



Ontwikkeling van de
VNVF
Duurzaamheidsindex
Verkeersborden



Committed to the Environment

Ontwikkeling van de VNVF Duurzaamheidsindex Verkeersborden

Dit rapport is geschreven door:
Sanne Nusselder en Mart Beeftink

Delft, CE Delft, juli 2019

Publicatienummer: 19.180038.110

Opdrachtgever: VNVF; Vereniging Nederlandse Verkeersborden Fabrikanten

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider [Sanne Nusselder](#) (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	9
	1.1 Aanpak	9
	1.2 Leeswijzer	10
2	Definitie duurzaamheid	11
	2.1 Scope van de berekenmethodiek	11
	2.2 Duurzaamheidsaspecten	11
	2.3 Uitgangspunten	13
3	Bepalen duurzaamheidsscore	16
	3.1 Gehanteerde aanpak	16
	3.2 Versimpelde berekenmethodiek	19
	3.3 Duurzaamheidsscore bestaande verkeersborden	22
	3.4 Aanbevelingen voor gebruik berekenmethodiek	23
4	Bibliografie	25

Samenvatting

Aanleiding

Er is steeds meer aandacht voor duurzaamheid. Met het ondertekenen van het Parijsakkoord en het grondstoffenakkoord toont Nederland haar ambities als het gaat om de transitie naar een duurzame en circulaire economie. Voor verkeersbordenproducenten is dit een interessante tijd omdat naast de prijs, kwaliteit en veiligheid, nu ook de duurzaamheid (of circulariteit) van verschillende verkeersborden een steeds grotere rol gaat spelen bij de aanbestedingen van hun klanten. Om deze reden zijn er de afgelopen jaren steeds meer verschillende verkeersborden ontwikkeld waarbij een andere biobased grondstof (bamboe) of gerecycled materiaal (Cradle-to-Cradle) wordt gebruikt of oude borden worden opgeknapt om opnieuw te gebruiken (refurbished).

Omdat het vaak lastig blijkt om de duurzaamheid van een verkeersbord goed vast te stellen, heeft de Vereniging van Nederlandse Verkeersborden Fabrikanten (VNVF), CE Delft (als onafhankelijke partij) gevraagd om een methodiek te ontwikkelen die het makkelijker en toegankelijk maakt voor verkeersbordenproducenten om de duurzaamheid van hun verkeersbord te berekenen. Kortom een berekenmethodiek voor een duurzaamheidsscore.


Scope berekenmethodiek

De berekenmethodiek richt zich op borden met een RVV-nummer die vallen onder 'bord', zoals beschreven in NEN 3381: *'verkeersbord zijnde een verbods-, gebods-, aanwijzings-, waarschuwings-, vooraanuidings- of voorrangsbord'*. Dit is dus exclusief de komborden en bewegwijzeringsborden, zoals beschreven in dezelfde norm. De berekenmethodiek is daarbij alleen van toepassing op producten met een retroreflecterend beeldvlak dat voldoet aan Klasse 2 of Klasse 3.

Duurzaamheidsaspecten en berekenmethodiek

Tabel 1, Tabel 2 en Tabel 3 geven de voorgestelde versimpelde berekenmethodiek weer voor respectievelijk de duurzaamheidsaspecten klimaatimpact, vers watergebruik en grondstofuitputting. Op basis van de beschikbare gegevens over (toxische) emissies is het niet mogelijk gebleken om het duurzaamheidsaspect menselijke toxiciteit op te nemen in de berekenmethodiek. Een deel van de kengetallen is niet opgenomen in de tabellen, omdat deze bedrijfsgevoelig zijn (aangegeven met BG).


Tabel 1 - Versimpelde berekenmethodiek klimaatimpact

 Klimaatimpact					
<i>Grondstofextractie en materiaalproductie</i>	<i>Hoeveelheid in verkeersbord</i>	<i>Eenheid</i>		<i>kg CO₂-eq. / eenheid</i>	<i>kg CO₂-eq. / in- of output</i>
Coil-coated aluminium		kg	X	BG =	
Ongelakt gerecycled aluminium (cradle-to-cradle gecertificeerd)		kg	X	BG =	
Ongelakt aluminium		kg	X	BG =	
Lak/coating voor ongelakt aluminium		kg	X	BG =	
Hergebruikt aluminium		kg	X	BG =	
Bamboebord (FSC-gecertificeerd bamboe)		kg	X	BG =	
Retroreflecterende folie inclusief lijm (klasse 2 en 3)		kg	X	2,800 =	
Overlay folie inclusief lijm (laminaat)		kg	X	2,800 =	
<i>Verwerking tot eindproduct</i>	<i>Per product</i>	<i>Eenheid</i>		<i>kg CO₂-eq. / eenheid</i>	
Elektriciteit		kWh	X	0,413 =	
Aardgas		Nm ³	X	2,399 =	
<i>Afdanking</i>	<i>Per product</i>	<i>Eenheid</i>		<i>kg CO₂-eq. / eenheid</i>	
Folie inclusief lijm met inkt naar verbranding		kg	X	3,038 =	
Laminaat naar verbranding		Kg	X	3,038 =	
					+ ----- <i>kg CO₂-eq. / product</i>

Let op: Onder het onderdeel “grondstofextractie en materiaalproductie” dienen de hoeveelheden ingevuld te worden die in het verkeersbord zitten bij levering aan de klant, niet de ingekochte hoeveelheden.

BG: Bedrijfsgevoelige informatie.


Tabel 2 - Versimpelde berekenmethodiek vers watergebruik

 Vers watergebruik					
<i>Grondstofextractie en materiaalproductie</i>	<i>Hoeveelheid in verkeersbord</i>	<i>Eenheid</i>		<i>m³/eenheid</i>	<i>m³/in- of output</i>
Coil-coated aluminium		kg	X	BG	=
Ongelakt gerecycled aluminium (cradle-to-cradle gecertificeerd)		kg	X	BG	=
Ongelakt aluminium		kg	X	BG	=
Lak/coating voor ongelakt aluminium		kg	X	BG	=
Hergebruikt aluminium		kg	X	BG	=
Bamboebord (FSC-gecertificeerd)		kg	X	BG	=
Retroreflecterende folie (klasse 2 en 3)		kg	X	0,020	=
Overlay folie inclusief lijm (laminaat)		kg	X	0,020	=
<i>Verwerking tot eindproduct</i>	<i>Per product</i>	<i>Eenheid</i>		<i>m³/eenheid</i>	
Elektriciteit		kWh	X	0,002	=
Aardgas		Nm ³	X	0,004	=
<i>Afdanking</i>	<i>Per product</i>	<i>Eenheid</i>		<i>m³/eenheid</i>	
Folie inclusief lijm met inkt naar verbranding		kg	X	0,001	=
Laminaat naar verbranding		Kg	X	0,001	=
					-----+
					<i>m³/product</i>

Let op: Onder het onderdeel “grondstofextractie en materiaalproductie” dienen de hoeveelheden ingevuld te worden die in het verkeersbord zitten bij levering aan de klant, niet de ingekochte hoeveelheden.

BG: Bedrijfsgevoelige informatie.

Tabel 3 - Versimpelde berekenmethodiek grondstofuitputting

 Grondstofuitputting					
<i>Grondstofextractie en materiaalproductie</i>	<i>Hoeveelheid in verkeersbord</i>	<i>Eenheid</i>		<i>\$/eenheid</i>	<i>\$/in- of output</i>
Coil-coated aluminium		kg	X	BG	=
Ongelakt gerecycled aluminium (cradle-to-cradle gecertificeerd)		kg	X	BG	=
Ongelakt aluminium		kg	X	BG	=
Lak/coating voor ongelakt aluminium		kg	X	BG	=
Hergebruikt aluminium		kg	X	BG	=
Bamboebord (FSC-gecertificeerd)		kg	X	BG	=
Retroreflecterende folie (klasse 2 en 3)		kg	X	0,696	=
Overlay folie inclusief lijm (laminaat)		kg	X	0,696	=
<i>Verwerking tot eindproduct</i>	<i>Per product</i>	<i>Eenheid</i>		<i>\$/eenheid</i>	
Elektriciteit		kWh	X	0,029	=
Aardgas		Nm ³	X	0,368	=
<i>Afdanking</i>	<i>Per product</i>	<i>Eenheid</i>		<i>\$/eenheid</i>	
Folie inclusief lijm met inkt naar verbranding		kg	X	0,004	=
Laminaat naar verbranding		Kg	X	0,004	
					----- +
					<i>\$/product</i>

Let op: Onder het onderdeel “grondstofextractie en materiaalproductie” dienen de hoeveelheden ingevuld te worden die in het verkeersbord zitten bij levering aan de klant, niet de ingekochte hoeveelheden.

BG: Bedrijfsgevoelige informatie.

Duurzaamheidsscores bestaande verkeersborden

Op basis van de methodiek zijn de duurzaamheidsscores van de bestaande verkeersborden bepaald. De resultaten voor drie duurzaamheidsaspecten zijn weergegeven in Tabel 4. De duurzaamheidsscores van de verschillende verkeersborden kunnen als basis dienen voor de ontwikkeling van de nieuwe Ultimate Signing™ Standaard.

Tabel 4 - Duurzaamheidsscores bestaande verkeersborden op basis van berekenmethodiek

Verkeersbord	Klimaatimpact (kg CO ₂ -eq./ verkeersbord)	Vers watergebruik (liter/verkeersbord)	Grondstofuitputting (\$/verkeersbord)
Coil-coated aluminium met geprint folie	16,9	20	2,6
Coil-coated aluminium met gezeefdrukt folie	16,5	18	2,6
Ongelakt aluminium met geprint folie	18,1	24	2,5
Ongelakt aluminium met gezeefdrukt folie	17,8	23	2,4
Cradle-to-cradle aluminium met geprint folie	6,7	16	0,9
Bamboe (20 mm) met geprint folie	6,8	29	0,4
Bamboe (10 mm) met geprint folie	3,9	17	0,3
Hergebruikt aluminium met geprint folie	2,3	11	0,3

Berekenen duurzaamheidsscore nieuwe verkeersborden (tot 2025)

De methodiek laat ruimte voor het bepalen van de duurzaamheidsscore voor verkeersborden die nu nog niet op de markt zijn. De duurzaamheidsscore per verkeersbord kan bepaald worden met behulp van de berekenmethodiek. Als de VNVF besluit om de berekenmethodiek als basis van de nieuwe Ultimate Signing™ Standaard te gebruiken, is het aan te bevelen om deze duurzaamheidsscore te laten bepalen door een onafhankelijke partij.

Voor het berekenen van de duurzaamheidsscore voor nieuwe verkeersborden dienen de volgende stappen genomen te worden:

1. **Inventarisatie:** Inventariseer welke en hoeveel grondstoffen/materialen er gebruikt worden voor de productie van de drager, welke en hoeveel inputs er nodig zijn voor de verwerking tot eindproduct en welke materialen in verkeersborden er aan het eind van de levensduur niet kunnen worden gerecycled.
2. **Bepaal kengetallen:** Bepaal een kengetal per kilogram voor die ingrepen (grondstoffen/materialen, inputs en niet te recyclen producten) die niet al in de methodiek hierboven beschreven staan. Houdt bij het bepalen van deze kengetallen rekening met de uitvallen tijdens het productieproces.
3. **Bereken de duurzaamheidsscore van een nieuw verkeersbord:** Op basis van de bepaalde kengetallen kunnen de tabellen zoals hierboven aangevuld worden. De tabellen kunnen dan eenvoudig ingevuld worden met de gebruiken per verkeersbord.

Als de VNVF besluit om de berekenmethodiek als basis van de nieuwe Ultimate Signing™ Standaard te gebruiken, is het aan te bevelen om vast te stellen waar en op welke manier fabrikanten van nieuwe verkeersborden zich kunnen melden om een duurzaamheidsscore te laten bepalen.

Up-to-date houden duurzaamheidsscores (na 2025)

De beschreven methodiek om de duurzaamheidsscore van verkeersborden te bepalen is toegepast op de verschillende verkeersborden die in 2019 op de markt zijn. Hierbij is gebruik gemaakt van recente gegevens. Deze methodiek is maximaal vijf jaar van toepassing en zal dus uiterlijk in 2025 ge-update dienen te worden.

1 Inleiding

Er is steeds meer aandacht voor duurzaamheid. Met het ondertekenen van het Klimaatakkoord van Parijs en het Grondstoffenakkoord toont Nederland haar ambities als het gaat om de transitie naar een duurzame en circulaire economie. Voor verkeersbordenproducenten is dit een interessante tijd omdat naast de prijs, kwaliteit en veiligheid, nu ook de duurzaamheid (of circulariteit) van verschillende verkeersborden een steeds grotere rol gaat spelen bij de aanbestedingen van hun klanten. Om deze reden zijn er de afgelopen jaren steeds meer verschillende verkeersborden ontwikkeld, waarbij een andere biobased grondstof (bamboe) of gerecycled materiaal (cradle-to-cradle) wordt gebruikt.

VNVF maakt op dit moment gebruik van een duurzaamheidsstandaard voor haar verkeersborden: de Ultimate Signing™ Standaard. Een verkeersbord is volgens deze standaard duurzaam, doordat het verkeersbord bestaat uit een duurzame drager (coil-coated aluminium) en het beeldvlak duurzaam geproduceerd is met behulp van retroreflecterende folie en UV-printtechniek. In deze standaard zijn de nieuw ontwikkelde verkeersborden, zoals bamboe, cradle-to-cradle en refurbished verkeersborden, nog niet opgenomen.

Omdat het vaak lastig blijkt om de duurzaamheid van een verkeersbord goed vast te stellen, heeft de Vereniging van Nederlandse Verkeersborden Fabrikanten (VNVF), CE Delft (als onafhankelijke partij) gevraagd om een methodiek te ontwikkelen die het makkelijker en toegankelijker maakt voor verkeersbordenproducten om de duurzaamheid van hun verkeersbord te berekenen. Kortom een *berekenmethodiek* voor een duurzaamheidsscore.

Voor u ligt de beknopte publieke versie van het rapport. Deze is bedoeld als kernachtige samenvatting van het proces, met achtergronden en resultaten.

1.1 Aanpak

De gehanteerde aanpak voor het ontwikkelen van een berekenmethodiek om een duurzaamheidsscore mee te bepalen wordt weergegeven in Figuur 1.

Voor het bepalen van de scope en het definiëren van duurzaamheid, evenals het ontwikkelen van een berekenmethodiek, wordt gebruik gemaakt van de levenscyclusanalyse (LCA) methodiek. Een LCA geeft inzicht in de milieu-impact van iedere afzonderlijke stap in de levenscyclus van een product. Daarbij wordt gekeken naar de effecten op verschillende milieuthema's. Naast klimaatimpact (de CO₂-eq.-voetafdruk) komen in deze rapportage ook vers watergebruik, menselijke toxiciteit en grondstofuitputting aan bod.

De eerste versie van de berekenmethodiek wordt toegepast op bestaande verkeersborden. De duurzaamheidsscores van verschillende bestaande verkeersborden worden bepaald aan de hand van, door de producenten ingevulde, vragenlijsten. Op basis van deze eerste scores kunnen aanbevelingen worden gedaan over het versimpelen van de berekenmethodiek. Want alhoewel het vraagstuk soms complex is, is het zaak om de berekenmethodiek zo behapbaar mogelijk te houden.

De aangepaste duurzaamheidsscores van de verschillende verkeersborden en de versimpelde berekenmethodiek kunnen door de VNVF meegenomen worden in de ontwikkeling van de nieuwe Ultimate Signing™ Standaard.

Figuur 1 - Gehanteerde aanpak



1.2 Leeswijzer

- Hoofdstuk 2 beschrijft de scope voor de berekenmethodiek en de gehanteerde duurzaamheidsdefinitie (lichtblauw in Figuur 1).
- Hoofdstuk 3 beschrijft de versimpelde berekenmethodiek en aangepaste duurzaamheidsscores voor bestaande verkeersborden (donkerblauw in Figuur 1).

2 Definitie duurzaamheid



Op basis van de gesprekken met VNVF, de input van wegbeheerders en onze expertise is in de scope een aantal duurzaamheidsaspecten meegenomen in de berekenmethodiek.

2.1 Scope van de berekenmethodiek

De berekenmethodiek richt zich op borden met een RVV-nummer die vallen onder 'bord' zoals beschreven in NEN 3381: 'verkeersbord zijnde een verbods-, gebods-, aanwijzings-, waarschuwings-, vooraanduidings- of voorrangsbord'. Dit is dus exclusief de komborden en bewegwijzeringsborden, zoals beschreven in dezelfde norm. De berekenmethodiek is daarbij alleen van toepassing op producten met een retroreflecterend beeldvlak, die voldoet aan klasse 2 of klasse 3.

Zoals aangegeven door zowel verkeersbordenproducenten als inkopende wegbeheerders worden verkeersborden vaak ingekocht in combinatie met een paal en bevestigingsbeugels. De paal en bevestigingsbeugels vallen echter niet onder de berekenmethodiek.

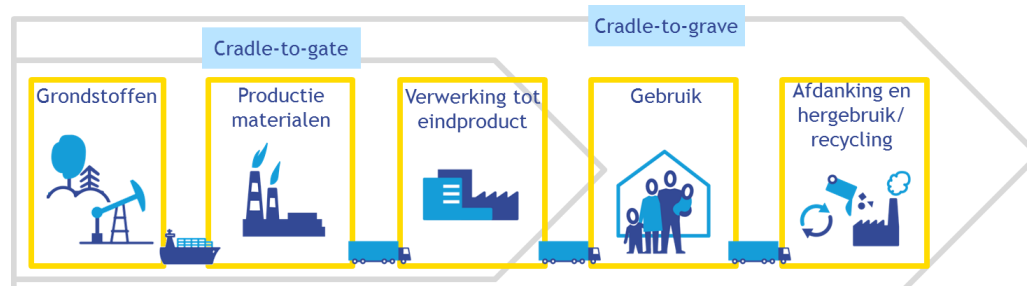
2.2 Duurzaamheidsaspecten

De volgende duurzaamheidsaspecten zijn meegenomen in de berekenmethodiek. We beschrijven voor elk duurzaamheidsaspect wat het doel is dat we beogen om het aspect mee te nemen, evenals op welk deel van de levenscyclus van het verkeersbord het duurzaamheidsaspect betrekking heeft (de scope).

De scopes definiëren we op basis van de levenscyclusanalyse (LCA) methodologie. In deze methodologie wordt gebruik gemaakt van verschillende afbakeningen van levensfasen van een product. Levensfasen zijn hierbij bijvoorbeeld grondstoffenextractie/productie, de gebruiksfasen of de afvalfase van een product. Figuur 2 geeft de meest gebruikte scopes voor LCA onderzoeken weer:

- **Cradle-to-gate:** De duurzaamheid van een product wordt bekeken van grondstofwinning tot de verwerking tot het eindproduct. In het geval van een verkeersbord is het bord dan klaar om geïnstalleerd te worden voor gebruik door een wegbeheerder.
- **Cradle-to-grave:** De duurzaamheid van een product wordt bekeken van de grondstofwinning tot het afdanken van het product. In het geval van een verkeersbord is het beeldvlak van het bord dan niet meer van de juiste kwaliteit óf heeft de wegbeheerder het bord niet meer nodig (en wordt het ook niet op een andere plek opnieuw ingezet).

Figuur 2 - Scope die gebruikt worden in LCA's



2.2.1 Klimaatverandering (CO₂-eq.)



Doel

Het behalen van de Parijs-doelen om de opwarming van de aarde te beperken tot ruim onder de 2 C°, door het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen.

Scope

Voor klimaatverandering kiezen we ervoor om alle levensfasen in de cradle-to-grave-scope mee te nemen behalve de gebruiksfase. In de gebruiksfase vinden immers geen emissies van broeikasgassen plaats bij de bekeken producten.

Dit betekent dat de broeikasgasemissies worden meegenomen tijdens:

- De **grondstofextractie en materiaalproductie**. Onder andere de emissies tijdens de productie van aluminium maar zeker ook het klimaateffect van eventuele ontbossing voor de productie van biogene grondstoffen (bamboe, bioplastic). Dit is dus inclusief indirecte landgebruiksverandering (ILUC).
- De **verwerking tot eindproduct**. Het gaat hierbij om emissies tijdens het omvormen van het materiaal naar het product door bijvoorbeeld energiegebruik (elektriciteit, diesel).
- De **afanking**. De broeikasgasemissies die vrijkomen bij het gedeelte van het product dat aan het einde van de levensduur verbrand of gestort wordt (en dus niet hergebruikt of gerecycled).
- Het **transport** van het materiaal, transport van het product naar de wegbeheerder en transport van het product dat aan het einde van de levensduur verbrand of gestort wordt (en dus niet hergebruikt of gerecycled).

2.2.2 Vers waterverbruik



Doel

In veel landen is vers water¹ een schaars goed. Het doel is daarom om waterschaarste te voorkomen door het gebruik van vers water te minimaliseren. Het gebruik van water kan namelijk direct ten koste gaan van het benodigde drinkwater of water dat nodig is voor het verbouwen van voedsel.

Scope

Voor vers watergebruik kiezen we ervoor om alle levensfasen in de cradle-to-gate-scope mee te nemen. Dit betekent dat we het watergebruik meenemen tijdens:

- de grondstofextractie/productie: bijvoorbeeld watergebruik bij bauxietextractie en bamboeproductie;
- de productie van materialen: bijvoorbeeld watergebruik bij aluminiumoxide- en aluminiumproductie;
- de productie van het product (verkeersbord).

¹ Niet-zout water.

We kijken naar de hoeveelheid vers watergebruik en niet naar de schaarste van het watergebruik op een bepaalde plek. Dit is immers bijna onmogelijk vast te stellen in de toeleveringsketen van een verkeersbord.

2.2.3 Grondstofuitputting



Doel

De uitputting van eindige/schaarse grondstoffen te verminderen/minimaliseren zodat volgende generaties ook nog de beschikking hebben over deze grondstoffen. Als het gebruik van deze eindige grondstoffen voorkomen kan worden, blijft er meer over voor producten waarvoor geen alternatieve grondstof te vinden is.

Scope

Voor grondstofuitputting kijken we alleen naar de levensfase grondstofextractie, omdat dit het moment is dat er gebruik gemaakt wordt van een eindige grondstof.

2.3 Uitgangspunten

Om duurzaamheidskengetallen voor verschillende materialen te kunnen bepalen is er een aantal uitgangspunten dat van belang is. Het gaat hierbij om de manier waarop we omgaan met recycling en de opslag van biogene CO₂ in het geval dat er een biogeen materiaal gebruikt wordt.

2.3.1 Toerekenen van recycling - Circulariteit als uitgangspunt

Als er sprake is van recycling en gebruik van gerecycled materiaal, dan zijn er altijd meerdere partijen bij betrokken. Er is een leverende partij van recycalaat (aanbod), een verwerkende partij/tussenhandelaar en een gebruikende partij (vraag). De netto milieuwinst mag daarom niet zomaar volledig worden toegekend aan één van de partijen.

In de berekenmethodiek stellen we voor gebruik te maken van een methodiek die het beste aansluit bij het idee van circulariteit. In een volledig circulaire economie zal bijvoorbeeld het materiaal dat gebruikt wordt in een verkeersbord volledig hergebruikt worden in een nieuw verkeersbord, waardoor er geen nieuwe productie van grondstoffen nodig is. Hergebruik kan zowel gaan over het hergebruik van een gedeelte van het product (zoals de drager van het verkeersbord) óf over materiaalrecycling. **Het gaat hierbij om het sluiten van de kringloop; zowel het recyclen van het verkeersbord aan het einde van de levensduur als gerecycled materiaal dat gebruikt wordt in een verkeersbord.**

De milieuwinst van recycling en hergebruik wordt in de LCA-methodologie op verschillende manieren toegerekend, voorbeelden hiervan zijn:

- Recycled-contentbenadering: Bij de recycled-contentbenadering wordt het voordeel van het gebruik van recycalaat toegerekend aan de gebruiker.
- End-of-life-benadering: Bij de end-of-life-benadering wordt het voordeel van het gebruik van het recycalaat toegerekend aan diegene die recycalaat aanbiedt.

We kiezen ervoor om recycling op basis van de recycled-contentmethode toe te rekenen, waarbij de recycled content alleen toegerekend wordt als het technisch mogelijk is om het verkeersbord aan het einde van de levensduur te recyclen. Diegene die het recycalaat

aanbiedt (of het verkeersbord afdankt) is immers de wegbeheerder en niet de producent van het verkeersbord. Er is tijdens het produceren van een verkeersbord nog niet te zeggen wat de wegbeheerder met het product zal doen als hij hem niet meer nodig heeft of het bord niet meer bruikbaar is. De samenstelling van het verkeersbord heeft een verkeersbordenproducent wél helemaal zelf in de hand.

Voor het bepalen van de netto milieuwinst op de duurzaamheidsaspecten betekent dit dat:

1. Het milieuvoordeel van het gebruik van gerecycled materiaal toegerekend wordt aan het verkeersbord, mits aan het einde van zijn levensduur minimaal dezelfde hoeveelheid materiaal (technisch) gerecycled kan worden. Wanneer aan het einde van zijn levensduur maar een deel gerecycled kan worden, wordt dit deel gezien als milieuvoordeel. Kortom het aandeel circulair materiaal.

Voorbeeld 1: Wanneer een verkeersbord bestaat uit 80% gerecycled materiaal, en aan het einde van zijn levensduur voor 60% gerecycled kan worden, dan wordt er 60% toegekend als milieuvoordeel.

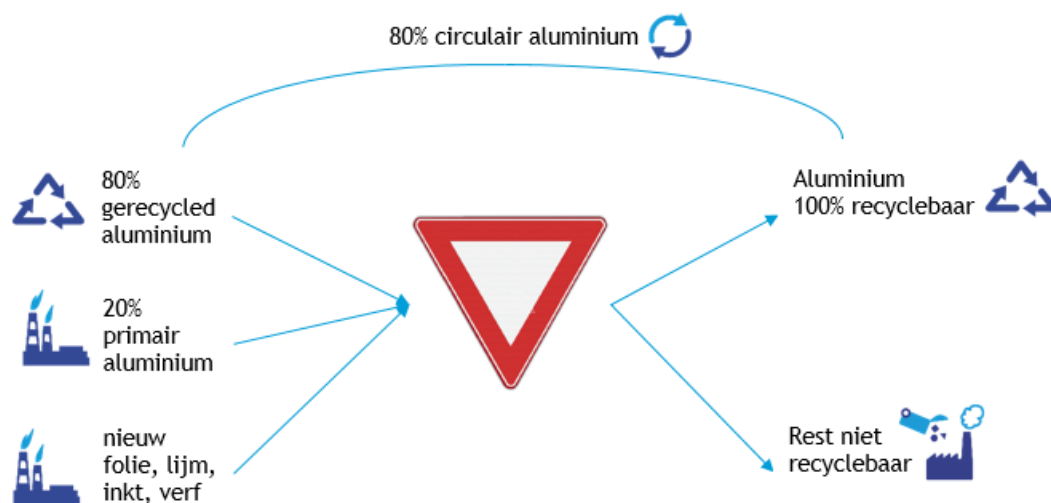
Voorbeeld 2: Wanneer een verkeersbord bestaat uit 80% gerecycled materiaal, en aan het einde van zijn levensduur voor 100% gerecycled kan worden, dan wordt er 80% toegekend als milieuvoordeel (zie Figuur 3).

2. Het milieunadeel van het voorbereiden voor recycling of hergebruik (bijvoorbeeld het verwijderen van een folie van een verkeersbord) toegerekend wordt aan het ‘nieuwe’ verkeersbord.

Toerekening van de netto milieuwinst is alleen van toepassing bij het recyclen van materiaal (ofwel naar hetzelfde materiaal, of naar een materiaal met een lagere waarde) of bij hergebruik. Alle andere verwerking van materiaal aan het einde van de levensduur valt onder definitieve afvalverwerking. De milieu-impact van definitieve afvalverwerking wordt volgens de regels van LCA (ISO 14040) volledig toegerekend aan het product. Dus als een deel van een verkeersbord per definitie niet gerecycled gaat worden (bijvoorbeeld de folie) dan wordt de milieu-impact hiervan toegerekend aan de productie van het verkeersbord.

Figuur 3 laat een voorbeeld zien van circulair materiaal en het materiaal dat terecht komt bij definitieve afvalverwerking.

Figuur 3 - Illustratie circulair materiaal



2.3.2 Opslag van biogene CO₂

Als er gebruik gemaakt wordt van een materiaal van biogene oorsprong (biogeen materiaal) in de productie van een verkeersbord, dan speelt de opslag van biogene CO₂ een rol. Immers wordt CO₂ uit de lucht vastgelegd in bijvoorbeeld bamboe als het bamboe groeit, evenals in de landbouwgrond waar de bamboe óp groeit. De vraag is welk gedeelte van deze vastgelegde CO₂ mag meegerekend worden bij het bepalen van een CO₂-voetafdruk van een product.

In de LCA-methodiek wordt CO₂-vastlegging meegenomen in het geval dat de CO₂ voor meer dan 100 jaar vastgelegd wordt.² Tot die tijd wordt CO₂-vastlegging gezien als kortcyclische CO₂ die geen invloed heeft op het klimaat.

Andere aspecten die meespelen wanneer we kijken naar de opslag zijn:

- De biogene CO₂-inhoud van het product;
- De verhouding CO₂-inhoud in de biomassa boven de grond die gebruikt wordt in het product en de CO₂-opslag in de bodem;
- De landgebruiksverandering die veroorzaakt wordt door uitbreiding van de productie van een bepaald type biomassa;
- De additionaliteit van de productie van het type biomassa voor dit product. Hierbij gaat het erom dat er alleen CO₂-opslag in de bodem plaatsvindt als het gaat om uitbreiding van het productieareaal. Als dit niet het geval is, dan heeft er bij het groeien van eerdere producten al CO₂-opslag in de bodem plaatsgevonden.

² Zie bijvoorbeeld (European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, 2010).

3 Bepalen duurzaamheidsscore

In dit Hoofdstuk beschrijven we eerst kort de gehanteerde aanpak voor het ontwikkelen van een versimpelde berekenmethodiek (Paragraaf 3.1). Vervolgens beschrijven we de versimpelde berekenmethodiek (Paragraaf 3.2). De berekenmethodiek passen we daarna toe op een aantal borden, die vallen onder de definitie “bord”, zoals beschreven in NEN 3381: “verkeersbord zijnde een verbods-, gebods-, aanwijzings-, waarschuwings-, vooraanduidings- of voorrangsbord” (Paragraaf 3.3). Tot slot doen we een aantal aanbevelingen voor het gebruiken van de berekenmethodiek en duurzaamheidsscores als basis voor een nieuwe Ultimate Signing™ Standaard (Paragraaf 3.4).

3.1 Gehanteerde aanpak

3.1.1 Eerste berekenmethodiek duurzaamheidsscore



We hanteren dezelfde aanpak als die we gehanteerd hebben bij het ontwikkelen van een methodiek voor het duurzaam aanbesteden van afval (CE Delft, 2019). Een voorbeeld van het bepalen van de klimaatimpact van afvalverwerking uit deze studie is weergegeven in Tabel 5.

Uitgangspunt bij het ontwikkelen van de berekenmethodiek voor verkeersborden is dat een verkeersbordenproducent de berekenmethodiek kan invullen. Dit betekent dat het gaat om de hoeveelheid materiaal die er uiteindelijk in het verkeersbord terecht komt, en de hoeveelheid hulpstoffen en energie die gebruikt zijn om deze materialen samen te combineren tot een verkeersbord. Het gebruik van hulpstoffen en verliezen in de keten, moet daarom opgenomen worden in de kengetallen. Bijvoorbeeld in het geval van coil-coated aluminium zijn de milieu-impact van de bauxietwinning, aluminiumproductie, plaatproductie, coil-coating, snijverliezen bij de plaatproductie en bij de verkeersbordenproducent en het transport allemaal opgenomen in het kengetal.

Tabel 5 - Scoringstabel voor kwaliteitsscore verwerking huishoudelijk restafval en PMD-afval - gedetailleerde methodiek.

				Eindscore kg CO ₂ -eq./ton restafval of PMD- afval verwerkt
Energielevering	Hoeveelheid Per ton restafval/PMD-afval verwerkt		Weging kg CO ₂ -eq./kWh	
Elektriciteit (netto) (1)	kWh	X	0,413	=
Warmte (netto) (1)	kWh	X	0,205	=
Gaslevering	Hoeveelheid Per ton restafval/PMD-afval verwerkt		Weging kg CO ₂ -eq./Nm ³	
Biogas (netto)	Nm ³	X	1,8	=
Groengas (netto)	Nm ³	X	2,0	=
Materiaallevering	Hoeveelheid		Weging kg CO ₂ -eq./kg	

					Eindscore kg CO ₂ -eq./ton restafval of PMD- afval verwerkt
		Per ton restafval/PMD-afval verwerkt			
Kunststof (DKR)		kg	X	1,5	=
Drankenkarton (DKR)		kg	X	0,1	=
Ferrometaal		kg	X	0,5	=
Non-ferrometaal		kg	X	6,6	=
Glas (inzet als glas)		kg	X	0,5	=
Glas (inzet als bouw- materiaal)		kg	X	0	=
Bodemas (inzet als bouw materiaal)		kg	X	0	=
Gips (inzet als zand- steen)		kg	X	0,2	=
Luiers		kg	X	0,1	=
Transport	Afstand	Hoeveelheid Per ton restafval/PMD- afval verwerkt		Weging kg CO ₂ -eq./tkm	
Transport naar verwerking	km x	1 ton	X	- 0,11	=
Overig transport	km x	1 ton	X	- 0,11	
Emissies uit verbranding residu		Hoeveelheid Per ton restafval/PMD-afval verwerkt		Weging kg CO ₂ -eq./kg	
CO ₂ -eq. bij emissie van alle broeikasgassen uit verbranding (2)		kg	X	- 1,0	=
Afgevangen CO ₂		kg	X	0,5	=
					-----+
				Totaal:	

Tabel overgenomen uit (CE Delft, 2019)

Toelichting: CO₂-kengetallen zijn terug te vinden in Bijlage A. (1) Voor energielevering en gaslevering kan een negatief getal worden ingevuld als meer energie of energiedragers gebruikt worden dan worden afgezet. (2) In het geval dat CO₂-afvang plaatsvindt, is dit de emissie die plaats zou vinden als CO₂ niet afgevangen wordt.

Klimaatimpact

Klimaatimpact wordt uitgedrukt in kg CO₂-eq-emissies per verkeersbord. We maken hierbij gebruik van de broeikasgasequivalenten, zoals deze zijn beschreven door het IPCC voor een periode van 100 jaar.

Vers watergebruik

Vers watergebruik wordt uitgedrukt in m³ water per verkeersbord. We maken hierbij gebruik van de ReCiPe-methodiek.

Grondstofuitputting

Voor het bepalen van grondstofuitputting maken we gebruik van de ReCiPe-methodiek. Grondstofuitputting wordt uitgedrukt in \$ per verkeersbord. De \$ betekent in dit geval de extra kosten die in de toekomst nodig zijn voor de extractie van minerale en fossiele grondstoffen omdat er nu uitputting van deze grondstoffen plaatsvindt. Bij het mijnen van grondstoffen wordt immers altijd gekozen voor de economisch meest aantrekkelijke locatie. Als de grondstoffen hieruit uitgeput zijn zal mijnbouw plaatsvinden op een plek die minder economisch aantrekkelijk was. In deze indicator wordt de milieu-impact van de volgende milieu-indicatoren bij elkaar gevoegd om zo te komen tot een indicatie van economische schade door uitputting van grondstoffen:

- schaarste - metalen;
- schaarste - fossiele grondstoffen.

3.1.2 Toepassen eerste berekenmethodiek op bestaande verkeersborden



Het toepassen van de berekeningsmethodiek is alleen mogelijk voor verkeersborden die reeds op de markt zijn. Het gaat hierbij om de verkeersborden zoals weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 geeft een overzicht van de verkeersborden zoals deze beschikbaar zijn in 2019. Hierbij worden zowel de leveranciers weergegeven als de plek op de R-ladder, waar de drager van de verkeersborden zich bevinden. Voor deze indeling is de indeling gehanteerd zoals wordt gedefinieerd door de Ellen MacArthur Foundation. Een Nederlandse beschrijving van deze indeling is te vinden bij het PBL (PBL, 2016).

Tabel 6 - Typen verkeersborden beschikbaar in 2019

Nr.	Drager	Productie beeldvlak	Leveranciers	Plek op R-ladderdrager
1	Coil-coated aluminium	Geprint	HR Groep, AGMI, Pol, Knieriem	R8 Recycle - voor andere toepassing
2	Coil-coated aluminium	Gezeefdrukt	Knieriem, ETEF	R8 Recycle - voor andere toepassing
3	Ongelakt gerecycled aluminium (Cradle-to-cradle gecertificeerd)	Geprint	AGMI	R8 Recycle - voor nieuw verkeersbord
4	Ongelakt aluminium	Geprint	Knieriem	R8 Recycle - voor andere toepassing
5	Ongelakt aluminium	Gezeefdrukt	Knieriem, ETEF	R8 Recycle - voor andere toepassing
6	Hergebruik aluminium	Geprint	AGMI	R5 Refurbished
7	Bamboe (FSC-gecertificeerd)	Geprint	HR Groep	R2 Reduce

Let op: Voor bord nummer 6 gaat het specifiek om een hergebruikte aluminium drager, dus niet om omgesmolten aluminium.

Bij het bepalen van de duurzaamheidsscore is veel aandacht besteed aan de kwaliteit van de gegevens die ontvangen zijn van de verkeersbordenproducenten. Hierbij zijn meerdere checks uitgevoerd door CE Delft, waaronder het cross-checken van gegevens tussen verschillende producenten (zegt Producent A iets heel anders dan Producent B?), het checken van gegevens op basis van inschattingen van de dichtheid van verschillende materialen op basis van database informatie, het bekijken van twee productielocaties en het kritisch doorvragen totdat er een goed beeld was van het productieproces.

3.1.3 Aanbevelingen voor berekenmethodiek



Op basis van de analyse en de bepaalde duurzaamheidsscores kunnen we een aantal aanbevelingen maken over wat er wél en niet opgenomen zou kunnen worden in de berekenmethodiek. De drie aanbevelingen zijn:

- neem het duurzaamheidsaspect menselijke toxiciteit niet op in de berekenmethodiek;
- neem alleen aspecten mee als de datakwaliteit hoog genoeg is;
- neem alleen aspecten mee die een significante bijdrage leveren aan een duurzaamheidsaspect.


3.2 Versimpelde berekenmethodiek



In Tabel 7, Tabel 8 en Tabel 9 wordt de versimpelde berekenmethodiek voor de duurzaamheidsscore van verkeersborden weergegeven voor respectievelijk de klimaatimpact, vers watergebruik en grondstofuitputting. Bij het gebruiken van deze methodiek is het van belang om onder het onderdeel “grondstofextractie en materiaalproductie” hoeveelheden in te vullen van materialen zoals deze uiteindelijk in het verkeersbord terecht komen. Dus het gewicht van de aluminium drager en het gewicht van het ingekochte aluminium, er vinden immers nog snijverliezen plaats.

Een deel van de kengetallen is niet opgenomen in de tabellen, omdat deze bedrijfsgevoelig zijn (aangegeven met BG).


Tabel 7 - Versimpelde berekenmethodiek klimaatimpact

 Klimaatimpact					
<i>Grondstofextractie en materiaalproductie</i>	<i>Hoeveelheid in verkeersbord</i>	<i>Eenheid</i>		<i>kg CO₂-eq. / eenheid</i>	<i>kg CO₂-eq. / in- of output</i>
Coil-coated aluminium		kg	X	BG =	
Ongelakt gerecycled aluminium (cradle-to-cradle gecertificeerd)		kg	X	BG =	
Ongelakt aluminium		kg	X	BG =	
Lak/coating voor ongelakt aluminium		kg	X	BG =	
Hergebruikt aluminium		kg	X	BG =	
Bamboebord (FSC-gecertificeerd bamboe)		kg	X	BG =	
Retroreflecterende folie incl. lijm (klasse 2 en 3)		kg	X	2,800 =	
Overlay folie inclusief lijm (laminaat)		kg	X	2,800 =	
<i>Verwerking tot eindproduct</i>	<i>Per product</i>	<i>Eenheid</i>		<i>kg CO₂-eq. / eenheid</i>	
Elektriciteit		kWh	X	0,413 =	
Aardgas		Nm ³	X	2,399 =	
<i>Afdanking</i>	<i>Per product</i>	<i>Eenheid</i>		<i>kg CO₂-eq. / eenheid</i>	
Folie inclusief lijm met inkt naar verbranding		kg	X	3,038 =	
Laminaat naar verbranding		Kg	X	3,038 =	
					-----+
					<i>kg CO₂-eq. / product</i>

Let op: Onder het onderdeel “grondstofextractie en materiaalproductie” dienen de hoeveelheden ingevuld te worden die in het verkeersbord zitten bij levering aan de klant, niet de ingekochte hoeveelheden.

BG: Bedrijfsgevoelige informatie.


Tabel 8 - Versimpelde berekenmethodiek vers watergebruik

 Vers watergebruik						
<i>Grondstofextractie en materiaalproductie</i>	<i>Hoeveelheid in verkeersbord</i>	<i>Eenheid</i>		<i>m³/ eenheid</i>	=	<i>m³/in- of output</i>
Coil-coated aluminium		kg	X	BG	=	
Ongelakt gerecycled aluminium (cradle-to-cradle gecertificeerd)		kg	X	BG	=	
Ongelakt aluminium		kg	X	BG	=	
Lak/coating voor ongelakt aluminium		kg	X	BG	=	
Hergebruikt aluminium		kg	X	BG	=	
Bamboebord (FSC-gecertificeerd)		kg	X	BG	=	
Retroreflecterende folie (klasse 2 en 3)		kg	X	0,020	=	
Overlay folie inclusief lijm (laminaat)		kg	X	0,020	=	
<i>Verwerking tot eindproduct</i>	<i>Per product</i>	<i>Eenheid</i>		<i>m³/ eenheid</i>		
Elektriciteit		kWh	X	0,002	=	
Aardgas		Nm ³	X	0,004	=	
<i>Afdanking</i>	<i>Per product</i>	<i>Eenheid</i>		<i>m³/ eenheid</i>		
Folie inclusief lijm met inkt naar verbranding		kg	X	0,001	=	
Laminaat naar verbranding		Kg	X	0,001	=	
						-----+
						<i>m³/product</i>

Let op: Onder het onderdeel “grondstofextractie en materiaalproductie” dienen de hoeveelheden ingevuld te worden die in het verkeersbord zitten bij levering aan de klant, niet de ingekochte hoeveelheden.

BG: Bedrijfsgevoelige informatie.

Tabel 9 - Versimpelde berekenmethodiek grondstofuitputting

 Grondstofuitputting					
<i>Grondstofextractie en materiaalproductie</i>	<i>Hoeveelheid in verkeersbord</i>	<i>Eenheid</i>		<i>\$/eenheid</i>	<i>\$/in- of output</i>
Coil-coated aluminium		kg	X	BG	=
Ongelakt gerecycled aluminium (cradle-to-cradle gecertificeerd)		kg	X	BG	=
Ongelakt aluminium		kg	X	BG	=
Lak/coating voor ongelakt aluminium		kg	X	BG	=
Hergebruikt aluminium		kg	X	BG	=
Bamboebord (FSC-gecertificeerd)		kg	X	BG	=
Retroreflecterende folie (klasse 2 en 3)		kg	X	0,696	=
Overlay folie inclusief lijn (laminaat)		kg	X	0,696	=
<i>Verwerking tot eindproduct</i>	<i>Per product</i>	<i>Eenheid</i>		<i>\$/eenheid</i>	
Elektriciteit		kWh	X	0,029	=
Aardgas		Nm ³	X	0,368	=
<i>Afdanking</i>	<i>Per product</i>	<i>Eenheid</i>		<i>\$/eenheid</i>	
Folie inclusief lijn met inkt naar verbranding		kg	X	0,004	=
Laminaat naar verbranding		Kg	X	0,004	
					----- +
					<i>\$/product</i>

Let op: Onder het onderdeel “grondstofextractie en materiaalproductie” dienen de hoeveelheden ingevuld te worden die in het verkeersbord zitten bij levering aan de klant, niet de ingekochte hoeveelheden.

BG: Bedrijfsgevoelige informatie.

3.3 Duurzaamheidsscore bestaande verkeersborden

Tabel 10 geeft de duurzaamheidsscores van de bestaande verkeersborden weer voor drie duurzaamheidsaspecten op basis van de versimpelde berekenmethodiek.

Tabel 10 - Duurzaamheidsscores bestaande verkeersborden op basis van aanbevolen berekenmethodiek

Verkeersbord	Klimaatimpact (kg CO ₂ -eq./ verkeersbord)	Vers watergebruik (liter/ verkeersbord)	Grondstofuitputting (\$/verkeersbord)
Coil-coated aluminium met geprint folie	16,9	20	2,6
Coil-coated aluminium met gezeefdrukt folie	16,5	18	2,6
Ongelakt aluminium met geprint folie	18,1	24	2,5
Ongelakt aluminium met gezeefdrukt folie	17,8	23	2,4
Cradle-to-cradle aluminium met geprint folie	6,7	16	0,9
Bamboe (20 mm) met geprint folie	6,8	29	0,4
Bamboe (10 mm) met geprint folie	3,9	17	0,3
Hergebruikt aluminium met geprint folie	2,3	11	0,3

3.4 Aanbevelingen voor gebruik berekenmethodiek

Berekenen duurzaamheidsscore nieuwe verkeersborden (tot 2025)

De methodiek laat ruimte voor het bepalen van de duurzaamheidsscore voor verkeersborden die nu nog niet op de markt zijn. De duurzaamheidsscore per verkeersbord kan bepaald worden met behulp van de berekenmethodiek. Als de VNVF besluit om de berekenmethodiek als basis van de nieuwe Ultimate Signing™ Standaard te gebruiken is het aan te bevelen om deze duurzaamheidsscore te laten bepalen door een onafhankelijke partij.

Voor het berekenen van de duurzaamheidsscore voor nieuwe verkeersborden dienen de volgende stappen genomen te worden:

1. **Inventarisatie:** Inventariseer welke en hoeveel grondstoffen/materialen er gebruikt worden voor de productie van de drager, welke en hoeveel inputs er nodig zijn voor de verwerking tot eindproduct en welke materialen in verkeersbord er aan het eind van de levensduur niet kunnen worden gerecycled.
2. **Bepaal kengetallen:** Bepaal een kengetal per kilogram voor die ingrepen (grondstoffen/materialen, inputs en niet te recyclen producten) die niet al in de methodiek hierboven beschreven staan. Houdt bij het bepalen van deze kengetallen rekening met de uitval-ten tijdens het productieproces.
3. **Bereken de duurzaamheidsscore van een nieuw verkeersbord:** Op basis van de bepaalde kengetallen kunnen de tabellen zoals hierboven aangevuld worden. De tabellen kunnen dan eenvoudig ingevuld worden met de gebruiken per verkeersbord.

Als de VNVF besluit om de berekenmethodiek als basis van de nieuwe Ultimate Signing™ Standaard te gebruiken is het aan te bevelen om vast te stellen waar en op welke manier fabrikanten van nieuwe verkeersborden zich kunnen melden om een duurzaamheidsscore te laten bepalen.

Bij het bepalen van de duurzaamheidsscores per verkeersbord dient voor het bepalen van een kengetal voor *biobased-producten* bij de opslag van CO₂ uitgegaan te worden van:

- CO₂ die voor langer dan 100 jaar wordt vastgelegd. Koolstofopslag in het verkeersbord wordt niet meegenomen behalve als objectief vastgesteld kan worden dat het verkeersbord een levensduur heeft van meer dan 100 jaar.
- CO₂-opslag in de bodem alleen meegenomen wordt als er een uitbreiding van het productieareaal plaatsvindt van het biogene product, waarbij de koolstof opslag in de bodem door het biogene product *hoger* is dan het geval is bij het product dat het vervangt. Bijvoorbeeld uitbreiden van de productie van bomen op een stuk grond waar eerst grasland was. Hierbij moet gebruik gemaakt worden van een gemiddelde uitbreiding van de afgelopen vijf jaar, en van de toevoeging van koolstof ten opzichte van het product dat het vervangt.

Naast opslag van CO₂ kan de productie van biobased producten ook zorgen voor de reductie van natuurgebied of landbouwgebied. Als zulk soort directe landgebruiksverandering plaatsvindt waarbij de koolstofopslag in het gebied zowel in de bodem als in het product hoger is dan in het geval van het biobased product gebruikt voor verkeersborden, dan wordt in plaats van met een CO₂-opslag gerekend met een CO₂-emissie.

Up-to-date houden duurzaamheidsscores (na 2025)

De beschreven methodiek om de duurzaamheidsscore van verkeersborden te bepalen is toegepast op de verschillende verkeersborden die in 2019 op de markt zijn. Hierbij is

gebruik gemaakt van recente gegevens. Deze methodiek is maximaal vijf jaar van toepassing en zal dus uiterlijk in 2025 ge-update dienen te worden.

Hier zijn de volgende redenen voor:

- Er vindt ontwikkeling plaats in de productie van verkeersborden. Zo kan er meer of minder energie gebruikt worden dan nu meegenomen is in het bepalen van de duurzaamheidsscores.
- De productie van de gebruikte materialen verandert. Zo kan de productie van aluminium gemiddeld een hogere of een lagere CO₂-voetafdruk hebben in 2025 dan nu het geval is.
- De levensduur van de verschillende verkeersborden die nu op de markt zijn, is hoogstwaarschijnlijk vergelijkbaar. Het is daarom mogelijk om uit te gaan van de duurzaamheidsscore van de productie van een verkeersbord in de berekenmethodiek zonder naar de levensduur te kijken. In de toekomst zouden borden op de markt kunnen komen die een andere levensduur hebben. Dit kan een enorm verschil maken in de duurzaamheidsscore per jaar van een verkeersbord. Mocht dit het geval zijn, dan zal de voorgestelde berekenmethodiek dus aangepast dienen te worden met in acht neming van de levensduur.

Uiterlijk in 2025 zal dus een update uitgevoerd dienen te worden van de kengetallen voor de verschillende materialen, en zal ook de duurzaamheidsscore per verkeersbord opnieuw bepaald moeten worden.

4 Bibliografie

CE Delft, 2019. *Methodiek duurzaam aanbesteden afval*, Delft: CE Delft.

European Coil Coated Association, 2014. *Sustainability Report 2014*, Brussel, België: European Coil Coated Association.

European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, 2010. *International Referenc Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - Geberal guide for Life Cycle Assessment - Detailed Guidance.*, Luxemburg: Publications Office of the European Union.

Huijbregts, M.A.J., et al., 2016. *ReCiPe 2016. A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. Report I: Characterization.*, Bilthoven, Nederland: RIVM.

PBL, 2016. *Prioriteitsvolgorde van circulariteitsstrategieën en rol van innovatie in productketen*. [Online]

Available at: <https://www.pbl.nl/onderwerpen/circulaire-economie/feiten-en-cijfers/infographics/prioriteitsvolgorde-van-circulairiteitsstrategie-n-en-rol-van-innovatie-in-productketen>

[Geopend 12 6 2019].