoeveelheden in gewicht afgeleid van afmetingen

De hoeveelheden in de levenscyclusinventarisatie zijn in veel gevallen niet berekend op basis van producentdata, maar door middel van: *Afmetingen × Soortelijk gewicht = Hoeveelheden in kg.* Dit betekent dat de milieuprestaties niet één-op-één te herleiden zijn naar een producent en dat de MKI-waarden van producenten kunnen afwijken van de MKI-waarden genoemd in deze rapportage. Wanneer er onduidelijkheden bestaan over hoeveelheden of materiaalsoorten is uitgegaan van conservatieve waarden.

Conversiefactoren

Bij de dataverzameling van MKI-conversiefactoren is de database van Ecoinven 3.4 Cut-off geraadpleegd, zoals voorgeschreven door de SBK-bepalingsmethode. Om de MKI van de bewegwijzering te berekenen is het in kaart gebrachte energie- en materiaalgebruik vermenigvuldigd met conversiefactoren:

Hoeveelheid materiaal/energie × MKI-conversiefactor × (levensduurproject / levensduur materiaal, onderdeel)[5] = Milieukostenindicator (MKI).

Voorbeeld: 350 kg Aluminium primair × € 6,89 MKI/ kg × (50 / 25) = € 4.820,52 voor het aluminium bord van variant 1a portaal aluminium primair [6].

Alle toegepaste conversiefactoren en de geraadpleegde bronnen hiervan zijn opgenomen in Bijlage A2 - Conversiefactoren.

[4] *Uitzondering is de folie bij de lichtwegwijzer (3) die gebruik maakt van translucent folie.*
[5] *De vervangingen worden afgerond naar boven. Als voorbeeld bij een vervanging van 1,05 wordt het aantal vervangingen 2.*
[6] *De MKI kan afwijken door afrondingsverschillen bij zowel hoeveelheden materiaal als ook de conversiefactoren.*

3 LCI portofolio Nationale Bewegwijzeringsdienst

Tijdens deze studie zijn veelvoorkomende bewegwijzeringsconstructies onderzocht. De volgende objecten zijn meegenomen in de nulmeting:

- Portaal (1);
- Bord (2);
- Lichtwegwijzer (3);
- Handwegwijzer groot (4);
- Fietswegwijzer (5) en
- Fietspaddenstoel (6).

In Hoofdstuk 3 zijn de objecten en varianten beschreven en de gehanteerde hoeveelheden, materialen en energiegebruik per object gegeven. De hoeveelheden in Hoofdstuk 3 representeren de hoeveelheden benodigd gedurende projectlevensduur van 50 jaar. In “Bijlage A4 - Rekensheet MKI-berekening” is de gehele berekening terug te vinden.

3.1 Portaal

Uitgangspunten

De portaal bewegwijzering is een ondersteuningsconstructie boven de weg bestaande uit twee staanders en een horizontaal liggende kolom (zie Figuur 5). Uitgangspunten in deze studie:

- het portaal heeft een overspanning van 18,5 meter en staanders met een lengte van 6,5 meter;
- een gedeelte van de staanders (ca. 1,8 meter) bevindt zich onder de grond ter stabilisatie van het portaal;
- aan het portaal hangt bewegwijzeringbebording van 25 vierkante meter met reflecterende folie klasse 3;
- het portaal heeft een betonnen fundatie in combinatie met een stalen verankering;
- de gewichten van de aluminium portaal zijn door een marktpartij gedeeld, de gewichten van de stalen portaal zijn berekend op basis van een soortelijk gewicht (97 kg per strekkende meter) aangeleverd door NBd;
- de gewichten van de aluminium bebording zijn gebaseerd op de aanname 14 kilogram per vierkante meter en de gewichten van de stalen bebording zijn gebaseerd op de aanname 21 kilogram per vierkante meter, inclusief hangsysteem.

Figuur 5 Portaal (1).

Royal HaskoningDHV

NBd Nationale Bewegwijzeringsdienst

Varianten

In de nulmeting zijn zes portaalvarianten berekend, te weten:

1a. Portaal aluminium met aluminium bebording primair [7];
1b. Portaal aluminium met aluminium bebording secundair[8];
1c. Portaal staal met aluminium bebording primair [9];
1d. Portaal staal met stalen bebording primair;
1e. Portaal staal met aluminium bebording secundair;
1f. Portaal staal met stalen bebording secundair.

Afmetingen en hoeveelheden

De afmetingen van de ondersteuningsconstructie en de bewegwijzeringsbebording zijn voor alle portaalvarianten gelijk. Bij varianten 1b, 1e en 1f is uitgegaan van bewegwijzering met secundair materiaal. Bij varianten 1a, 1b, 1c en 1e is uitgegaan van aluminium bebording, bij varianten 1d en 1f is uitgegaan van stalen bebording. De fundatie is voor alle portaalvarianten hetzelfde en daarmee niet onderscheidend. In Tabel 2 tot en met Tabel 7 zijn de hoeveelheden over de gehele projectlevensduur per variant weergegeven.

Tabel 2 Levenscyclus inventaris portaal aluminium met aluminium bebording primair (1a).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording, incl. hangconstructie	Reflecterend folie	30,75	kg	20
A1-A3		Plaklaag folie	6,69	kg	20
A1-A3		Aluminium primair	1050,00	kg	20
A1-A3		Aluminium geanodiseerd	75,00	m2	20
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Aluminium primair t.b.v. koker boven	540,00	kg	50
A1-A3		Aluminium primair t.b.v. staanders	705,00	kg	50
A1-A3		Aluminium primair t.b.v. ondergronds	95,21	kg	50
A1-A3	Fundatie	Beton fundatie	470,48	kg	50
A1-A3		Verankering 4mz (staal primair)	209,00	kg	50
A1-A3		Balk (beton)	26,00	kg	50
A4	Transport aanvoer	Transport	469,97	tkm	
C2	Transport afvoer	Transport	313,31	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	37,44	kg	
C3	Afvalscenario aluminium	Aluminium afvalverbranding	71,71	kg	
C3		Aluminium voorbereiding tot recycling	2318,51	kg	
C3		Aluminium recycling	2318,51	kg	
D	Credit/ burden folie en plaklaag	Rubber credit elektriciteit	37,44	kg	
D		Rubber credit warmte	37,44	kg	
D	Credit/ burden aluminium	Aluminium credit materiaal	1159,25	kg	
D		Aluminium burden materiaal	-	kg	
D		Aluminium credit elektriciteit	71,71	kg	
D		Aluminium credit warmte	71,71	kg	

Tabel 3 Levenscyclus inventaris portaal aluminium met aluminium bebording secundair (1b).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording, incl. hangconstructie	Reflecterend folie	30,75	kg	20
A1-A3		Plaklaag folie	6,69	kg	20

[7] *Het Ecoinvent proces aluminium primair bestaat uit 'primary aluminium ingot' en is dus 100% primair aluminium.*
[8] *Het Ecoinvent proces Secundair aluminium bestaat uit 53% new scrap en 47% post-consumer scrap o.b.v. branche gemiddelden uit 2013 (IAI, 2014, p.8).*
[9] *Het Ecoinvent proces 'staal primair' bestaat bij default uit 12% secundair staal en 88% primair staal. Bij het toekennen van credits is de hoeveelheid hierop gecorrigeerd.*

A1-A3		Aluminium secundair	1050,00	kg	20
A1-A3		Aluminium geanodiseerd	75,00	m2	20
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Aluminium secundair t.b.v. boven	540,00	kg	50
A1-A3		Aluminium secundair t.b.v. staanders	705,00	kg	50
A1-A3		Aluminium secundair t.b.v. ondergronds	95,21	kg	50
A1-A3	Fundatie	Beton fundatie	470,48	kg	50
A1-A3		Verankering 4mz (staal primair)	209,00	kg	50
A1-A3		Balk (beton)	26,00	kg	50
A4	Transport aanvoer	Transport	469,97	tkm	
C2	Transport afvoer	Transport	313,31	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	37,44	kg	
C3	Afvalscenario aluminium	Aluminium afvalverbranding	71,71	kg	
C3		Aluminium voorbereiding tot recycling	2318,51	kg	
C3		Aluminium recycling	2318,51	kg	
D	Credit/ burden folie en plaklaag	Rubber credit elektriciteit	37,44	kg	
D		Rubber credit warmte	37,44	kg	
D	Credit/ burden aluminium	Aluminium credit materiaal	-	kg	
D		Aluminium burden materiaal	71,71	kg	
D		Aluminium credit elektriciteit	71,71	kg	
D		Aluminium credit warmte	71,71	kg	

Tabel 4 Levenscyclus inventaris portaal staal met aluminium bebording primair (1c).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording, incl. hangconstructie	Reflecterend folie	30,75	kg	20
A1-A3		Plaklaag folie	6,69	kg	20
A1-A3		Aluminium primair	1050,00	kg	20
A1-A3		Aluminium geanodiseerd	75,00	m2	20
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Staal primair t.b.v. boven	1794,50	kg	50
A1-A3		Staal primair t.b.v. staanders	1261,00	kg	50
A1-A3		Staal primair t.b.v. ondergronds	95,21	kg	50
A1-A3		Staal zink coating	28,20	m2	50
A1-A3		Staal poeder coating	28,20	m2	50
A1-A3	Fundatie	Beton fundatie	470,48	kg	50
A1-A3		Verankering 4mz (staal primair)	209,00	kg	
A1-A3		Balk (beton)	26,00	kg	
A4	Transport aanvoer	Transport	741,55	tkm	
C2	Transport afvoer	Transport	494,36	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	37,44	kg	
C3	Afvalscenario aluminium	Aluminium afvalverbranding	31,50	kg	
C3		Aluminium voorbereiding tot recycling	1018,50	kg	
C3		Aluminium recycling	1018,50	kg	
C4	Afvalscenario staal	Staal stort	31,51	kg	
C3		Staal voorbereiding tot recycling	2741,12	kg	
C3		Staal recycling	2741,12	kg	
D	Credit/ burden folie en plaklaag	Rubber credit elektriciteit	37,44	kg	
D		Rubber credit warmte	37,44	kg	
D	Credit/ burden staal	Staal credit materiaal	1206,09	kg	

D		Staal burden materiaal	-	kg	
D	Credit/ burden aluminium	Aluminium credit materiaal	509,25	kg	
D		Aluminium burden materiaal	-	kg	
D		Aluminium credit elektriciteit	31,50	kg	
D		Aluminium credit warmte	31,50	kg	

Tabel 5 Levenscyclus inventaris portaal staal met stalen bebording primair (1d).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording, incl. hangconstructie	Reflecterend folie	30,75	kg	20
A1-A3		Plaklaag folie	6,69	kg	20
A1-A3		Staal primair	1575,00	kg	20
A1-A3		Staal zink coating	75,00	m2	20
A1-A3		Staal poeder coating	75,00	m2	20
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Staal primair t.b.v. boven	1794,50	kg	50
A1-A3		Staal primair t.b.v. staanders	1261,00	kg	50
A1-A3		Staal primair t.b.v. ondergronds	95,21	kg	50
A1-A3		Staal zink coating	28,20	m2	50
A1-A3		Staal poeder coating	28,20	m2	50
A1-A3	Fundatie	Beton fundatie	470,48	kg	50
A1-A3		Verankering 4mz (staal primair)	209,00	kg	
A1-A3		Balk (beton)	26,00	kg	
A4	Transport aanvoer	Transport	820,30	tkm	
C2	Transport afvoer	Transport	546,86	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	37,44	kg	
C4	Afvalscenario staal	Staal stort	47,26	kg	
C3		Staal voorbereiding tot recycling	4111,37	kg	
C3		Staal recycling	4111,37	kg	
D	Credit/ burden folie en plaklaag	Rubber credit elektriciteit	37,44	kg	
D		Rubber credit warmte	37,44	kg	
D	Credit/ burden staal	Staal credit materiaal	1809,00	kg	
D		Staal burden materiaal	-	kg	

Tabel 6 Levenscyclus inventaris portaal staal met aluminium bebording secundair (1e).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording, incl. hangconstructie	Reflecterend folie	30,75	kg	20
A1-A3		Plaklaag folie	6,69	kg	20
A1-A3		Aluminium secundair	1050,00	kg	20
A1-A3		Aluminium geanodiseerd	75,00	m2	20
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Staal secundair t.b.v. boven	1794,50	kg	50
A1-A3		Staal secundair t.b.v. staanders	1261,00	kg	50
A1-A3		Staal secundair t.b.v. ondergronds	95,21	kg	50
A1-A3		Staal zink coating	28,20	m2	50
A1-A3		Staal poeder coating	28,20	m2	50
A1-A3	Fundatie	Beton fundatie	470,48	kg	50
A1-A3		Verankering 4mz (staal primair)	209,00	kg	
A1-A3		Balk (beton)	26,00	kg	
A4	Transport aanvoer	Transport	741,55	tkm	

C2	Transport afvoer	Transport	494,36	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	37,44	kg	
C3	Afvalscenario aluminium	Aluminium afvalverbranding	31,50	kg	
C3		Aluminium voorbereiding tot recycling	1018,50	kg	
C3		Aluminium recycling	1018,50	kg	
C4	Afvalscenario staal	Staal stort	31,51	kg	
C3		Staal voorbereiding tot recycling	2741,12	kg	
C3		Staal recycling	2741,12	kg	
D	Credit/ burden folie en plaklaag	Rubber credit elektriciteit	37,44	kg	
D		Rubber credit warmte	37,44	kg	
D	Credit/ burden staal	Staal credit materiaal		kg	
D		Staal burden materiaal	31,51	kg	
D	Credit/ burden aluminium	Aluminium credit materiaal		kg	
D		Aluminium burden materiaal	31,50	kg	
D		Aluminium credit elektriciteit	31,50	kg	
D		Aluminium credit warmte	31,50	kg	

Tabel 7 Levenscyclus inventaris portaal staal met stalen bebording secundair (1f).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording, incl. hangconstructie	Reflecterend folie	30,75	kg	20
A1-A3		Plaklaag folie	6,69	kg	20
A1-A3		Staal secundair	1575,00	kg	20
A1-A3		Staal zink coating	75,00	m2	20
A1-A3		Staal poeder coating	75,00	m2	20
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Staal secundair t.b.v. boven	1794,50	kg	50
A1-A3		Staal secundair t.b.v. staanders	1261,00	kg	50
A1-A3		Staal secundair t.b.v. ondergronds	95,21	kg	50
A1-A3		Staal zink coating	28,20	m2	50
A1-A3		Staal poeder coating	28,20	m2	50
A1-A3	Fundatie	Beton fundatie	470,48	kg	50
A1-A3		Verankering 4mz (staal primair)	209,00	kg	
A1-A3		Balk (beton)	26,00	kg	
A4	Transport aanvoer	Transport	820,30	tkm	
C2	Transport afvoer	Transport	546,86	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	37,44	kg	
C4	Afvalscenario staal	Staal stort	47,26	kg	
C3		Staal voorbereiding tot recycling	4111,37	kg	
C3		Staal recycling	4111,37	kg	
D	Credit/ burden folie en plaklaag	Rubber credit elektriciteit	37,44	kg	
D		Rubber credit warmte	37,44	kg	
D	Credit/ burden staal	Staal credit materiaal		kg	
D		Staal burden materiaal	47,26	kg	

3.2 Bord

De bord bewegwijzering kent twee ondersteuningsconstructievarianten:

2a. Bord met mast constructie;

2b. Bord met schoorconstructie (excl. fundatie).

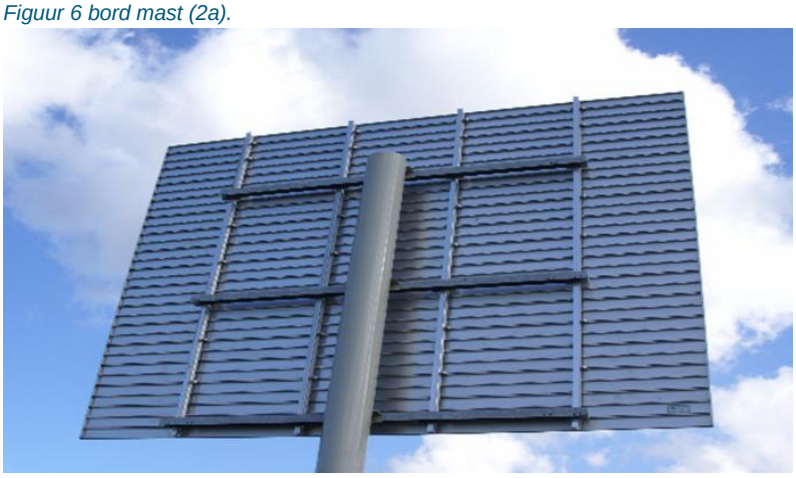
3.2.1 Bord mast

Uitgangspunten

De bord mast heeft een mast als ondersteuningsconstructie van de bewegwijzering van 8 vierkante meter (zie Figuur 6). Uitgangspunten in deze studie:

- een mast met een lengte van 6,5 meter;
- een gedeelte van de mast (2,5 meter) bevindt zich ook nog onder de grond ter stabilisatie;
- de mast heeft een betonnen fundatie in combinatie met een stalen verankering
- de gewichten van de aluminium en stalen bebording zijn gebaseerd op aannames per vierkante meter bebording, de gewichten van de ondersteuningsconstructie is gebaseerd op basis van afmetingen en soortelijk gewicht.

Figuur 6 bord mast (2a).



Hoeveelheden

In Tabel 8 en 9 zijn de hoeveelheden van de mast varianten met aluminium en stalen bebording over de gehele projectlevensduur weergegeven.

Tabel 8 Levenscyclus inventaris bord mast met aluminium bebording (2a-1).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording, incl. hangconstructie	Reflecterend folie	10,46	kg	20
A1-A3		Plaklaag folie	2,28	kg	20
A1-A3		Aluminium primair	357,00	kg	20
A1-A3		Aluminium geanodiseerd	25,50	m2	20
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Staal primair t.b.v. mast boven	159,31	kg	50
A1-A3		Staal primair t.b.v. mast onder	185,60	kg	50
A1-A3		Staal primair t.b.v. mast ondergronds	154,67	kg	50
A1-A3		Staal poeder coating	3,07	m2	50
A1-A3		Staal zink coating	9,39	m2	50
A1-A3	Fundatie	Beton fundatie	235,24	kg	50
A1-A3		Verankering 4mz (staal primair)	209,00	kg	

A1-A3		Balk (beton)	26,00	kg	
A4	Transport aanvoer	Transport	200,93	tkm	
C2	Transport afvoer	Transport	98,26	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	12,73	kg	
C3	Afvalscenario aluminium	Aluminium afvalverbranding	10,71	kg	
C3		Aluminium voorbereiding tot recycling	346,29	kg	
C3		Aluminium recycling	346,29	kg	
C3	Afvalscenario staal	Staal storten	5,00	kg	
C3		Staal voorbereiding tot recycling	434,64	kg	
C3		Staal recycling	434,64	kg	
D	Credit/ burden folie en plaklaag	Rubber credit elektriciteit	12,73	kg	
D		Rubber credit warmte	12,73	kg	
D	Credit/ burden staal	Staal credit materiaal	217,32	kg	
D		Staal burden materiaal	-	kg	
D	Credit/ burden aluminium	Aluminium credit materiaal	173,15	kg	
D		Aluminium burden materiaal	-	kg	
D		Aluminium credit elektriciteit	10,71	kg	
D		Aluminium credit warmte	10,71	kg	

Tabel 9 Levenscyclus inventaris bord mast met stalen bebording (2a-2).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording, incl. hangconstructie	Reflecterend folie	10,46	kg	20
A1-A3		Plaklaag folie	2,28	kg	20
A1-A3		Staal primair	535,50	kg	20
		Staal zink coating	25,50	m2	20
A1-A3		Staal poeder coating	25,50	m2	20
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Staal primair t.b.v. mast boven	159,31	kg	50
A1-A3		Staal primair t.b.v. mast onder	185,60	kg	50
A1-A3		Staal primair t.b.v. mast ondergronds	154,67	kg	50
A1-A3		Staal poeder coating	3,07	m2	50
A1-A3		Staal zink coating	9,39	m2	50
A1-A3	Fundatie	Beton fundatie	235,24	kg	50
A1-A3		Verankering 4mz (staal primair)	209,00	kg	
A1-A3		Balk (beton)	26,00	kg	
A4	Transport aanvoer	Transport	227,71	tkm	
C2	Transport afvoer	Transport	98,26	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	12,73	kg	
C3	Afvalscenario staal	Staal storten	16,07	kg	
C3		Staal voorbereiding tot recycling	900,52	kg	
C3		Staal recycling	900,52	kg	
D	Credit/ burden folie en plaklaag	Rubber credit elektriciteit	12,73	kg	
D		Rubber credit warmte	12,73	kg	
D	Credit/ burden staal	Staal credit materiaal	450,26	kg	
D		Staal burden materiaal	-	kg	

3.2.2 Bord schoorconstructie (excl. fundatie)

Uitgangspunten

De bord schoorconstructie maakt gebruik van een schoorconstructie ter ondersteuning van 8 vierkante meter bewegwijzering als ondersteuningsconstructie bestaande uit twee staanders, 2 schoren, 2 tussenpijpen, 2 trekschoren en een dwarsligger (zie Figuur 7 met daarin 3 staanders). Uitgangspunten in deze studie zijn:

- De staanders hebben een lengte van 5,3 meter, de schoren een lengte van 5,5 meter, de tussenpijpen een lengte van 1,4 meter, de dwarsligger een lengte van 2 meter en trekschoren een lengte van 3,3 meter.
- De schoorconstructie is berekend tot aan het maaiveld. Hoe de constructie onder de grond er precies uitziet (inclusief fundatie) is niet bekend en daarom buiten beschouwing gelaten. Bij het vergelijken van de twee plaatligger varianten moet het verschil in functionele eenheden worden meegenomen.
- Opvallend aan deze constructie is dat de schoorconstructie bovengemiddeld vaak gerepareerd of vervangen moet worden. Om dit gegeven mee te nemen in de berekening is de levensduur van de ondersteuningsconstructie vastgesteld op 20 jaar.
- De gewichten van de aluminium en stalen bebording zijn gebaseerd op aannames per vierkante meter bebording, de gewichten van de ondersteuningsconstructie is gebaseerd op basis van afmetingen en soortelijk gewicht.

Figuur 7 Plaatligger schoorconstructie (2b).

Hoeveelheden

In Tabel 10 en 11 zijn de hoeveelheden van de mast varianten met aluminium en stalen bebording over de gehele projectlevensduur weergegeven.

Tabel 10 Levenscyclus inventaris plaatligger schoorconstructie met aluminium bebording excl. fundatie (2b-1).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording	Reflecterend folie	10,46	kg	20
A1-A3		Plaklaag folie	2,28	kg	20
A1-A3		Aluminium primair	357,00	kg	20
A1-A3		Aluminium geanodiseerd	25,50	m2	20
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Staal primair t.b.v. staanders	30,00	kg	20
A1-A3		Staal primair t.b.v. schoren	30,00	kg	20
A1-A3		Staal primair t.b.v. tussenpijpen	119,13	kg	20

A1-A3		Staal primair t.b.v. trekschoren	124,77	kg	20
A1-A3		Staal primair t.b.v. dwarsliggers	31,62	kg	20
A1-A3		Zink coating	79,61	m2	20
A1-A3		Poeder coating	22,58	m2	20
A4	Transport aanvoer	Transport	112,12	tkm	
C2	Transport afvoer	Transport	39,04	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	12,73	kg	
C3	Afvalscenario aluminium	Aluminium afvalverbranding	10,71	kg	
C3		Aluminium voorbereiding tot recycling	346,29	kg	
C3		Aluminium recycling	346,29	kg	
C3	Afvalscenario staal	Staal storten	3,78	kg	
C3		Staal voorbereiding tot recycling	328,60	kg	
C3		Staal recycling	328,60	kg	
D	Credit/ burden folie en plaklaag	Rubber credit elektriciteit	12,73	kg	
D		Rubber credit warmte	12,73	kg	
D	Credit/ burden staal	Staal credit materiaal	164,30	kg	
D		Staal burden materiaal	-	kg	
D	Credit/ burden aluminium	Aluminium credit materiaal	173,15	kg	
D		Aluminium burden materiaal	-	kg	
D		Aluminium credit elektriciteit	10,71	kg	
D		Aluminium credit warmte	10,71	kg	

Tabel 11 Levenscyclus inventaris plaatligger schoorconstructie met stalen bebording excl. fundatie (2b-2).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording	Reflecterend folie	10,46	kg	20
A1-A3		Plaklaag folie	2,28	kg	20
A1-A3		Staal primair	535,50	kg	20
A1-A3		Staal zink coating	25,50	m2	20
A1-A3		Staal poeder coating	25,50	m2	20
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Staal primair t.b.v. staanders	30,00	kg	20
A1-A3		Staal primair t.b.v. schoren	30,00	kg	20
A1-A3		Staal primair t.b.v. tussenpijpen	119,13	kg	20
A1-A3		Staal primair t.b.v. trekschoren	124,77	kg	20
A1-A3		Staal primair t.b.v. dwarsliggers	31,62	kg	20
A1-A3		Staal zink coating	79,61	m2	20
A1-A3		Staal poeder coating	22,58	m2	20
A4	Transport aanvoer	Transport	138,89	tkm	
C2	Transport afvoer	Transport	39,04	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	12,73	kg	
C3	Afvalscenario staal	Staal storten	3,78	kg	
C3		Staal voorbereiding tot recycling	328,60	kg	
C3		Staal recycling	328,60	kg	
D	Credit/ burden folie en plaklaag	Rubber credit elektriciteit	12,73	kg	
D		Rubber credit warmte	12,73	kg	
D	Credit/ burden staal	Staal credit materiaal	164,30	kg	
D		Staal burden materiaal	-	kg	

3.3 Lichtwegwijzer

Uitgangspunten

De lichtwegwijzer heeft een mast als ondersteuningsconstructie en is het enige bewegwijzeringsobject waarbij ook milieueffecten in de gebruiksfase optreden in verband met elektriciteitsverbruik (zie Figuur 8). Uitgangspunten in deze studie zijn:

- De lichtwegwijzer heeft een mast met een lengte van 7 meter.
- Een gedeelte van de mast (0,2 meter) bevindt zich ook nog onder de grond ter stabilisatie van de mast.
- De mast draagt 6 armen met bewegwijzeringsborden van polycarbonaat met een translucent folie.
- De bewegwijzering is geplaatst in een roestvrijstalen frame en bevestigd met en een roestvrijstalen bevestigingsstuk.
- De lichtwegwijzer heeft een betonnen fundatie.
- De LED-verlichting is berekend op basis van een gemiddeld gewicht van 0,35 gram per LED-lampje. In één arm bevinden zich 11 compartimenten die uit 3 LED-lampjes bestaan.
- De verlichting is met behulp van een 10 meter lange kabel[10] aan het net gekoppeld.
- Tijdens de gebruiksfase wordt uitgegaan van een gemiddeld verbruik van 60 kWh per jaar.

Figuur 8 Lichtwegwijzer (3).

Hoeveelheden

In Tabel 12 zijn de hoeveelheden over de gehele projectlevensduur weergegeven.

Tabel 12 Levenscyclus inventaris lichtwegwijzer (3).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording	Translucent folie	7,74	kg	20
A1-A3		Plaklaag folie	1,68	kg	20
A1-A3		Polycarbonaat	144,00	kg	20
A1-A3		RVS primair t.b.v. frame	16,20	kg	50
A1-A3		RVS primair t.b.v. bevestiging	36,20	kg	50
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Staal primair t.b.v. boven	132,93	kg	50
A1-A3		Staal primair t.b.v. onder	75,75	kg	50
A1-A3		Staal primair t.b.v. ondergronds	5,80	kg	50
A1-A3		Staal zink coating	4,36	m2	50
A1-A3		Staal poeder coating	2,71	m2	50
A1-A3	Fundatie	Beton fundatie	235,24	kg	50
A1-A3	Verlichting	LED	0,35	kg	10

[10] *De kabel bestaat uit een 3-aderige PUR-kabel.*

A1-A3		Kabel	10,00	m	
A4	Transport aanvoer	Transport	98,38	tkm	
B	Elektriciteit verbruik	Elektriciteitsverbruik	3000,00	kWh	
C2	Transport afvoer	Transport	65,59	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	9,42	kg	
C3	Afvalscenario staal	Staal storten	2,67	kg	
C3		Staal voorbereiding tot recycling	232,19	kg	
C3		Staal recycling	232,19	kg	
C3	Afvalscenario polycarbonaat	Polycarbonaat voorbereiding tot recycling	144,00	kg	
D	Credit/ burden folie en plaklaag	Rubber credit elektriciteit	9,42	kg	
D		Rubber credit warmte	9,42	kg	
D	Credit/ burden staal	Staal credit materiaal	116,09	kg	
D		Staal burden materiaal	-	kg	

3.4 Grote handwegwijzer

Uitgangspunten en varianten

De grote handwegwijzer heeft een mast als ondersteuningsconstructie (zie Figuur 9). Uitgangspunten in deze studie zijn:

- De mast een lengte heeft van 80% van de lichtwegwijzer (3).
- De mast draagt 6 armen met dubbelzijdige bewegwijzeringsborden van polycarbonaat met een reflecterende folie.
- De bewegwijzering is geplaatst in een roestvrijstalen behuizing en bevestigd met en een roestvrijstalen bevestigingsstuk.
- De handwegwijzer groot heeft een betonnen fundatie.

Figuur 9 Handwegwijzer groot (4).

Hoeveelheden
In Tabel 13 zijn de hoeveelheden over de gehele projectlevensduur weergegeven.

Tabel 13 Levenscyclus inventaris grote handwegwijzer (4).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording	Reflecterend folie	11,52	kg	20
A1-A3		Plaklaag folie	2,51	kg	20
A1-A3		Polycarbonaat	97,20	kg	20
A1-A3		RVS primair	75,89	kg	50
A1-A4		RVS primair	18,08	kg	50
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Staal primair	106,34	kg	50
A1-A4		Staal primair	60,60	kg	50
A1-A4		Staal primair	4,64	kg	50
A1-A3		Staal zink coating	2,64	m2	50
A1-A3		Staal poeder coating	2,64	m2	50
A1-A3	Fundatie	Beton	74,88	kg	50
A4	Transport aanvoer	Transport	67,75	tkm	
C2	Transport afvoer	Transport	75,89	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	14,03	kg	
C3	Afvalscenario staal	Staal storten	2,66	kg	
C3		Staal voorbereiding tot recycling	231,03	kg	
C3		Staal recycling	231,03	kg	
C3	Afvalscenario recycling	Polycarbonaat voorbereiding tot recycling	97,20	kg	
D	Credit/ burden folie en plaklaag	Rubber credit elektriciteit	14,03	kg	
D		Rubber credit warmte	14,03	kg	
D	Credit/ burden staal	Staal credit materiaal	101,65	kg	
D		Staal burden materiaal	-	kg	

3.5 Fietswegwijzer

Uitgangspunten en varianten
De fietswegwijzer heeft een mast als ondersteuningsconstructie (zie Figuur 10 waarop een fietswegwijzer met vier armen is afgebeeld). Uitgangspunten in deze studie zijn:

- De mast heeft een gewicht van 27,6 kilogram[11].
- De mast draagt 6 armen bewegwijzeringsborden van aluminium met een reflecterende folie.
- De bewegwijzering is bevestigd met en een roestvrijstalen bevestigingsstuk.
- De fietswegwijzer heeft een betonnen fundatie.

[11] *Gebaseerd op informatie verkregen van marktpartij.*

Figuur 10 Fietswegwijzer (5).

Hoeveelheden

In Tabel 14 zijn de hoeveelheden over de gehele projectlevensduur weergegeven.

Tabel 14 Levenscyclus inventaris fietswegwijzer (5).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording	Reflecterend folie	1,25	kg	20
A1-A3		Plaklaag	0,27	kg	20
A1-A3		Aluminium primair	48,60	kg	20
A1-A3		Aluminium geanodiseerd	3,05	m2	20
A1-A3		RVS primair	8,40	kg	50
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Aluminium primair	27,60	kg	50
A1-A3	Fundatie	Beton fundatie	37,44	kg	50
A4	Transport aanvoer	Transport	18,53	tkm	
C2	Transport afvoer	Transport	4,74	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	1,52	kg	
C3	Afvalscenario aluminium	Aluminium afvalverbranding	2,29	kg	
C3		Aluminium voorbereiding tot recycling	73,91	kg	
C3		Aluminium recycling	73,91	kg	
C3	Afvalscenario staal	Staal voorbereiding tot recycling	0,08	kg	
C3		Staal recycling	7,31	kg	
C4		Staal storten	7,31	kg	
D	Credit/ burden folie en plaklaag	Rubber credit elektriciteit	1,52	kg	
D		Rubber credit warmte	1,52	kg	
D	Credit/ burden aluminium	Aluminium credit materiaal	73,91	kg	
D		Aluminium burden materiaal	-	kg	
D		Aluminium credit elektriciteit	2,29	kg	
D		Aluminium credit warmte	2,29	kg	
D	Credit/ burden staal	Staal credit materiaal	3,22	kg	
D		Staal burden materiaal	-	kg	

3.6 Fietspaddenstoel

Uitgangspunten en varianten

De fietspaddenstoel bestaat uit een ondersteuningsconstructie van HDPE in combinatie met een kap van HDPE (zie Figuur 11). Uitgangspunten in deze studie zijn:

- De ondersteuningsconstructie bestaat uit 6 kilogram HDPE bestaat en het onderstel van de kap uit 5 kilogram.
- De kap bestaat uit vier zijdes en de bovenkant die gezamenlijk een gewicht hebben van 1,5 kilogram.
- De fietspaddenstoel heeft geen extra fundatie.

Figuur 11 Fietspaddenstoel (6).

Hoeveelheden

In Tabel 15 zijn de hoeveelheden over de gehele projectlevensduur weergegeven.

Tabel 15 Levenscyclus inventaris fietspaddenstoel (6).

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	HDPE	22,03	kg	25
A1-A3	Kap	HDPE	2,94	kg	25
A4	Transport aanvoer	Transport	3,74	tkm	
C2	Transport afvoer	Transport	2,50	tkm	
C3	Afvalscenario HDPE	HDPE afvalverbranding	2,50	kg	
C3		HDPE voorbereiding tot recycling	21,22	kg	
C4		HDPE storten	1,25	kg	
D	Credit/ burden HDPE	HDPE credit materiaal	-	kg	
D		HDPE burden materiaal	3,74	kg	
D		HDPE credit elektriciteit	2,50	kg	
D		HDPE credit warmte	2,50	kg	

4 LCIA portofolio Nationale bewegwijzeringsdienst

In dit Hoofdstuk zijn de inventarisatiegegevens (LCI) uit Hoofdstuk 3 beoordeeld. Hiermee worden milieueffecten verkregen, uitgedrukt in een MKI, waarvoor de bewegwijzering verantwoordelijk is.

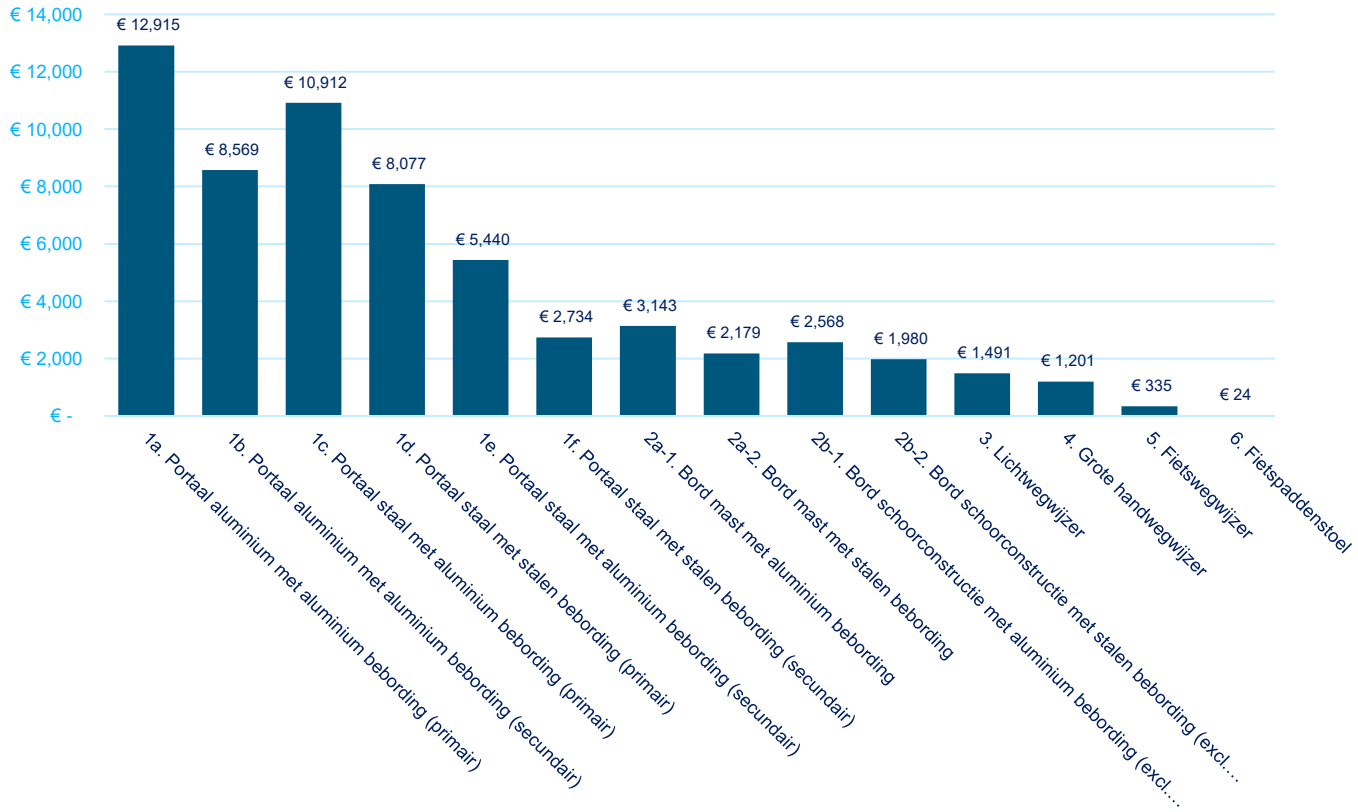
4.1 Milieuprestatie portofolio NBd

Deze paragraaf geeft een overzicht van milieuprestaties van de verschillende bewegwijzeringsobjecten. In Figuren 12 en 13 zijn milieuprestaties van de gespecificeerde bewegwijzeringsobjecten naast elkaar weergegeven.

Bevindingen portofolio

In Figuur 12 is te zien dat de variant portaal aluminium primair (1a) de hoogste MKI-waarde heeft van € 12.915 en de fietspaddenstoel (6) de laagste MKI-waarde heeft van € 24.

Figuur 12 Milieuprestatie portofolio NBd per object (in MKI).



NBd heeft volgens een eerste inventarisatie 51.300 objecten in beheer. Op basis van de meest conservatieve waarde[12] heeft het portofolio van NBd een totale MKI van **€ 124.237.162**. In Tabel 16 is een overzicht per bewegwijzeringsobject weergegeven.

[12] *Met conservatieve waarden wordt de grootste MKI per variant bedoelt. Bij de portaal varianten is dit bijvoorbeeld 1a.*

Tabel 16 MKI van NBd portofolio per bewegwijzeringsobject.

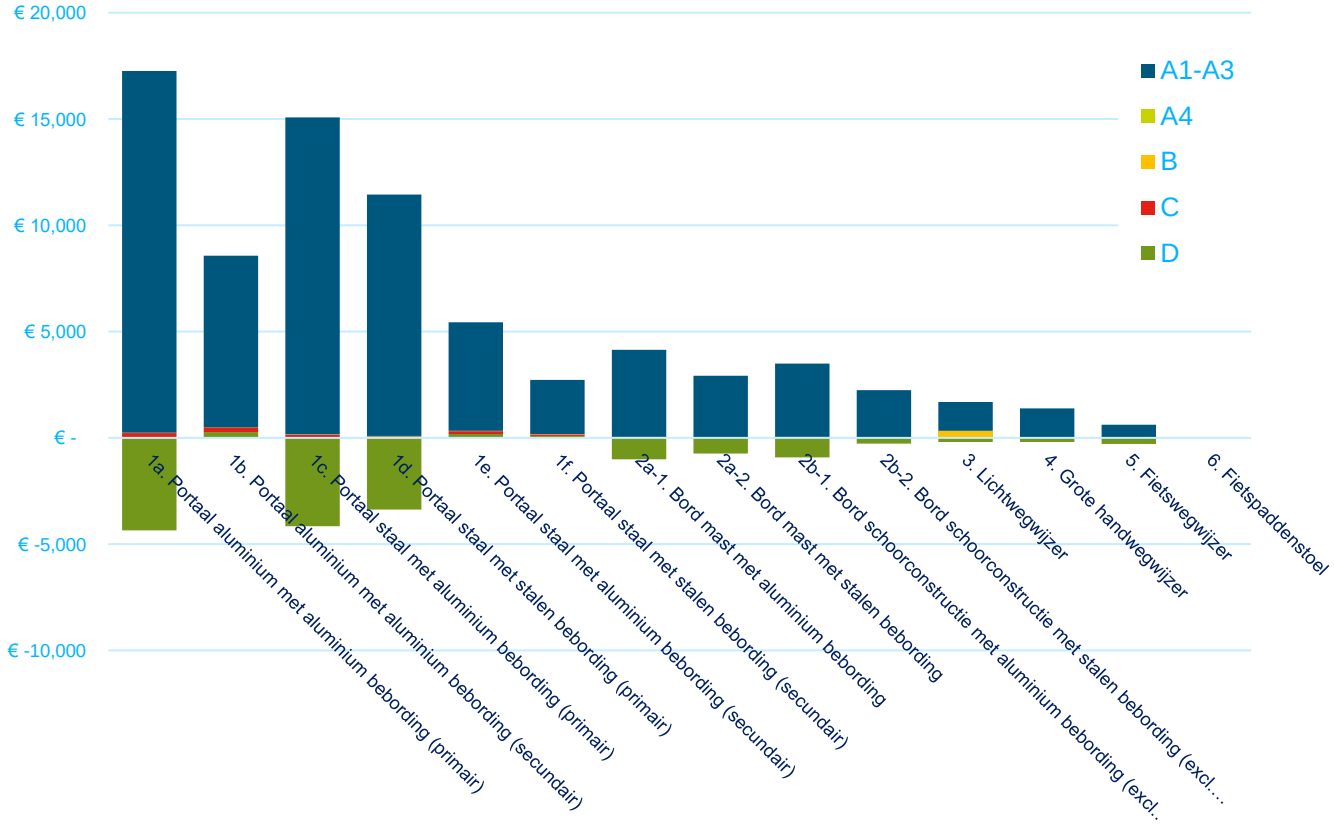
Onderdeel	Objecten in beheer (in stuks)	MKI totaal
Portaal	5.300	€ 68.449.168
Bord	10.000	€ 31.427.273
Lichtwegwijzer	11.000	€ 16.397.935
Grote handwegwijzer	1.500	€ 1.801.747
Fietswegwijzer	18.000	€ 6.694.635
Fietspaddenstoel	5.500	€ 133.648
Totaal	**51.300**	**€ 124.237.162**

Bevindingen portofolio per levenscyclusfase

Conform de LCA methodiek is milieu-impact uitgesplitst per levenscyclusfase. In Figuur 13 zijn de MKI-waarden opgesplitst naar productiefase (A1-A3), bouwfase (A4), gebruiksfase (B), afvalverwerkingsfase (C) en baten en lasten buiten de systeemgrenzen om (D). De Figuren verschillen van elkaar omdat Figuur 12 de totale MKI per variant toont en Figuur 13 per levenscyclusfase. Bij een credit in module D is de MKI negatief. Te zien is dat:

- De grootste impact ontstaat bij de productiefase (A1-A3).
- De bewegwijzeringsobjecten die gebruik maken van primaire grondstoffen ontvangen bij recycling een credit omdat deze objecten grondstoffen leveren aan een volgend systeem. Ook bewegwijzeringsobjecten die gebruik maken van secundaire grondstoffen kunnen bij recycling een credit ontvangen, tenzij meer secundair materiaal wordt gebruikt dan bij einde levensduur wordt geleverd aan een volgend systeem. Dit laatste is het geval in deze studie aangezien uit wordt gegaan van 100% gerecycled content als input bij varianten die gebruik maken van secundair materiaal.

Figuur 13 Milieuprestatie portofolio NBd per object per fase (in MKI).



4.2 Milieuprestatie portaal

In Figuur 14 tot en met 19 zijn de MKI-waarden van de portaalvarianten (1a t/m 1d) per levenscyclusfase weergegeven.

Uit de nulmeting van portalen kan het volgende worden geconcludeerd:

Aluminium varianten (1a en 1b)

- De productiefase van de bebording, ondersteuningsconstructie en fundatie hebben de grootste bijdrage bij de milieu-impact bij 1a en 1b, met respectievelijk 132%[13] en 94%;
- De secundaire variant (1b) heeft een lagere milieu-impact in vergelijking tot de primaire variant (1a). De toepassing van secundair aluminium levert een reductie op van 34%;
- De primaire variant (1a) heeft een credit[14] in module D, terwijl de secundaire variant (1b) een burden[15] heeft.

Stalen varianten (1c, 1d, 1e en 1f)

- De productiefase (A1-A3) van de bebording, ondersteuningsconstructie en fundatie hebben de grootste impact bij de stalen ondersteuningsvarianten.
- De aluminium bebording heeft een slechtere milieuprestatie in vergelijking met de stalen bebording.
- De secundaire varianten (1e en 1f) hebben een lagere milieu-impact in vergelijking tot de primaire varianten (1c en 1d).
- De primaire varianten (1c en 1d) hebben een credit in module D, terwijl de secundaire varianten (1e en 1f) een burden hebben.

Onderlinge vergelijking

- De varianten met een stalen ondersteuningsconstructie (1c tot en met 1f) hebben een lagere milieu-impact in vergelijking tot de aluminium varianten (1a en 1b).
- De varianten met stalen bebording (1d en 1f) hebben een lagere milieu-impact in vergelijking tot de varianten met een aluminium bebording (1c en 1e).
- De secundaire varianten (1b, 1e en 1f) hebben een lagere milieu-impact in vergelijking tot de primaire varianten (1a, 1c en 1d).

Voor meer informatie lees de beschrijving per variant in Paragrafen 4.2.1 tot en met 4.2.6.

[13] De bijdrage kan meer dan 100% zijn omdat module D een negatieve waarde kan hebben in het geval van een credit.
[14] Een systeem krijgt een credit wanneer het primaire grondstoffen of energie uit fossiele brandstoffen vervangt in een volgend systeem.
[15] Een systeem krijgt een burden wanneer het meer secundaire grondstoffen gebruikt dan dat het bij einde levensduur aan een volgend systeem kan doorgeven.

4.2.1 Portaal aluminium met aluminium bebording primair (1a)

De milieuprestatie van de variant portaal aluminium met aluminium bebording primair (1a) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 14. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages zijn berekend op basis van het totaal.

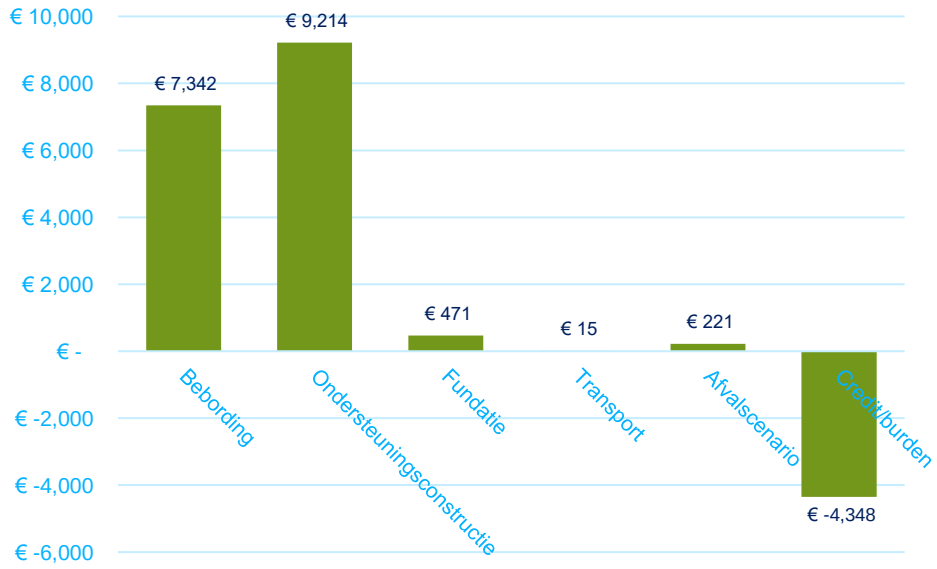
Milieu-impact

- De MKI van variant 1a is € 12.915.
- De productiefase heeft het belangrijkste aandeel met 132% van totale impact. De ondersteuningsconstructie en bewegwijzering hebben de grootste impact met respectievelijk € 9.214 (71%) en € 7.342 (57%). De fundatie heeft een beperkte milieu impact van € 471 (4%).
- Het afvalscenario van variant 1a heeft een impact van € 221 (2%). Tijdens het afvalscenario worden de folie inclusief plaklaag verbrand[16] en worden de aluminium onderdelen volgens de forfaitaire waarde vanuit de SBK-bepalingsmethode verwerkt [17]. De inzameling van aluminium en voorbereiding tot recycling heeft de grootste milieu-impact[18].
- De impact van de transportfase van aan- en afvoer van materialen is relatief beperkt met € 15 (0%).

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

Aangezien 97%[10] van het aluminium bij einde levensduur wordt gerecycled krijgt variant 1a, als grondstofleverancier aan een volgend systeem, een credit van € -4.348 (-34%). De credit is berekend op basis van de vermeden milieu-impact horend bij de productie van primair aluminium minus de milieu-impact horend bij de productie van secundair aluminium. Voor de verbranding van aluminium zijn geen baten of lasten doorgerekend omdat deze informatie niet in Ecoinvent beschikbaar was. Voor de verbranding van het folie en de plaklaag zijn credits toegekend op basis van de Lower Heating Value van den materialen en het terugwinningsrendement van 18% elektriciteit en 31% warmte.

Figuur 14 Milieuprestatie portaal aluminium met aluminium bebording primair (1a).



[16] *Aangezien de verbranding van het folie niet één-op-één beschikbaar was in Ecoinvent is uitgegaan van de verbranding van rubber.*
[17] *Forfaitaire waarden einde levensduur aluminium: 3% afvalverbranding, 97% recycling. In deze studie wordt uitgegaan dat 50% van de vrijkomende materialen hoogwaardig wordt gerecycled.*
[18] *Aanpassing Ecoinvent proces: bij inzameling van aluminium en voorbereiding tot recycling is koper (schroot) op nul gezet.*

4.2.2 Portaal aluminium met aluminium bebording secundair (1b)

De milieuprestatie van de portaal aluminium met aluminium bebording secundair (1b) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 15. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

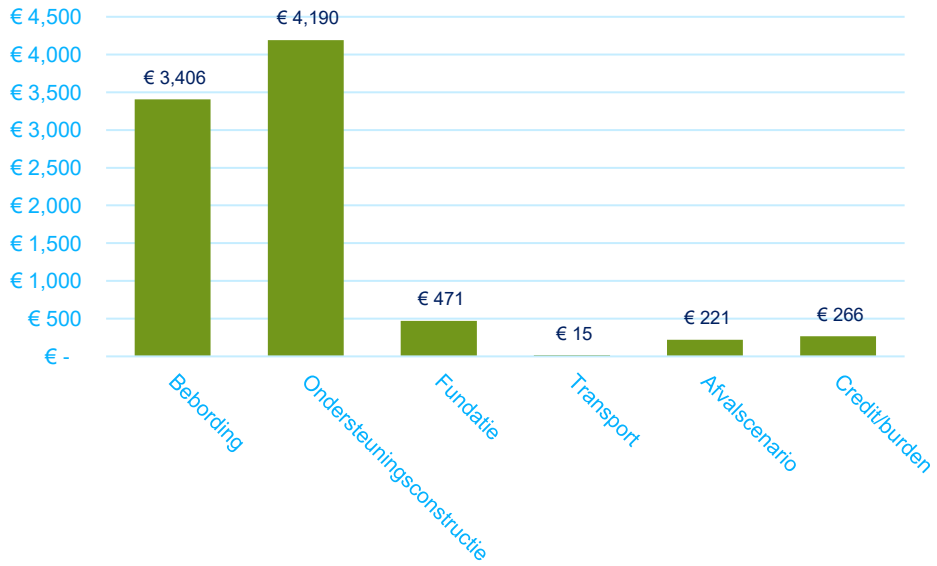
Milieu-impact

- De MKI van variant 1b is € 8.569.
- Net als bij variant 1a heeft de productiefase het belangrijkste aandeel met 94% van totale impact. De ondersteuningsconstructie en bewegwijzering hebben de grootste impact met respectievelijk € € 4.190 (49%) en € 3.406 (40%). De fundatie heeft een beperkte milieu impact van € 471 (6%).
- Het afvalscenario van variant 1a heeft een impact van € 221 (2%).
- De impact van transport (aan- en afvoer van materialen) is relatief beperkt met € 15 (0%).
- Het gebruik van secundair aluminium levert een reductie op van 34% ten opzichte van de primaire variant (1a).

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

Aangezien ‘slechts’ 97% van het aluminium bij einde levensduur wordt gerecycled krijgt variant 1b een burden van € 266. De burden is berekend door middel van de milieu impact van primair aluminium te vermenigvuldigen met het verlies aan secundair materiaal in het geval van variant 1b is dit 3% van het gewicht. Ook hier is een credit gegeven voor de terugwinning van warmte en elektriciteit bij de verbranding van de folie en plaklaag.

Figuur 15 Milieuprestatie portaal aluminium met aluminium bebording secundair (1b).



4.2.3 Portaal staal met aluminium bebording primair (1c)

De milieuprestatie van de variant portaal staal met aluminium bebording primair (1a) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 16. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

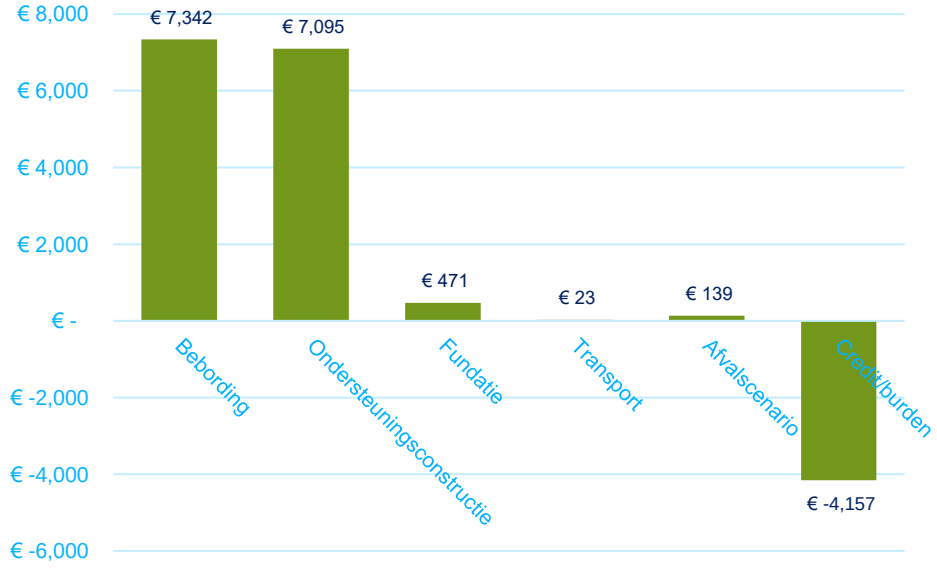
Milieu-impact

- De MKI van variant 1c is € 10.912.
- De productiefase het belangrijkste aandeel met 137% van totale impact. De bebording en ondersteuningsconstructie hebben de grootste impact met respectievelijk € 7.342 (67%) en € 7.095 (65%). De fundatie heeft een beperkte milieu impact van € 471 (4%).
- Het afvalscenario heeft een impact van € 139 (1%). Het afvalscenario van 1c is lager dan bij de aluminium ondersteuningsconstructie varianten; dit komt doordat het inzamelingsproces en de voorbereiding tot recycling van staal een lagere milieu-impact hebben dan bij aluminium.
- De impact van het transport van aan- en afvoer van materialen is relatief beperkt met € 23 (0%).

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

Ook de stalen primaire variant krijgt een credit op basis van materiaal en terugwinning van energie en warmte bij de verbranding van folie en plaklaag. De credit bedraagt € -4.157 (-38%).

Figuur 16 Milieuprestatie portaal staal met aluminium bebording primair (1c).



4.2.4 Portaal staal met stalen bebording primair (1d)

De milieuprestatie van de variant portaal staal met stalen bebording primair (1d) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 17. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

Milieu-impact

- De MKI van variant 1d is € 8.077.
- De productiefase het belangrijkste aandeel met 148% van totale impact. De ondersteuningsconstructie en bebording hebben de grootste impact met respectievelijk € 7.095 (88%) en € 3.794 (47%). De fundatie heeft een beperkte milieu impact van € 471 (6%).
- De milieu-impact van het afvalscenario bij staal is lager dan bij die van aluminium. Het afvalscenario heeft een impact van € 63 (1%).
- De impact van het transport van aan- en afvoer van materialen is relatief beperkt met € 26 (0%).

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

Ook de stalen primaire variant krijgt een credit op basis van materiaal en terugwinning van energie en warmte bij de verbranding van folie en plaklaag. De credit bedraagt € -3.371 (-49%).

Figuur 17 Milieuprestatie portaal staal met stalen bebording primair (1d).

4.2.5 Portaal staal met aluminium bebording secundair (1e)

De milieuprestatie van de variant portaal staal met aluminium bebording secundair (1e) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 18. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

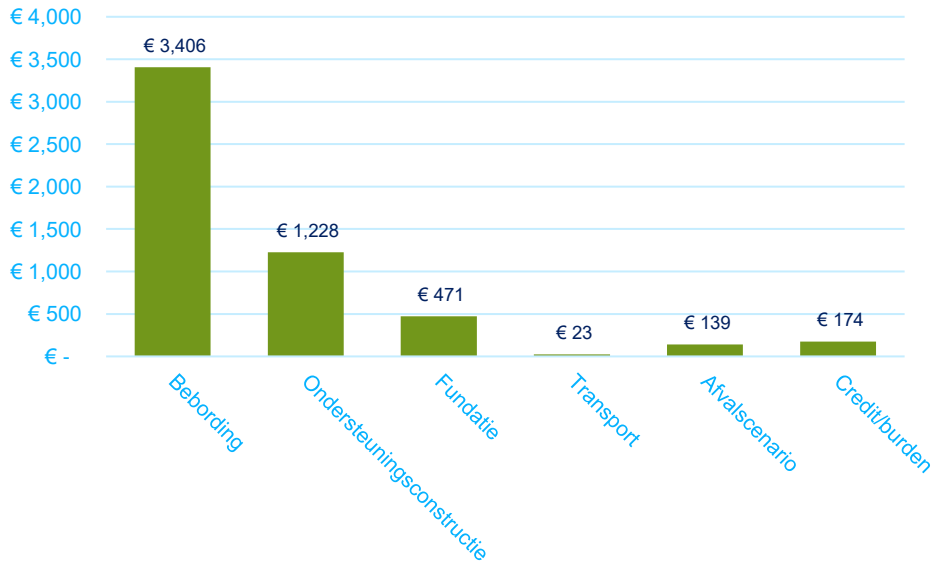
Milieu-impact

- De MKI van variant 1e is € 5.440.
- De productiefase heeft de grootste bijdrage met 90%. De bebording en ondersteuningsconstructie hebben de grootste impact met respectievelijk € 3.406 (63%) en € 1.228 (23%). De fundatie heeft een relatieve beperkte impact met € 471 (9%).
- De milieu-impact van het afvalscenario heeft een impact van € 139 (2%).
- De impact van het transport van aan- en afvoer van materialen is met € 23 (0%).

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

Aangezien ‘slechts’ 87% van het staal bij einde levensduur wordt gerecycled krijgt variant 1d een burden van € 174 (3%).

Figuur 18 Milieuprestatie portaal staal met aluminium bebording secundair (1e).



4.2.6 Portaal staal met stalen bebording secundair (1f)

De milieuprestatie van de variant portaal staal met stalen bebording secundair (1f) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 19. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

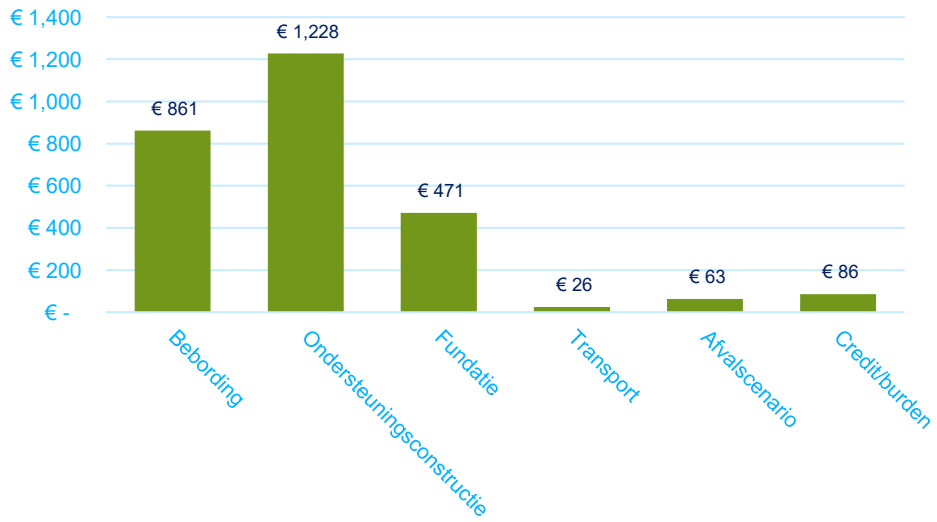
Milieu-impact

- De MKI van variant 1f is € 2.734.
- De productiefase heeft de grootste bijdrage met 94%. De ondersteuningsconstructie en bebording hebben de grootste impact met respectievelijk € 1.228 (40%) en € 861 (35%). De fundatie heeft een relatieve grote impact met € 471 (17%).
- De milieu-impact van het afvalscenario heeft een impact van € 63 (2%).
- De impact van het transport van aan- en afvoer van materialen is met € 26 (1%).

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

Aangezien ‘slechts’ 87% van het staal bij einde levensduur wordt gerecycled krijgt variant 1f een burden van € 86 (3%).

Figuur 19 Milieuprestatie portaal staal met stalen bebording secundair (1f).



4.3 Milieuprestatie bord

In Figuur 20 tot en met 24 zijn de MKI-waarden van de plaatligger varianten (2a en 2b) per levenscyclusfase weergegeven.

Uit de nulmeting van plaatliggers kan het volgende worden geconcludeerd:

Bord variant mast en variant schoorconstructie

- Bij beide varianten heeft de productie- en einde levensduurfase van de bebording van aluminium (2a-1 en 2b-1) een grotere milieu-impact in vergelijking tot bebording van staal (2a-2 en 2b-2).

Onderlinge vergelijking

- De ondersteuningsconstructie van de schoorconstructie scoort iets beter dan de mastconstructie, echter is de schoorconstructie berekend tot aan het maaiveld en is de fundatie hierin niet meegenomen.

Voor meer informatie lees de beschrijving per variant in Paragrafen 4.3.1 tot en met 4.3.4.

4.3.1 Milieuprestatie bord mast met aluminium bebording (2a-1)

De milieuprestatie van de variant bord mast met aluminium bebording (2a-1) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 20. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

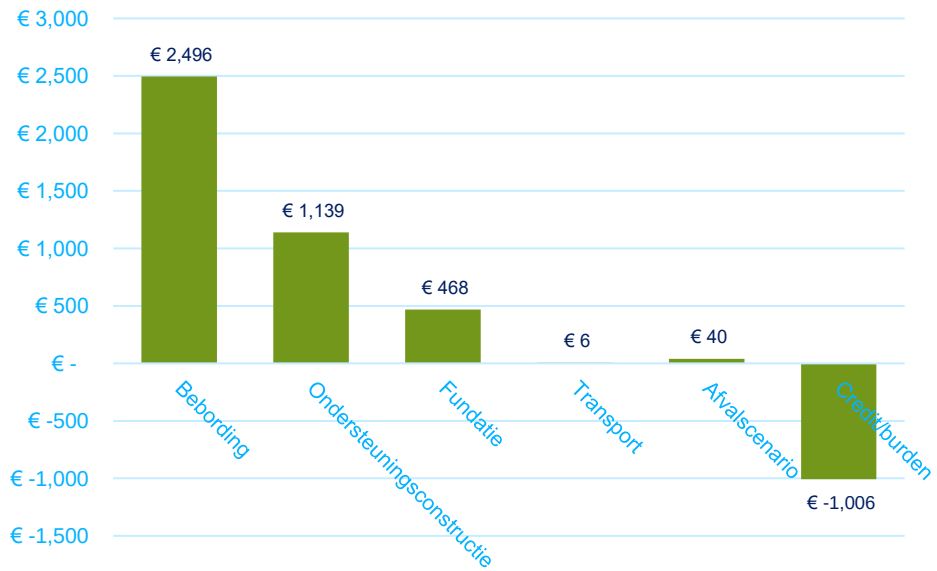
Milieu-impact

- De MKI van variant 2a-1 is € 3.143.
- De productiefase heeft het belangrijkste aandeel met 131%. De bebording en ondersteuningsconstructie hebben de grootste impact met respectievelijk € 2.496 (79%) en € 1.139 (36%). De fundatie heeft een impact van € 468 (15%).
- Het afvalscenario heeft een impact van € 40 (1%).
- De impact van transport is beperkt met € 6 (0%).

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

Variant 2a-1 heeft een credit van € -1006 (-32%) in verband met de recycling van staal en aluminium en terugwinning van warmte en elektriciteit bij verbranding.

Figuur 20 Milieuprestatie bord mast met aluminium bebording (2a-1).



4.3.2 Milieuprestatie plaatligger mast met stalen bebording (2a-2)

De milieuprestatie van de variant bord mast met stalen bebording (2a-2) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 21. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

Milieu-impact

- De MKI van variant 2a-2 is € 2.179.
- De productiefase heeft het belangrijkste aandeel met 133%. De bebording en ondersteuningsconstructie hebben de grootste impact met respectievelijk € 1290 (59%) en € 1.139 (52%). De fundatie heeft een impact van € 468 (21%).
- Het afvalscenario heeft een beperkte impact van € 15 (1%).
- De impact van transport is beperkt met € 6 (0%).

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

Variant 2a-2 heeft een credit van € -739 (-34%) in verband met de recycling van staal en terugwinning van warmte en elektriciteit bij verbranding.

Figuur 21 Milieuprestatie bord mast met stalen bebording (2a-2).

4.3.3 Milieuprestatie plaatligger schoorconstructie excl. fundatie met aluminium bebording (2b-1)

De milieuprestatie van de variant bord schoorconstructie exclusief fundatie met aluminium bebording (2b-1) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 22. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

Milieu-impact

- De MKI van variant 2b-1 is € 2.568.
- De productiefase heeft de belangrijkste bijdrage met 134%. De bebording en ondersteuningsconstructie hebben de grootste impact met respectievelijk: € 2.496 (82%) en € 950 (37%). De fundatie is niet mee genomen in de berekening van de schoorconstructievarianten.
- Opvolgend hebben het afvalscenario de grootste impact met € 39 (1%).
- De impact van het transport is beperkt met € 3 (0%).

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

Variant 2b-1 heeft een credit van € -919 (-36%) in verband met de recycling van staal en aluminium en terugwinning van warmte en elektriciteit bij verbranding.

Figuur 22 Milieuprestatie plaatligger schoorconstructie excl. fundatie met aluminium bebording (2b-1).

4.3.4 Milieuprestatie bord schoorconstructie excl. fundatie met stalen bebording (2b-2)

De milieuprestatie van de variant bord schoorconstructie exclusief fundatie met stalen bebording (2b-2) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 23. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

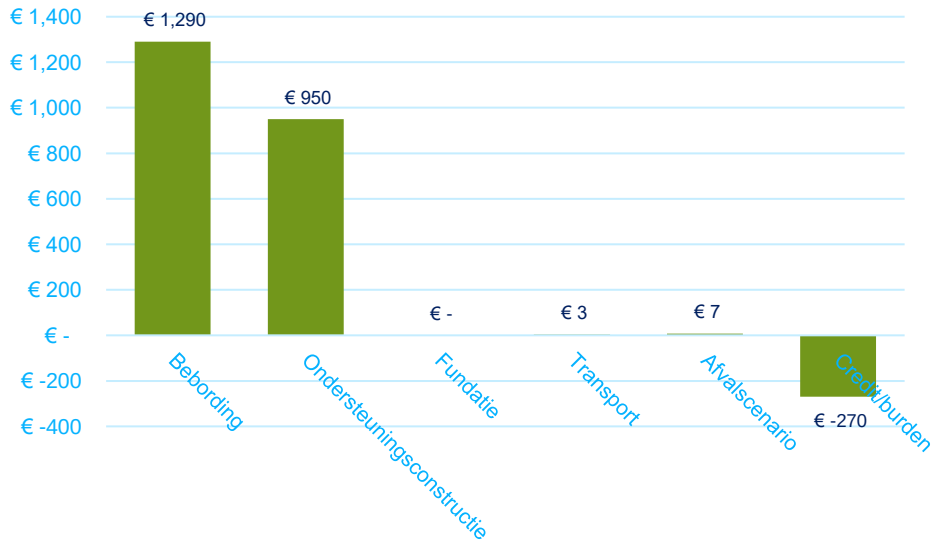
Milieu-impact

- De MKI van variant 2b-2 is € 1.980.
- De productiefase heeft de belangrijkste bijdrage met 113%. De bebording en ondersteuningsconstructie hebben de grootste impact met respectievelijk: € 1.290 (65%) en € 950 (48%). De fundatie is niet mee genomen in de berekening van de schoorconstructievarianten.
- Opvolgend hebben het afvalscenario de grootste impact met € 7 (0%).
- De impact van het transport is beperkt met € 3 (0%).

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

Variant 2b-1 heeft een credit van € -270 (-14%) in verband met de recycling van staal en terugwinning van warmte en elektriciteit bij verbranding.

Figuur 23 Milieuprestatie plaatligger schoorconstructie excl. fundatie met stalen bebording (2b-2).



4.4 Milieuprestatie lichtwegwijzer

Figuur 24 geeft de MKI-waarde van de lichtwegwijzer (3) per levenscyclusfase weer.

Uit de nulmeting van de lichtwegwijzer kan het volgende worden geconcludeerd:

- De productiefase de belangrijkste bijdrage heeft aan de milieu-impact met 90%. Volgend zijn respectievelijk gebruiksfase (21%), afvalverwerkingsfase (1%) en transportfase (0%).
- De lichtwegwijzer heeft een credit van -13%.

Voor meer informatie zie de beschrijving in paragraaf 4.4.1.

4.4.1 Milieuprestatie lichtwegwijzer (3)

De milieuprestatie van de lichtwegwijzer (3) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 24. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

Milieu-impact

- De MKI van variant 3 is € 1.491.
- De productiefase heeft de belangrijkste bijdrage met 92%. De grootste bijdrage komst van respectievelijk bebording (€ 613 – 41%), ondersteuningsconstructie (€ 491 – 33%), verlichting (€ 237 – 16%) en fundatie € 3 (0%).
- Bij de productiefase van de bebording heeft de roestvrijstalen framewerk en bevestiging de belangrijkste bijdrage met 82% van de milieu-impact van dat element.
- De gebruiksfase heeft een milieu-impact van € 315 (21%). Bij de berekening is gebruik gemaakt van de elektriciteit mix van Nederland uit 2014.
- Het afvalscenario van de lichtwegwijzer heeft een beperkte impact met € 19 (1%).
- De impact van de transportfase is beperkt met € 3 (0%).

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

Variant 3 heeft een credit van € -191 (-13%) in verband met de recycling van (roestvrij-) staal en polycarbonaat en terugwinning van warmte en elektriciteit bij verbranding.

Figuur 24 Milieuprestatie lichtwegwijzer (3).

4.5 Milieuprestatie grote handwegwijzer

Figuur 25 presenteert de MKI-waarde van de handwegwijzer groot (3) per levenscyclusfase.

Uit de nulmeting van de handwegwijzer groot kan het volgende worden geconcludeerd:

- De productiefase de belangrijkste bijdrage heeft aan de milieu-impact met 114%. Volgend hierop komen de afvalverwerkingsfase (1%) en transportfase (0%).
- De lichtwegwijzer heeft een credit van -16%.

Voor meer detailinformatie zie de beschrijving in paragraaf 4.5.1.

4.5.1 Milieuprestatie grote handwegwijzer (4)

De milieuprestatie van de grote handwegwijzer (4) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 25. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

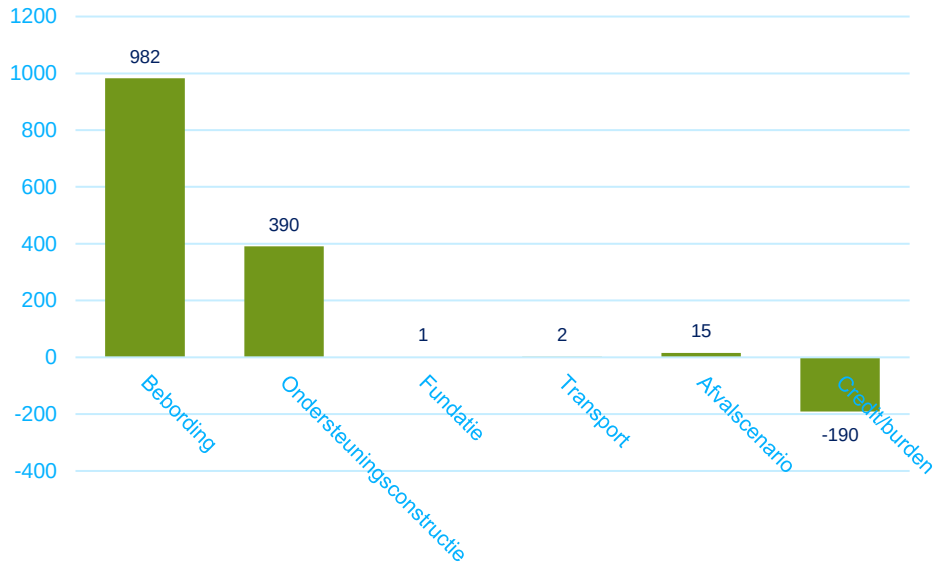
Milieu-impact

- De MKI van variant 4 is € 1.201.
- De productiefase heeft de belangrijkste bijdrage met 114%. De grootste bijdrage komst van respectievelijk bebording van polycarbonaat met roestvrijstalen behuizing (€ 982 – 82%), ondersteuningsconstructie (€ 390 – 33%), en fundatie € 1 (0%).
- Het afvalscenario van de grote handwegwijzer heeft een beperkte impact met € 15 (1%).
- De impact van de transportfase is beperkt met € 2 (0%).

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

Variant 4 heeft een credit van € -190 (-16%) in verband met de recycling van (roestvrij-) staal en polycarbonaat en terugwinning van warmte en elektriciteit bij verbranding.

Figuur 25 Milieuprestatie grote handwegwijzer (4).



4.6 Milieuprestatie fietswegwijzer

Figuur 26 presenteert de MKI-waarde van de fietswegwijzer (5) per levenscyclusfase.

Uit de nulmeting van de fietswegwijzer kan het volgende worden geconcludeerd:

- De productiefase de belangrijkste bijdrage heeft aan de milieu-impact met 183%. Volgend hierop komen de afvalverwerkingsfase (2%) en transportfase (0%).
- De fietswegwijzer heeft een credit van -85%.

Voor meer detailinformatie zie de beschrijving in paragraaf 4.6.1.

4.6.1 Milieuprestatie fietswegwijzer (5)

De milieuprestatie van de fietswegwijzer (5) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 26. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

Milieu-impact

- De MKI van variant 5 is € 334.
- De productiefase heeft de belangrijkste bijdrage met 183%. De grootste bijdrage komst van respectievelijk bebording van aluminium (€ 420 – 126%), ondersteuningsconstructie (€ 190 – 57%), en fundatie € 1 (0%).
- Het afvalscenario van de grote handwegwijzer heeft een impact van € 7 (2%).
- De impact van de transportfase is beperkt met € 0 (0%).

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

Variant 5 heeft een credit van € -283 (-30%) in verband met de recycling van (roestvrij-) staal en aluminium.

Figuur 26 Milieuprestatie fietswegwijzer (5).

4.7 Milieuprestatie fietspaddenstoel

Figuur 27 presenteert de MKI-waarde van de fietspaddenstoel (6) per levenscyclusfase.

Uit de nulmeting van de fietswegwijzer kan het volgende worden geconcludeerd:

- De productiefase de belangrijkste bijdrage heeft aan de milieu-impact met 62%. Volgend hierop komen de afvalverwerkingsfase (31%) en transportfase (0%).
- De fietspaddenstoel heeft een burden van 6%.

Voor meer detailinformatie zie de beschrijving in paragraaf 4.7.1.

4.7.1 Milieuprestatie fietspaddenstoel (6)

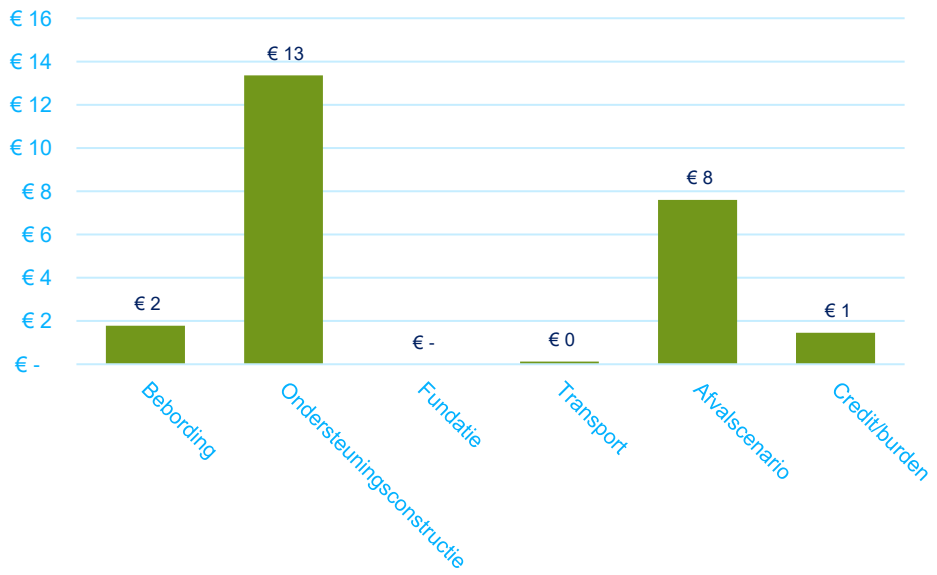
De milieuprestatie van de fietspaddenstoel (6) is per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 27. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

Milieu-impact

- De MKI van variant 6 is € 24.
- De milieu-impact van een fietspaddenstoel is volledig bepaald door de productie (€ 15 – 62%) en het afvalscenario (€ 8 – 31%) van HDPE.

Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om
Variant 6 heeft een burden van € 1 (6%) in verband met de recycling van HDPE.

Figuur 27 Milieuprestatie fietspaddenstoel (6).



5 Interpretatie nulmeting

Productie bewegwijzeringbebording en ondersteuningsconstructie grootste impact
De milieu-impact vindt met name plaats in de productiefase van staal en aluminium voor de bewegwijzeringbebording en ondersteuningsconstructies.

Aluminium en staal
Aluminium en staal hebben een belangrijke bijdrage in de milieu-impact van de bewegwijzering. Het volgende blijkt uit de nulmeting:

- Primair aluminium heeft in de eerste levenscyclus (van grondstofextractie tot afdanking) een grotere milieu-impact dan primair staal.
- Secundair aluminium heeft in de eerste levenscyclus (van de productie van gerecycled aluminium uit schroot) een grotere milieu-impact dan secundair staal.
- Aluminium en staal gemaakt van secundaire grondstoffen hebben een lagere milieu-impact dan aluminium en staal gemaakt van primaire grondstoffen.

De grotere milieu-impact van aluminium wordt voornamelijk veroorzaakt in de productiefase en deels ook bij de voorbereiding voor recycling van het aluminium. Hiertegenover staat dat aluminium objecten lichter zijn in vergelijking met de objecten van staal. In tabel 17 worden de Ecoinvent processen van de productiefase van aluminium en staal weergegeven.

Tabel 17 Vergelijking milieu-impact productiefase staal en aluminium.

Ecoinvent proces	MKI/kg	Primair	Secundair
Aluminium, wrought allloy {GLO} | aluminium ingot, primary, to market | Cut-off, U	€ 6,54	100%	0%
Steel, low-alloyed {RER} | steel production, converter, low-alloyed | Cut-off, U	€ 2,12	88%	12%
Aluminium, wrought alloy {RER} | production new and old scrap based on 2013 composition | Cut-off, U	€ 2,82	0%	100%
Aluminium, wrought alloy {RER} | production new scrap | Cut-off, U	€ 0,59	0%	100%
Aluminium, wrought alloy {RER} | production post-consumer scrap | Cut-off, U	€ 5,34	0%	100%
Steel, low-alloyed {RER} | steel production, electric, low-alloyed | Cut-off, U	€ 0,25	0%	100%

Bij staalproductie in hoogovens wordt altijd een fractie schroot (tot maximaal 25%) toegevoegd waarmee de vergelijking tussen primair staal en primair aluminium niet één op één te maken is. In deze studie wordt namelijk gebruik gemaakt van staal met een primaire grondstofcontent van 88% ten opzichte van primair aluminium met 100% primaire grondstofcontent. Wanneer beide primaire productieprocessen worden vergeleken op basis van Europese branchegemiddelden blijkt dat de milieu-impact van staalproductie 67% lager is in vergelijking tot het productieproces van primair aluminium. Dit wordt veroorzaakt door de relatief grote hoeveelheid energie benodigd voor de productie van aluminium.

Bij de productie van secundair staal wordt uitgegaan van het productieproces in een Europese vlamboogoven. Bij het productieproces van secundair aluminium kan gebruik worden gemaakt van schroot dat ontstaat tijdens fabricageprocessen (nieuw schroot) of consumenten schroot (oud schroot). De milieu-impact verschilt sterk tussen nieuw en oud schroot en daarom wordt in deze studie uitgegaan van de gemiddelde compositie van nieuw schroot (53%) en oud schroot (47%) [19] . Wanneer beide

[19] *IAI, 2014, p.8*

productieprocessen worden vergeleken op basis van Europese branche gemiddelden blijkt dat de milieu-impact van staal 91% lager is in vergelijking tot het productieproces van secundair aluminium.

De milieu-impact van secundair aluminium (nieuw schroot) laat zien dat de impact van secundair aluminium lager kan zijn dan de productie van primair staal. De vergelijking staal en aluminium is dus afhankelijk van de verhouding van primaire en secundaire grondstoffen en dit bepaalt of staal dan wel aluminium een lagere milieu-impact heeft. Uiteraard is het ook belangrijk om na te gaan hoe productieprocessen zich verhouden ten opzichte van het Europese branchegemiddelde. Voor een eerlijke vergelijking zouden leveranciers uitgedaagd kunnen worden om de MKI van hun product te berekenen om zo voor de meest duurzame variant te kiezen.

Beschikbaarheid secundaire grondstoffen beperkende factor voor verlagen impact
Secundair aluminium en staal hebben een lagere milieu-impact in vergelijking tot het primaire materiaal. Het lijkt daarom aannemelijk dat de milieubelasting verlaagd kan worden door te kiezen voor secundair aluminium en staal. In de praktijk is de vraag naar aluminium en staal echter veel hoger dan de hoeveelheid afgedankt aluminium en staal die beschikbaar komt voor recycling. De aanschaf van secundair aluminium of staal in plaats van primair aluminium of staal verandert daar niets aan. Om de milieu-impact van het gebruik van aluminium of staal werkelijk te verlagen door gebruik te maken van secundaire materiaal is het noodzakelijk dat het om additioneel secundair aluminium of staal gaat. Met andere woorden: de gemiddelde milieubelasting van aluminium en staal gaat pas omlaag als schroot wordt gebruikt dat anders zou worden gestort of verbrand. Om een verhoging van de recycling rate van afgedankt aluminium en staal te bevorderen is het gebruikelijk om in LCA's toch te rekenen met de milieu-impact van 100% secundair aluminium of staal (als dat gebruikt wordt) in plaats van met het branchegemiddelde.

Gebruiksfase lichtwegwijzer
Voor de lichtwegwijzer (3) geldt dat ook de gebruiksfase een belangrijke bijdrage heeft aan de milieu-impact. Dit laat zien dat het verduurzamen van de elektriciteitsmix van Nederland ook invloed heeft op de milieu-impact van de lichtwegwijzer in de gebruiksfase (3).

Milieu-impact fundatie en transport relatief beperkt
De milieu-impact horende bij de fundatie en het transport is voor de meeste varianten beperkt. Bij de fundatie komt dit met name doordat het beton een relatief lage milieu-impact heeft (per volume- en gewichtseenheid in vergelijking tot metalen) en omdat de fundatie niet vervangen hoeft te worden. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld de bebording van de bewegwijzering.

Module D – Baten en lasten buiten de systeemgrenzen om
De nulmeting is volgens de SBK-bepalingsmethode uitgevoerd. Module D schrijft voor dat credits en burdens (baten en lasten) buiten de systeemgrenzen om aan het systeem toegeschreven moeten worden. Het gebruik maken van credits en burdens geeft een overzicht van hoe de baten en lasten zijn verdeeld over meerdere levenscycli en verschillende producten. In een circulaire economie is het van belang dat zowel de gerecycled content van een product als het recycling percentage aan het einde van de levensduur zo hoog mogelijk is. In module D is dit meegenomen door middel van de vermeden milieukosten door materiaal gebruik. Hierbij is het echter de vraag of het echt om additionele secundaire grondstoffen gaat en of we ons niet te rijk rekenen met het toekennen van deze credits. Het toekennen van credits op basis van elektriciteit- en warmteterugwinning bij verbranding zijn niet in lijn met de doelstellingen van de Energietransitie. Elektriciteit- en warmteterugwinning is namelijk niet in lijn met de ambitie van 100% hernieuwbare energie. De waarden volgend uit module D moeten in deze context geïnterpreteerd worden. In dit licht zouden de verschillen tussen primaire en secundaire grondstoffen nog groter worden dan dat ze nu al zijn.

Onzekerheden en nuanceringen

De resultaten van de nulmeting kennen de volgende onzekerheden:

- In deze nulmeting is geen primaire producenten- of leveranciersdata gebruikt. Tijdens de studie is met verschillende marktpartijen gesproken. De dataverzameling en het gebruik van producentendata was echter niet volledig voor alle varianten. De berekeningen zijn daarom mede gebaseerd op basis van afmetingen in combinatie met het soortelijk gewicht per materiaal. Het kan zijn dat de gewichten van producenten hiervan afwijken.
- De benaderde marktpartijen beschikten niet over MKI-waarden van de door hun toegepaste materialen. De MKI-berekening is daarom berekend op basis van achtergrond data afkomstig uit de Ecoinvent 3.4 database (met cut-off methode). In deze database staan mondiale, Europese of Nederlandse gemiddelde impacts. Dit betekent dat in de praktijk de geografische representativiteit afwijkt van wat in het model is opgenomen. Het kan daarom zijn dat de milieu-impact van processen wordt over- of onderschat, afhankelijk van de productieprocessen die gebruikt worden door de producenten van de bewegwijzeringsobjecten.
- Met het uitdrukken van de milieubelasting in één waarde (‘single score’) in de vorm van de MKI gaat veel nuancering verloren. Door de impact van alle elementen die in een levenscyclus het productsysteem verlaten uit te drukken in elf milieueffectcategorieën en deze door middel van weegfactoren gebaseerd op tijd- en plaatsafhankelijke schaduwprijzen (maatschappelijke kosten om de impact te vermijden) tot één waarde samen te voegen wordt een veelvoud van aannames op elkaar gestapeld. Waar de hoeveelheid CO_2-equivalenten nog enigszins makkelijk te interpreteren is (de bijdrage aan klimaatverandering), kan een MKI-waarde gedomineerd worden door één van de elf effectcategorieën (bijvoorbeeld humane toxiciteit), zonder dat het zichtbaar is voor de lezer. Dit kan er bijvoorbeeld toe leiden dat secundair aluminium slechts een minimaal milieuvoordeel lijkt te hebben in vergelijking tot primair aluminium (€5,34 versus €6,54). Dit wordt veroorzaakt door onder andere het fossiele energieverbruik bij inzameling en een (aangenomen) vervuiling met koper van het ingezamelde schroot. Zowel de energietransitie als de grondstoffentransitie zijn erop gericht om fossiele energie uit te faseren en grondstoffen circulair te kunnen blijven gebruiken. De ‘oude praktijken’ schetsen dus een gunstiger beeld van primair aluminium in vergelijking tot secundair aluminium dan de (toekomstige) praktijk doet vermoeden. De MKI van verschillende producten op basis van generieke en oude datasets kan goede inzichten geven in de milieubelasting van verschillende productsystemen. Het is wel van belang om deze inzichten te combineren met ‘common sense’.

6 Innovatiesporen

Uit de nulmeting komt een aantal aangrijpingspunten naar voren waar de impact van de bewegwijzering substantieel kan worden verlaagd:

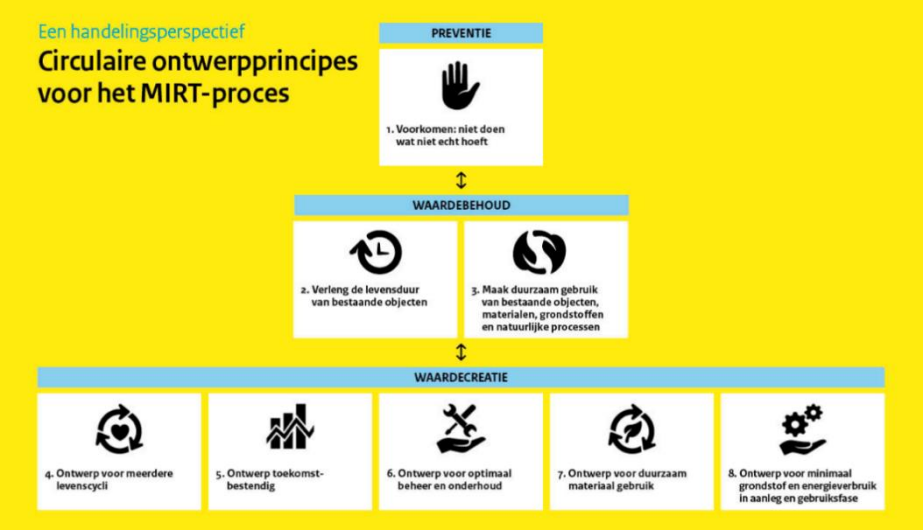
- de productiefase van de bebording en ondersteuningsconstructies.
- de afvalverwerkingsfase van met name aluminium en staal;
- de gebruiksfase van de lichtwegwijzer (elektriciteit voor verlichting).

‘Circulaire’ bewegwijzering voor een lagere milieu-impact

Om te komen tot een lagere milieu-impact is met een ‘circulaire bril’ gekeken naar het huidige gebruik en ontwerp van bewegwijzeringsystemen. Daarbij kunnen verschillende strategieën worden gehanteerd zoals weergegeven in Figuur 28:

- Preventie: voorkomen, niet doen wat niet nodig;
- Waardebehoud: levensduur verlengen, gebruik maken van het bestaande;
- Waardecreatie: ontwerpen met oog voor de toekomst en met circulaire materialen.

Figuur 28 Schematische weergave van circulaire strategieën.



Innovatiesporen

Om te komen tot een lagere milieu-impact zijn op basis van de bevindingen in de nulmeting, aan de hand van voornoemde circulaire opties en in overleg met de NBd de volgende innovatiesporen gekozen:

1. Minder materialen door versobering van de bewegwijzering (Paragraaf 6.1);
2. Alternatieve materialen ter vervangen van materialen met een grote milieu-impact (Paragraaf 6.2);
3. Verlengen levensduur van de ondersteuningsconstructie (Paragraaf 6.3);
4. Uitwisselborden (Paragraaf 6.4);
5. Zelfvoorzienende lichtwegwijzer (Paragraaf 6.5).

Navolgend zijn deze nader uitgewerkt en deels doorgerekend

6.1 Innovatiespoor 1: Versobering bewegwijzering

Functie en veiligheid niet in het geding
Bewegwijzering heeft als doel het zo goed mogelijk informeren van weggebruikers en het zo vlot en veilig mogelijk geleiden van weggebruikers naar hun bestemmingen. Innovatiespoor 1 is de versobering van de bewegwijzering die nodig is om dat doel te behalen. Een versobering is alleen mogelijk wanneer de 'human factors' en verkeersveiligheid dit toe laten. Het versoberen van de bewegwijzering is daarmee situatie afhankelijk. Versobering van bewegwijzering kan alléén wanneer de functie van het systeem en de verkeersveiligheid niet in het geding komen.

Doelenreductie en reeksreductie
Voor de versobering van bewegwijzering zijn twee opties denkbaar:
1. Doelenreductie;
2. Reeksreductie.

Doelenreductie gaat over het aantal bestemmingen dat op de bewegwijzeringsborden benoemd staat. Een reductie van het aantal doelen kan door middel van het schrappen van bestemmingen of door de bestemmingen op een andere manier weer te geven. Bijvoorbeeld de afritnummers weergeven in plaats van de bestemmingsnamen. Een doelenreductie resulteert in minder hoge bewegwijzeringsborden. De breedte is namelijk afhankelijk van de breedte van de weg aangezien de pijlen boven de wegvakken staan.

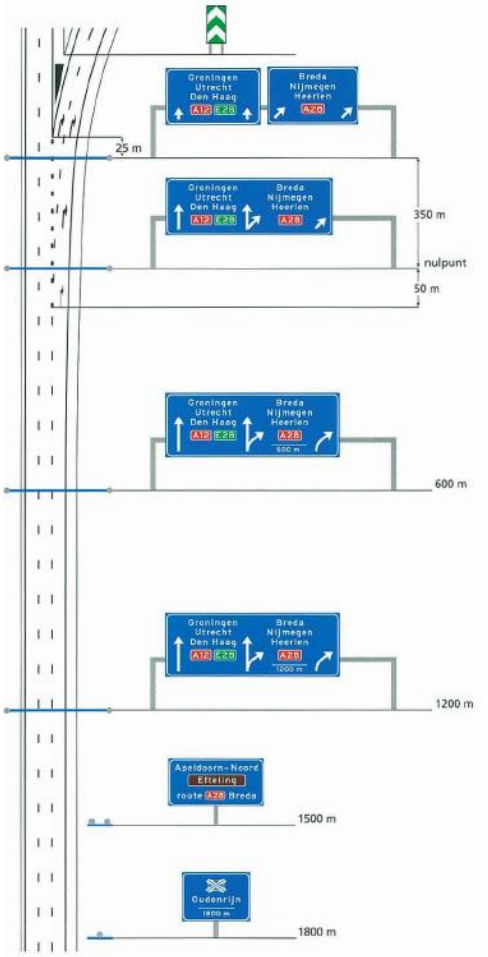
Reeksreductie gaat over het aantal borden dat nodig is om een veranderende situatie, zoals bijvoorbeeld een afrit, aan te duiden. Een reeks kan uit een aantal verschillende bewegwijzeringsobjecten bestaan die op een bepaalde afstand van elkaar geplaatst worden. Bij een reeks kunnen het nulpunt en de vooraankondiging niet versoberd worden. Wel kunnen bewegwijzeringsobjecten in specifieke situaties worden samengevoegd of zelfs helemaal weggelaten worden. Het reduceren van de bewegwijzeringreeks is daarmee een interessante casus om verder te onderzoeken.

Voorbeeldberekening
In deze studie is ervoor gekozen om het milieueffect van een reeksreductie verder te onderzoeken. Het gaat hierbij om een situatie-afhankelijke berekening gericht op het hypothetische effect. De situatie is afkomstig uit de CROW-richtlijn waarin basisconfiguraties van knooppunten staan beschreven. In samenspraak met NBd is gekozen om twee situaties door te rekenen:
1. Splitsing met afvallende rijstrook en taper naar een parallelbaan;
2. Asymmetrisch weefvak met dubbel uitvoegstrook.

6.1.1 Splitsing met afvallende rijstrook en taper naar parallelbaan

De eerste fictieve casus die is doorgerekend betreft een splitsing met afvallende rijstrook en een taper naar parallelbaan. De basisconfiguratie is schematisch weergegeven in Figuur 29. Deze specifieke reeks bestaat uit een vooraankondiging, servicebord, twee portaal voorwegwijzers voor het nulpunt, één portaal voorwegwijzer bij het nulpunt en een portaal besliswegwijzer. Navolgend op de reeks volgt een chevronbord die is echter geen onderdeel van de bewegwijzering, aldus CROW-publicatie 322 (2014).

Figuur 29 Schematische weergave Splitsing met afvallende rijstrook en taper naar parallelbaan.



Bron: CROW-publicatie 322 – Richtlijn bewegwijzering 2014, p. 77 (Figuur 3.21).

Nulmeting splitsing met afvallende rijstrook en taper naar parallelbaan

Op basis van de nulmeting kan de milieuprestatie van de reeks behorende bij een splitsing met afvallende rijstrook en taper naar een parallelbaan worden berekend. In Tabel 18 is de nulmeting voor een conservatieve reeks gebruikmakende van primair aluminium (1a en 2a-1) weergegeven.

Tabel 18 Nulmeting splitsing met afvallende rijstrook en taper naar parallelbaan.

Benaming CROW	Bewegwijzeringsobjecten (conservatief)	MKI €
Aankondigingsbord	2a-1. Bord mast	€ 3.143
Servicebord	2a-1. Bord mast	€ 3.143
Voorwegwijzer (1200 meter)	1a. Portaal aluminium primair	€ 12.915
Voorwegwijzer (600 meter)	1a. Portaal aluminium primair	€ 12.915
Voorwegwijzer (nulpunt)	1a. Portaal aluminium primair	€ 12.915
Besliswegwijzer	1a. Portaal aluminium primair	€ 12.915
Totaal		**€ 57.945**

Versobering splitsing met afvallende rijstrook en taper naar parallelbaan
Een potentiële versobering van de situatie in Figuur 29 kan zijn het samenvoegen van de twee portaal voorwegwijzers voor het nulpunt (600 en 1200 meter). Het samenvoegen van deze twee portalen kan bijvoorbeeld door één portaal te plaatsen op 1000 meter. Daarnaast zou de besliswegwijzer navolgend op het nulpunt versoberd kunnen worden door middel van doelenreductie. De besliswegwijzer hoeft alleen de afvallende rijstroken richting Breda, Nijmegen en Heerlen weer te geven waarmee het bewegwijzeringsbord richting Groningen, Utrecht en Den Haag weggelaten kan worden. Door het weglaten van één bewegwijzeringsbord kan het portaal vervangen worden door een zweep (bestaande uit een halve ondersteuningsconstructie van een portaal).

⇨ **Versobering: 33% reductie milieu-impact**
De versobering is doorgerekend op basis van het conservatieve uitgangsscenario (zie Tabel 19). De versobering zorgt voor een reductie van de MKI van 33% ten opzichte van de nulmeting.

Tabel 19 Versobering splitsing met afvallende rijstrook en taper naar parallelbaan.

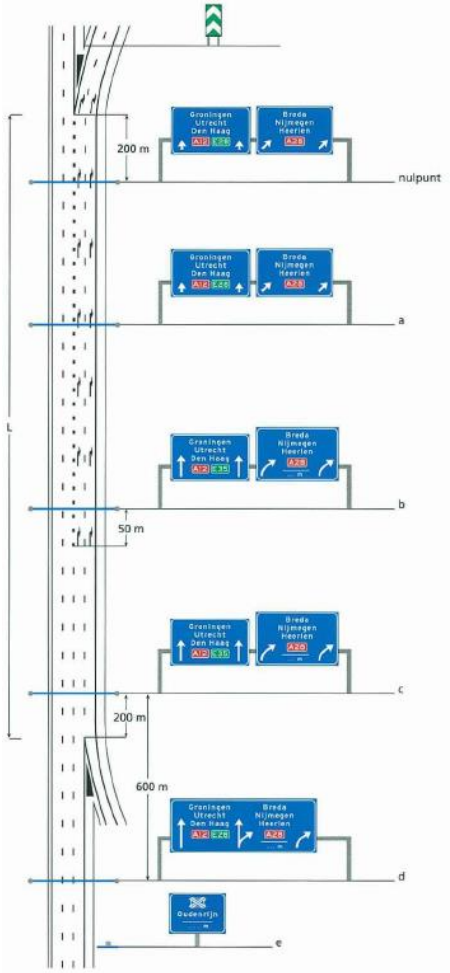
Benaming CROW	MKI €
Aankondigingsbord	€ 3.143
Servicebord	€ 3.143
Voorwegwijzer (1000 meter)	€ 12.915
Voorwegwijzer (nulpunt)	€ 12.915
Besliswegwijzer (zweep)[20]	€ 6.457
Totaal	**€ 38.573**

[20] *De zweep is berekend op basis van een halve portaal.*

6.1.2 Asymmetrisch weefvak met dubbele uitvoeger

De tweede fictieve casus betreft een weefvak met dubbele uitvoeger. De basisconfiguratie is schematisch weergegeven in Figuur 30. Deze specifieke reeks bestaat uit een vooraankondiging, portaal voorwegwijzers, drie portaal besliswegwijzers voor het nulpunt, één portaal besliswegwijzer bij het nulpunt en een portaal besliswegwijzer na het nulpunt.

Figuur 30 Schematische weergave Asymmetrisch weefvak met dubbele uitvoeger.



Bron: CROW-publicatie 322 – Richtlijn bewegwijzering 2014, p. 85 (Figuur 3.30).

Nulmeting asymmetrisch weefvak met dubbele uitvoeger

Net als bij casus 1 kan met behulp van de nulmeting de milieuprestatie van de reeks behorende bij een asymmetrisch weefvak met dubbele uitvoeger worden berekend. In Tabel 20 is de nulmeting voor een conservatieve reeks gebruikmakende van primair aluminium (1a en 2a-1).

Tabel 20 Nulmeting asymmetrisch weefvak met dubbele uitvoeger.

Benaming CROW	Bewegwijzeringsobjecten (conservatief)	MKI €
Aankondigingsbord	2a-1. Bord mast	€ 3.143
Voorwegwijzer (d)	1a. Portaal aluminium primair	€ 12.915
Besliswegwijzer (c)	1a. Portaal aluminium primair	€ 12.915
Besliswegwijzer (b)	1a. Portaal aluminium primair	€ 12.915
Besliswegwijzer (a)	1a. Portaal aluminium primair	€ 12.915
Besliswegwijzer (nulpunt)	1a. Portaal aluminium primair	€ 12.915
Totaal		**€ 67.717**

Versobering asymmetrisch weefvak met dubbele uitvoeger
Een potentiële versobering van de situatie in Figuur 30 kan zijn het samenvoegen van de portaal besliswegwijzers bij punt a en het nulpunt. Daarnaast zouden ook de besliswegwijzers b en c voorafgaande het nulpunt samengevoegd kunnen worden. In deze situatie is het lastig vast te stellen wat de effecten op de weggebruikers zouden zijn. Een dergelijke reeksreductie zou daarom eerst ergonomisch onderzocht moeten worden. In deze studie is berekend wat de milieu-impact besparing van deze ingreep zou zijn.

⇨ **Versobering: 38% reductie milieu-impact**
De versobering is doorgerekend op basis van het conservatieve uitgangsscenario (zie Tabel 21). De versobering zorgt voor een reductie van 38% van de MKI ten opzichte van de nulmeting.

Tabel 21 Versobering asymmetrisch weefvak met dubbele uitvoeger.

Benaming CROW	MKI €
Aankondigingsbord	€ 3.143
Voorwegwijzer (d)	€ 12.915
Besliswegwijzer (combi b en c)	€ 12.915
Besliswegwijzer (combi a en nulpunt)	€ 12.915
Totaal	**€ 41.888**

6.1.3 Bevindingen versobering bewegwijzering

De versobering van bewegwijzering kan op verschillende manieren. Door middel van doelenreductie kan de hoogte van de bewegwijzering worden gereduceerd waardoor minder aluminium of staal wordt toegepast. Wat betreft de reeksreductie laten Paragraaf 6.1.1 en 6.1.2 zien dat in sommige gevallen bewegwijzering kan worden weggelaten en in andere gevallen bewegwijzering kan worden gecombineerd. De versoberingen van de reeksen leverde een reductie op van 30-40%.

De situatie berekeningen zijn in overleg met NBd gekozen. Het is echter niet zo dat deze reeksreductie altijd kan worden doorgevoerd. De verkeersveiligheid en de belangrijke invloed van human factors zijn op dit moment buiten beschouwing gelaten.

6.2 Innovatiespoor 2: Alternatieve materialen

Innovatiespoor 2 betreft de inzet van alternatieve materialen. Uit de nulmeting blijkt dat aluminium en/of stalen bebording en ondersteuningsconstructie een belangrijke bijdrage hebben aan de milieu-impact van de bewegwijzeringsobjecten.

Bebording
Tijdens de uitwerking van innovatiespoor 2 is gesproken met verschillende (markt) partijen, o.a. AbelLeisure (Biopanel). Daarnaast is in eerder onderzoek naar biobased RVV borden van RHDHV gesproken met NPSP (biocomposiet), HR Groep/ MOSO (bamboe) en Climate signs (GreenPE). In Bijlage A3 is een korte beschrijving opgenomen van de partijen die een mogelijke toepassing kunnen bieden in bijvoorbeeld de armen van fietswegwijzer.

Naar aanleiding van de gesprekken met de verschillende marktpartijen blijkt dat de informatie over de milieu-impact zich voornamelijk beperkt tot de CO_2-footprint. Aangezien Stichting Bouwkwaliteit voorschrijft alle relevante milieueffecten mee te nemen in de vorm van de MKI is het niet mogelijk de CO_2-footprints en/of LCA's van de marktpartijen mee te nemen in de MKI-berekening.

Ondersteuningsconstructie
Tijdens innovatiespoor 2 is daarnaast ook gesproken met VDL Mast Solutions die een combi mast van staal en hout aanbiedt ter ondersteuning van zes armen. De mast is vergelijkbaar met de ondersteuningsconstructie van een grote handwegwijzer. VDL Mast Solutions heeft in 2008 een LCA laten uitvoeren door Lappeenranta University of Technology en Rejlers. In deze LCA worden eveneens Ecoinvent processen gebruikt en beschreven. Voor innovatiespoor 2 zijn deze Ecoinvent processen gebruikt om de MKI van de combi mast te berekenen. De functionele eenheid in de LCA is een 5 meter lange paal over een levensduur van 45 jaar. De gemiddelde levensduur van een combi mast is volgens de LCA 30 jaar. Bij hout is onderhoud belangrijk, indien dit niet goed wordt gedaan kan de levensduur korter zijn.

Op basis van een ontwerptekening van NBd en de LCA van VDL Mast Solutions is een snelle vergelijking opgesteld. De combi mast is geschaald naar de lengte van grote handwegwijzer (4) om een vergelijking mogelijk te maken. De vergelijking heeft als doel de milieu-impact van een stalen en de combi mast met elkaar te vergelijken. De MKI-berekening van combi mast is gebaseerd op geschaalde hoeveelheden.

6.2.1 LCI combi mast (staal en hout)

De hoeveelheden van de grote handwegwijzer zijn aangepast om een vergelijking te maken. Hierbij zijn alleen de productiefase van de ondersteuningsconstructie en daaraan gerelateerde processen gewijzigd. In Tabel 22 zijn de hoeveelheden over de gehele projectlevensduur weergegeven.

Tabel 22 Levenscyclusinventaris combi mast.

Onderdeel	Onderdeel	Materiaal/proces	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur
A1-A3	Bebording	Reflecterend folie	11,52	kg	20
A1-A3		Plaklaag folie	2,51	kg	20
A1-A3		Polycarbonaat	97,20	kg	20
A1-A3		RVS primair	75,89	kg	50
A1-A4		RVS primair	18,08	kg	50
A1-A3	Ondersteuningsconstructie	Staal primair	46,87	kg	30
A1-A4		Hout	62,43	kg	30
A1-A4		Multiplex	1,14	kg	30
A1-A3		Verf	1,89	m2	30
A1-A3		Staal zink coating	1,76		30

A1-A3		Olie	0,95		30
A1-A3		Lak	0,24	m2	30
A1-A3	Fundatie	Beton	74,88	kg	50
A4	Transport aanvoer	Transport	59,04	tkm	
C2	Transport afvoer	Transport	39,36	tkm	
C3	Afvalscenario folie en plaklaag	Rubber afvalverbranding	14,03	kg	
C3	Afvalscenario hout	Hout verbranding	63,57	kg	
C3	Afvalscenario staal	Staal storten	1,41	kg	
C3		Staal voorbereiding tot recycling	122,53	kg	
C3		Staal recycling	122,53	kg	
C3	Afvalscenario recycling	Polycarbonaat voorbereiding tot recycling	97,20	kg	
D	Credit/ burden verbranding	Credit elektriciteit	77,60	kg	
D		Credit warmte	77,60	kg	
D	Credit/ burden staal	Staal credit materiaal	53,91	kg	
D		Staal burden materiaal	-	kg	

6.2.2 Vergelijking grote handwegwijzer met combi mast

De milieuprestatie van de grote handwegwijzer (4) en de combi mast zijn per levenscyclusfase afgebeeld in Figuur 31. De productiefase (A1-A3) wordt afgebeeld per objectonderdeel. De percentages worden berekend op basis van het totaal.

Milieu-impact combi mast

- De MKI van de combi mast is € 1.011.
- De productiefase heeft bij de combi mast de belangrijkste bijdrage met 109%. De grootste bijdrage komst van respectievelijk bebording van polycarbonaat met roestvrijstalen behuizing (€ 982 – 97%), ondersteuningsconstructie (€ 114 – 11%), en fundatie € 1 (0%).
- Het afvalscenario van de combi mast heeft een beperkte impact met € 16 (2%).
- De impact van de transportfase is beperkt met € 2 (0%).

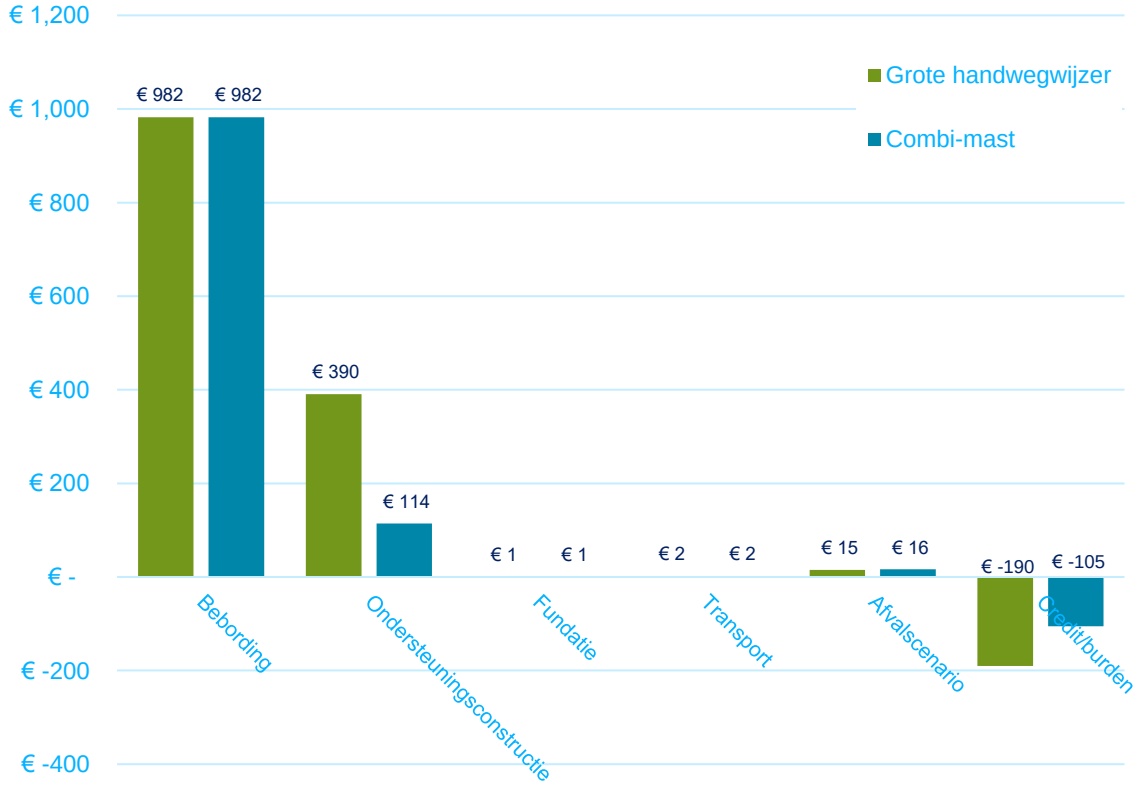
Module D – Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen om

De combi mast heeft een credit van € -105 (-10%) in verband met de recycling van (roestvrij-) staal en polycarbonaat en terugwinning van warmte en elektriciteit bij verbranding.

Vergelijking grote handwegwijzer met combi mast

- De milieu-impact van de combi mast is 16% lager dan de grote handwegwijzer (4).
- Voor beide varianten geldt dat de bebording de belangrijkste bijdrage heeft met € 982 (respectievelijk 82% en 97%).
- De milieu-impact van de productiefase van de combi mast is € 114 en daarmee 71% lager dan de ondersteuningsconstructie van de grote handwegwijzer.
- De fundatie van beide varianten zijn gelijk.
- Het afvalscenario van de combi mast heeft een hogere milieu-impact in vergelijking tot de grote handwegwijzer (4). Dit wordt veroorzaakt door de verbranding van het hout.
- De credit van de combi mast is lager dan bij de grote handwegwijzer omdat bij de combi mast niet wordt uitgegaan dat het hout hoogwaardig hergebruikt kan worden.

Figuur 31 Vergelijking milieu-impact grote handwegwijzer (4) met combi mast.



6.2.3 Bevindingen alternatieve materialen

De bebording en ondersteuningsconstructies van bewegwijzeringsobjecten hebben de grootste milieu-impact. Door te onderzoeken welke materialen, met een lagere milieu-impact, beschikbaar zijn als alternatief vergroot NBd het inzicht in reductie mogelijkheden. Voor zowel bebording als ondersteuning constructies bestaan er oplossingen die gebruik maken van alternatieve materialen.

In overleg met NBd is gekozen om de combi mast van hout en staal te vergelijken met de grote handwegwijzer (4). Het toepassen van hout in de ondersteuningsconstructie leverde hierbij een reductie van de MKI op van 16%. Dit laat zien dat de milieu-impact van alternatieve materialen lager kan zijn. Wel is van belang te beseffen dat het onderhoudsregime van de masten bepalend is voor de levensduur en daarbij ook invloed heeft op de werkzaamheden van de wegbeheerder.

6.3 Innovatiespoor 3: Levensduurverlenging ondersteuningsconstructie

Innovatiespoor 3 betreft het verlengen van de levensduur van ondersteuningsconstructies. De restlevensduur van bestaande constructies wordt veelal bepaald op basis van proeven. Met meer nauwkeurige metingen kan evenwel beter de technische conditie en veiligheid van masten en portalen bepaald worden en daarmee naar verwachting ook een langere levensduur. Tijdens de studie is contact gezocht met Provincie Friesland en Normec Rei-Lux.

Provincie Friesland geeft aan al langere tijd werk te maken van levensduurverlenging. Zij zien dat bewegwijzering vooral functioneel en praktisch moet zijn. Hierbij doen zij bijvoorbeeld deelvervangingen of zelfs het ter plekke repareren van borden met maaischade. Uit de nulmeting komt naar voren dat de ondersteuningsconstructie een belangrijke bijdrage heeft aan de milieuprestatie van een object. Het verlengen van de levensduur kan daarom interessant zijn om de milieu-impact te reduceren. Een mogelijkheid is het verbeteren van de meettechnieken waarmee de levensduur van een ondersteuningsobject wordt bepaald waardoor de ondersteuningsobjecten een langere levensduur krijgen.

Ondersteuningsconstructie levensduur verlenging van 6 jaar
Normec Rei-lux doet metingen aan masten om de mogelijkheid tot levensduurverlenging te bepalen. Na uitvoeren van de tests geeft Normec Rei-Lux advies over de handelingen van NBd, zoals direct vervangen of geschikt om levensduur te verlengen. Naast het advies geeft Normec Rei-Lux ook een Certificaat van Verzekering wat aantoont dat de levensduur verlenging betrouwbaar is in de ogen van Normec Rei-Lux. Uit een rapportage van een steekproef in Utrecht uitgevoerd door Normec Rei-Lux blijkt dat de levensduur van 94,1% van de masten met 6 jaar kan worden verlengd.

In het geval van levensduurverlenging wordt de ondersteuningsconstructie van de bewegwijzering buiten de systeemgrenzen om gebruikt wat resulteert in een credit. In Tabel 23 is de MKI van de ondersteuningsconstructie per jaar berekend, als ook over een periode van 6 jaar. Geconcludeerd kan worden dat bij een levensduurverlenging van 6 jaar de MKI-waarde met 2 tot 6% gereduceerd kan worden.

Tabel 23 MKI-besparing bij levensduurverlenging van ondersteuningsconstructie met zes jaar.

Varianten	MKI totaal	MKI ondersteunings-constructie per jaar	MKI reductie na 6 jaar	Relatief
1a. Portaal aluminium met aluminium bebording (primair)	€ 12.915	€ 133	€ 799	6%
1b. Portaal aluminium met aluminium bebording (secundair)	€ 8.569	€ 86	€ 517	6%
1c. Portaal staal met aluminium bebording (primair)	€ 10.912	€ 77	€ 464	4%
1d. Portaal staal met stalen bebording (primair)	€ 8.077	€ 77	€ 464	6%
1e. Portaal staal met aluminium bebording (secundair)	€ 5.440	€ 21	€ 129	2%
1f. Portaal staal met stalen bebording (secundair)	€ 2.734	€ 21	€ 129	5%
2a-1. Bord mast met aluminium bebording	€ 3.143	€ 16	€ 95	3%
2a-2. Bord mast met stalen bebording	€ 2.179	€ 16	€ 95	4%

2b-1. Bord schoorconstructie met aluminium bebording (excl. fundatie)	€ 2.568	€ 14	€ 82	3%
2b-2. Bord schoorconstructie met stalen bebording (excl. fundatie)	€ 1.980	€ 14	€ 82	4%
3. Lichtwegwijzer	€ 1.491	€ 13	€ 79	5%
4. Grote handwegwijzer	€ 1.201	€ 3	€ 20	2%
5. Fietswegwijzer	€ 334	€ 2	€ 11	3%

6.3.1 Bevindingen levensduurverlenging ondersteuningsconstructie

Momenteel heeft NBd 51.300 bewegwijzeringsobjecten in beheer. Door deze objecten optimaal te gebruiken en daarmee gedurende een langere tijd in te zetten kan de milieu-impact van het portofolio sterk worden beperkt. Door de ondersteuningsconstructies met 6 jaar te verlengen kan de milieu-impact met 2% tot 6% worden gereduceerd. Voor het portofolio van NBd betekent dit een reductie van de MKI van € 2.484.743 (bij 2% reductie) tot € 7.454.230 (bij 6% reductie).

6.4 Innovatiespoor 4: Uitwisselborden

Innovatiespoor 4 betreft de inzet van uitwisselborden. Uit de nulmeting blijkt dat de bebording en ondersteuningsconstructie een belangrijke bijdrage hebben aan de milieu-impact van de bewegwijzeringsobjecten. Door gebruik te maken van uitwisselbare borden kan de ondersteuningsconstructie en bevestigingsconstructie van de bebording blijven staan.

Uit innovatiespoor 3 blijkt al dat het verlengen van de levensduur een positief effect heeft op de milieu-impact. Naast meer nauwkeurige metingen is het gebruik van uitwisselbare bebording ook een mogelijkheid om de levensduur van het bewegwijzeringsobject te verlengen en de milieu-impact te verkleinen. Uitwisselborden bieden een oplossing bij bordschade en wanneer er instructiewijzigingen zijn. Uitwisselborden kunnen worden hergebruikt wanneer het folie en de plaklaag van de bebording worden verwijderd. Op dit moment werken verschillende marktpartijen al aan pilots waarbij de folie bij RVV-borden wordt verwijderd en de bebording kan worden hergebruikt.

In innovatiespoor 1 is de versobering van bewegwijzering behandeld waar ook is ingegaan op doelenreductie. Voor innovatiespoor 4 is het gebruiken van standaardmaten een vereiste omdat de ondersteuningsconstructie en de bevestiging van de bebording gedimensioneerd zijn op een vaste afmeting en draagkracht. Bij de invoering van uitwisselborden moeten daarom standaardmaten worden vastgesteld en gehanteerd.

6.5 Innovatiespoor 5: Zelfvoorzienende lichtwegwijzer

Innovatiespoor 5 betreft de inzet van zelfvoorzienende lichtwegwijzers. De NBd heeft 11.000 lichtwegwijzers in beheer. De bekabeling en elektriciteitsverbruik gedurende de levensduur hebben een relatief grote milieu-impact, respectievelijk 13% en 21% van de milieu-impact van de lichtwegwijzer (3). Onlangs heeft Innov8 een nieuwe lichtwegwijzer geïntroduceerd die volledig off-grid en autonoom opereert. De Innov8 solar lichtwegwijzer maakt gebruik van lokaal en duurzaam geproduceerde zonne-energie.

Hiermee is het niet nodig om sleuven te graven en bekabeling te gebruiken. De milieu-impact van de bekabeling en het elektriciteitsverbruik komen daarmee te vervallen. Een vergelijking tussen de milieu-impact van een lichtwegwijzer (4) en de zelfvoorzienende lichtwegwijzer (Innov8 solar lichtwegwijzer) is echter nog niet te maken. De productie van zonnepanelen en batterijen zou hierin meegenomen moeten worden. Daarnaast zullen de afmetingen tussen de varianten verschillen. Het zou interessant zijn om in samenwerking met Innov8 een LCA uit te voeren en deze te vergelijken met het referentieproduct dat gebruik maakt van bekabeling.

6.6 Samenvatting innovatiesporen

De Nationale Bewegwijzeringsdienst heeft verschillende mogelijkheden om de milieu-impact te reduceren. In deze studie zijn vijf innovatiesporen onderzocht om de milieu-impact berekeningen te optimaliseren. De volgende innovatiesporen zijn onderzocht:

1. Versobering bewegwijzering
2. Alternatieve materialen
3. Levensduurverlenging ondersteuningsconstructie
4. Uitwisselborden
5. Zelfvoorzienende lichtwegwijzer

- **Versobering bewegwijzering**
  Het begint met de vraag hoeveel nodig is om de functie van bewegwijzering veilig en doelmatig te vervullen. Innovatiespoor 1 laat zien dat het in sommige situaties mogelijk is om bewegwijzeringsobjecten te verwijderen of samen te voegen. Zeker met de nieuwe regelgeving van 100 kilometer per uur op de snelwegen kan dit innovatiespoor verder onderzocht worden. De versobering van bewegwijzering kan door middel van doelenreductie en reeksreductie. Versobering van bewegwijzering kan alléén wanneer de functie van het systeem en de verkeersveiligheid niet in het geding komen. Een reeksreductie leverde in de situatieberekeningen een reductie op van 30-40%.

- **Alternatieve materialen**
  Het gebruik van alternatieve materialen is een bekende maatregel in een circulaire economie. Ook voor de bewegwijzeringsobjecten is het mogelijk om alternatieve materialen te onderzoeken. De nulmeting laat zien dat het gebruik van staal en aluminium een belangrijke bijdrage levert aan de milieu-impact van bewegwijzeringsobjecten. Op de markt zijn voor zowel bebording (alleen voor varianten 3 tot en met 6) en de ondersteuningsconstructie (alleen voor varianten 3 tot en met 6) alternatieve materialen beschikbaar. De berekening van innovatiespoor 2 laat een reductie zien van 16%.

- **Levensduurverlenging ondersteuningsconstructie**
  Ook levensduurverlenging is een belangrijke strategie in een circulaire economie. De investeringen die in het verleden zijn gemaakt moeten zo optimaal mogelijk worden benut. De nulmeting laat zien dat de ondersteuningsconstructie een belangrijke bijdrage levert aan de milieu-impact van bewegwijzeringsobjecten. Met het gebruik van betere metingen kan de levensduur van ondersteuningsconstructies in sommige gevallen met 6 jaar worden verlengd wat resulteert in een reductie van 2% tot 6%. Voor het gehele portofolio van NBd betekent dit een reductie van € 2.484.743 (bij 2% reductie) tot € 7.454.230 (bij 6% reductie).

- **Uitwisselborden**
  De nulmeting laat zien dat de bebording een belangrijke bijdrage levert aan de milieu-impact van bewegwijzeringsobjecten. Het gebruik van uitwisselbare bebording maakt het mogelijk dat de ondersteuningsconstructies langer in gebruik blijven en de bevestigingsconstructie van de bebording hergebruikt kan worden. Wel zouden de afmetingen van bebordingen gestandaardiseerd moeten worden om uitwisseling mogelijk te maken.

- **Zelfvoorzienende lichtwegwijzer**
  De NBd heeft 11.000 lichtwegwijzers in beheer. De bekabeling en het elektriciteitsverbruik hebben een relatief grote milieu-impact van gezamenlijk 24%. De innovatieve Innov8 solar lichtwegwijzer maakt het mogelijk om off-grid en autonoom te opereren. Hoe de milieu-impact zich verhoudt ten opzichte van het referentieontwerp is op dit moment nog onbekend.

7 Bevindingen en aanbevelingen

In deze studie is de milieu-impact van zes verschillende bewegwijzeringsobjecten berekend en zijn vijf innovatiesporen uitgewerkt om deze milieu-impact te mitigeren. Deze studie leidt tot de volgende bevindingen en aanbevelingen.

Bevindingen nulmeting

- NBd heeft 51.300 objecten in beheer die gezamenlijk een MKI hebben van € 124.237.162.
- De milieu-impact van bewegwijzeringsobjecten vindt met name plaats in de productiefase van de bewegwijzeringbebording en ondersteuningsconstructies.
- De vergelijking tussen staal en aluminium is afhankelijk van de verhouding van primaire en secundaire grondstoffen en dit bepaalt of staal dan wel aluminium een lagere milieu-impact heeft. Om de milieu-impact echt te verlagen is het belangrijk dat het om additioneel secundair aluminium of staal gaat. Daarnaast is het belangrijk dat de recycling rate bij einde levensduur zo hoog mogelijk is.

Bevindingen innovatiesporen

- De milieu-impact van de bewegwijzeringsobjecten kan op verschillende manieren worden gereduceerd. Zo kan de bewegwijzering worden versoberd, voor alternatieve materialen worden gekozen, de levensduur van de ondersteuningsconstructie worden verlengd of gebruik worden gemaakt van uitwisselbare borden.
- Wanneer de hiërarchie van de circulaire economie wordt gevolgd heeft preventie de voorkeur. Door de nieuwe situatie waarbij 100 kilometer per uur gereden mag worden, kunnen mogelijk verschillende bewegwijzeringsobjecten worden samengevoegd of verwijderd. Daarnaast is het belangrijk dat de investeringen die in het verleden zijn gemaakt zo optimaal worden gebruikt door middel van levensduurverlenging. Als laatste kan gekeken worden welke materialen met een lagere milieu-impact als alternatief beschikbaar zijn. Het is daarbij belangrijk dat de milieu-impact tijdens de productiefase laag is maar ook dat de producten bij einde levensduur hergebruikt of gerecycled kunnen worden.

Aanbevelingen data

- De afmetingen van de bewegwijzeringsobjecten kunnen per locatie variëren. In deze studie was het een uitdaging om te komen tot representatieve archetypes die met elkaar vergeleken kunnen worden. Het gebruik van afmetingen die bekend zijn bij de NBd en marktpartijen heeft het mogelijk gemaakt om bewegwijzeringsobjecten met elkaar te vergelijken. In de praktijk kunnen marktpartijen andere afmetingen gebruiken waardoor de milieu-impact kan afwijken. Voor een nauwkeurige vergelijking zouden marktpartijen uitgedaagd moeten worden om MKI's of LCA's van hun producten te laten maken en bijvoorbeeld te ontsluiten via de Nationale Milieudatabase (NMD).
- In deze studie is gebruik gemaakt van achtergrondprocessen uit de voorgeschreven Ecoinvent database om materialen met elkaar te kunnen vergelijken. De achtergrondprocessen maken gebruik van branchegemiddelden die in de praktijk kunnen afwijken. Voor een nauwkeurige vergelijking zouden marktpartijen uitgedaagd moeten worden om MKI's of LCA's van hun producten te laten maken.
- In deze studie is geen producentendata verwerkt. De productsamenstelling van leveranciers kan in de praktijk afwijken van de nulmeting en daarmee kan de milieu-impact lager of hoger zijn dan de gerapporteerde MKI-waarde. Voor een nauwkeurige vergelijking zouden marktpartijen uitgedaagd moeten worden om MKI's of LCA's van hun producten te laten maken.

A1 Betrokken partijen

Bij deze studie zijn meerdere partijen betrokken. In deze paragraaf een overzicht van de partijen die hebben deelgenomen.

Nationale Bewegwijzeringsdienst
De Nationale Bewegwijzeringsdienst is, namens de minister van Infrastructuur en Waterstaat, verantwoordelijk voor uniforme bewegwijzering, met een continue plaatsaanduiding, langs alle openbare wegen in Nederland.

(markt-) Partijen
Tijdens deze studie is met verschillende (markt-) partijen contact gezocht. In deze paragraaf een overzicht van de (markt-) partijen die zijn benaderd: AGMI, 3M, VDL Mast Solutions, Hydro, Valmont, Orafol, Reilux, AbelLeisure en Provincie Friesland.

Royal HaskoningDHV
Royal HaskoningDHV (RHDHV) is een onafhankelijk internationaal ingenieursbureau dat adviesdiensten levert voor de totale leefomgeving. Hierbij is duurzame ontwikkeling een van de belangrijke drijfveren. Binnen dit project neemt RHDHV de rol als LCA-uitvoerder.

A2 Conversiefactoren

Naamgeving grondstof/ proces in Ecoinvent	Hoeveelheid	Eenheid	MKI	Beschrijving
Staal				
Steel, low-alloyed {RER}| steel production, converter, low-alloyed | Cut-off, U	1	kg	€ 2.22	Staal primair incl. sheet rolling
Steel, low-alloyed {RER}| steel production, electric, low-alloyed | Cut-off, U	1	kg	€ 0.36	Staal secundair incl. sheet rolling
Sheet rolling, steel {RER}| processing | Cut-off, U	1	kg	€ 0.10	
Powder coat, steel {RER} powder coating | Cut-off, U	1	m2	€ 0.66	Staal poedercoating
Zinc coat, coils {RER} zinc coating, pieces | Cut-off, U	1	m2	€ 3.06	Staal zinc coating, daarnaast is ook Emaline coating o.b.v. Zinc coating doorgerekend.
Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap | Cut-off, U	1	kg	€ 0.01	Voorbereiding recycling o.b.v. forfaitaire waarde van 87%.
Staal recycling	1	kg	€ -	Leeg item i.v.m. cut-off principe de lasten van recycling behoren tot de tweede levenscyclus.
Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, inert material landfill | Cut-off, U	1	kg	€ 0.00	Stort o.b.v. forfaitaire waarde van 1%.
Baten materiaal staal	1	kg	€ -1.86	Toegekend bij: voorkomen emissies primair materiaal in volgende levenscyclus uitgaande van 50% hoogwaardige verwerking.
Lasten materiaal staal	1	kg	€ 1.86	Toegekend bij: nettoverlies aan secundair materiaal.
Baten elektriciteit terugwinning staal	1	kg	€ -	Zeer beperkt koolstof in staal, daarom nul.
Baten warmte terugwinning staal	1	kg	€ -	Zeer beperkt koolstof in staal, daarom nul.
Aluminium				
Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA} | aluminium, ingot, primary, import from Rest of Europe | Cut-off, U	1	kg	€ 6.88	Aluminium primair incl. sheet rolling en bewerking van het aluminium.
Aluminium scrap, post-consumer, prepared for melting {GLO}| market for | Cut-off, U	1	kg	€ 3.13	Aluminium secundair incl. sheet rolling en bewerking van het aluminium.
Sheet rolling, aluminium {RER} | processing | Cut-off, U	1	kg	€ 0.22	
Impact extrusion of aluminium, cold, tempering {RER}| processing | Cut-off, U	1	kg	€ 0.01	
Impact extrusion of aluminium, cold, initial surface treatment {RER}| processing | Cut-off, U	1	kg	€ 0.03	
Impact extrusion of aluminium, deformation stroke {RER}| processing | Cut-off, U	1	kg	€ 0.08	
Anodising, aluminium sheet {GLO}| market for | Cut-off, U	1	m2	€ 1.36	Aluminium geanodiseerd

Aluminium scrap, post-consumer, prepared for melting {RER} | treatment of aluminium scrap, post-consumer, by collecting, sorting, cleaning, pressing | Cut-off, U	1	kg	€	0.09	Inzameling en voorbereiding recycling o.b.v. forfaitaire waarde van 97%. Aangezien het om grote objecten gaat is uitgegaan van gelijkwaardige recycling voorbereiding als bij scrap dat ontstaat bij het productieproces.
Aluminium afvalverbrandingsinstallatie	1	kg	€	0.01	Zeer beperkt koolstof in aluminium, daarom nul o.b.v. forfaitaire waarde van 3%.
Aluminium recycling	1	kg	€	-	Leeg item i.v.m. cut-off principe de lasten van recycling behoren tot de tweede levenscyclus.
Baten materiaal aluminium	1	kg	€	-1.85	Toegekend bij: voorkomen emissies primair materiaal in volgende levenscyclus uitgaande van 50% hoogwaardig gebruik.
Lasten materiaal aluminium	1	kg	€	1.85	Toegekend bij: nettoverlies aan secundair materiaal.
Baten terugwinning elektriciteit aluminium	1	kg	€	-	Zeer beperkt koolstof in aluminium daarom 0.
Baten terugwinning warmte aluminium	1	kg	€	-	Zeer beperkt koolstof in aluminium daarom 0.
Folie + plaklaag					
Ethylvinylacetate, foil {RER}| production | Cut-off, U	1	kg	€	0.48	Reflecterend folie
Ethylvinylacetate, foil {RER}| production | Cut-off, U	1	kg	€	0.48	Translucent folie
Alkyd resin, long oil, without solvent, in 70% white spirit solution state {RER}| market for alkyd resin, long oil, without solvent, in 70% white spirit solution state | Cut-off, U	1	kg	€	0.87	Plaklaag
1 kg Waste rubber, unspecified {Europe without Switzerland} | treatment of waste rubber, unspecified, municipal incineration | Cut-off, U	1	kg	€	0.19	100% verbranden o.b.v. rubber
Baten verbranding folie en plaklaag elektriciteit terugwinning	1	kg	€	-0.04	o.b.v. verbranden rubber, LHV 32.06, 18% recovery
Baten verbranding folie en plaklaag warmte terugwinning	1	kg	€	-0.03	o.b.v. verbranden rubber, LHV 32.06, 31% recovery
HDPE					
Polyethylene, high density, granulate {RoW} | production | Cut-off, U	1	kg	€	0.16	HDPE primair
Polyethylene, high density, granulate {RoW} | polyethylene, high density, granulate, recycled to generic market for high density PE granulate | Cut-off, U	1	kg	€	0.61	HDPE secundair
Waste polyethylene {Europe without Switzerland} treatment of waste polyethylene, sanitary landfill | Cut-off, U	1	kg	€	1.06	HDPE lstort o.b.v. forfaitaire waarde van 10%.
Waste polyethylene {Europe without Switzerland} treatment of waste polyethylene, municipal incineration | Cut-off, U	1	kg	€	1.69	HDPE avi o.b.v. forfaitaire waarde van 85%.

Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene, for recycling, sorted | Cut-off, U	1	kg	€	0.10	HDPE voorbereiding tot recycling o.b.v. forfaitaire waarde van 5%.
Credit material	1	kg	€	-0.45	Bij: voorkomen emissies primair materiaal
Burden material	1	kg	€	0.45	Bij: nettoverlies aan secundair materiaal
Credit energy	1	kg	€	-0.05	o.b.v. verbranden HDPE, LHV 42.47, 18% recovery
Credit heat	1	kg	€	-0.03	o.b.v. verbranden HDPE, LHV 42.47, 31% recovery
Polycarbonaat					
Polycarbonate {RER}| production | Cut-off, U	1	kg	€	0.71	Polycarbonaat
Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene, for recycling, sorted | Cut-off, U	1	kg	€	0.10	Voorbereiding op recycling o.b.v. PE. Polycarbonaat is goed te recyclen daarom 100%.
Transport					
Transport, freight, lorry, unspecified {RER}| market for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U	1	tkm	€	0.02	Transport
Roestvrijstaal					
Steel, chromium steel 18/8 {RER}| steel production, converter, chromium steel 18/8 | Cut-off, U	1	kg	€	9.63	RVS primair incl. sheet rolling
Steel, chromium steel 18/8 {RER}| steel production, electric, chromium steel 18/8 | Cut-off, U	1	kg	€	9.65	RVS secundair incl. sheet rolling
Sheet rolling, chromium steel {RER}| processing | Cut-off, U	1	kg	€	0.58	
LED-verlichting + kabel					
Light emitting diode {GLO}| production | Cut-off, U	1	kg	€	118.15	LED-verlichting o.b.v. 0.35 gr per lampje in een bewegwijzering zitten 11 modules met 4 LED-lampjes.
Cable, three-conductor cable {GLO}| production | Cut-off, U	1	m	€	19.64	Kabel
Credit-items					
Electricity, high voltage {NL} heat and power co-generation, natural gas, combined cycle power plant, 400MW electrical | cut-off, U	1	MJ	€	-0.01	18% electricity recovery
Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at industrial furnce > 100kW | Cut-off, U	1	MJ	€	-0.00	31% heat recovery
Beton					
Concrete, 50MPa {RoW}| concrete production 50MPa, RNA only | Cut-off, U aangepast naar 358 kg Portland cement per m3	1	kg	€	0.01	Beton o.b.v. aangepast naar 358 kg Portland cement per m3
Elektriciteit Nederland					
Electricity, low voltage {NL} market for | Cut-off, U	1	kWh	€	0.11	Elektriciteit o.b.v. energy mix uit 2014

A3 Biobased borden

AbelLeisure – Biopanel

BioPanel is een kunststof plaatmateriaal dat bestaat uit industriële hennep en thermoplastisch biopolymeer. Het plaatmateriaal vormt de basis voor routemarkering en informatiepanelen. Door de gebruikte grondstoffen heeft BioPanel een natuurlijke bruine kleur. De sterkte van de panelen is vergelijkbaar met gebruikelijke Trespa/HPL-panelen.

Informatie en signing wordt aangebracht via een signface. In samenwerking met 3M wordt BioPanel voorzien van een PVC vrije folie. Op deze folie wordt een fullcolour print aangebracht waarna de print wordt voorzien van een PVC vrije beschermlaminaat. Aan het einde van de levensduur wordt de folie verwijderd van het BioPanel en ondergaat een recycling. Het BioPanel wordt op relatief lage temperatuur tot eenzelfde paneel of soortgelijke toepassing verwerkt. Aan het einde van de levensduur worden de BioPanels gerecyled door het plaatmateriaal om te smelten en te verwerken naar nieuwe routemarkering of informatiepanelen. AbelLeisure garandeert een levensduur van 10 jaar.

AbelLeisure heeft een CO_2-footprint laten maken maar beschikt op het moment nog niet over een MKI-berekening die kan worden toegepast in deze studie. Uit de CO_2-footprint van AbelLeisure blijkt dat 1m2 bord een milieu impact heeft van 7,90 kgCO_2-eq.

NPSP – Nabasco 8010 (biocomposiet)

Voor de productie van verkeersborden wordt gebruik gemaakt van het biocomposiet Nabasco 8010. Nabasco 8010 bestaat uit restmaterialen, zoals riet uit Nederland, biobased hars uit de biobrandstofindustrie (uit Frankrijk) en onthardingskalk uit drinkwater. Als de restmaterialen op de traditionele manier wordt verwerkt komen broeikasgassen door rotting en andere organische processen in de atmosfeer terecht en gaan de nuttige materialen zoals vezels verloren. In de nieuwe keten worden de natuurlijke vezels gebruikt in een product. Aan het einde van de levensduur kan biocomposiet worden hergebruikt of gerecycled.

De Nabasco 8010 RVV-verkeersborden bevinden zich nog in de pilotfase en beschikken momenteel nog niet over een CE-markering. Door de belangstelling in biobased composiet werkt NPSP momenteel hard aan commerciële opschaling van het materiaal. Naar verwachting wordt binnen een jaar de eerste batch verkeersborden geproduceerd. De levensduur van het biocomposiet bord is volgens de leverancier langer dan 50 jaar.

NPSP werkt aan een CO_2-footprint en beschikt op het moment nog niet over een MKI-berekening die kan worden toegepast in deze studie. In een eerdere studie van RHDHV blijkt dat Nabasco 8010 een milieu-impact heeft van 3,37 kgCO_2-eq per kilogram bord. De berekening was gebaseerd op informatie verstrekt door NPSP.

HR Groep i.c.m. MOSO – Bamboe

HR Groep gebruikt moso-bamboe (Phyllostachys edulis), een soort die dikke houtige halmen produceert en van nature voorkomt in de gematigde klimaatzone van China. De moso bamboe heeft een groeipotentie tot 80 cm per dag en kan 28 meter hoog worden. Na ongeveer 2 maanden is de stam volwassen en na 4 tot 5 jaar wordt deze geoogst. De holle stam is dan verhout en geschikt om te gebruiken voor bouwmaterialen. Eén bamboeplant bestaat uit meerdere stammen waar steeds weer nieuwe scheuten uit groeien. Elk jaar wordt ongeveer 20% van de stammen gekapt, 80% van een bamboebos blijft behouden.

Het bamboe RVV-verkeersbord is aan officiële duurzaamheidstesten onderworpen. Het RVV-bord is getoetst als duurzaamheidsklasse 1 conform EN350. Dat duidt op een minimale levensduur van 25 jaar,

gebruiksklasse 3 conform EN335 (HR Groep, 2019, p. 7). De bamboe RVV-verkeersborden beschikken over een CE-markering en zijn reeds op verschillende plaatsen in Nederland te vinden, zoals in Amsterdam en Groningen.

HR Groep in combinatie met MOSO hebben een LCA laten uitvoeren, echter beschikken zij op het moment nog niet over een MKI-berekening die kan worden toegepast in deze studie. In een eerdere studie van RHDHV blijkt dat bamboe een milieu-impact heeft van 2,11 kgCO_2-eq per kilogram bord. De berekening was gebaseerd op informatie verstrekt door MOSO.

Climate Signs – Green PE

GreenPE (polyethyleen) wordt in Brazilië gemaakt van suikerriet. Door fermentatie van de suikers wordt ethanol gemaakt. De restanten worden ingezet om stoom te produceren wat in het productieproces als warmte en elektriciteit gebruikt wordt. De elektriciteit die overblijft wordt aan het Braziliaanse net geleverd. De ethanol wordt vervolgens per trein getransporteerd naar een PE productielocatie waar Biobased HDPE wordt geproduceerd dat wordt afgenomen door Climate Signs voor de productie van de RVV-verkeersborden. De fabricage van de verkeersborden vindt plaats in Duitsland.

Het ontwerp/ design maakt gebruik van honingraat verstevigingsribben op de achterzijde van het bord. Hiermee heeft het GreenPE verkeersbord een vergelijkbare sterkte als een aluminium RVV-bord. Bij het ontwerp zijn de kwaliteitseisen zoals omschreven in de NEN3381 verkeersborden norm als basis aangehouden. Aan een CE-keurmerk wordt momenteel gewerkt. De levensduur van het GreenPE bord is volgens de leverancier langer dan 50 jaar.

Climate Signs heeft een CO_2-footprint laten maken maar beschikt op het moment nog niet over een MKI-berekening die kan worden toegepast in deze studie. In een eerdere studie van RHDHV blijkt dat GreenPE een milieu-impact heeft van 2,76 kgCO_2-eq per kilogram bord. De berekening was gebaseerd op informatie verstrekt door Climate Signs.

A4 Rekensheet MKI-berekening

Is opgesteld als separaat Excel-bestand: “MKI-berekening NBd portofolio”.