

LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase

Brandstof-machinecombinaties

Hoofdstuk 1000 t/m 8000 Processen

Datum rapportage: 26 maart 2025
Datum publicatie in de NMD: nog te bepalen
Versie rapportage: Versie 3 toevoeging biobrandstoffen, SGS 2025

De biobrandstoffen data die opgenomen zijn in dit rapport worden nog niet opgenomen in de NMD en/of gebruikt in aanbestedingen. Voor meer informatie, zie de toelichting van Rijkswaterstaat op pagina 5 van dit rapport.

Versie Bepalingsmethode: 1.2
Versie Ecoinvent database: 3.6

Opdrachtgever: Stichting Nationale Milieudatabase
Opdrachtnemer(s): Versie 1: TNO en SGS Search
Versie 2: EcoReview
Versie 2.1: LBP|SIGHT
Versie 3: TNO en SGS Search

Auteur(s): Versie 1: Tim van der Kruk (TNO), Mark Bolech (TNO), Mariëlle van Elderen (SGS Search) en Martijn van Hövell (SGS Search)
Versie 2: Tim Mol en Stijn Mulder (EcoReview)
Versie 2.1: Susanne Visch (LBP|SIGHT)
Versie 3: Rick Scholtes (TNO) en Martijn van Hövell (SGS Search)

Wijzigingenregister

Versie rapport	Datum	Opsteller	Peer Reviewer	Gewijzigde productkaarten	Toelichting
1	9-11-2021	TNO en SGS Search	-	-	-
2	12-10-2022	EcoReview	LBP SIGHT	zie bijlage II.	Bouwmachines: -De productkaarten zijn generiek voor alle bouwmachines, met de graafmachine als basis -Waterstof toegevoegd -Einde-levensduur toegevoegd voor de kapitaalgoederen (inclusief accu, indien van toepassing) -Differentiatie op vermogensklasse, o.b.v. AERIUS Vrachtwagen -Voor de elektrische en waterstofvrachtwagens: einde-levensduur toegevoegd voor de kapitaalgoederen (inclusief accu, indien van toepassing) Personenvervoer -Toegevoegd Overslag -Toegevoegd Overige wijzigingen -Tekstuele aanpassingen ten behoeve van de leesbaarheid en relevantie <i>Er is een versie van dit rapport beschikbaar met de aanpassingen in bordeauxrood</i>
2.1	05-04-2024	LBP SIGHT	-		Redactionele aanpassing in tabel 58, de tekst voor diesel en GTL was omgedraaid
3	06-02-2025	SGS Search	TNO	HVO en FAME voor toepassing in bouwmachines en vrachtwagen is toegevoegd	Toevoeging van Biobrandstoffen (HVO en FAME) voor gebruik in bouwmachines en vrachtwagens.

Toelichting: Wanneer er verschillende versies zijn gehanteerd voor de (deel)producten / productkaarten in het rapport (bijv. als er (deel)producten / productkaarten op een later moment zijn toegevoegd), dient dit hier duidelijk te zijn aangegeven welke (deel)producten / productkaarten zijn opgesteld met de desbetreffende versie van het rapport

Inhoudsopgave

Toelichting van RWS & IenW op de toevoeging van Biobrandstoffen.....	5
1. Inleiding.....	6
1.1 Doel en doelgroep.....	6
1.2 Verantwoording.....	7
1.3 Leeswijzer	8
2 Methode.....	9
2.1 Aanpak.....	9
2.2 Scope	9
2.3 De opbouw van de productkaarten	10
2.4 Belangrijkste basisuitgangspunten update EcoReview 2022	10
2.5 Productbeschrijving.....	12
2.6 Functionele eenheid.....	13
2.7 Systeemgrenzen.....	13
3 Levenscyclusinventarisatie (LCI).....	14
3.1 Dataverzameling	14
3.2 Decompositie in materialen en processen van machines	14
3.3 Uitgangspunten machines stage IIIB, IV & V	14
3.3.1 Bouwmachine, Diesel, stage IIIB, IV & V.....	17
3.3.2 Bouwmachine, GTL, stage IIIB, IV & V	21
3.3.3 Bouwmachine, HVO, stage IIIB, IV & V	26
3.3.4 Bouwmachine, FAME, stage IIIB, IV & V	36
3.3.5 Bouwmachine, Elektrisch, groen en grijs.....	40
3.3.6 Bouwmachine, waterstof, SMR en Elektrolyse	44
3.4 Decompositie in materialen en processen van vrachtwagens	52
3.4.1 Algemene processen gebruiksfase vrachtwagens.....	52
3.4.2 Vrachtwagen Diesel Euro 5 & 6.....	58
3.4.3 Vrachtwagen GTL Euro 5 & 6	59
3.4.4 Vrachtwagen HVO Euro 5 & 6	60
3.4.5 Overzicht decompositie HVO in vrachtwagens	60
3.4.6 Vrachtwagen FAME Euro 5 & 6	61
3.4.7 Vrachtwagen Elektrisch, groen en grijs	62
3.4.8 Vrachtwagen Waterstof, SMR en Elektrolyse grijs en groen	65
3.5 Decompositie in materialen en processen van Personenvervoer	67
3.5.1 Personenvervoer Elektrisch	67
3.5.2 Personenvervoer waterstof	71
3.6 Decompositie in materialen en processen overig.....	74
3.6.1 Overslag	74
3.6.2 Asfaltfrees.....	75
3.6.3 Tractor	75

4	Resultaten.....	76
4.1	Gekarakteriseerde resultaten.....	76
4.2	Zwaartepuntanalyse.....	76
4.2.1	Bouwmachines.....	77
4.2.2	Vrachtwagens.....	85
4.2.3	Personenvervoer	86
4.2.4	Overslag	89
4.2.5	Asfaltfrees en materieel bouwplaats	90
4.2.6	Productie brandstoffen en energiedragers.....	91
4.3	Gevoeligheidsanalyse.....	96
5	Aanbevelingen	97
6	Referenties	100
	Bijlage	103
	Bijlage I Gekarakteriseerde resultaten per product	103
	Bouwmachines	104
	Vrachtwagens.....	132
	Personenvervoer	146
	Bijlage II Verbrandingsemissies bouwmachines Diesel en GTL.....	165
	Bijlage III Totaaloverzicht van nieuwe productkaarten	172
	Bijlage IV Aanbevolen acties ten aanzien van gerelateerde productkaarten	175
	Bijlage V Samenvatting en hoofdstuk 2 uit TNO 2023 [6]	178

Toelichting van RWS & IenW op de toevoeging van Biobrandstoffen

Na de eerste publicatie van het LCA rapport van HVO in scheepsmotoren in 2016 is de Europese LCA norm EN15804 aangepast. Deze aanpassing had onder andere betrekking op de verplichte declaratie van module D; de milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen van de brandstof.

Daarop is ook de Nederlandse bepalingmethode aangepast, met een aanvulling op de EN15804 over hoe module D berekend moet worden. Bij de actualisatie van de LCA rapporten in 2021 werd duidelijk dat de wijziging van de bepalingmethode tot gevolg had dat de conceptresultaten van de MKI en CO₂ voor biobrandstof aanzienlijk verschilden ten opzicht van de eerdere MKI resultaten.

Recent is de Bepalingmethode geüpdatet naar versie 1.2. In de versie 1.1 van de Bepalingmethode moest er in het geval van netto verlies van secundair materiaal een milieulast berekend worden.

Volgens de huidige versie dient een netto negatieve secundaire outputstroom gelijk te worden gesteld aan 0. Dit betekent dat er voor HVO geen milieulast voor verloren secundaire grondstoffen gebruikt worden, wat grote gevolgen heeft voor de MKI.

1. Inleiding

Deze LCA¹-rapportage beschrijft de uitgangspunten en resultaten voor de categorie 3 data in Hoofdstukken 1000 t/m 8000 Processen in de Nationale Milieudatabase². Rijkswaterstaat en de Stichting Nationale Milieudatabase (Stichting NMD) zijn in 2020 gestart met het actualiseren van de categorie 3 data voor de Spoor-, Grond-, Weg- en Waterbouw (GWW) in de Nationale Milieudatabase (NMD). Per RAW-hoofdstuk of thematisch onderwerp wordt de categorie 3 data voor de GWW geactualiseerd. Deze rapportage beschrijft de uitkomsten daarvan.

De GWW-data in de Nationale Milieudatabase wordt gebruikt voor het berekenen van de MKI-waarde van materialen, producten en processen voor de realisatie van een GWW-werk. Deze MKI-waarde wordt berekend door middel van de bepalingen in de 'Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken'³. Met software-instrumenten zoals DuboCalc⁴ kan met behulp van de Nationale Milieudatabase de MKI-waarde voor een product, object en een compleet project berekend worden.

Opdrachtgevers in de GWW-sector gebruiken deze MKI-berekeningen om in de ontwerpfase van het project afwegingen te kunnen maken tussen verschillende materialen of ontwerpopties. Ze vergelijken dan de MKI-waarde van de verschillende oplossingen en kunnen vervolgens voor het duurzaamste materiaal (het product met de laagste MKI-waarde) kiezen. Ook kan in de aanbesteding van een project een gunningscriterium toegepast worden waarbij de inschrijver met de laagste MKI-waarde de hoogste fictieve korting krijgt⁵.

Stichting NMD wil regelmatig de categorie 3 data in de Nationale Milieudatabase actualiseren en verbeteren. Hierop kan iedereen inspraak geven. In paragraaf 1.2 wordt toegelicht hoe verbeterpunten voor de categorie 3 data bij Stichting NMD kunnen worden aangedragen.

Categorie 3 data wordt automatisch geactualiseerd als Stichting NMD de basisprocessendatabase actualiseert, als gevolg van een update van de EcolInvent database. Dit kan betekenen dat de waarden die in deze rapportage zijn beschreven, zullen verouderen. In dit rapport staat beschreven welke versies van de EcolInvent database en van de Bepalingsmethode zijn gebruikt voor het opstellen van de data en deze rapportage. De meest actuele categorie 3 data kan altijd ingezien worden in de gevalideerde rekeninstrumenten, zoals DuboCalc. Doelstelling en doelgroep.

1.1 Doel en doelgroep

In deze studie zijn milieuprofielen opgesteld van de processen op basis van hoofdstukken 1000 t/m 8000 van de RAW Bepalingen 2020. Het doel van de studie is het aanvullen en verbeteren van de categorie 3 productkaarten in de Nationale Milieudatabase (NMD).

¹ LCA = Levenscyclusanalyse. Meer informatie, zie bijvoorbeeld <https://www.rivm.nl/life-cycle-assessment-lca/wat-is-lca>

² Meer informatie over de Nationale Milieudatabase: <https://milieudatabase.nl/>

³ Meer informatie over de Bepalingsmethode: <https://milieudatabase.nl/milieuprestatie/bepalingsmethode/>

⁴ Meer informatie over DuboCalc: <https://www.dubocalc.nl/>

⁵ Meer informatie over het gebruik van de MKI-waarde als gunningscriterium: <https://www.dubocalc.nl/hoer-dubocalc-toepassen/>

De onderhavige rapportage heeft tot doel om de gemaakte keuzes in materialen en milieudata te documenteren als verantwoording. De rapportage zal, naast de ingevoerde productkaarten, worden aangeboden aan de NMD en via de rekeninstrumenten en de website beschikbaar worden gemaakt aan de sector.

De studie is opgesteld voor de volgende doelgroepen:

- Stichting NMD als beheerder van de NMD.
- Opdrachtgevers in de GWW-sector als basis voor referentieontwerpen, verkennende (ontwerp)studies en voor gebruik in aanbestedingen.
- Marktpartijen zoals ingenieurs- en adviesbureaus en aannemers actief in de GWW-sector als informatiebron voor het gebruik van de NMD-data via rekeninstrumenten.
- Opstellers van LCA's om inzicht te krijgen in de uitgangspunten van de categorie 3 data.1.2

1.2 Verantwoording

De LCA is uitgevoerd conform de eisen en richtlijnen uit de *NMD Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.2* [1] en het *NMD-toetsingsprotocol (versie 1.2)*. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de *ISO 14040* [2] - *ISO14044*⁶ [3] en de *NEN-EN 15804* [4].

De initiële LCA is uitgevoerd in samenwerking met Rijkswaterstaat, Stichting NMD, TNO en SGS Search. De gegevensverzameling heeft plaatsgevonden in de periode juli tot september 2021 waarna aansluitende de berekeningen zijn uitgevoerd en het LCA-dossier is opgesteld. Deze LCA is uitgevoerd door SGS Search.

In de periode juli tot september 2022 is er een update uitgevoerd door EcoReview, op basis van eerder onderzoek door EcoReview uit november 2021 [5]. Het rapport van dit onderzoek is niet gepubliceerd. De inhoud van de update wordt beschreven in paragraaf 3.3.

In februari 2025 zijn door TNO en SGS Search biobrandstoffen toegevoegd aan dit rapport.

Het LCA-dossier dat in het kader van deze studie is opgesteld is niet getoetst door een externe derde partij. Echter de studie is wel intern getoetst door een tweede team van deskundigen. In deze crosscheck is gekeken naar o.a. de uitgangspunten van productsamenstelling en materiaalgebruik op basis van ontwerp- en praktijkkennis. Ook is de rekenwijze gecontroleerd.

De productkaarten zoals deze op basis van deze studie zijn ingevoerd, zijn in beheer bij Stichting NMD. De studie is met de nodige zorgvuldigheid uitgevoerd. Indien echter een derde van mening is dat de ingevoerde productkaarten en/of de onderhavige rapportage fouten bevatten, dan kan er een verzoek tot rectificatie worden ingediend bij Stichting NMD. Deze zal een dergelijk verzoek conform haar procedures afwikkelen. Hiervoor kan een e-mail gestuurd worden aan info@milieudatabase.nl.

⁶ Alleen het optellen van milieu-impactscores tot een totaalscore (de MKI, zie hoofdstuk 4.6) valt buiten de ISO14044.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de methode voor de LCA beschreven. Hierin zijn onder andere de scope, systeemgrenzen en de functionele eenheid vastgelegd.

In hoofdstuk 3 staat de levenscyclusinventarisatie. De productbeschrijving, productsamenstelling en de inventarisatie van de levenscyclusanalyse komen hierin aan bod.

In hoofdstuk 4 zijn de resultaten en de gevoeligheidsanalyse beschreven.

2 Methode

2.1 Aanpak

Dit rapport beschrijft verschillende brandstoffen en elektriciteitsmixen, toegepast in Machines en Vrachtwagens. Deze worden per liter, kg of kWh berekend. De hieruit volgende kaarten zullen vervolgens gebruikt worden om de milieu-impact van machines per uur inzet en vrachtwagens per ton* km te berekenen.

Voor de biobrandstoffen uit dit rapport zijn de uitgangspunten overgenomen uit de TNO rapportage voor biobrandstof in schepen [6]. Hierbij zijn de LCA uitgangspunten zoveel mogelijk geüniformeerd met de uitgangspunten voor een RED CO₂ berekening.

Voor alle brandstoffen en elektriciteitsmixen geldt dat niet alle componenten tot in detail beschreven zijn. Voor ieder product zijn de belangrijkste componenten geïnventariseerd. Het doel hierbij is om de producten te inventariseren die samen tenminste 80% van de milieu-impact bepalen.

Tenslotte, niet alle alternatieve brandstoffen en elektriciteitsmixen zijn meegenomen in de berekeningen. Ook hier is het doel dat de meegenomen deelproducten bij elkaar in 80% van de gevallen (projecten) worden toegepast.

De LCA-berekening is opgesteld met SimaPro software. De toegepaste referentiedatabases zijn:

- Processendatabase Nationale Milieudatabase (NMD)
- EcolInvent database versie 3.6

2.2 Scope

De studie is gericht op hoofdstukken 1000 t/m 8000 van de Standaard RAW Bepalingen 2020 (CROW, 2020). Op basis van de prioritering van RAW-hoofdstukken en thema's die verdere uitwerking behoeven, zoals vastgesteld bij aanvang van dit project, zijn de volgende combinaties opgenomen in deze studie:

- Machines Diesel
- Machines GTL
- Machines Elektrisch
- Machines Waterstof*
- Machines HVO****
- Machines FAME****
- Vrachtwagens Diesel**
- Vrachtwagens GTL**
- Vrachtwagens Elektrisch
- Vrachtwagens Waterstof
- Vrachtwagens HVO****
- Vrachtwagen FAME****
- Personenvervoer Elektrisch*
- Personenvervoer Waterstof*
- Overslag*

Daarnaast zijn ook de volgende basisprocessen voor bouwplaats processen berekend:

- Asfaltfrees
- Tractor**
- Pompen***
- Generatoren***
- Aggregaten***

**Toegevoegd in update EcoReview 2022.*

*** Buiten scope update EcoReview 2022 – hier is niets aan gewijzigd.*

**** Vervallen en verwijderd na update EcoReview 2022.*

***** Toegevoegd in update SGS Search*

2.3 De opbouw van de productkaarten

In dit rapport wordt de onderstaande structuur gehandhaafd voor alle brandstof-machinecombinaties, welke zijn gewijzigd of toegevoegd bij de update door EcoReview in 2022.

Elke productkaart wordt gepubliceerd als categorie-3 data in de NMD en komt daarmee beschikbaar als (niet-schaalbare) productkaart in de rekeninstrumenten en is 1-op-1 gerelateerd aan een basisproces. Hoewel de bouwmachine-productkaarten in module A5 worden gepubliceerd, zijn deze binnen een LCA of MKI-berekening toepasbaar in de module waarin het proces plaatsvindt.

Elk van deze basisprocessen is opgebouwd uit drie onderdelen, zoals weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Opbouw productkaarten

Basis productkaart Machines	Beschrijving	Levensfase	Eenheid
Well-to-tank ("subbasisprofiel")	Productie en opslag van brandstof/energiedrager	A1-A4	(functionele eenheid brandstof-/energieproductie)
Kapitaalgoederen ("subbasisprofiel")	Afschrijving van het materieel, inclusief einde leven en onderhoud	B	P
Gebruiksemissies (opgenomen in "hoofdbasisprofiel")	Verbrandingsemissies, infrastructuur, smeermiddelen en overige gebruiksemissies (zoals rememissies)	B	(gelijk aan functionele eenheid productkaart)

De onderliggende "sub basisprofielen" komen separaat beschikbaar in de basisprocessendatabase van de NMD. Deze opbouw stelt de gebruiker van bijvoorbeeld SimaPro in staat om eenvoudig componenten aan te passen of te vervangen indien nodig voor toekomstige categorie 3 (of 1 en 2) data.

2.4 Belangrijkste basisuitgangspunten update EcoReview 2022

Hieronder volgen de belangrijkste nieuwe basisuitgangspunten die zijn doorgevoerd in de update. Het resultaat hiervan is de lijst productkaarten in bijlage III.

- Begrip "graafmachine" vervangen door "bouwmachine". De nieuwe bouwmachine-productkaarten zijn geschikt voor alle bouwmachines. Deze nieuwe generieke bouwmachine-productkaarten vervangen op termijn de huidige productkaarten voor het gebruik van specifiek materieel, die gebaseerd zijn op "Diesel burned in building machine". De regie van het laten vervallen van de specifieke productkaarten ligt bij de beheerder van de NMD/rekeninstrumenten.

- Bouwmachines fossiele brandstoffen opgedeeld in vermogensklassen in lijn met de emissiefactoren van het AERIUS-model.
- Einde-levensduurscenario's van de kapitaalgoederen toegevoegd aan de gewijzigde/toegevoegde productkaarten (zowel de machine zelf, als ook de brandstofcel en accu in het geval van waterstof/elektrisch).

Belangrijkste basisuitgangspunten update SGS Search 2025

- HVO en FAME zijn toegevoegd als brandstof voor gebruik in bouwmachines en vrachtwagens
- De uitgangspunten voor deze berekeningen zijn afgestemd met die van de aanpassingen van EcoReview met uitzondering van de opdeling in vermogensklassen.
- Specifieke uitgangspunten voor LCA's van biobrandstoffen zijn beschreven in onderdeel 3.3.3.

2.5 Productbeschrijving

Voor dit onderzoek wordt het brandstof gebruik van 1 liter diesel (EN 590), GTL (synthetische dieselvervanger uit aardgas, voldoet aan EN 15940), in machines en vrachtwagens onderzocht. Bouw materiaal en vrachtwagens op vrachtwagens op elektriciteit worden ook meegenomen in dit onderzoek. Voor meer uitleg over de brandstoffen, zie decompositietabellen. In Tabel 2 staat informatie over de (energie)dichtheid van de vier brandstoffen.

Tabel 2 (Energie)dichtheid brandstoffen

Onderdeel	Type	Brandstof	Omrekening naar							Opmerking
			FE	liters	tkm	kWh (input)	MJ (input)	MJ output (arbeid)	kg	
Machines	Stage IIIb, Stage IV en Stage V	Diesel	liter	1	-	9,97	35,9	9,37	0,832	Arbeid: gerekend met $\eta = 0,261$ (gewogen gemiddelde huidige vloot NRM)
		GTL	liter	1	-	9,53	34,3	8,95	0,780	
		FAME	liter	1	-	9,19	33,1	8,64	0,890	
		HVO	liter	1	-	9,58	34,5	9,00	0,780	
		Elektrisch	kWh (input)	-	-	1	3,6	2,75	-	Arbeid: met kabel aan elektriciteitsnet met $\eta = 0,90$ (efficiëntie e aandrijflijn) met Li-ion accu's $\eta = 0,9 \times \eta = 0,85$ (efficiëntie laden/ ontladen Li-ion)
Vrachtwagens	Euro 5	Diesel	liter	1	43,4	9,97	35,9	11,6	0,832	Op basis van het brandstofverbruik in de proceskaart "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}" en geschaald op energie-inhoud
		GTL	liter	1	41,5	9,53	34,3	11,1	0,780	
		FAME	liter	1	40,0	9,19	33,1	10,7	0,890	
		HVO	liter	1	41,7	9,58	34,5	11,1	0,780	
	Euro 6	Diesel	liter	1	43,3	9,97	35,90	11,6	0,832	Op basis van het brandstofverbruik in de proceskaart "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 {RER}" en geschaald op energie-inhoud
		GTL	liter	1	41,4	9,53	34,30	11,0	0,780	
		FAME	liter	1	40,0	9,19	33,10	10,7	0,890	
		HVO	liter	1	41,7	9,58	34,50	11,1	0,780	
	Elektrisch en waterstof	Elektrisch	kWh (input)	-	10,3	1	3,6	2,8	-	Conversie kWh naar ton*km op basis van inschatting TNO (zie rapportage)
		Waterstof	kg	-	128	33,3	120	34,1	1	Berekend op basis van 95 g H ₂ / kWh opgewerkte elektriciteit, en vervolgens gebaseerd op het aantal ton*km bij elektrisch. kWh (input) en MJ (input) gaan over de energie-inhoud van waterstof, niet over de hoeveelheid elektriciteit die ermee wordt opgewekt

2.6 Functionele eenheid

De functionele eenheid van deze studie is 'het verbruik van 1 liter brandstof toegepast in graafmachines of vrachtwagens'. De brandstoffen die aan bod komen in deze studie zijn diesel, GTL, FAME en HVO. De machines die aan bod komen in deze studie zijn graafmachines van klasse IIIB, IV en V en vrachtwagens van Euro 5 en 6.

Voor elektrisch materieel en elektrische vrachtwagens wordt uitgegaan van het verbruik van 1 kWh elektriciteit (input). Bij waterstof wordt uitgegaan van kg waterstof. Omrekenfactoren zijn nodig om inzet van elektrisch of door waterstof aangedreven materieel te vergelijken met diesel, HVO, FAME en GTL.

2.7 Systeemgrenzen

De processen die binnen de LCA worden bekeken zijn afgebakend met systeemgrenzen. De systeemgrenzen bepalen welke fasen en processen van de levenscyclus worden meegenomen in de LCA. In Tabel 3 volgend uit de *EN 15804* en de *Bepalingsmethode*, staat vastgelegd welke informatie er per levenscyclusfase beschouwd moet worden. In deze LCA is de milieu-impact over de gehele levenscyclus meegenomen.

Tabel 3 Systeemgrenzen

		Productiefase			Bouwfase		Gebruiksfase					Sloop- en verwerkingsfase				Volgende productiesysteem
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
		Winning van	Transport	Productie	Transport	Bouw- en installatie	Gebruik	Onderhoud	Reparatie	Vervangingen	Verbouwingen	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Finale afvalverwerking	Mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling
EPD	Cradle-to-gate met opties	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

In de gebruikte achtergrondprocessen zijn ten minste de volgende ingrepen meegenomen in de analyse:

- emissies naar de lucht bij het gebruik van thermische energie van CO₂, CO, NO_x (N₂), SO₂, C_xH_x en fijnstof (PM10 deeltjes < 10 µm);
- emissies naar water van CVZ, BZV, P-totaal, N-totaal en vaste stoffen (PM10: deeltjes < 10 µm);
- emissies naar bodem van PAK's en zware metalen.

3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

In dit hoofdstuk worden de productbeschrijving, productsamenstelling en de decompositie besproken van de onderdelen die horen bij hoofdstukken 1000 t/m 8000.

3.1 Dataverzameling

Voor het bepalen van de productsamenstelling, het materiaalgebruik en de bijbehorende processen is gebruik gemaakt van ontwerp- en praktijkkennis van deskundigen van TNO.

Voor het berekenen van de levenscyclusanalyse zijn gegevens verzameld van de verschillende productieprocessen die binnen de systeemgrenzen van deze LCA-studie vallen. Hierbij is in de uitwerking aandacht besteed aan de *precisie, compleetheid, representativiteit, consistentie en reproduceerbaarheid* van de gegevens.

Vanuit de processendatabase geeft de Bepalingsmethode ook forfaitaire waarden voor de meest belangrijke achtergrondprocessen waarmee gerekend moet worden als specifieke gegevens niet beschikbaar zijn. Het betreft hierbij voornamelijk de processen voor energieopwekking en transport.

3.2 Decompositie in materialen en processen van machines

Voor de beschouwde deelproducten zijn de input- en output stromen per levensfase/module geïnventariseerd. De berekende LCI is opgenomen in deze paragraaf waarbij is beschreven welke uitgangspunten hiertoe zijn gehanteerd. In Tabel 5 t/m Tabel 35 wordt per deelproduct aangegeven welke materialen, processen en referenties gehanteerd zijn.

3.3 Uitgangspunten machines stage IIIB, IV & V

Uit verkennend onderzoek [5], gebaseerd op een steekproef uit verschillende materieelstukken met verschillende toepassingen, is gebleken dat het brandstofverbruik van bouw materieel over het algemeen lineair schaal met het gewicht van het kapitaalgoed. Daarnaast is uit hetzelfde onderzoek gebleken dat er een negatief verband bestaat tussen het relatieve brandstofverbruik (l/uur per ton kapitaalgoed) en de levensduur van het kapitaalgoed. Verder weegt de afschrijving van de kapitaalgoederen voor minder dan 20% mee in de productkaarten van de brandstof-bouwmachines. Uitschieters zijn enkel te vinden in de zeer lage gewichtsklassen. Daarom is er geen aanleiding om verder te differentiëren (op gewichtsklasse van het materieelstuk).

Bovenstaande leidt tot het uitgangspunt, dat bij het verbranden van een liter brandstof in een bepaalde brandstof-vermogensklasse-stageklassecombinatie, de afschrijving van de kapitaalgoederen vergelijkbaar is, ongeacht het type materieel in kwestie.

Binnen een brandstof-vermogensklasse-stageklassecombinatie, wordt het verbranden van een liter brandstof in een graafmachine representatief geacht voor het verbranden van een liter brandstof in een willekeurige bouw machine

Binnen de werken van RWS worden verschillende type mobiele werktuigen ingezet. Naar schatting gaat het in de gehele bouwsector om 16.000 graafmachines, die met 38% het grootste aandeel hebben in het totale wagenpark vormen [7]. Als basis van de kapitaalgoederen voor de bouwmachines wordt uitgegaan van de graafmachine. Binnen deze groep van graafmachines vormt de vermogensklasse van 75 tot 130 kW het grootste aandeel in de emissie uitstoot [7]. De milieu-impact van bouwmachines wordt berekend voor graafmachines met verschillende vermogensklassen.

Voor de verbrandingsemissies is gebruikt gemaakt van de studie Machine Brandstof Combinaties van TNO [8]. Vanwege de actuele stikstofproblematiek is er kritisch gekeken naar de uitstoot van NO_x en ammonia slip. Op deze twee emissie na, is er geen aanleiding om de data uit de TNO 2018 studie aan te scherpen. TNO onderzocht in de studie Machine Brandstofcombinaties in 2018 in een gevoeligheidsanalyse de relatie tussen vermogensklasse en verbrandingsemissies. Geconcludeerd werd dat de milieuprofielen voor de vermogensklasse 75 tot 130kW representatief voor vermogensklasse van 56 tot 560 kW, uit dezelfde emissie categorie. Voor machines met een lager vermogen, <35 kW, wijkt het milieuprofiel af wat resulteert in een circa 15% hogere MKI, voornamelijk door hogere NO_x emissies [8, 7].

In 2022 is dit nader onderzocht door EcoReview. Hiervoor heeft contact plaats gevonden tussen EcoReview en TNO over de verschillende bronnen en uitgangspunten rond de emissiefactoren, in het bijzonder voor de lagere vermogensklassen. De uitkomst van dit contact en de analyses die hieruit volgden, is dat de data uit het AERIUS-model als meest geschikt wordt geacht voor deze toepassing; de NO_x-emissies en NH₃-emissies zijn aangepast op basis van het AERIUS-model.

In Tabel 4 staan de aanpassingen aan de NO_x emissies voor de verschillende vermogensklassen en stageklassen weergegeven. De lage vermogensklassen (<37kW en 37-56kW) zijn in de praktijk niet relevant voor Stage IV, aangezien deze combinaties niet voorkomen en er geen specifieke emissie limieten voor zijn. Hetzelfde geldt voor Stage IIIB voor <37 kW. Bij Stage IIIB zitten de verschillen juist wél in de middel-hoge vermogensklassen (Tabel 4). Voor de NH₃-emissies zijn er geen verschillen tussen de vermogensklassen; alleen tussen de stage-klassen (Tabel 5).

Doordat motoren 30 tot 40 procent van de tijd stationair draaien, koelt de katalysator af, waardoor de uitstoot van NO_x hoger uitvalt dan eerder gedacht. In het AERIUS-model is uitgegaan van 30% onbelast draaien; dit wordt dan ook representatief geacht voor de realiteit. Daarom zijn de waarden onder "Emissie factor bij 30% onbelast (g/l)" overgenomen in de emissieprofielen.

Het bovengenoemde percentage is een tijdseenheid, de machines draaien namelijk 30% van de tijd stationair. De functionele eenheid van de productkaarten is echter in liters, daarom is het brandstofverbruik tijdens de belaste en onbelaste fases ingeschat. Deze verbruiken zijn nodig om de relatieve bijdrage van het belaste en onbelaste deel aan het totale uurlijkse brandstofverbruik te berekenen. Met deze verhouding is bepaald dat voor het verbranden van 1 liter Diesel in een machine die 30% van de tijd stationair draait, de emissiefactor-belast voor 82% en de emissiefactor-onbelast voor 18% meeweegt (zie bijlage II).

Tabel 4 Aanpassing NOx emissies, AERIUS-model.

Vermogensklasse productkaart	Gebaseerd op vermogensklasse AERIUS	Emissiefactor or belast (g/l)	Emissiefactor or onbelast (g/l/uur)	Emissie factor bij 30% onbelast (g/l)	Opmerking
STAGE IIIB, < 56 kW	STAGE IIIB, 37 <= kW < 56	12,6	14,2	12,89	Waardes binnen de vermogensklassen lopen uiteen. Om deze reden is er extra onderscheid gemaakt binnen Stage IIIB (zie bijlage II voor de bron data)
STAGE IIIB, 56-75 kW	STAGE IIIB, 56 <= kW < 75,	10,8	14,2	11,44	
STAGE IIIB, 75-130 kW	STAGE IIIB, 75 <= kW < 130	17,0	14,2	16,50	
STAGE IIIB, >130 kW	STAGE IIIB, 130 <= kW < 300	9,54	14,2	10,38	
STAGE IV, alle vermogensklassen	STAGE IV, 56-300kW	3,2	10	4,54	Slechts 8% verschil binnen de subgroepen 56kW tot 300kW, hoogste waarde aangehouden (zie bijlage II voor de bron data)
STAGE V, < 37 kW	STAGE V, 18 <= kW < 37	23,7	10,0	21,33	
STAGE V, 37-56 kW	STAGE V, 37 <= kW < 56	13,3	10,0	12,76	
STAGE V, >56 kW	STAGE V, 56 <= kW < 300	3,2	10,0	4,43	Slechts 2% verschil binnen de subgroepen 56kW tot 300kW, hoogste waarde aangehouden (zie bijlage II voor de bron data)

Tabel 5 Aanpassing ammonia slip, AERIUS model.

Vermogensklasse productkaart	Gebaseerd op vermogensklasse AERIUS	Emissiefactor belast (g/l)	Emissiefactor onbelast (g/l/uur)	Emissie factor bij 30% onbelast (g/l)
STAGE IIIB, alle vermogensklassen	STAGE IIIB, 37 <= kW < 300	0,0084	0,0033	0,0074
STAGE IV, alle vermogensklassen	STAGE IV, 56 <= kW < 300	0,0083	0,0031	0,0074
STAGE V, alle vermogensklassen	STAGE V, 18 <= kW < 300	0,0083	0,0031	0,0074

3.3.1 *Bouwmachine, Diesel, stage IIIB, IV & V*

In deze paragraaf wordt de productie van diesel en het gebruik van diesel in bouwmachines beschreven, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen stage IIIB, IV en V.

3.3.1.1 *Overzicht decompositie diesel in machines*

In Tabel 6 is een overzicht weergegeven van fase A1-4 & B1 van Diesel stage IIIB, IV & V. Wanneer er aanpassingen gemaakt zijn in Ecoinvent proceskaarten of nieuwe proceskaarten gemaakt zijn, worden deze wijzigingen na deze tabel verder toegelicht.

Tabel 6 Basis productkaart voor Diesel machines, per liter Diesel

Basisprofiel	Beschrijving	Levensfase	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Well-to-tank, Diesel	Productie en opslag van brandstof	A1-A4	1	liter	Zie par. 3.2.4.2
Gebruiksprofiel Diesel	Verbrandingsemissies en overige emissies	B	1	liter	Elke Stage-vermogensklassecombinatie heeft een eigen gebruiksprofiel (zie 3.2.2). Dit betreft alle emissies die “tank-to-exhaust” vrijkomen, bij het verbranden van 1 liter Diesel. Zie par. 3.2.4.2 voor decompositie
Kapitaalgoedern, bouwmachine, basis	Materieel inclusief einde leven	B	$1/(263*3,6*1000/9,37) = 9,9E-06$	p	Gemiddelde levensduur dieselmaterieel in klasse 75 – 130 kW: 8,2 jaar. Gemiddeld verzette life time arbeid: 263 MWharbeid. Dit komt neer op $263*3,6*1000$ MJ arbeid, wat weer omgerekend kan worden via de hoeveelheid MJ arbeid per liter diesel (Tabel 2, 9,37 MJ/l) naar totale hoeveelheden diesel over de hele levensduur. Ref: TNO 2021 R11152, Bolech et al., “Kostencurves droog grondverzet” [20]. Zie par. 3.2.4.3 voor decompositie

De productie van diesel is bij de verschillende stage klasse gelijk. De verbrandingsemissies verschillen en bij Stage IV en V is er de toevoeging van Adblue. Daarnaast wordt er per stageklasse onderscheid gemaakt tussen verschillende vermogensklassen, daar waar er volgens het AERIUS-model significante verschillen in emissiefactoren zitten. Dit verschilt per stageklasse.

3.3.1.2 Well-to-tank, Diesel (A1-A4)

In deze sectie worden alle processen van het winnen van de grondstoffen tot aan de tank van het voertuig beschreven. De onderstaande basis productkaart geeft de modelering hiervan weer. De keuzes voor de referenties zal nader worden toegelicht in de volgende paragrafen.

Tabel 7 Well-to-tank productkaart voor alle Diesel machines, vrachtwagens en personenvervoer.

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Dieselproductie	A1-A3	Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland} diesel production, low-sulphur, petroleum refinery operation Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	0,832	kg	Meest representatief voor laagzwavelige dieselproductie in de haven van Rotterdam.
Transport naar gebruiker	A4	30%: Transport, freight, lorry >32 metric ton, Euro 5 {RER} 70%: Transport, freight, lorry >32 metric ton, Euro 6 {RER}	Ecoinvent 3.6	150/1000* 0,832 = 0,1248	tkm	Bij gebruik van een trekker + oplegger betreft ca 80% Euro 6 en bij zware vrachtauto ca. 65%. Voor een tankwagen kan het best worden gerekend met 70% Euro 6 en 30% Euro 5.
Opslag van diesel	A4	Eigen referentie opslag brandstoffen per kg	Eigen referentie	0,832	kg	Eigen referentie obv. Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland} market for Cut-off, U

Productiefase Diesel (A1-3)

Zoals bij de TNO-studie in 2018 [8] wordt er uitgegaan van dieselproductie in de haven van Rotterdam. Er is gekozen voor laagzwavelige diesel. Dit is een worst-case benadering ten opzichte van gewone diesel wat betreft de MKI in de productiefase. Wegtransport gebruikt tegenwoordig diesel (EN 590) in ultra-laag zwavelgehalte (< 10 ppm) terwijl er effectief 7% biodiesel is bijgemengd (b7, de standaard soort diesel aan de pomp). Het merendeel van de mobiele werktuigen kan probleemloos op wegtransport-diesel draaien. De specifiek door brandstofleveranciers aangevoerde brandstoffen hebben evenwel vaak een iets hoger zwavelgehalte (met betere smeereigenschappen), vandaar de keuze om met laagzwavelige diesel te rekenen.

Opslag Diesel (A4)

Voor de opslag van diesel is de ecoinventkaart “Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland}| market for | Cut-off, U” gebruikt als uitgangspunt, omdat hier naast de markgemiddelde transport voor Europa en de productie van de brandstof zelf, ook de inputdata voor opslag in voorkomt. Hierbij is de input van diesel en het transport verwijderd zodat geen dubbeltellingen ontstaan bij het combineren van de Diesel-productiefase en -transportfase. De resulterende proceskaart is in Tabel 8.

Tabel 8 Proces voor opslag brandstof per kg obv. Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland}| market for | Cut-off, U

Proces	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U	0,0067	kWh	Overgenomen uit het originele proces. Stroomverbruik veranderd naar Nederlandse context.
Heat, central or small-scale, other than natural gas {Europe without Switzerland} market for heat, central or small-scale, other than natural gas Cut-off, U	0,00058374	MJ	
Infrastructure, for regional distribution of oil product {RER} construction Cut-off, U	2,48E-10	p	

Proces	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Tap water {Europe without Switzerland} market for Cut-off, U	0,000689	kg	
Water/m3 (naar lucht)	1,0335E-7	m ³	
Water, Europe without Switzerland (naar water)	5,8565E-7	m ³	
Fly ash and scrubber sludge {Europe without Switzerland} market for fly ash and scrubber sludge Cut-off, U	0,000168	kg	
Municipal solid waste {Europe without Switzerland} market group for municipal solid waste Cut-off, U	6,27E-6	kg	
Rainwater mineral oil storage {Europe without Switzerland} market for rainwater mineral oil storage Cut-off, U	7,5E-5	m ³	
Wastewater, average {Europe without Switzerland} market for wastewater, average Cut-off, U	6,89E-7	m ³	

De transportafstand wordt apart gemodelleerd (en is dus niet opgenomen in bovenstaande tabel) en forfaitair op 150 km gezet in lijn met de Bepalingsmethode om representatief te zijn voor gebruik op verschillende locaties in Nederland.

3.3.1.3 Gebruiksprofiel Diesel

Het basis gebruiksprofiel voor de Diesel machines bevat de verbrandingsemissies, maar ook het gebruik van Ureum en smeeroïlen.

Tabel 9 Basis productkaart gebruiksprofiel Diesel machines.

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Adblue (stage IV en V alleen) Verbrandingsemissies	B1	Urea, as N {RER} production Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	17,7/2,17 = 8,16	g	Het gaat bij AdBlue om een 32,5% (massa) oplossing van Ureum in gedemineraliseerd water (soortelijk gewicht 1,09 kg/dm ³). Verbruik van AdBlue is ongeveer 5% van het volume Diesel. Dit wil zeggen ongeveer 17,7 gram ureum per liter diesel. 1 KG N uit de proceskaart correspondeert met 2,17 kg ureum.
		Carbon dioxide, fossil	-	13,0	g	
Verbrandingsemissies	B1	NOx en NH3	AERIUS versie 9 2020	-	-	Voor de uitgangspunten zie 3.2.2.
		Overige emissies	-	-	-	Zie bijlage 2 voor de brondata.
Smeermiddelen	B	Lubricating oil {RER} market for lubricating oil Cut-off, U	-	1,59E-2	kg	Bron: TNO 2018. Aanpassing: Europees marktgemiddelde gehanteerd, waar in 2018 een wereldwijd gemiddelde werd gehanteerd.
Smeermiddelen	B	Waste mineral oil {Europe without Switzerland} market for waste mineral oil Cut-off, U	-	1,59E-2	kg	Bron: TNO 2018.

3.3.1.4 Kapitaalgoederen, bouwmaschinen, Diesel

Het basisprofiel voor de kapitaalgoederen bevat de bouwmaschine inclusief einde leven. Hiervoor is de bouwmaschine zelf ongewijzigd gebleven en is een einde levensduurscenario toegevoegd voor het vrijkomende staal. De modellering van het basisprofiel voor de kapitaalgoederen is weergegeven in Tabel 10.

Tabel 10 Basisprofiel Kapitaalgoederen, bouwmaschinen, basis, per stuk

Proces	Fase	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Productie Bouwmaschine	A1-A3	Hydraulic digger {GLO} market for Cut-off, U	1	p	Productie bouwmaschine, deze bestaat uit: -10500 kg Reinforcing steel -4500 kg Steel, low-alloyed, hot rolled
Einde leven Bouwmaschine	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	750	Ton*km	50 km forfaitair met een gewicht van 15 ton.
Einde leven Bouwmaschine	C3	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	$0,95 * (10500 + 4500) = 14250$	kg	95% recycling
Einde leven Bouwmaschine	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut- off, U)	$0,05 * (10500 + 4500) = 750$	kg	5% stort
Einde leven Bouwmaschine	D	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low- alloyed Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel production, converter, unalloyed Cut-off, U)	$10500 * (0,95 - 0,357) + 4500 * (0,95 - 0,406) = 8675$	kg	95% recycling. [TNO 2021, p. 53] Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U 35,7% secundair materiaal, Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U 40,6% secundair materiaal.

3.3.2 Bouwmachine, GTL, stage IIIB, IV & V

In deze paragraaf wordt de productie van GTL en het gebruik van GTL in bouwmachines beschreven, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen stage IIIB, IV en V.

3.3.2.1 Overzicht decompositie GTL in machines

Tabel 11 Overzicht basis productkaart voor GTL-bouwmachines, per liter GTL

Basisprofiel	Beschrijving	Levensfase	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Well-to-tank, Diesel	Productie en opslag van brandstof	A1-A4	1	liter	Zie par. 3.2.5.2
Gebruiksprofiel Diesel	Verbrandingsemissies en overige emissies	B	1	liter	Elke Stage-vermogensklassecombinatie heeft een eigen gebruiksprofiel (zie 3.2.2 en 3.2.3). Dit betreft alle emissies die “tank-to-exhaust” vrijkomen, bij het verbranden van 1 liter GTL.
Kapitaalgoederen, bouwmachine, basis	Materieel inclusief einde leven	B	$1/(263 \cdot 3,6 \cdot 1000/8,95) = 9,46 \cdot 10^{-6}$	p	Gemiddelde levensduur dieselmaterieel in klasse 75 – 130 kW: 8,2 jaar. Gemiddeld. verzette life time arbeid: 263 MWharbeid. Dit komt neer op $263 \cdot 3,6 \cdot 1000$ MJ arbeid, wat weer omgerekend kan worden via de hoeveelheid MJ arbeid per liter GTL (Tabel 2, 8,95 MJ / liter) naar totale hoeveelheden GTL over de hele levensduur. Ref: TNO 2021 R11152, Bolech et al., “Kostencurves droog grondverzet” [20].

3.3.2.2 Well-to-Tank GTL

De onderstaande tabel geeft een overzicht van alle referenties in de Well-to-tank productkaart voor GTL. In de opeenvolgende alinea's zal er extra uitleg volgende over de modelering voor de productie (A1-A3) en het transport en opslag (A4).

Tabel 12 Well-to-tank productkaart voor alle GTL-machines, vrachtwagens en personenvervoer.

Proces	Fase	Milieuprofiel	Databas e / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
GTL productie	A1-A3	Aangepaste proceskaart gebaseerd op “Natural gas, high pressure {DE} natural gas production Cut-off, U”	Ecoinvent 3.6	$1.19 \cdot 0,780$ (dichtheid GTL) = 0,928	m3	Hoeveelheid gebaseerd op LHV GTL (44 MJ /Kg) en LHV Duits gas (37 MJ / m³) Voor één kg GTL is dus 44 MJ aan feedstock nodig. Dat komt neer op $44/37=1,19$ MJ aardgas. Vervolgens wordt er omgerekend naar liters GTL via de dichtheid. In de studie uit 2018 werd er 1,73 m³ aangehouden per kg (per liter 1,35 m³), waar er nu 0,928 m³ aardgas per liter uitkomt. Het verschil valt deels te verklaren doordat de LHV van het aardgas uit Duitsland en Algerije verschilt, en deels doordat in 2018 de totale benodigde hoeveelheid gas is berekend, inclusief de hoeveelheid voor het proces. De hoeveelheid aardgas die nodig is voor het proces wordt in deze studie apart behandeld komt verderop in deze tabel aan bod. (bron: energids.be)



Proces	Fase	Milieuprofiel	Databa se / Bron	Hoeveelheid	Eenhei d	Uitgangspunten
Transport grondstof	A1-	Transport, pipeline, long distance, natural gas {DE} processing Cut-off, U	Ecoinve nt 3.6	0,150*0,780 (dichtheid GTL) = 0,117	tkm	Transport van aardgas moet worden toegevoegd, omdat de proceskaart voor aardgas als grondstof slechts de winning beschrijft. 150 km transport per pijplijn (geschatte maximale afstand aan de hand van google maps: het North field ligt noordoost van Qatar in de zee, en kan niet te ver weg liggen, omdat het dan buiten de grenzen van Qatar valt.
Elektriciteit voor proces	A1-A3	Electricity, medium voltage {DE} natural gas, burned in gas turbine, for compressor station Cut-off, U	Ecoinve nt 3.6	0,037*0,780 (dichtheid GTL) = 0,0289	MJ	Gebaseerd op 0,00084 MJ / MJ obv. JRC, 2014 [9] De uitkomst per kg is afgerond hetzelfde als in de 2018 studie.
Warmte voor proces	A1-A3	Aangepaste proceskaart gebaseerd op: "Heat, district or industrial, natural gas {DE} heat production, natural gas, at industrial furnace >100kW Cut-off, U"	Ecoinve nt 3.6	22,5*0,780 (dichtheid GTL)=17,55	MJ	Gebaseerd op 65% efficiency van GTL productie obv. JRC, 2014 [9] en een aanname van 95% efficiency voor warmteproductie. De hoeveelheid aardgas per kg GTL wordt daarmee $44 / (0,65 * 0,35 * 0,95) = 22,5$ MJ / kg GTL. In de studie uit 2018 werd 10,3 MJ per kg aangehouden. Vermoedelijk is die berekening niet juist. De verhouding aardgas voor proces en voor grondstof komt hiermee namelijk niet uit op het uitgangspunt. Proceskaart aangepast voor: ☐ input gas volgens eigen model Qatar (zie grondstof) Elektriciteit obv aardgas
Infrastructuur	A1-A3	Chemical factory, organics {RER} construction Cut-off, U	Ecoinve nt 3.6	4E-10*0,780 (dichtheid GTL) = 3,12E-10	p	Gebaseerd op het proces "Ammonia, liquid {RER} ammonia production, steam reforming, liquid Cut-off, U".
Methaanlek in het proces	A1-A3	Methane, fossil to air	Ecoinve nt 3.6	0,01*0,780 (dichtheid GTL) = 0,0078	kg	Aanname van 0,1% lekken van de feedstock tijdens het proces.
Transport van Qatar naar haven Rotterdam	A4	Transport, freight, sea, tanker for liquefied natural gas {GLO} market for transport, freight, sea, tanker for liquefied natural gas Cut-off, U	Ecoinve nt 3.6	11,800*0,780 (dichtheid GTL) = 9,2	tkm	Transport van aardgas moet worden toegevoegd, omdat de proceskaart voor aardgas als grondstof slechts de winning beschrijft. Afstand berekend met sea-distances.org via Suezkanaal.
Opslag GTL	A4	Eigen referentie opslag brandstoffen per kg	Eigen referentie	0,832	kg	Eigen referentie obv Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland} market for Cut-off, U

Proces	Fase	Milieuprofiel	Databa se / Bron	Hoeveelheid	Eenhei d	Uitgangspunten
Transport naar gebruiker	A4	30%: Transport, freight, lorry >32 metric ton, Euro 5 {RER} 70%: Transport, freight, lorry >32 metric ton, Euro 6 {RER}	Ecoinvent 3.6	150/1000* 0,780 (dichtheid GTL) = 0,117	tkm	Bij gebruik van een trekker + oplegger betreft ca 80% Euro 6 en bij zware vrachtauto ca. 65%. Voor een tankwagen kan het best worden gerekend met 70% Euro 6 en 30% Euro 5.

Productiefase GTL (A1-3)

De productie van GTL is gemodelleerd aan hand van de studie van JRC (2014). De GTL die in Nederland op de markt is, wordt grotendeel in Qatar geproduceerd door Shell (JRC, 2014).

Globaal gezien bestaat de productie van GTL bestaat uit 3 stappen (Shell, 2014):

- Vergassing van het aardgas op temperatuur van 1300 tot 1500 graden, zodat het methaan met zuurstof reageert tot koolstofmonoxide en waterstof.
- Synthese van koolwaterstoffen volgens het Fisher Tropsch proces. Dit vindt plaats bij temperatuur van 201 tot 260 graden en met behulp van een katalysator.
- Omzetting van de koolwaterstoffen naar benzine door reactie met waterstof en met behulp van een katalysator.

Bij GTL-productie wordt aardgas gebruikt als grondstof en tevens om het proces van energie te voorzien. Vanuit de well-to-wheel studie is bekend dat 65% van het gewonnen aardgas wordt gebruikt voor GTL en 35% wordt gebruikt voor het productieproces (JRC, 2014).

Voor de productie van GTL wordt er uitgegaan van een productielocatie in Qatar, die gebruik maakt van aardgas uit het noordelijke gasveld, aangezien het meeste GTL hier geproduceerd wordt [9]. Dit gasveld is een offshore, non associated gasveld waar “sour gas” uit wordt gewonnen. Ecoinvent biedt geen proceskaart voor de winning van aardgas uit Qatar en daarom wordt er uitgegaan van de proceskaart voor Duits aardgas (beste overeenkomst met “non associated” en “sour gas”), waarop enkele wijzigingen worden aangebracht. De proceskaart waarvan wordt uitgegaan is: “Natural gas, high pressure {DE}| natural gas production | Cut-off, U”. In de studie uit 2018 werd gebruik gemaakt van aardgas uit Algerije. Echter gaat dit om onshore, associated en sweet gas, waardoor deze proceskaart minder representatief is voor de situatie in Qatar dan de proceskaart voor Duits gas.

Naar verwachting draagt vergassing (de eerste van de drie stappen) het meeste bij aan het productieproces van GTL. Hiervoor is aardgas voor warmteproductie en elektriciteit benodigd. We veronderstellen dat de proceskaarten die hiervoor gehanteerd zijn ook representatief zijn voor de andere twee productiestappen. De totale behoefte aan warmte en elektriciteit is daarom geaggregeerd weergegeven in Tabel 13.

In Tabel 14 wordt uitgewerkt welke aanpassingen er aan de Duitse proceskaart zijn gedaan om op een representatieve proceskaart voor aardgaswinning in het Noordelijke gasveld van Qatar uit te komen.

Tabel 13 Aanpassingen Duitse proceskaart

Oude proceskaart	Nieuwe Proceskaart	Oude hoeveelheid	Nieuwe hoeveelheid	Uitleg
Electricity, medium voltage {DE} market for Cut-off, U	Electricity, high voltage {DE} electricity production, natural gas, combined cycle power plant Cut-off, U	0,009112	ongewijzigd	Elektriciteitsproductie in Qatar is grotendeels gebaseerd op aardgas.
Onshore natural gas field infrastructure {GLO} market for Cut-off, U	Offshore platform, natural gas {GLO} market for Cut-off, U	6,22081E-10	3,6101439E-11	De onshore infrastructuur is vervangen door offshore infrastructuur, gebaseerd op de proceskaart "Natural gas, high pressure {NL} petroleum and gas production, off-shore Cut-off, U"
Onshore well, oil/gas {GLO} market for Cut-off, U	Offshore well, oil/gas {GLO} market for Cut-off, U	1,883952E-6	0,00000699953	
Methane, fossil	Methane, fossil	0,0002462	35*0,079823/1000=0,00279	Het lekken van methaan (emissie naar lucht) is aangepast en wordt gebaseerd op JRC (2014) [10]. 0.0798 g CH ₄ per MJ aardgas.

Ook voor het energiegebruik in het proces wordt er uitgegaan van proceskaarten voor Duitsland, die worden aangepast aan de situatie in Qatar en elektriciteit obv aardgas. De proceskaart "Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland}| heat production, natural gas, at industrial furnace >100kW | Cut-off, U" wordt aangepast zoals te zien is in Tabel 14.

Tabel 14 Aanpassingen Duitse proceskaart (energiegebruik)

Oude proceskaart	Nieuwe Proceskaart	Oude hoeveelheid	Nieuwe hoeveelheid	Uitleg
Electricity, low voltage {Europe without Switzerland} market group for Cut-off, U	Electricity, high voltage {DE} electricity production, natural gas, combined cycle power plant Cut-off, U	0,001168	Zelfde	Elektriciteitsproductie in Qatar is grotendeels gebaseerd op aardgas.
Natural gas, high pressure {Europe without Switzerland} market group for Cut-off, U	Aardgas Qatar (zie bovenstaande tabel)	0,026991	Zelfde	Input gebaseerd op aardgas in Qatar in plaats van Europees gemiddeld.

Opslag GTL (A4)

Voor de opslag van GTL is de ecoinventkaart "Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland}| market for | Cut-off, U" gebruikt als uitgangspunt, omdat hier naast de markgemiddelde transport voor Europa en de productie van de brandstof zelf, ook de inputdata voor opslag in voorkomt. Hierbij is de input van diesel en het transport verwijderd zodat geen dubbeltellingen ontstaan bij het combineren van de Diesel-productiefase en -transportfase.

3.3.2.3 Gebruiksprofiel GTL

Tabel 15 Productkaart voor de gebruiksfase van GTL-bouwmachines.

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Adblue (stage IV en V alleen)	B1	Urea, as N {RER} production Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	17,7/2,17*0,85 * 34,3 (LHV GTL) / 35,9	g	

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
				(LHV diesel) = 6,62		
		Carbon dioxide, fossil	-	13,0*0,85 * 34,3 (LHV GTL) / 35,9 (LHV diesel) = 10,6	g	
Verbranding emissies	B1	NOx en NH3	TNO 2018, AERIUS versie 9 2020	-	-	Omgerekend van Diesel naar GTL met factor 1,02, (omrekenfactor afgeleid uit TNO 2018 studie).
		Overige emissies		-	-	Ongewijzigd ten opzichte van de TNO 2018 studie [5].
Smeermiddelen	B	Lubricating oil {RER} market for lubricating oil Cut-off, U	-	1,52*10 ⁻² * 0,780 (dichtheid GTL) = 0,0119	kg	Bron: TNO 2018. Aanpassing: Europees marktgemiddelde gehanteerd, waar in 2018 een wereldwijd gemiddelde werd gehanteerd
Smeermiddelen	B	Waste mineral oil {Europe without Switzerland} market for waste mineral oil Cut-off, U	-	1,52*10 ⁻² * 0,780 (dichtheid GTL) = 0,0119	kg	Bron: TNO2018

3.3.2.4 Kapitaalgoederen GTL

De decompositie van de kapitaalgoederen voor GTL is gelijk aan die van Diesel (3.2.4.4).

3.3.3 *Bouwmachine, HVO, stage IIIB, IV & V*

Dit onderdeel van het rapport, waar de biobrandstoffen uitgewerkt zijn, heeft extra toelichting. Deze toelichting is overgenomen uit het rapport “Update milieuprofielen van scheepsbrandstoffen ten behoeve van opname in de Nationale Milieudatabase, deel B: biobrandstoffen” opgesteld door TNO in 2025 [6]. De samenvatting uit dit rapport, waarin onder andere beschreven is hoe de uitgangspunten maximaal geüniformeerd zijn met de RED II, is hieronder toegevoegd:

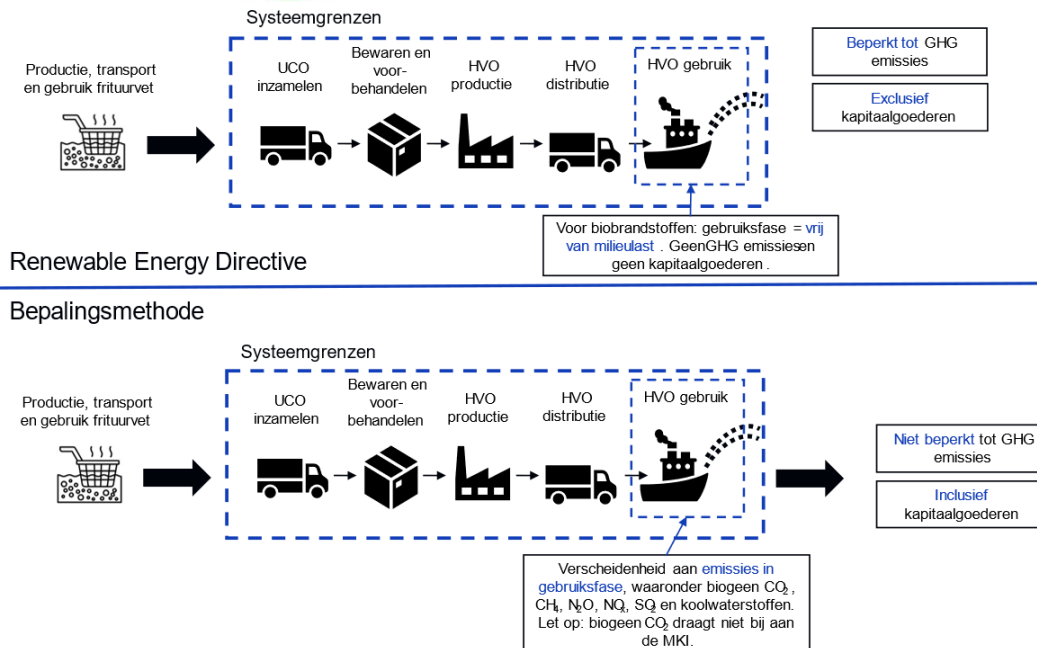
Voor de inzet van biobrandstoffen ook Europees beleid (Renewable Energy Directive II, ook wel REDII). De uitgangspunten van dit beleid zijn naast de Bepalingsmethode gelegd om te zien of dit aanleiding geeft eerdere uitgangspunten te herzien. Er is geprobeerd om maximaal te uniformeren, om zoveel mogelijk recht te doen aan de REDII en de Bepalingsmethode. De uitgangspunten en de methodiek zijn afgestemd met een externe klankbordgroep, bestaande uit experts op het gebied van de Bepalingsmethode en de REDII.

De methodiek zoals vastgesteld door de klankbordgroep wordt samengevat in figuur 0.1 waar de scope van zowel de Bepalingsmethode als de REDII weergegeven is voor HVO op basis van afgewerkt frituurvet (ook wel Used Cooking Oil, ofwel UCO genoemd).

Samenvattend zijn er verschillen op de onderwerpen kapitaalgoederen, emissies en systeemgrenzen. De REDII beschouwt uitsluitend GHG-emissies (broeikasgasemissies), terwijl de Bepalingsmethode een breed scala aan emissies beschouwt. Daarnaast beschouwt de Bepalingsmethode kapitaalgoederen, waar de REDII deze buiten beschouwing laat. De REDII en de Bepalingsmethode kennen verschillen en overeenkomsten op het onderwerp systeemgrenzen.

Bij beide methodieken valt de productie, het transport en gebruik van frituurvet buiten deze systeemgrenzen. Wel worden meegenomen:

- inzamelen van afgewerkt frituurvet
- bewaren en voorbehandelen van afgewerkt frituurvet
- HVO productieprocessen
- HVO distributie
- HVO gebruik



Figuur 0.1: Overzicht van de scope volgens de Bepalingsmethode en de REDII, uitgewerkt voor HVO op basis van afgewerkt frituurvet (UCO = Used Cooking Oil).

De verschillen in resultaten tussen de REDII en de Bepalingsmethode kunnen verklaard worden door het verschil in uitgangspunten voor de beschouwing van kapitaalgoederen en emissies. In de Bepalingsmethode vallen de kapitaalgoederen binnen de scope en bij de REDII niet. En voor de Bepalingsmethode wordt een breed scala aan emissies op alle levensfasen beschouwd, terwijl voor de REDII CO₂, CH₄ en N₂O worden beschouwd. Bovendien worden in de REDII geen emissies in de gebruiksfase beschouwd.

Een ander verschil tussen de twee methodes is dat voor de Bepalingsmethode baten en laste buiten het systeem worden beschouwd (module D) en voor de REDII niet. Door de wijziging in de Bepalingsmethode is de bijdrage van module D beperkt en zorgt niet voor een groot verschil tussen de twee methodes. De wijziging in de Bepalingsmethode heeft wel hele grote gevolgen gehad voor de huidige resultaten. De resultaten berekend volgens de vorige Bepalingsmethode (versie 1.1) werden namelijk gedomineerd door module D.

Voor meer informatie over de RED II en de verschillen met de Bepalingsmethode wordt verwezen naar het rapport "Update milieuprofielen van scheepsbrandstoffen ten behoeve van opname in de Nationale Milieudatabase, deel B: biobrandstoffen" opgesteld door TNO in 2023 [6]. De voor deze studie relevante onderdelen zijn ook toegevoegd in bijlage III van dit rapport. Dit zijn:

- 2.1 Achtergrond Renewable Energy Directive
- 2.2 Achtergrond Bepalingsmethode
- 2.3 Uitwerking methodologie voor de Biobrandstoffen
- 3.2 Omschrijving Brandstof (HVO)

In deze paragraaf wordt de productie van HVO en het gebruik van HVO in graafmachines beschreven, waarbij stage HVO IIIb, IV en V apart vermeld worden.

3.3.3.1 Kapitaalgoederen HVO

In Tabel 16 is een overzicht weergegeven van fase A1-4 & B1 van HVO stage IIIb, IV & V. Wanneer er aanpassingen gemaakt zijn in Ecoinvent proceskaarten of nieuwe proceskaarten gemaakt zijn, worden deze wijzigingen na deze tabel verder toegelicht.

Tabel 16 Basis productkaart voor HVO machines, per liter HVO

Basisprofiel	Beschrijving	Fase	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Well-to-tank, HVO	Productie en opslag van brandstof	A1-A4	1	liter	Zie par. 3.3.3.2
Gebruiksprofiel HVO	Verbrandingsemissies en overige emissies	B	1	liter	Zie Tabel 18.
Kapitaalgoederen, bouwmachine, basis	Materieel	B	6,10 ^{E-6}	p	Deze hoeveelheid is overgenomen uit TNO 2018 [8], waarin het Ecoinvent proces voor Excavation, Hydraulic Digger {RER} als uitgangspunt gebruikt wordt. Dit is 1,0 ^{E-6} stuks Hydraulic Digger {GLO} is per m ³ verplaatste grond en bij een brandstof verbruik van 0,131 kg / m ³ . Gecorrigeerd voor dichtheid en energie-inhoud resulteert dit in afschrijving van 6,10 ^{E-6} stuks machine per liter HVO.
Lasten en baten buiten de systeemgrenzen	Lasten van netto negatief secundair materiaal en baten recycling materieel	D	0	liter	Zie par. 3.3.3.5

De productie van HVO is bij de verschillende stage klasse gelijk. De verbrandingsemissies verschillen en bij Stage IV en V is er de toevoeging van Adblue (om NOx emissies te verlagen en daarmee te voldoen aan de emissie-eisen).

3.3.3.2 Well-to-tank HVO

Dit onderdeel beschrijft alle well-to-tank processen voor HVO. Dezelfde uitgangspunten worden gebruikt voor HVO gebruikt in vrachtwagens.

Tabel 17 Machine HVO Stage IIIb, IV & V, per liter brandstof

Process	Fase	Milieuprofiel	Database/ Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Productie HVO	A1-A3	Zie 'productiefase HVO (A1-3)'	Ecoinvent 3.6	0,780	kg	Op basis van TNO 2023 [6].
	A4	Eigen referentie opslag brandstoffen per kg	Eigen referentie	0,780	kg	Eigen referentie obv Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland} market for Cut-off, U
Transport naar gebruiker	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	Ecoinvent 3.6	150/1000*0,780 = 0,117	tkm	150 km / 1000 kg per ton * 0,78 kg per liter HVO.

Productiefase HVO (A1-3)

A1 Grondstoffen

Voor de winning van grondstoffen wordt geen milieulast gerekend. Frituurvet wordt na het gebruik beschouwd als vrij van milieulast, zoals ook beschreven in paragraaf 3.2.6. De uitgangpunten zijn in meer detail beschreven in het rapport 'Update milieuprofielen van scheepsbrandstoffen ten behoeve van opname in de Nationale Milieudatabase' opgesteld door TNO in 2023 [6]. De onderdelen uit dit rapport waarin de systeemgrenzen beschrijven zijn ook opgenomen in Bijlage V (onderdeel 2.3) van dit rapport. Hierin is onder andere toegelicht hoe het einde afvalstatus vastgesteld is. Daarnaast is een uitgebreide omschrijving over HVO toegevoegd in Bijlage V (onderdeel 3.2).

A2 Transport

Het systeem voor de HVO begint bij transport vanaf het moment van inzamelen. TNO beschrijft het volgende in de studie voor HVO toegepast in schepen [6]:

Om te bepalen wat de milieu-impact is voor het transport van afgewerkt frituurvet naar de producent Neste in Rotterdam is het van belang om te weten wat de herkomstlocaties zijn van de gebruikte grondstofstromen. Daartoe is de "Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2021" van de NEA geraadpleegd, tabel III uit bijlage III (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022b). Hierin is precies af te lezen welk deel van de afgewerkte frituurvetten die gebruikt worden voor transport in Nederland uit welk land afkomstig is in 2021.

Vervolgens is er gekeken vanuit welke landen het waarschijnlijk is dat er zeetransport plaatsvindt, en vanuit welke landen het logischer is als het transport over land met een vrachtwagen plaatsvindt. Voor landen met transport overzee is geprobeerd een havenstad uit te kiezen die op een gemiddelde afstand ligt van Rotterdam. Dit omdat het doel van deze rapportage is om marktgemiddelde profielen op te stellen. Een uitzondering hierop is de Verenigde Staten, waarbij werd aangenomen dat de Westkust niet waarschijnlijk is, omdat het economisch veel rendabeler is om vanaf de Oostkust goederen te exporteren naar Europa. De uiteindelijke afstand vanaf de gekozen havenstad naar Rotterdam is bepaald via <https://app.searoutes.com/>.

Verder is er nog aangenomen dat ook in het land van herkomst er nog transport plaatsvindt van de cateringzaak naar de haven. Hiervoor is 150 kilometer aangenomen. Het is mogelijk dat in grote landen zoals China en de Verenigde Staten deze afstand veel groter is in de praktijk, maar hier nemen we aan dat een afstand groter dan 150 kilometer economisch minder rendabel is en daardoor niet vaak plaatsvindt. Daarnaast zijn dichtbevolkte gebieden in veel gevallen in de buurt van havens, wat deze aanname verder ondersteunt. Tot slot ligt deze waarde in de buurt van de waarde van 100 km die gebruikt wordt in de rapportage die in deze studie gehanteerd wordt als brondata voor de productie van HVO (module A3) (European Commission et al., 2019).

Voor alle landen waarbij het waarschijnlijk werd geacht dat het transport over land plaatsvond, is steeds het midden van het land gekozen om de transportafstand naar Rotterdam te bepalen via Google Maps. Uitzonderingen hierop zijn Nederland, waarbij forfaitair 150 kilometer is aangehouden en België, waarbij Brussel is gekozen, omdat dit alsnog centraal in het land ligt en daarnaast de hoofdstad is. Voor veel andere landen ligt de hoofdstad niet zo centraal en ging deze benadering niet op. Het resultaat van bovenstaande aanpak is weergegeven in tabel 4.1. Het percentage per land en het land van oorsprong zijn afkomstig uit de “Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2021” van de NEA, tabel III uit bijlage III (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022b).

Tabel 4.1 Transportafstanden afgewerkt frituurvet

Land	% van afgewerkt frituurvet	Gekozen havenstad	Afstand overzee naar Rotterdam (km)	Afstand per vrachtwagen in land van oorsprong	Gekozen stad voor rechtstreeks transport per vrachtwagen	Afstand over land rechtstreeks
België	1,2%	-	-	-	Brussel	182
China	32,6%	Shanghai	19535	150	-	-
Duitsland	8,4%	-	-	-	Midden van het land	574
Frankrijk	0,7%	-	-	-	Midden van het land	856
Indonesië	4,5%	Jakarta	15962	150	-	-
Maleisië	9,0%	Kuala Lumpur	15116	150	-	-
Nederland	2,3%	-	-	-	Forfaitair	150
Polen	0,8%	-	-	-	Midden van het land	1140
Verenigd Koninkrijk	4,1%	Southampton	465	150	-	-
Verenigde Staten	9,6%	Charleston	7001	150	-	-
Overige	26,9%	-	-	-	-	-

Vervolgens is er een gewogen gemiddelde berekend van alle afstanden per transportmethode, waarbij de categorie “overige” van 26,9% niet is meegewogen omdat hiervoor geen transportafstand bekend is. Het gevolg hiervan is dat in feite “overige” als een gewogen gemiddelde van alle wél gespecificeerde landen wordt aangemerkt. De uitkomst is weergegeven in 4.2. Bij “vrachtwagen rechtstreeks” en “vrachtwagen in land van oorsprong bij zeetransport” staat een lager getal dan de 150 km waarvan wordt uitgegaan per land. Dat komt doordat bij het middelen ook de landen waarbij geen landtransport plaatsvindt worden meegewogen.

Tabel 4.2 Gewogen gemiddelde transportafstanden van afgewerkt frituurvet en gekozen databasereferenties per transportmethode

Transportmethode	Gemiddeld gewogen afstand (km)	Gekozen referentie
Vrachtwagen rechtstreeks	94	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)
Zeeschip	12501	0290-tra&Transport, vrachtschip, container, zee (o.b.v. Transport, freight, sea, container ship {GLO}) market for transport, freight, sea, container ship Cut-off, U)
Vrachtwagen in land van oorsprong bij zeetransport	123	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)

A3 Productie

Voor het omzetten van frituurolie naar HVO wordt uitgegaan van een JCR rapport uit 2019 [11]. De productie van HVO werd eerder uitgewerkt door TNO [6], en deze uitwerking is overgenomen in dit rapport:

In het TNO-rapport R10662 uit 2016 werd de productie van HVO gemodelleerd aan de hand van een Master thesis uit 2008 die een LCA-studie rondom biobrandstoffen beschreef. Deze bron geeft een gedetailleerde dataverzameling weer wat betreft de productie van HVO, maar toch is er in deze update gekozen om een andere bron te hanteren. De reden hiervoor is dat er een wetenschappelijk gezien betrouwbaardere bron is gevonden, namelijk een rapport van het Joint Research Centre (JRC) van de Europese commissie, die eveneens de inputdata voor HVO-productie beschrijft (European Commission et al., 2019). Deze bron ligt daarnaast ten grondslag aan de default-berekeningen voor Biograce.

Voor deze studie is gewerkt met de data uit tabel 241 uit het rapport van JRC [11]. De inventarisatie is weergegeven per MJ brandstof-output. Naast HVO zijn er bijproducten van nafta en propaan, waarover allocatie op basis van energiedichtheid heeft plaatsgevonden, in lijn met paragraaf 2.3.3. De data zoals gerapporteerd in de JRC rapportage is reeds omgerekend om rekening te houden met allocatie. Omdat de tabel is uitgedrukt per MJ HVO moet er nog worden omgerekend via de lower heating value van HVO naar een inventarisatie per ton HVO, de rekeneenheid van deze studie. De LHV van HVO is overgenomen uit het Renewable Diesel Handbook van Neste [12].

Daarnaast is de input van afgewerkt frituurvet weergegeven in MJ, welke ook zal moeten worden omgerekend naar gewichtseenheden via de lower heating value. Deze bedraagt 37 MJ / kg en wordt vermeld in de rapportage van JRC. Verder wordt de hoeveelheid aardgas ook omgerekend van MJ naar m³, via de lower heating value van 31,65 MJ / m³, zoals wordt aangehouden in de Bepalingsmethode. De oorspronkelijke data, gebruikte LHV's en omgerekende data zijn vermeld in tabel 4.3.

Tabel 4.3 Oorspronkelijke data (tweede kolom), Lower heating values (LHV) en omgerekende data (vierde kolom) voor de productie van HVO volgens het rapport van JRC [11]

	Hoeveelheid per MJ HVO	Eenheid	LHV	Hoeveelheid per kg	Eenheid
Aardgas	0,13372	MJ	31,65 MJ / m ³	0,186	m ³
Afgewerkt frituurvet	0,96255	MJ	37 MJ / kg	1,14	kg
H ₃ PO ₄	0,00003	kg	-	0,001	kg
NaOH	0,00003	kg	-	0,001	kg
N ₂	0,00001	kg	-	0,0004	Kg
Electricity	0,00896	MJ	-	0,394	MJ
HVO	1,0000	MJ	44 MJ / kg	1	kg

Er valt op dat er 1,14 kg afgewerkt frituurvet nodig is voor de productie van 1 kg HVO. In eerste instantie lijkt er dan 0,14 kg te missen in de massabalans, omdat er verder geen significant grote outputstromen zijn. Echter is de hoeveelheid MJ input aan afgewerkt frituurvet wel nagenoeg gelijk aan die van HVO output.

Het verschil in energiedichtheid tussen afgewerkt frituurvet en HVO verklaart waarom er meer massa als input nodig is. Het verschil in massa ontstaat doordat er bij de chemische reactie ook water en biogeen CO₂ vrijkomt; dit verlaagt dus in feite de massabalans. Beiden dragen niet bij aan de MKI en worden daarom niet meegenomen in deze studie. De balans van opname en vrijkomen van biogeen CO₂ binnen de levenscyclus van HVO komt op 0 uit, zoals beschreven in paragraaf 2.3.2.

De gekozen proceskaarten uit ecoinvent worden in tabel 4.4 vervolgens weergegeven en de reden waarom ervoor deze gekozen is.

Tabel 4.4 Gehanteerde proceskaarten per onderdeel van de data-inventarisatie uit tabel 4.3

Onderdeel	Proceskaart / emissie	Toelichting
Aardgas	Natural gas, high pressure {NL} market for Cut-off, U Carbon dioxide, fossil	Representatief voor aardgas (excl. Gebruik) in Nederland. Directe emissie van CO ₂ voor de omzetting van aardgas in waterstof. Gebaseerd op de ecoinvent proceskaart "Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at industrial furnace >100kW Cut-off, U", waarin "0,0589 kg CO ₂ per MJ voorkomt. Dit komt neer op 0,347 kg CO ₂ per kg HVO (zie ook tabel 4.3).
Afgewerkt frituurvet	Used vegetable cooking oil {GLO} market for Cut-off, U	Deze proceskaart is impactvrij, in lijn met paragraaf 2.3.
H ₃ PO ₄	Phosphoric acid, industrial grade, without water, in 85% solution state {GLO} market for	Dit is de molecuulformule van fosforzuur en deze referentie is het meest representatief voor industriële toepassing in Europa, omdat er geen Europees marktgemiddelde referentie bestaat in ecoinvent v3.6.

NaOH	Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state {GLO} market for	Dit is de molecuulformule van Natriumhydroxide (Sodium hydroxide in het Engels) en deze referentie is het meest representatief voor industriële toepassing in Europa, omdat er geen Europees marktgemiddelde referentie bestaat in ecoinvent v3.6.
N ₂	Nitrogen, liquid {RER} market for Cut-off, U	Representatief voor industriële toepassing van stikstof (N ₂) in Europa.
Electricity	Electricity, medium voltage {NL} market for Cut-off, U	Representatief voor Nederlandse stroom van het net voor industriële toepassing.

De kapitaalgoederen voor het productieproces van HVO zijn niet meegenomen, omdat de MKI daarvan dezelfde ordegrrootte zal hebben als voor diesel en de raffinaderij minder dan 1% bijdraagt aan de MKI van diesel binnen module A1-A3.

Voor productie van diesel, welke als fossiele referentie wordt gebruikt in deze studie, wordt de proceskaart “Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland}| diesel production, low-sulphur, petroleum refinery operation | Cut-off, U” uit ecoinvent aangehouden.

Ondanks dat er een aantal zaken niet geheel transparant zijn bevat de JRC rapportage de best beschikbare gegevens en wordt er daarom mee gewerkt in deze studie. Er wordt hieronder beschreven welke onderwerpen dat zijn en welke aannames er gemaakt zijn om de data te kunnen gebruiken in deze studie:

- Het co-product propaan wordt gedeeltelijk weer ingezet in het proces. De rapportage is niet transparant of dit onderdeel is van gerapporteerde inzet aardgas of niet. Aangenomen wordt dat dit wel zo is. Het gaat om een relatief kleine hoeveelheid (0,01 MJ op 0,13 MJ aardgas).
- Het waterstofgebruik wordt gerapporteerd per hoeveelheid aardgas waarmee het wordt opgewekt. Daardoor is niet inzichtelijk welk deel van aardgasverbruik er gebruikt wordt voor proceswarmte en welk deel als grondstof voor waterstof. Aangenomen wordt dat alle koolstof uit het aardgas vrijkomt als CO₂. Eventuele overige emissies die vrijkomen bij aardgasverbranding voor proceswarmte (zoals NO_x) worden buiten beschouwing gelaten.
- Er wordt geen voorbehandeling van afgewerkt frituurvet gerapporteerd. Aangenomen wordt dat eventuele voorbehandeling onderdeel is van het gerapporteerde proces. Voor de productie van FAME in dezelfde bron wordt namelijk wél apart voorbehandeling benoemd. Daarom wordt er gewerkt met de proceskaart “Used vegetable cooking oil {GLO}| market for | Cut-off, U” van ecoinvent, welke in lijn met paragraaf 2.3 impactvrij is in de productiefase. Dit vormt een belangrijk verschil met de studie uit 2016. De daar gehanteerde bron hanteren wél een voorbehandelingsstap alvorens het afgewerkte frituurvet kon worden toegepast in het productieproces voor HVO. Daarom werd er destijds gewerkt met de proceskaart “Vegetable oil, from waste cooking oil, at plant/CH”, die in de recentere versies van ecoinvent “Used vegetable cooking oil, purified {CH}| treatment of used vegetable cooking oil, purification | Cut-off, U” heet.

Opslag Diesel (A4)

Voor de opslag van HVO is de ecoinvent kaart “Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland} | market for | Cut-off, U” gebruikt als uitgangspunt, omdat hier naast de marktgemiddelde transport voor Europa en de productie van de brandstof zelf, ook de inputdata voor opslag in voorkomt. Hierbij is de input van diesel en het transport verwijderd zodat geen dubbeltellingen ontstaan bij het combineren van de Diesel-productiefase en -transportfase.

3.3.3.3 Gebruiksprofiel HVO

Tabel 18 Productkaart voor de gebruiksfase van HVO-bouwmachines.

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Adblue (alleen stage IV & V)	B1	Urea, as N {RER} production Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$17,7/2,17 \cdot 0,85 \cdot 34,5$ (LHV HVO) / 35,9 (LHV diesel) = 6,66	g	In principe regelt de SCR installatie zichzelf. Op basis van TNO 2018 wordt 17,7 g ureum per liter brandstof gebruikt (AdBlue is een 32,5% oplossing van ureum in demiwater). In Ecoinvent wordt ureum berekend per kg stikstof in ureum (46%) waarvoor de hoeveelheid ureum gecorrigeerd wordt met de factor 2,17. Omdat de HVO en GTL bij benadering 15% vermindering van NOx uitstoot levert (uitgang motor) zal het AdBlue verbruik lager zijn (per MJ), vandaar de vermenigvuldiging met 85%. Vervolgens wordt er gecorrigeerd voor de energie-inhoud van HVO ten opzichte van diesel.
		Carbon dioxide, fossil	-	$13,0 \cdot 0,85 \cdot 34,5$ (LHV HVO) / 35,9 (LHV diesel) = 10,6	g	Het verbruik van 17,7 g ureum levert 13,0 g extra CO ₂ uitstoot/liter diesel (20% van gewicht ureum is koolstof * 12 g koolstof per mol CO ₂ / 44 g per mol CO ₂ * 17,7 g ureum = 13 g CO ₂). Correctie voor HVO ten opzichte van diesel (15% reductie in AdBlue gebruik en correctie voor energie-inhoud).
Verbrandingsemissies	B1	NOx NH ₃	TNO 2018	Stage IIIB Stage IV Stage V	kg	Ongewijzigd ten opzichte van de TNO 2018 studie [8].
		Overige emissies	TNO 2018	Stage IIIB Stage IV Stage V	kg	
Smeermiddelen	B	Lubricating oil {RER} market for lubricating oil Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$1,53 \cdot 10^{-2}$	kg	Bron: TNO 2018. Aanpassing: Europees marktgemiddelde gehanteerd, waar in 2018 een wereldwijd gemiddelde werd gehanteerd
Smeermiddelen	B	Waste mineral oil {Europe without Switzerland} market for waste mineral oil Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$1,53 \cdot 10^{-2}$	kg	Bron: TNO 2018.

3.3.3.4 Kapitaalgoederen HVO

De decompositie van de kapitaalgoederen voor HVO is gelijk aan die van Diesel (3.2.4.4).

3.3.3.5 Lasten en baten buiten de systeemgrenzen HVO

De uitgangspunten voor module D van biobrandstoffen (waar secundair materiaal als grondstof gebruikt worden zijn uitgewerkt door TNO in 2025 [6]. Dezelfde uitgangspunten zijn gebruikt in dit rapport:

Deze wordt beschreven aan de hand van de netto secundaire input- en outputstroom. De secundaire inputstroom is gelijk aan de hoeveelheid afgewerkt frituurvet die in fase A1 het systeem binnenkomt. De secundaire outputstroom is 0 ton, omdat HVO volledig verbrandt in module B1. De netto outputstroom is dus negatief. Volgens de vorige versie (1.1) van de Bepalingsmethode betekende dit dat er netto een negatieve hoeveelheid secundair materiaal aan het volgende productsysteem doorgegeven werd en dat er daarom een milieulast gerekend diende te worden. Volgens de huidige Bepalingsmethode (versie 1.2) dient deze negatieve hoeveelheid secundair materiaal gelijkgesteld te worden aan 0 en hoeft er dus geen milieulast gerekend te worden voor het secundaire materiaal dat verloren gaat.

Voor biobrandstoffen uit primaire grondstoffen (oliegewassen) of voor fossiele brandstoffen is er niets veranderd: de netto secundaire outputstroom is gelijk aan 0, omdat er geen secundaire materialen gebruikt worden. De secundaire inputstroom is dan gelijk aan nul, en de secundaire output stroom blijft ook gelijk aan 0 vanwege de verbranding. Daardoor bestaat er dus ook geen module D voor biobrandstoffen uit primaire grondstoffen of fossiele brandstoffen.

De complete beschrijving en onderbouwing uit het TNO rapport is opgenomen in bijlage V van dit rapport.

3.3.4 Bouwmachine, FAME, stage IIIB, IV & V

In deze paragraaf wordt de productie van FAME en het gebruik van FAME in graafmachines beschreven, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen stage IIIB, IV en V. Voor de algemene uitgangspunten voor LCA's van biobrandstoffen voor gebruik in de bouw, wordt verwezen naar onderdeel 3.2.6 van dit rapport.

3.3.4.1 Overzicht decompositie FAME in machines

In Tabel 19 is een overzicht weergegeven van fase A1-4 & B1 van FAME stage IIIB, IV & V. Wanneer er aanpassingen gemaakt zijn in Ecoinvent proceskaarten of nieuwe proceskaarten gemaakt zijn, worden deze wijzigingen na deze tabel verder toegelicht.

Tabel 19 Basis productkaart voor FAME machines, per liter FAME

Basisprofiel	Beschrijving	Fase	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Well-to-tank, FAME	Productie en opslag van brandstof	A1-A4	1	liter	Zie par. 3.2.4.2
Gebruiksprofiel FAME	Verbrandingsemissies en overige emissies	B	1	liter	Zie Tabel 23
Kapitaalgoedere, bouwmachine, basis	Materieel	B	5,86 ^{E-6}	stuks	Deze hoeveelheid is overgenomen uit TNO 2018 [8], waarin het Ecoinvent proces voor Excavation, Hydraulic Digger {RER} als uitgangspunt gebruikt wordt. Dit is 1,0 ^{E-6} stuks Hydraulic Digger {GLO} is per m ³ verplaatste grond en bij een brandstof verbruik van 0,131 kg / m ³ . Gecorrigeerd voor dichtheid en energie-inhoud resulteert dit in afschrijving van 5,86 ^{E-6} stuks machines per liter FAME.
Lasten en baten buiten de systeemgrenzen	Lasten van netto negatief secundair materiaal en baten recycling materieel	D	0	liter	Zie par. 3.3.4.5

De productie van FAME is bij de verschillende stage klasse gelijk. De verbrandingsemissies verschillen en bij Stage IV en V is er de toevoeging van Adblue. Daarnaast wordt er per stageklasse onderscheid gemaakt tussen verschillende vermogensklassen, daar waar er volgens het AERIUS-model significante verschillen in emissiefactoren zitten. Dit verschilt per stageklasse.

3.3.4.2 Well-to-tank, FAME (A1-A4)

De onderstaande tabel geeft een overzicht van alle referenties in de Well-to-tank productkaart voor FAME. In de opeenvolgende alinea's zal er extra uitleg volgende over de modelering voor de productie (A1-A3) en het transport en opslag (A4).

Tabel 20 Machine FAME Stage IIIB, IV & V, per liter FAME

Process	Fase	Milieuprofiel	Database/ Bron	Hoeveel- heid	Eenheid	Uitgangspunten
Productie FAME	A1-A3	Eigen profiel FAME obv gebruikte frituurolie (obv Vegetable oil methyl ester {Europe without Switzerland} esterification of rape oil Cut-off, U)	Ecoinvent 3.6	0,890	kg	Met correctie voor: - Feedstock in A1 gewijzigd naar afgewerkt frituurvet - Glycerine in A1 - Transportafstanden in A2 - Elektriciteitsmix in A3
	A4	Eigen referentie opslag brandstoffen per kg	Eigen referentie	0,890	kg	Eigen referentie obv Diesel, low-sulfur {Europe without

						Switzerland} market for Cut-off, U
Transport naar gebruiker	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	Ecoinvent 3.6	150/1000 *0,890 = 0,134	tkm	

Productiefase FAME (A1-3)

A1-A2 Grondstoffen en Transport

De uitgangspunten voor inzameling en transport zijn hetzelfde als voor HVO, zoals ook beschreven in paragraaf 3.2.7.2. De processen voor het opwerken van afgewerkt frituurvet zijn anders dan HVO en daardoor ook de hoeveelheid materiaal die nodig is voor de productie van één liter brandstof.

A3 Productie

Voor het opwerken en zuiveren van afgewerkt frituurvet wordt de proceskaart “Used vegetable cooking oil, purified {RoW}| treatment of used vegetable cooking oil, purification | Cut-off, U” gebruikt, waar de volgende wijzigingen in worden aangebracht, zie Tabel 21.

Tabel 21 Aanpassingen proceskaart Used vegetable cooking oil

Oude proceskaart	Nieuwe proceskaart	Oude hoeveelheid	Nieuwe hoeveelheid	Uitleg
Glycerine {RoW} treatment of waste cooking oil, purified, esterification Cut-off, U	Glycerine {RoW} market for glycerine Cut-off, U	zelfde	zelfde	ecoinvent gaat ervanuit dat er glycerine wordt ingezet dat een restproduct is van de productie van FAME. Dit kan echter niet worden gegarandeerd en dus is er gekozen om te werken met marktgemiddelde glycerine.

Vervolgens wordt er voor de productie van FAME uitgegaan van de proceskaart “Vegetable oil methyl ester {Europe without Switzerland}| esterification of rape oil | Cut-off, U” waar enkele wijzigingen in worden aangebracht, zie Tabel 12.

Tabel 22 Aanpassingen proceskaart vegetable oil methyl ester

Oude proceskaart	Nieuwe proceskaart	Hoeveelheid	Eenheid	Uitleg
Rape oil, crude {RoW} market for Cut-off, U	Afgewerkt frituurvet (eigen model o.b.v. Used vegetable cooking oil, purified {RoW})	0,92649	kg	Feedstock van raapzaadolie vervangen door afgewerkt frituurvet. Hoeveelheid ongewijzigd.
Electricity, medium voltage {Europe without Switzerland} market group for Cut-off, U	Electricity, medium voltage {NL} market for Cut-off, U	0,03812	kWh	Stroommix op Nederland gezet, omdat de productie plaatsvindt in Rotterdam. Hoeveelheid ongewijzigd

Opslag Diesel (A4)

Voor de opslag van FAME is de ecoinventkaart “Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland} | market for | Cut-off, U” gebruikt als uitgangspunt, omdat hier naast de markgemiddelde transport voor Europa en de productie van de brandstof zelf, ook de inputdata voor opslag in voorkomt. Hierbij is de input van diesel en het transport verwijderd zodat geen dubbeltellingen ontstaan bij het combineren van de Diesel-productiefase en -transportfase.

3.3.4.3 Gebruiksprofiel FAME

Tabel 23 Productkaart voor de gebruiksfase van FAME-bouwmachines, per liter FAME

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Adblue (alleen stage IV & V)	B1	Urea, as N {RER} production Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	17,7/2,17 * 33,1 (LHV FAME) / 35,9 (LHV diesel) = 7,52	g	Op basis van TNO 2018 wordt 17,7 g ureum per liter brandstof gebruikt (AdBlue is een 32,5% oplossing van ureum in demiwater). In Ecoinvent wordt ureum berekend per kg stikstof in ureum (46%) waarvoor de hoeveelheid ureum gecorrigeerd wordt met de factor 2,17. Vervolgens wordt er gecorrigeerd voor de energie-inhoud van HVO ten opzichte van diesel.
		Carbon dioxide, fossil	-	13,0 * 33,1 (LHV FAME) / 35,9 (LHV diesel) = 12	g	Het verbruik van 17,7 g ureum levert 13,0 g extra CO ₂ uitstoot/liter diesel (20% van gewicht ureum is koolstof * 12 g koolstof per mol CO ₂ / 44 g per mol CO ₂ * 17,7 g ureum = 13 g CO ₂). Correctie voor HVO ten opzichte van diesel (15% reductie in AdBlue gebruik en correctie voor energie-inhoud).
Verbrandingsemissies	B1	NOx NH ₃	TNO 2018	Stage IIIB Stage IV Stage V	kg	Ongewijzigd ten opzichte van de TNO 2018 studie [8].
		Overige emissies	TNO 2018	Stage IIIB Stage IV Stage V	kg	
Smeermiddelen	B	Lubricating oil {RER} market for lubricating oil Cut-off, U	-	1,46*10 ⁻²	kg	Bron: TNO 2018. Aanpassing: Europees marktgemiddelde gehanteerd, waar in 2018 een wereldwijd gemiddelde werd gehanteerd
Smeermiddelen	B	Waste mineral oil {Europe without Switzerland} market for waste mineral oil Cut-off, U	-	1,46*10 ⁻²	kg	Bron: TNO 2018.

3.3.4.4 Kapitaalgoederen FAME

De decompositie van de kapitaalgoederen voor FAME is gelijk aan die van Diesel (3.2).

3.3.4.5 Lasten en baten buiten de systeemgrenzen FAME

De uitgangspunten voor module D van biobrandstoffen (waar secundair materiaal als grondstof gebruikt worden zijn uitgewerkt door TNO in 2025 [6]. Dezelfde uitgangspunten zijn gebruikt in dit rapport:

Deze wordt beschreven aan de hand van de netto secundaire input- en outputstroom. De secundaire inputstroom is gelijk aan de hoeveelheid afgewerkt frituurvet die in fase A1 het systeem binnenkomt. De secundaire outputstroom is 0 ton, omdat HVO volledig verbrandt in module B1. De netto outputstroom is dus negatief. Volgens de vorige versie (1.1) van de Bepalingsmethode betekende dit dat er netto een negatieve hoeveelheid secundair materiaal aan het volgende productsysteem doorgegeven werd en dat er daarom een milieulast gerekend diende te worden. Volgens de huidige Bepalingsmethode (versie 1.2) dient deze negatieve hoeveelheid secundair materiaal gelijkgesteld te worden aan 0 en hoeft er dus geen milieulast gerekend te worden voor het secundaire materiaal dat verloren gaat.

Voor biobrandstoffen uit primaire grondstoffen (oliegewassen) of voor fossiele brandstoffen is er niets veranderd: de netto secundaire outputstroom is gelijk aan 0, omdat er geen secundaire materialen gebruikt worden. De secundaire inputstroom is dan gelijk aan nul, en de secundaire output stroom blijft ook gelijk aan 0 vanwege de verbranding. Daardoor bestaat er dus ook geen module D voor biobrandstoffen uit primaire grondstoffen of fossiele brandstoffen.

De complete beschrijving en onderbouwing uit het TNO rapport is opgenomen in bijlage V van dit rapport.

3.3.5 Bouwmachine, Elektrisch, groen en grijs

In deze paragraaf wordt de productie van elektriciteit en het gebruik van elektrische bouwmachines beschreven, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen groene en grijze stroom.

3.3.5.1 Overzicht decompositie elektrisch materieel groen en grijs

In Tabel 24 wordt een overzicht weergegeven van fase A1-4 & B1 van elektrisch materieel groen/grijs.

Tabel 24 Overzicht basis productkaart voor elektrische bouwmachines, per kWh

Basisprofiel	Beschrijving	Fase	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Elektriciteitsproductie	Productie en transmissie van elektriciteit (groen/grijs)	A1-A4	1	kWh	Hiervoor worden de volgende (nieuwe) NMD-profielen gehanteerd: Groen: 0496 Grijs: 0494
Gebruiksprofiel	Directe emissies	B	1	kWh	Directe emissies bij het gebruiken van 1kWh in een elektrische bouwmachine
Kapitaalgoederen, bouwmachine, basis	Materieel inclusief einde leven	B	$1/(263 \cdot 1000/0,765) = 2,9E-6$	p	Gemiddelde levensduur dieselmaterieel in klasse 75 – 130 kW: 8,2 jaar. Gemiddeld verzette life time arbeid: 263 MWharbeid. Het aangenomen karakter van batterij-elektrisch mobiel werktuig kan minstens deze performance halen (waarschijnlijk meer, maar daar kunnen we niet op vooruit lopen nog geen praktijk data). Ref: TNO 2021 R11152, Bolech et al., "Kostencurves droog grondverzet" [20]. Er wordt dus gerekend met dezelfde life time arbeid als bij diesel. De efficiëntie waarmee elektriciteit in arbeid wordt omgezet bedraagt 76,5% voor een elektrisch mobiel werktuig c.q. vrachtauto met accu.

3.3.5.2 Elektriciteitsproductie (A1-A4)

De stroomprofielen vanuit een ander project voor de NMD zijn inmiddels opgenomen in database 3.5; deze worden gehanteerd:

Tabel 25 Elektriciteitsgebruik (A1-A4)

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Groene / grijze stroom	A1-A3	Groen: 0496-pro&Elektriciteit, Hernieuwbaar, bij consument, per kWh Grijs: 0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	Nationale Milieudatabase 3.5	1	kWh	

3.3.5.3 Gebruiksprofiel Elektrisch materieel

Emissies vervallen grotendeels (want er is geen uitlaat). Alleen fijnstofemissies door slijtage blijven staan. Daarbij is er minder fijnstof van remmen, en (door hogere gewicht) een lichte verhoging van band-wegdek c.q. band-terrein interacties. Op de weg overeenkomend met PM10 van 58 mg/km = ca 41 mg/kWh input. Aanname: ongeveer gelijk in het terrein (bij gebrek aan metingen!)

Tabel 26 Overzicht gebruiksprofiel voor elektrische bouwmaschinen, per kWh elektriciteit input.

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database/bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Slijtage fijnstof	B1	Particulates, < 10 µm	-	41/0,765 = 53,59	mg	Geen lokale emissies, behalve slijtage fijnstof (ca. 41 mg/kWh _{arbeid})

3.3.5.4 Kapitaalgoederen, bouwmaschinen, elektrisch

Er zijn weinig opties in ecoinvent, maar voor de brandstof machines gaan we uit van “Hydraulic digger {GLO}| market for | Cut-off, U”, die een combinatie is van een RoW en een RER process.

Het RER process hanteren we nu even als uitgangspunt om een machine LCI op te stellen.

“Hydraulic digger {RER}| production | Cu-off, U”, aangevuld met een einde-levensduur scenario.

Hierbij wordt de productie van de elektromotor benaderd door deze ongewijzigd te laten in de ecoinventproceskaart, dus zoals een dieselmotor. De gedachte hierachter is dat een elektromotor lichter is dan een dieselmotor, maar daar staat tegenover dat de materialen die erin zitten zeldzamer zijn. Omdat de kapitaalgoederen relatief weinig bijdragen aan de totale milieu-impact wordt deze benadering gehanteerd. De nieuwe proceskaart ziet er als volgt uit, zie tabel 19.

Tabel 27 Basis productkaart kapitaalgoederen voor elektrische bouwmaschinen, per 1 stuk

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database/bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Kapitaal-goederen, bouwmaschine,basis	B1	Eigen proceskaart	Ecoinvent 3.6	1	piece	Gelijk aan Diesel bouwmaschine (zie 3.2.4.4)
Basisproceskaart Lithium accu per kWh	B1	Eigen proceskaart	Ecoinvent 3.6	320	kWh	Mobiel werktuig in klasse 75 – 130 kW heeft 320 kWh accucapaciteit nodig voor hele dag.
Bekabeling	B1	Transmission network, electricity, medium voltage {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	5/20/3/2 = 0,042	km	5 km kabel op midden-spanningsniveau is gemiddeld nodig voor elektriciteitsvoorziening op bouwplaatsen. Er is echter nog weinig praktijkdata beschikbaar voor elektrische bouwplaatsen. Aangenomen is dat op een dergelijke bouwplaats 20 machines gebruikt worden. Daarnaast is aangenomen dat de levensduur van de kabel langer is dan die van de machines. Voor de kabel is 30 jaar aangenomen en een gemiddelde machine 10 jaar. Tot slot is het uitgangspunt dat de kabel “dubbel” gebruikt wordt: overdag voor elektrisch materieel dat aangesloten is op het net, en 's nachts om de accu's van oplaadbaar materieel op te laden. Daarom wordt er gedeeld door 2.

Basisproceskaart lithium accu

Tabel 28 op de volgende pagina geeft de basisproceskaart per kWh lithium accu weer. Deze is gebaseerd op Ecoinvent referentie “Battery, Li-ion, rechargeable, prismatic {GLO}| production | Cut-off, U” Deze is vervolgens omgerekend van kg naar kWh op basis van 5 kg per kWh, in lijn met de 2021-versie van dit rapport.

Diverse bronnen geven aan dat hergebruik van gebruikte lithium accu's uit elektrische voertuigen zeer aannemelijk en financieel rendabel is [13] [14] [15] [16]. Er wordt een inschatting gemaakt dat het hergebruik aandeel zal afnemen in de toekomst als de markt meer verzadigd raakt met elektrische voertuigen. Er wordt ingeschat dat onder het huidige scenario 45% van de lithium accu's na de eerste levenscyclus zal worden gerecycled in 2050 [14]. Voor die tijd ligt dit percentage beduidend lager aangezien de vraag naar accu's hoog is en de prijs van gebruikte accu's relatief laag. De relatieve kosten van een refurbished lithium accu verschilt tussen de 30%-70% [13] [16], de waarde wordt in dit rapport ingeschat op 50% van de nieuwprijs. Op basis van de bovenstaande gegevens wordt er ingeschat dat 70% van de accu's zullen worden hergebruikt met een K-factor van 0,5, gebaseerd op financiële allocatie.

Bovengenoemd Ecoinvent-proces modelleert per kg accu 50% hydrometallurgical recycling en 50% pyrometallurgical recycling, inclusief transport in C2. In de finale afvalverwerkingsprocessen (C4) zitten reeds in deze hydro- en pyro-metallurgical recycling referenties. Door het 70% hergebruik met een K-factor van 0,5 zal er in totaal per kg accu 0,65kg recycling worden gemodelleerd, terwijl er slechts 30% naar het recycling scenario gaat. Vanuit een conservatieve benadering wordt dit zo gelaten.

Deze Ecoinvent referenties modelleren echter geen voordelen van uitgespaarde materialen in module-D. Er is voor alle metalen een versimpelde benadering gedaan voor module-D in lijn met de forfaitaire afval scenario's van de NMD en in lijn met een ander categorie 3-project. De hoeveelheden zijn gebaseerd op de samenstelling van de achterliggende productkaart "Battery, Li-ion, rechargeable, prismatic {GLO}| production | Cut-off, U"(zie Tabel 28).

Literatuur wijst erop dat bij de bovenstaande recycle methodes cobalt, nikkel, koper, aluminium en staal worden teruggewonnen [17] [18]. Lithium kan ook worden teruggewonnen maar dit vergt additionele verwerking en is daarom niet meegenomen. Voor koper is er op basis van Chen et al., 2019 ingeschat dat tussen de 81% en de 99% kan worden terug gewonnen [18], er is daarom een gemiddelde van 90% aangehouden. Dit is in lijn met het NMD scenario "metalen, overig", dit scenario gaat uit van 90% recycling. Staal geeft relatief weinig waarde maar kan eenvoudig middels magnetisme worden teruggewonnen. Hiervoor is het forfaitaire NMD-scenario voor "metalen, overig" aangehouden. Aluminium wordt ook teruggewonnen vanwege de hoge vraag naar gerecycled aluminium. Hiervoor is opnieuw het NMD-scenario voor "metalen, overig" aangehouden.

Tabel 28 Basis procestkaart voor 1 kWh Li-Ion accu, inclusief einde leven.

Proces	Fase	Referentie	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Accu Productie	A1-A3	"Battery, Li-ion, rechargeable, prismatic {GLO} production Cut-off, U".	5	kg	
Accu Hergebruik	D	Vermeden product "Battery, Li-ion, rechargeable, prismatic {GLO} production Cut-off, U".	$5 * 0,7 * 0,5 = 1,75$	kg	70% hergebruik ⁸ , K-factor 0,5 ⁷
EOL Reinforcing steel - recycling module D	D	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW} steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW} steel production, converter, unalloyed Cut-off, U)	$0,145 * (0,9 - 0,29) * 5 * 0,3 = 0,133$	kg	forfaitair einde leven NMD (metalen, overig), 90% recycling, 29% secundair. Netto uitstroom is $0,90 - 0,29 = 0,61$
EOL Aluminium recycling	D	0269-reD&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO} aluminium ingot, primary, to market Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER} treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner Cut-off, U)	$(0,013 + 0,103) * (0,9 - 0,3) * 5 * 0,3 = 0,104$	kg	Recycle scenario van de gehele accu bedraagt 30%, forfaitair einde leven NMD (metalen, overig) 90% recycling, aluminium referentie is 30% secundair netto output is $0,90 - 0,3 = 0,60$
EOL Koper 90% recycling	D	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER} production, primary Cut-off, U)	$0,168 * (0,95 - 0,29) * 5 * 0,3 = 0,166$	kg	90% op basis van Chen et al., 2019, Input "Copper {GLO}, market for" is 20% secundair, netto output is $0,90 - 0,29 = 0,61$

Tabel 29 Decompositie van metalen per kg accu achter de productkaart "Battery, Li-ion, rechargeable, prismatic {GLO}| production | Cut-off, U".

Metaal Referentie	Hoeveelheid	Eenheid	Secundair -%	Onderbouwing
Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U	0,145	kg	29%	37% Steel Unalloyed {GLO} (21,3% secundair) en 63% Steel Low-alloyed {GLO} (43,3% secundair). Secundair percentage o.b.v. NMD-profiel 0379
Aluminium, wrought alloy {GLO} market for Cut-off, U	0,013	kg	30%	
Aluminium, wrought alloy {GLO} market for Cut-off, U	0,103	kg	30%	
Copper {GLO} market for Cut-off, U	0,168	kg	29%	Secundair percentage o.b.v. NMD-profiel 0059

3.3.6 *Bouwmachine, waterstof, SMR en Elektrolyse*

In deze paragraaf wordt de productie van waterstof en het gebruik van bouwmachines op waterstof beschreven, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen SMR en elektrolyse, zowel op basis van groene als grijze stroom.

3.3.6.1 *Overzicht decompositie waterstof materieel groen en grijs*

Tabel 30 Overzicht basis productkaart voor waterstof bouwmachines, per kg waterstof

Basisprofiel	Beschrijving	Fase	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Waterstofproductie	Productie van waterstof	A1-A4	1	kg	SMR en Elektrolyse, op basis van groene en grijze stroom. Dit resulteert in vier profielen.
Gebruiksprofiel bouwmachine, waterstof	Gebruiksemissies	B	1	kg	Directe emissies bij het gebruiken van 1 kg waterstof in een bouwmachine
Kapitaalgoedere, bouwmachine, waterstof	Afschrijving kapitaalgoederen, inclusief einde leven	B	2,9E-6 / 0,095 = 3,05E-5	p	Afschrijving op basis van levensduur elektrische machine (2,9E-6 p), Vervolgens gecorrigeerd middels 95 g H ₂ / kWh (tabel 2)

3.3.6.2 *Waterstofproductie*

Productie (A1-A3)

De basisprofielen waterstofproductie zijn inmiddels beschikbaar in processendatabase 3.5 en zijn opgesteld zoals beschreven in deze paragraaf.

Hieronder vallen vier verschillende productieroutes:

- Steam methane reforming (SMR), compressie met grijze stroom
- Steam methane reforming (SMR), compressie met groene stroom
- Elektrolyse met grijze stroom
- Elektrolyse met groene stroom

Over de productieroute van waterstof is op dit moment (te) weinig informatie te vinden aangezien de markt sterk in ontwikkeling is. Om deze reden kan er momenteel geen representatief cat. 3. Waterstofmix profiel voor worden opgesteld. Daarom houden we de vier methoden hier aan – en is het aan de gebruiker van de data om na te gaan wat de herkomst is van de waterstof dat wordt toegepast in projecten.

Voor SMR wordt gebruik gemaakt van het rapport “IEAGHG Technical Report 2017, Techno-Economic Evaluation of SMR Based Standalone (Merchang) Hydrogen Plant with CCS” [19]. Deze bron heeft LCA data verzameld voor waterstofproductie mét en zonder carbon capturing and storage (CCS). In deze studie gaan we uit van waterstofproductie zonder CCS, omdat dit nog niet gangbaar is (slecht 3 locaties, alle drie buiten Europa, met CCS volgens de bron).

De productiedata per kg waterstof met SMR is als volgt (op basis van tabel 2 pagina 16 uit de bron). Er is daarnaast nog een output van overtollige elektriciteit, die als co-product dient te worden gemodelleerd. Allocatie vindt plaats obv energie-inhoud. Omdat in SimaPro meerdere outputstromen kunnen worden toegevoegd met allocatiemethode worden de totale inputs en outputs hieronder gegeven, en is er nog niet gealloceerd, zie Tabel 31.

Tabel 31 Waterstof productie, SMR, per kg

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Aardgas (feedstock)	A1-A3	Natural gas, high pressure {NL} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	26,231/(8,994*1000) = 0,003	m ³	Deze proceskaart gaat naast winning in Groningen ook uit van import uit het buitenland. Dit is representatief omdat de gaswinning in Nederland steeds verder wordt teruggeschoefd.
Aardgas (proces)	A1-A3	Aangepaste proceskaart obv "Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at industrial furnace >100kW Cut-off, U"	Ecoinvent 3.6	4,332*46,5/(8,994*1000) = 0,02	MJ	In deze proceskaart dient de productie van aardgas vervangen te worden door dezelfde proceskaart als voor de feedstock gebruikt is. Ook moet de CO ₂ uitstoot (directe emissie) op nul gezet worden om dubbeltelling te voorkomen. LHV: 46,5 MJ / kg (tabel 2 uit de bron)
Specifieke CO ₂ -uitstoot	A1-A3	Carbon dioxide, fossil	-	0,8091/ 0,08994=9,00	kg	Directe emissie van CO ₂ , afkomstig uit aardgasverbranding en de reactie tot waterstof. Gerapporteerd in tabel 2 uit de bron [19]: - CO₂ uitstoot: 0,8901 kg CO₂ / Nm³ H₂. - Omrekenen via dichtheid naar kg H₂. - Dichtheid = (H₂ output (t/h)) / (H₂ output (Nm³ / h)) = 8,994/100,000 = 0,08994 kg H₂ / Nm³.
Kapitaalgoedere n	A1-A3	Natural gas processing plant {GLO} production Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	4,38E-12	piece	Ecoinvent gaat uit van een capaciteit van 4,23E10 nm ³ /jaar en een levensduur van 60 jaar. Dus totaal 2,54E+12 nm ³ gas. 100 000 nm ³ waterstof is 8994 kg. Dus per kg 11,119 nm ³ waterstof. 11,119 nm ³ waterstof / 2,54E+12 = 4,38E-12 fabrieken per kg
Output: Waterstof	A1-A3	-	Ecoinvent 3.6	1	ton	LHV: 119,96 MJ / kg
Output: elektriciteit	A1-A3	-	Ecoinvent 3.6	9,918*60*60/8994= 3,97	MJ	9,918 MW elektriciteit output komt neer op 9,918 MJ per seconde. Dit wordt omgerekend naar MJ/h en vervolgens omgerekend naar kg waterstof. Hiermee wordt 3,2% van de impact van het SMR process gealloceerd aan de geleverde elektriciteit.

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Compressie van waterstof	A1-A3	Eigen profiel	-	11	MJ	Zie elektrisch materieel groen / grijs. Hoeveelheid uit TNO (2016) [20]. De compressie moet niet worden gealloceerd, deze processtap vindt alleen plaats voor waterstof, niet voor het co-product elektriciteit.

Voor met stoom methaan-omvorming gemaakt waterstof geldt dat deze door aanwezige verontreinigingen niet optimaal geschikt is voor gebruik in een waterstof brandstofcel. Daarom moet de SMR-waterstof nog een zuiveringsstap ondergaan voor deze goed genoeg is om in de brandstofcel van de H₂ vrachtwagen ingezet te kunnen worden. De impact van de zuivering is in vergelijking met de omvormings- en compressiestappen beperkt. In deze verkennende MKI-berekening is ervoor gekozen de zuiveringsstap te verwaarlozen. Zodra praktijkdata over de additionele impact van (grootschalige) zuivering van grijze waterstof beschikbaar komen kunnen deze nog worden opgeteld bij het hier gepresenteerde getal.

Voor waterstof uit elektrolyse nemen we de scheepsbrandstoffenstudie van TNO uit 2016 (R10662) als uitgangspunt [20]. De gebruikte techniek is sinds 2016 niet noemenswaard veranderd en derhalve zijn de toen gerapporteerde gegevens nog representatief. Hierin wordt het stroomverbruik geactualiseerd met nieuwe data uit het rapport “Study on early business cases for H₂ in energy storage and more broadly power to H₂ applications” van Tractebel uit juni 2017 [21]. Uit tabel 24 van dit rapport kan het stroomverbruik worden afgelezen afhankelijk van het type technologie, het uitgangsjaar (2017 of 2025) en het vermogen. We gaan uit van de meest waarschijnlijke optie voor groene waterstof voor wegtransport: PEM technologie in 2017 met een vermogen van 20MW. Momenteel is er nog geen sprake van grootschalige watelektrolyse om waterstof te maken. Er zijn wel al enkele pilotplants, waarvan de wat grotere typisch een vermogen van 20 MW hebben. Dit vermogensniveau is zodoende een geschikt compromis tussen beperkte beschikbaarheid en rendementsvoordeel door schaafeffecten (grotere plants halen meestal een hoger rendement). Hierbij hoort een stroomverbruik van 58 kWh per kg waterstof, zie Tabel 32. Bij opschaling naar grotere vermogens zal er rekening gehouden moeten worden met de coproductie van zuurstof. Bij een plant van 20MW zal de ontstane zuurstof uit de reactie waarschijnlijk niet worden afgevangen en verkocht als co-product, omdat de grootte van deze stroom niet rendabel genoeg is. Daarom wordt dit niet meegenomen in deze analyse. Bij grotere plants wordt de geproduceerde hoeveelheid zuurstof aanzienlijk en zal deze eerder worden afgevangen en verkocht worden als bijproduct. Allocatie is dan noodzakelijk, wat de footprint van waterstof aanzienlijk kan verminderen wanneer er gekozen wordt voor economische allocatie.

Tabel 32 Waterstof productie, elektrolyse, per kg

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Elektriciteit voor elektrolyse	A1-A3	Groen: 0496-pro&Elektriciteit, Hernieuwbaar, bij consument, per kWh Grijs: 0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	Nationale Milieudatabase 3.4	58	kWh	Zie elektrisch materieel groen / grijs. Hoeveelheid uit Tractebel (2017)
Gedemineraliseerd water	A1-A3	Water, ultrapure {RER} market for water, ultrapure Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$5556 \cdot 2 / 1000 = 11,112$	Kg	Hoeveelheid uit TNO 2016
Installatie voor elektrolyse	A1-A3	Fuel cell, stack polymer electrolyte membrane, 2kW electrical, future {RoW} production Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$10.000 / (25,86 \cdot 10^6) = 0,0004$	stuk	Deze proceskaart representeert een brandstofcel, die nodig is bij de omzetting van waterstof in elektriciteit. Bij gebrek aan een betere proceskaart wordt deze gebruikt als benadering voor de installatie die nodig is bij elektrolyse volgens PEM. De plant heeft een vermogen van 20 MW, dus zijn er 10.000 units nodig. Uit rapport IEA: "Full load hours of electrolyzers assumed to be 5 000 hours per year." Wanneer we 15 jaar gebruik aannemen (daarna uitstekende recycle/refurbish opties), kan deze fabriek dus $15a \cdot 5000 \text{ h} \cdot a^{-1} \cdot 20 \text{ MW} \cdot 58 \text{ kWh} \cdot \text{kg}^{-1} = 25,86 \text{ kton H}_2$ maken. Ref IEA: "The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions," World Energy Outlook Special Report, IEA (2021)
Compressie	A1-A3	Eigen profiel	-	11	MJ	Zie elektrisch materieel groen / grijs. Hoeveelheid uit TNO (2016)

Transportfase (A4)

Het is onwaarschijnlijk dat waterstof getransporteerd wordt van een productielocatie naar een tankstation, vanwege de lage dichtheid die het transport inefficiënt maakt. Het is daarmee waarschijnlijker dat waterstof lokaal geproduceerd zal worden waar het nodig is.

3.3.6.3 Gebruiksprofiel Waterstof bouwmaschinen

Tijdens de gebruiksfase vinden er geen emissies plaats, behalve de emissie van water naar lucht (9 kg water per kg waterstof obv molaire massa's en de reactievergelijking).

Tabel 33 Basis productkaart gebruiksprofiel waterstof, per 1 kg.

Proces	Levensfase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Directe emissies	B1	Water	-	9	kg	Emissies van water naar lucht

3.3.6.4 Kapitaalgoederen, bouwmaschinen, waterstof

In Tabel 34 hieronder wordt de opbouw van het basisprofiel kapitaalgoederen weergegeven. Hierbij worden dezelfde uitgangspunten gehanteerd als bij de elektrische bouwmaschine.

In plaats van een Li-Ion accu, bevat deze een brandstofcel en een kleine hulpaccu. De uitgangspunten hiervan zijn overgenomen en geëxtrapoleerd vanuit “vrachtwagen, waterstof” uit de 2021-versie van dit rapport.

Tabel 34 Basisprofiel kapitaalgoederen voor waterstof bouwmaschinen, per 1 stuk

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database/bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Kapitaal-goederen	B1	Eigen proceskaart	Ecoinvent 3.6	1	piece	Zelfde waarde als voor Diesel bouwmaschinen.
Brandstofcel	B1	Eigen modellering	Ecoinvent 3.6	$((75+130)/2)*0,75 = 76,9$	kW	vermogen stack zal circa 75% van het piekvermogen moeten kunnen leveren. Er wordt gerekend met hetzelfde vermogen als voor de elektrische bouwmaschinen 102,5kW (75-130kW).
Hulpaccu	B1	Li-Ion accu - inclusief einde leven, per kg	Nationale Milieudatabase	$1,67 / 4 * 47 = 19,66$	kg	In de 2021 versie van dit rapport, is er voor de vrachtwagen Waterstof 4 kWh (47 kg) aan LTO-accu capaciteit gemodelleerd voor 245 kW. Hiervoor is de Li-Ion-accu als referentie aangehouden. Om deze reden wordt hier het basisprofiel per kg gebruikt; dit betreft de eigen modellering die ook wordt toegepast voor elektrisch groen/grijs. Dit is naar rato geëxtrapoleerd voor de bouwmaschinen. $4 * 102/245 = 1,67 \text{ kWh}$

Tabel 35 hieronder toont de modellering van de brandstofcel, voorzien van een einde leversduurscenario. Hiervoor is het originele EcolInvent-proces als basis gepakt, maar geschaald naar “per kW” (aangezien 1p 2kW bevat). De EcolInvent kaart van de brandstofcel bevat reeds een afvalverwerkingsproces, deze bevat het transport (C2) en het verbranden van plastics.

Verder wordt hier uit gegaan van manuele demontage en recycling van het staal, aluminium en platina (vanwege de zeer hoge waarde). De hoeveelheden van deze metalen in “Fuel cell, stack polymer electrolyte membrane, 2kW electrical, future {RoW}| production | Cut-off, U”, per kW staan weergegeven in Tabel 36. In de modellering in SimaPro is als eenheid “p” gebruikt, wat dus staat voor 1kW brandstofcel.

Tabel 35 Basis productkaart kapitaalgoederen voor waterstof brandstofcel, per 1 kW.

Proces	Fase	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Brandstofcel	A1-A3	Fuel cell, stack polymer electrolyte membrane, 2kW electrical, future {RoW} production Cut-off, U	0,5	p	0,5 piece, want eenheid is 1 kW.
Manuele Demontage	C3	"Used powertrain from electric passenger car, manual dismantling {GLO} treatment of used powertrain for electric passenger car, manual dismantling Cut-off, U"	6,17	kg	Manuele ontmanteling is representatief vanwege de hoge waarde van platinum. Massa voor 1 kW brandstofcel is 6,17kg [22]
EOL Aluminium AVI	C4	0255-avC&Verbranden aluminium (o.b.v. Scrap aluminium {Europe without Switzerland} treatment of scrap aluminium, municipal incineration Cut-off, U)	$0,3 * 0,05 = 0,015$	kg	forfaitair einde leven NMD (metalen, overig), 5% AVI
EOL Aluminium Stort	C4	0239-sto&Stort aluminium (o.b.v. Waste aluminium {RoW} treatment of, sanitary landfill Cut-off, U)	$0,3 * 0,05 = 0,015$	kg	Forfaitair einde leven NMD (metalen, overig), 5% stort
EOL Aluminium recycling	D	0269-reD&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO} aluminium ingot, primary, to market Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER} treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner Cut-off, U)	$0,3 * (0,9 - 0,3) = 0,18$	kg	forfaitair einde leven NMD (metalen, overig) 90% recycling, netto output is $0,90 - 0,3 = 0,60$
EOL Staal - stort	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	$0,1 * 0,05 = 0,005$	kg	forfaitair einde leven NMD, (metalen, overig) 5% stort
EOL Staal- AVI	C4	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, municipal incineration Cut-off, U)	$0,1 * 0,05 = 0,005$		forfaitair einde leven NMD (metalen, overig) , 5% AVI
EOL Staal- recycling module D	D	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW} steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW} steel production, converter, unalloyed Cut-off, U)	$0,1 * (0,9 - 0,14) = 0,076$	kg	forfaitair einde leven NMD (metalen, overig), 90% recycling, 14% secundair. Netto uitstroom is $0,90 - 0,14 = 0,76$
EOL Platinum - verbranding	C4	0255-avC&Verbranden aluminium (o.b.v. Scrap aluminium {Europe without Switzerland} treatment of scrap aluminium, municipal incineration Cut-off, U)	$7,5E-4 * 0,082 = 6,15E-5$	kg	Geen referentie geschikte referentie voor C4 Platinum, aanname dat verbranden meest realistisch/conservatief is.
Vermeden product	D	Platinum {GLO} market for Cut-off, U	$7,5E-4 * 0,918 = 6,89E-4$	kg	91,8 % recycling gemiddeld [22]

Tabel 36 Samenstelling van metalen aanwezig in brandstofcel, per 1 kW (o.b.v. Fuel cell, stack polymer electrolyte membrane, 2kW electrical, future {RoW}) | production | Cut-off, U).

Referentie	Hoeveelheid	Eenheid	Secundair-%
Aluminium, wrought alloy {GLO} market for Cut-off, U	0,3	kg	30%
Platinum {GLO} market for Cut-off, U	7,5E-4	kg	4,5%
Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U	0,1	kg	14%

3.4 Decompositie in materialen en processen van vrachtwagens

Voor de beschouwde deelproducten zijn de input- en output stromen per levensfase/module geïnventariseerd. De berekende LCI is opgenomen in deze paragraaf waarbij is beschreven welke uitgangspunten hiertoe zijn gehanteerd. In Tabel 46 t/m Tabel 55 wordt per brandstof aangegeven welke materialen, processen en referenties gehanteerd zijn.

3.4.1 Algemene processen gebruiksfase vrachtwagens

3.4.1.1 Productie, onderhoud en end-of-life

Voor het modeleren van de slijtage van een vrachtwagen is het Ecoinvent-proces "Lorry, 16 metric ton {GLO}| market for | Cut-off, U" gebruikt, omdat dit proces ook in de Ecoinvent-processen "Transport, freight, lorry >32 metric ton, Euro 5 en 6" wordt gebruikt en dit proces up-to-date en representatief wordt geacht.

Hierbij nemen we aan dat de factor (9,65E-8 piece / t*km) die wordt gebruikt gecorrigeerd is voor de keuze van een lichter type vrachtwagen (16 i.p.v. 32 metric ton). Dit lijkt ook het geval als we deze factor vergelijken met data uit andere bronnen. In detail: in het geval van Euro 5 en Euro 6 vrachtwagens rijden vrachtwagens gemiddeld 36532 km/jaar. De gemiddelde levensduur is 13,4 jaar en de gemiddelde laadfactor voor GWW 29,96 ton [23]. De afschrijving per t*km transport is dan $1 / (36532 \text{ km/jaar} * 13,4 \text{ jaar} * 29,96 \text{ ton}) = 6.818\text{E-}8$.

De factor van afschrijving kan worden omgerekend naar afschrijving per liter diesel door deze factor te delen door het diesel gebruik in kg uit de Ecoinvent-processen "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 | Cut-off, U" en "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 {RER}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 | Cut-off, U", namelijk (0,01917 kg voor Euro 5 en 0,01919 kg voor Euro 6) en vervolgens te vermenigvuldigen met de dichtheid van diesel (0,832 kg/l). De afschrijving per liter diesel komt dan neer op:

- Euro 5: $(9,65\text{E-}8 \text{ stuks/t*km} / 0,01917 \text{ kg/t*km}) * 0,832 \text{ kg/l} = 4,19\text{E-}6$ stuks per liter diesel.
- Euro 6: $(9,65\text{E-}8 \text{ stuks/t*km} / 0,01919 \text{ kg/t*km}) * 0,832 \text{ kg/l} = 4,18\text{E-}6$ stuks per liter diesel.
- Voor de overige brandstoffen zijn de waarden voor diesel als basis gebruik en gecorrigeerd voor energie-inhoud (MJ/l). Bijvoorbeeld voor HVO: $4,19\text{E-}6 \text{ stuks per tkm diesel} / 35,9 \text{ MJ per liter diesel} * 34,5 \text{ MJ per liter HVO} = 4,02\text{E-}6$ vrachtwagens per liter HVO 'stuks per liter diesel'.

Deze twee factoren kunnen ook worden overgenomen voor het modelleren van het onderhoud aan de vrachtwagens met het Ecoinventproces "Maintenance, lorry 16 metric ton {RER}| market for maintenance, lorry 16 metric ton | Cut-off, U", omdat in dit proces de milieu-impact van het onderhoud aan een vrachtwagen over zijn gehele levensduur in kaart wordt gebracht en ook het meest representatieve proces is, dat beschikbaar is. Omdat de afschrijving en het onderhoud evenredig zijn met de gereden kilometers en dus de calorische waarde van de brandstoffen, is het onderhoud en de afschrijving voor de andere brandstoffen gecorrigeerd met de calorische waarde, zie Tabel 37.

Tabel 37 Fracties van onderhoud en afschrijving van Euro 5 & 6 vrachtwagens gewogen per liter brandstof.

	Diesel	GTL	FAME	HVO
Stookwaarde (MJ/l)	35.9	34.3	33.1	34.5
Fractie van aantal vrachtwagens Euro 5 die gemodelleerd wordt (*10 ⁻⁶ piece/liter)	4,19	4,00	3,86	4,02
Fractie van aantal vrachtwagens Euro 6 die gemodelleerd wordt (*10 ⁻⁶ piece/liter)	4,18	4,00	3,86	4,02
Fractie van onderhoud Euro 5 die gemodelleerd wordt (*10 ⁻⁶ piece/liter)	4,19	4,00	3,86	4,02
Fractie van vrachtwagens Euro 6 die gemodelleerd wordt (*10 ⁻⁶ piece/liter)	4,18	4,00	3,86	4,02

Hoewel het ontmantelen en shredden van de vrachtwagen reeds is meegenomen in proces "Lorry, 16 metric ton {GLO}| market for | Cut-off, U", "verdwijnen" de metalen aan het einde van de levensduur. Hierdoor worden de voordelen van uitgespaarde metalen door recycling niet meegenomen.

Tabel 38 hieronder toont de aanwezige metalen in bovengenoemde productkaart.

Tabel 38 Samenstelling van metalen aanwezig in de productkaart : "Lorry, 16 metric ton {GLO}| market for | Cut-off, U"

Proces	Hoeveelheid	Eenheid
Aluminium, cast alloy {GLO} market for Cut-off, U	68,8	kg
Aluminium, wrought alloy {GLO} market for Cut-off, U	146,2	kg
Cast iron {GLO} market for Cut-off, U	1450	kg
Copper {GLO} market for Cut-off, U	30	kg
Pig iron {GLO} market for Cut-off, U	1630	kg
Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U	2260	kg
Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U	5	kg
Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U	11,4	kg

Tabel 39 hieronder toont de opbouw van het basisprofiel kapitaalgoederen vrachtwagen, inclusief einde levensduur.

Tabel 39 Basisprofiel voor kapitaalgoed vrachtwagen, 1 stuk.

Proces	Fase	Referentie	Hoeveelheid	Eenheid	Bron / uitgangspunten
Vrachtwagen kapitaalgoed	A1-A3	Lorry, 16 metric ton {GLO} market for Cut-off, U	1	p	
Aluminium Recycling	D	0269-reD&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO} aluminium ingot, primary, to market Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER} treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner Cut-off, U)	$(0,97 - 0,74) * 68,8 + (0,97 - 0,30) * 146,2 = 114$	kg	97% recycling, cast alloy 74% secundair, wrought alloy 30% secundair.
Koper Recycling	D	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER} production, primary Cut-off, U)	$30 * (0,95 - 0,2) = 22,5$	kg	95% recycling, 20% secundair materiaal,
Staal recycling	D	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW} steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW} steel production, converter, unalloyed Cut-off, U)	$2260 * (0,95 - 0,36) + 5 * (0,95 - 0,14) + 11,4 * (0,95 - 0,41) = 1,34E3$	kg	95% recycling, Reinforcing Steel {GLO} 36% secundair, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO} 14% secundair Steel, Low Alloyed, hot rolled {GLO} 41% secundair.
IJzer recycling	D	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-	$1450 * (0,95 - 0,39) - 1630 * (0,95 - 0) = -2365,14$	kg	cast iron {GLO} 39% secundair, Pig Iron {GLO} 0% secundair.

		alloyed {RER&RoW} steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW} steel production, converter, unalloyed Cut-off, U)			
--	--	--	--	--	--

3.4.1.2 Emissies van remmen

De emissies gerelateerd aan vrijkomend remstof zijn gebaseerd op de rapportage: “Emissieschattingen Diffuse bronnen - Emissieregistratie: remslijtage” [24]. De informatie uit deze rapportage die is gecombineerd om de rem-emissies van vrachtwagens per gebruik van een liter diesel te bepalen, is:

- emissiefactor voor vorming van stof uit remvoering gegeven in mg/km voor verschillende type wegen (snelwegen, binnen en buiten de bebouwde kom) (Tabel 40);
- verkeersprestatie van vrachtwagens in 2014 voor de verschillende type wegen (Tabel 40);
- verdeling van de emissies over de compartimenten lucht, bodem, riool en het voertuig (Tabel 40);
- en samenstelling van remstof vrijkomend bij remslijtage met de eenheid kg per kg remstof (Tabel 42).

De gemiddelde hoeveelheid geëmitteerde remstof kan nu dus worden berekend door de vermenigvuldiging van de remstof in kg/km te vermenigvuldigen met fractie van verkeersprestatie en % emissies naar bestemming te sommeren. Het resultaat zijn de gemiddelde emissies naar lucht, bodem, riool en auto zoals weergegeven in de meest rechter kolom van Tabel 32.

Tabel 40 Achtergrondgegevens voor de berekening van de gemiddelde emissie (in kg/km) veroorzaakt door remslijtage.

	Binnen bebouwde kom	Landelijke wegen	Snelwegen	Gemiddelde emissie (kg/km)
Verkeersprestaties vrachtwagens (miljoen km)	364	467	1277	-
Fractie verkeersprestaties (%)	0.17	0.22	0.61	-
Totaal gewicht remstof van vrachtwagens (ton)	25	10	14	-
Kilogram remstof per kilometer (kg/km)	6,86E-05	2,14E-05	1,10E-05	-
Percentage remstof geëmitteerd naar lucht	49%	49%	49%	1,14E-05
Percentage remstof geëmitteerd naar bodem	8%	18%	18%	3,00E-06
Percentage remstof geëmitteerd naar riool	12%	2%	2%	1,65E-06
Percentage remstof dat aan auto blijft zitten	31%	31%	31%	7,21E-06

De gemiddelde emissie in kg/km kan als volgt worden omgerekend naar emissie in kg per liter:

- Voor Euro 5: $1,14E-05 \text{ kg/km} / (0,01917 \text{ kg/t} \cdot \text{km} \cdot 29,96 \text{ t}) \cdot 0,832 \text{ kg/l} = 1,65E-5 \text{ kg emissie per liter diesel}$.
- Voor Euro 6: $1,14E-05 \text{ kg/km} / (0,01917 \text{ kg/t} \cdot \text{km} \cdot 29,96 \text{ t}) \cdot 0,832 \text{ kg/l} = 1,65E-5 \text{ kg emissie per liter diesel}$.

Merk op dat deze berekening gewijzigd is ten opzichte van de TNO studie uit 2018: daar werd er vermenigvuldigd boven de deelstreep met 29,96 t, waar de vermenigvuldiging hier onder de deelstreep staat. Effectief moeten de remstof getallen in de 2018 rapportage allemaal gedeeld worden door $29,96^2 = 897,6$

Omdat de rememissies evenredig zijn met de gereden kilometers en dus de calorische waarde van de brandstoffen, zijn de emissiefactoren voor de andere brandstoffen gecorrigeerd met de calorische waarde (Tabel 41).

Tabel 41 Rememissie naar lucht, bodem en lucht van Euro 5 en 6 vrachtwagens per liter brandstof.

	Diesel	GTL	Biodiesel	HVO
Stookwaarde (MJ/l)	35.9	34.3	33.1	34.5
Rememissie naar lucht van Euro 5 vrachtwagen (kg/liter)	1,65E-05	1,57E-05	1,53E-05	1,58E-05
Rememissie naar lucht van Euro 6 vrachtwagen (kg/liter)	1,65E-05	1,57E-05	1,52E-05	1,58E-05
Rememissie naar water van Euro 5 vrachtwagen (kg/liter)	2,40E-06	2,28E-06	2,21E-06	2,30E-06
Rememissie naar water van Euro 6 vrachtwagen (kg/liter)	2,38E-06	2,28E-06	2,21E-06	2,30E-06
Rememissie naar bodem van Euro 5 vrachtwagen (kg/liter)	4,34E-06	4,14E-06	4,00E-06	4,18E-06
Rememissie naar bodem van Euro 6 vrachtwagen (kg/liter)	4,33E-06	4,14E-06	4,00E-06	4,17E-06

Deze rememissies zijn gemodelleerd door de gemiddelde emissiefactor te vermenigvuldigen met de samenstelling van het remstof weergeven in Tabel 42. Hierbij is aangenomen dat de emissies naar riool geheel in het oppervlaktewater terecht komen (het “worst-case” scenario) en dus gemodelleerd als emissies naar water. Het percentage van de remstof dat aan de auto vast blijft zitten is niet gemodelleerd, omdat deze pas vrijkomt bij een wasbeurt en dus dit niet in direct in het milieu terecht komt.

Tabel 42 Samenstelling van 1kg remstof vrijkomend bij remslijtage.

Emissie	Emissie per kg remstof (kg/kg)
Particulate Matter, <10um	4.90E-01
Aluminium	1.00E-03
Antimony	8.00E-04
Bismut	6.56E-04
Chromium	4.00E-04
Phosphorus	4.36E-04
Iron	6.76E-02
Cobalt	6.50E-04
Copper	3.80E-03
Lead	4.16E-04
Manganese	5.00E-04
Molybdenum	3.00E-04
Nickel	1.00E-04
Silicon	1.90E-03
Tin	1.10E-03
Titanium	3.00E-04
Carbon	1.12E-02
Sulfate	1.00E-03
Vanadium	1.00E-04
Tungsten	5.81E-04
Zinc	1.50E-03

3.4.1.3 Emissies van banden en het wegdek

Voor de emissies gepaard gaande met banden en wegslijtage zijn de Ecoinvent processen ‘Tyre wear emissions, lorry {RER}| treatment of’ en ‘Road wear emissions, lorry {RER}| treatment of’ gebruikt. Deze Ecoinvent processen zijn gebaseerd op vrij recente en onderbouwde data uit 2013 en zijn representatief.

Bovendien is het aandeel van de milieu-impact van de emissies verbonden aan slijtage van de banden en het wegdek gering zijn vergeleken met de totale milieu-impact van het gebruik van vrachtwagen.

De hoeveelheid emissie per liter diesel door deze factor te delen door het diesel gebruik in kg uit de Ecoinvent-processen “Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 | Cut-off, U” en “Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 {RER}| transport,

freight, lorry >32 metric ton, EURO6 | Cut-off, U", namelijk (0,01917 kg voor Euro 5 en 0,01919 kg voor Euro 6) en vervolgens te vermenigvuldigen met de dichtheid van diesel (0,832 kg/l). De emissie per liter diesel komt dan neer op:

- Emissies door bandenslijtage voor Euro 5: $(1,6760E-4 \text{ kg/t*km} / 0,01917 \text{ kg/t*km}) * 0,832 \text{ kg/l} = 7,27E-3 \text{ kg per liter diesel}$.
- Emissies door bandenslijtage voor Euro 6: $(1,6760E-4 \text{ kg/t*km} / 0,01919 \text{ kg/t*km}) * 0,832 \text{ kg/l} = 7,27E-3 \text{ kg per liter diesel}$.
- Emissies door wegdekslijtage voor Euro 5: $(1,4561E-5 / 0,01917 \text{ kg/t*km}) * 0,832 \text{ kg/l} = 6,32E-4 \text{ kg per liter diesel}$.
- Emissies door wegdekslijtage voor Euro 6: $(1,4561E-5 / 0,01919 \text{ kg/t*km}) * 0,832 \text{ kg/l} = 6,31E-4 \text{ kg per liter diesel}$.

Omdat de emissies evenredig zijn met de gereden kilometers en dus de calorische waarde van de brandstoffen, zijn de emissiefactoren voor de andere brandstoffen gecorrigeerd met de calorische waarde (Tabel 43).

Tabel 43 Emissiefactoren door banden- en wegslijtage voor Euro 5 en 6 vrachtwagens gewogen per liter brandstof.

	Diesel	FAME	HVO	GTL
Stookwaarde (MJ/l)	35,9	33,1	34,5	34,3
Emissiefactor bandenslijtage Euro 5 per liter brandstof (*10 ⁻³ kg/liter)	7,27	6,70	6,99	6,95
Emissiefactor bandenslijtage Euro 6 per liter brandstof (*10 ⁻³ kg/liter)	7,27	6,70	6,98	6,94
Emissiefactor wegslijtage Euro 5 per liter brandstof (*10 ⁻⁴ kg/liter)	6,32	5,83	6,07	6,04
Emissiefactor wegslijtage Euro 6 per liter brandstof (*10 ⁻⁴ kg/liter)	6,31	5,82	6,07	6,04

3.4.1.4 Gebruik van weginfrastructuur

Tijdens het transport maken vrachtwagens gebruik van de huidige infrastructuur en wordt dus de slijtage die zij aan de weg veroorzaken meegenomen in de bepaling van de milieu-impact per liter brandstof. Dit is gedaan op basis van de kaart "Road {GLO}| market for | Cut-off, U". De factor van het gebruik van de wegen tijdens gebruik van 1 liter brandstof is overgenomen van de Ecoinvent-processen "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 | Cut-off, U" en "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 {RER}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 | Cut-off, U". In deze kaart met de eenheid 1 t*km, is de factor voor weggebruik 0,00109 meter*jaar. Dit kan worden omgerekend naar afschrijving per liter diesel door deze factor te delen door het diesel gebruik in kg uit dezelfde Ecoinvent-processen namelijk (0,01917 kg voor Euro 5 en 0,01919 kg voor Euro 6) en vervolgens te vermenigvuldigen met de dichtheid van diesel (0,832 kg/l). De afschrijving per liter diesel komt dan neer op:

- Euro 5: $(0,00109 \text{ my/t*km} / 0,01917 \text{ kg/t*km}) * 0,832 \text{ kg/l} = 4,73E-2 \text{ meter*jaar per liter diesel}$.
- Euro 6: $(0,00109 \text{ my/t*km} / 0,01919 \text{ kg/t*km}) * 0,832 \text{ kg/l} = 4,72E-2 \text{ meter*jaar per liter diesel}$.

Omdat het weggebruik evenredig is met de gereden kilometers en dus de calorische waarde van de brandstoffen, is de factor voor het weggebruik voor de andere brandstoffen gecorrigeerd met de calorische waarde (Tabel 44).

Tabel 44 Factor van weggebruik voor Euro 5 en 6 vrachtwagens gewogen per liter brandstof.

	Diesel	FAME	HVO	GTL
Stookwaarde (MJ/l)	35,9	33,1	34,5	34,3
Weggebruik in meter*jaar voor Euro 5 vrachtwagens (*10 ⁻² meter*jaar/L)	4,73	4,36	4,55	4,52
Weggebruik in meter*jaar voor Euro 6 vrachtwagens (*10 ⁻² meter*jaar/L)	4,72	4,36	4,54	4,51

3.4.1.5 Gebruik van Adblue

In Euro 6 vrachtwagens wordt Adblue, een oplossing 32,5% ureum en gedemineraliseerd water, gebruikt om de bij de verbranding gevormde stikstofoxiden om te zetten in stikstof en water.

Het Adblue-verbruik is gebaseerd op maximaal 71 g/l, maar binnen Euro 6 vrachtwagens wordt een deel van de uitlaatgassen terug in de verbrandingskamer in geleid om stikstofoxide te reduceren (bekend als EGR (Exhaust gas recirculation)). Het echte gebruik van Adblue wordt dus geschat op 60 g/l, wat betekend 19,7 gram ureum per liter diesel. Dit wordt gemodelleerd door het Ecoinvent-proces “Urea, as N {RER} | production | Cut-off, U”. Dit proces komt overeen met 1kg N, dus 2,17kg ureum en verbruik per liter diesel is dus $19,7/2,17=9,08$ gram. Omdat het gebruik van Adblue evenredig is met de gereden kilometers, is het gebruik voor andere brandstoffen gecorrigeerd met de calorische waarde (weergegeven in Tabel 45).

Tabel 45 Gebruik van ureum in Euro 6 vrachtwagens per liter brandstof.

	Diesel	FAME	HVO	GTL
Stookwaarde (MJ/l)	35,9	33,1	34,5	34,3
Gebruik van ureum per liter brandstof (g/liter)	9.08	8.37	8.72	8.67

3.4.2 Vrachtwagen Diesel Euro 5 & 6

In deze paragraaf wordt de productie van diesel en het gebruik van diesel in vrachtwagens beschreven, waarbij Euro 5 en 6 apart vermeld worden.

3.4.2.1 Overzicht decompositie diesel in vrachtwagens

In Tabel 46 wordt een overzicht weergegeven van Diesel fase A1-4 & B1 van Euro 5.

Tabel 46 Vrachtwagen Diesel Euro 5 en 6, per liter brandstof

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Dieselproductie	A1-A4	Zie productie brandstof bij machines		1	liter	Zoals bij machines
Kapitaalgoederen (Vrachtwagen)	B1	Lorry, 16 metric ton {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$4,19 \cdot 10^{-6}$	piece	Zie par 3.4.1.1, Tabel 37 en Tabel 39
Onderhoud vrachtwagen	B1	Maintenance, lorry 16 metric ton {RER} market for maintenance, lorry 16 metric ton Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$4,19 \cdot 10^{-6}$	piece	Zie par 3.4.1.1, Tabel 37 en Tabel 39
Remissie	B1	Eigen model (zie Tabel 40)	Eigen model (zie Tabel 40)	Zie Tabel 41	kg	Zie Tabel 41 (Emissie naar lucht, water, bodem)
Emissie bandenslijtage	B1	Tyre wear emissions, lorry {RER} treatment of Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$7,27 \cdot 10^{-3}$	kg	Zie Tabel 43
Emissie wegslijtage	B1	Road wear emissions, lorry {RER} treatment of Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$6,32 \cdot 10^{-4}$	kg	Zie Tabel 43
Weginfrastructuur	B1	Road {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$4,73 \cdot 10^{-2}$	meter	Zie Tabel 44
Adblue (alleen in euro 6)	B1	Urea, as N {RER} production Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	9,08	g	Zie Tabel 44
		Carbon dioxide, fossil	-	13,0	g	Het verbruik van 17,7 g ureum levert 13,0 g extra CO ₂ uitstoot/liter diesel (aangenomen dat al de koolstof in ureum oxideert tot CO ₂).
Verbrandingsemissies	B1	NOx en average emissies	Ecoinvent 3.6	Zie bron	kg	Bron: TNO 2018 [8].

Euro 6 is vrijwel identiek aan Euro 5. Het enige verschil is de gebruikte omrekenfactoren uit de tabellen uit het rapport van TNO 2018 waarnaar verwezen wordt.

Verder wordt er een correctie gemaakt op de remissies uit het eerdere TNO-rapport uit 2018.

3.4.3 Vrachtwagen GTL Euro 5 & 6

In deze paragraaf wordt de productie van GTL en het gebruik van GTL in vrachtwagens beschreven, waarbij Euro 5 en 6 apart vermeld worden.

3.4.3.1 Overzicht decompositie GTL in vrachtwagens

In Tabel 47 wordt een overzicht weergegeven van GTL fase A1-4 & B1 van Euro 5.

Tabel 47 Vrachtwagen GTL Euro 5 en 6, per liter brandstof

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
GTL-productie	A1-A4	Zie productie brandstof bij machines	Zie stage klassen	1	liter	Zoals bij Stage klassen
Kapitaalgoederen (Vrachtwagen)	B1	Lorry, 16 metric ton {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$4,00 \cdot 10^{-6}$	piece	Zie par 3.4.1.1, Tabel 37 en Tabel 39
Onderhoud vrachtwagen	B1	Maintenance, lorry 16 metric ton {RER} market for maintenance, lorry 16 metric ton Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$4,00 \cdot 10^{-6}$	piece	Zie par 3.4.1.1, Tabel 37 en Tabel 39
Remissie	B1	Eigen model (zie Tabel 40)	Eigen model (zie Tabel 40)	Zie Tabel 41	kg	Zie Tabel 41 (Emissie naar lucht, water, bodem)
Emissie bandenslijtage	B1	Tyre wear emissions, lorry {RER} treatment of Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$6,59 \cdot 10^{-3}$	kg	Zie Tabel 43
Emissie wegslijtage	B1	Road wear emissions, lorry {RER} treatment of Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$6,04 \cdot 10^{-4}$	kg	Zie Tabel 43
Weginfra-structuur	B1	Road {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$4,52 \cdot 10^{-2}$	meter	Zie Tabel 44
Adblue (alleen Euro 6)	B1	Urea, as N {RER} production Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	8,67	g	Zie Tabel 44
		Carbon dioxide, fossil	-	$13,0 \cdot 0,85 \cdot 34,3$ (LHV GTL) / $35,9$ (LHV diesel) = 10,6	g	Het verbruik van 17,7 g ureum levert 13,0 g extra CO ₂ uitstoot/liter diesel (aangenomen dat al de koolstof in ureum oxideert tot CO ₂).
Verbrandingsemissies	B1	NOx en overig emissies	Ecoinvent 3.6	Zie bron	kg	Bron: TNO 2018 [8].

Euro 6 is vrijwel identiek aan Euro 5. Het enige verschil is de gebruikte omrekenfactoren uit de tabellen uit het rapport van TNO 2018 waarnaar verwezen wordt.

3.4.4 Vrachtwagen HVO Euro 5 & 6

In deze paragraaf wordt de productie van HVO en het gebruik van HVO in vrachtwagens beschreven, waarbij Euro 5 en 6 apart vermeld worden.

3.4.5 Overzicht decompositie HVO in vrachtwagens

In Tabel 48 wordt een overzicht weergegeven van HVO fase A1-4 & B1 van Euro 5.

Tabel 48 Vrachtwagen HVO Euro 5 en 6, per liter brandstof

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
HVO productie	A1-A4	Zie productie HVO bij machines	Zie stage klassen	1	liter	Zoals bij machines
Kapitaalgoederen (Vrachtwagen)	B1	Lorry, 16 metric ton {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$4,02 \cdot 10^{-6}$	piece	Zie par 3.4.1.1, Tabel 37 en Tabel 39
Onderhoud vrachtwagen	B1	Maintenance, lorry 16 metric ton {RER} market for maintenance, lorry 16 metric ton Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$4,02 \cdot 10^{-6}$	piece	Zie par 3.4.1.1, Tabel 37 en Tabel 39
Remissie	B1	Eigen model (zie Tabel 40)	Eigen model (zie Tabel 40)	Zie Tabel 41	kg	Zie Tabel 41 (Emissie naar lucht, water, bodem)
Emissie bandenslijtage	B1	Tyre wear emissions, lorry {RER} treatment of Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$6,99 \cdot 10^{-3}$	kg	Zie Tabel 43
Emissie wegslijtage	B1	Road wear emissions, lorry {RER} treatment of Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$6,07 \cdot 10^{-4}$	kg	Zie Tabel 43
Weginfrastructuur	B1	Road {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$4,55 \cdot 10^{-2}$	meter	Zie Tabel 44
Adblue (euro IV en V alleen)	B1	Urea, as N {RER} production Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	8,72	g	Zie Tabel 44
		Carbon dioxide, fossil	-	$13,0 \cdot 0,85 \cdot 34,5$ (LHV HVO) / $35,9$ (LHV diesel) = 10,6	g	Het verbruik van 17,7 g ureum levert 13,0 g extra CO ₂ uitstoot/liter diesel (aangenomen dat al de koolstof in ureum oxideert tot CO ₂).
Verbrandingsemissies	B1	NOx en average emissies	TNO 2018	Zie bron	kg	Bron: TNO 2018 [8].
Verliezen secundair materiaal afgewerkt frituurvet	D	Zie module D HVO brandstof bij machines	Ecoinvent 3.6	0	kg	Zie uitgangspunten bij machines (3.3.3.5) en bijlage V.

Euro 6 is vrijwel identiek aan Euro 5. Het enige verschil is de gebruikte omrekenfactoren uit de tabellen uit het rapport van TNO 2018 waarnaar verwezen wordt.

3.4.6 Vrachtwagen FAME Euro 5 & 6

In deze paragraaf wordt de productie van FAME en het gebruik van FAME in vrachtwagens beschreven, waarbij Euro 5 en 6 apart vermeld worden.

3.4.6.1 Overzicht decompositie FAME in vrachtwagens

In Tabel 49 wordt een overzicht weergegeven van FAME fase A1-4 & B1 van Euro 5.

Tabel 49 Vrachtwagen FAME Euro 5 en 6, per liter brandstof

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database/ Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
FAME productie	A1 - A4	Zie productie FAME bij machines		1	liter	Zoals bij machines
Kapitaalgoederen (Vrachtwagen)	B1	Lorry, 16 metric ton {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$3,86 \cdot 10^{-6}$	piece	Zie par 3.4.1.1, Tabel 37 en Tabel 39
Onderhoud vrachtwagen	B1	Maintenance, lorry 16 metric ton {RER} market for maintenance, lorry 16 metric ton Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$3,86 \cdot 10^{-6}$	piece	Zie par 3.4.1.1, Tabel 37 en Tabel 39
Remissie	B1	Eigen model (zie Tabel 40)	Eigen model (zie Tabel 40)	Zie Tabel 41	kg	Zie Tabel 41 (Emissie naar lucht, water, bodem)
Emissie bandenslijtage	B1	Tyre wear emissions, lorry {RER} treatment of Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$6,70 \cdot 10^{-3}$	kg	Zie Tabel 43
Emissie wegslijtage	B1	Road wear emissions, lorry {RER} treatment of Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$5,83 \cdot 10^{-4}$	kg	Zie Tabel 43
Weginfrastructuur	B1	Road {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	$4,36 \cdot 10^{-2}$	meter	Zie Tabel 44
Adblue (alleen Euro 6)	B1	Urea, as N {RER} production Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	8,37	g	Zie Tabel 44
		Carbon dioxide, fossil	-	$13,0 \cdot 33,1$ (LHV FAME) / $35,9$ (LHV diesel) = 12	g	Het verbruik van 17,7 g ureum levert 13,0 g extra CO ₂ uitstoot/liter diesel (aangenomen dat al de koolstof in ureum oxideert tot CO ₂).
Verbrandingsemissies	B1	NOx en average emissies	Ecoinvent 3.6	Zie bron	kg	Bron: TNO 2018 [8].
Verliezen secundair materiaal afgewerkt frituurvet	D	Zie module D FAME brandstof bij machines	Ecoinvent 3.6	0	kg	Zie uitgangspunten bij machines (3.3.3.5) en bijlage V.

Euro 6 is vrijwel identiek aan Euro 5. Het enige verschil is de gebruikte omrekenfactoren uit de tabellen uit het rapport van TNO 2018 waarnaar verwezen wordt.

3.4.7 Vrachtwagen Elektrisch, groen en grijs

3.4.7.1 Overzicht decompositie vrachtwagen elektrisch

In Tabel 50 zijn de inputs weergegeven per 1 ton*km voor de Vrachtwagen op elektriciteit. Als update van de 2021-versie van dit rapport, is de functionele eenheid geschaald van kWh naar tkm met omrekenfactor 1/10,3 (Tabel 2).

Tabel 50 Basis productkaart voor Elektrische vrachtwagens per ton*km.

Basisprofiel	Beschrijving	Levensfase	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Elektriciteitsproductie	Productie en transmissie van elektriciteit (groen/grijs)	A1-A4	$1 / 10,3 = 9,71E-2$	kWh	Hiervoor worden de volgende (nieuwe) NMD-profielen gehanteerd: Groen: 0496 Grijs: 0496
Gebruiksprofiel	Directe emissies	B	1	/tkm	Gebruiksemissies per tkm
Kapitaalgoederen, vrachtwagen, elektrisch	Vrachtwagen inclusief accu en einde leven	B	$4,19E-6 * 0,238 / 10,3 = 9,68E-8$	p	De elektrische vrachtwagen excl. Accu wordt benaderd door de proceskaart van een reguliere vrachtwagen op diesel. Hoewel de Motoren verschillen zullen zijn, is de aanname gemaakt dat de is. Een elektromotor is namelijk veel lichter dan een dieselmotor, maar deze bevat ook metalen met een hogere MKI per kg (veel meer koper, soms ook permanent magneten met zeldzame aarden). Waarde voor diesel euro 6 * 0,238 liter Diesel per kwh. Vervolgens / 10,3 om om te rekenen naar p/tkm.

3.4.7.2 Productiefase (A1-3)

De milieuprofielen hiervoor bevatten groene of grijze stroom (2 varianten) in module A1-A3. De overige modules zijn onafhankelijk van de gekozen stroombron. De inputdata van de kapitaalgoederen, remmen en de wegdekinteractie zijn bepaald aan de hand van de data voor vrachtwagens op diesel. De omrekening vindt als volgt plaats aan de hand van hoeveel tkm er met de functionele eenheden voor diesel en elektriciteit gehaald kan worden.

Voor diesel geldt op basis van ecoinvent:

- Euro 5: 0,01917 kg diesel per tkm
- Euro 6: 0,01919 kg diesel per tkm

Voor zware elektrische vrachtwagens schat TNO 13,5 tkm per kWh arbeid uit de motor. Per kWh input komt dit neer op 10,3 tkm per kWh, vanwege de efficiëntie van de elektromotor en de accu ($0,9 * 0,85$). De factor waarmee dus moet worden omgerekend is als volgt:

- Waarde per kWh elektrisch input = Waarde per liter diesel Euro 6 * omrekenfactor
- Omrekenfactor (liter diesel / kWh elektriciteit input) = (liter diesel / tkm) * (tkm / kWh elektriciteit input) = (kg diesel / tkm) / dichtheid diesel * (tkm / kWh elektriciteit input)
- De omrekenfactor (liter diesel / kWh elektriciteit input) komt neer op 0,238

3.4.7.3 Gebruiksprofiel Vrachtwagen Elektrisch

De uitgangspunten voor het gebruiksprofiel zijn ongewijzigd t.o.v. de 2021-versie van dit rapport. Er is alleen omgerekend van per kWh naar per tkm, middels de omrekenfactor van 10,3.

Tabel 51 Gebruiksprofiel vrachtwagen elektrisch per tkm

Proces	Fase	Milieuprofile I	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Onderhoud vrachtwagen	B1	Maintenance , lorry 16 metric ton {RER} market for maintenance , lorry 16 metric ton Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	Waarde voor diesel euro 6 per liter * $0,238/3/10,3 = 3,22 \cdot 10^{-8}$	piece	Onderhoud afgeschat als één derde van die van gewone vrachtwagens (geen versnellingsbakken, sperdifferentiëlen, olie wisselen etc.).
Rememissie	B1	Eigen model (zie Tabel 40)	Eigen model (zie Tabel 40)	Waarde voor diesel euro 6 per liter * $0,05 \cdot 1,1 \cdot 0,238/10,3$		Rem-emissies worden bij hybride en elektrische aandrijflijnen bijna volledig voorkomen. We gaan uit van 95% reductie. Daarnaast is er 10% opslag dooreen hoger gewicht: effectief 5,5% van waarde diesel. Ref: N. Ligterink, U. Stelwagen en J. Kuenen, <u>TNO- 2014</u> , "Emission factors for alternative drivelines and alternative fuels" [23].
Emissie bandenslijtage	B1	Tyre wear emissions, lorry {RER} treatment of Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	Waarde voor diesel euro 6 per liter * $0,238 \cdot 1,1/10,3 = 1,84 \cdot 10^{-4}$	kg	Wegslijtage en bandenslijtage beiden opgehoogd met relatieve gewichtstoename (sterk afhankelijk van autonome actieradius en het gewicht van het benodigde accupakket). Er is +10% ingeschat door TNO.
Emissie wegslijtage	B1	Road wear emissions, lorry {RER} treatment of Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	Waarde voor diesel euro 6 per liter * $0,238 \cdot 1,1/10,3 = 1,6 \cdot 10^{-5}$	kg	Wegslijtage en bandenslijtage beiden opgehoogd met relatieve gewichtstoename (sterk afhankelijk van autonome actieradius en het gewicht van het benodigde accupakket). Er is +10% ingeschat door TNO.
Weginfrastructuur	B1	Road {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	Waarde voor diesel euro 6 per liter * $0,238 \cdot 1,05 = 1,18 \cdot 10^{-2}$ $1,18 \cdot 10^{-2}/10,3 = 1,15 \cdot 10^{-3}$	meter	Het wegdek slijt minder snel door "all wheel drive". Elektrische vrachtwagens zijn daarentegen wel zwaarder. TNO schat Effectief een +5% in, ten opzichte van een diesel vrachtwagen.

3.4.7.4 Kapitaalgoederen vrachtwagen elektrisch

Tabel 52 hieronder toont de proceskaart van de kapitaalgoederen voor een elektrische vrachtwagen.

Tabel 52 Productkaart Kapitaalgoederen Vrachtwagen Elektrisch grijs / groen, per stuk

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Kapitaalgoederen, vrachtwagen, basis	B1	Eigen modellering (zie 3.4.1.1)	Ecoinvent 3.6	1	stuks	De elektrische vrachtwagen excl. Accu wordt benaderd door de proceskaart van een reguliere vrachtwagen op diesel. Hoewel de Motoren verschillen zullen zijn, is de aanname gemaakt dat de is. Een elektromotor is namelijk veel lichter dan een dieselmotor, maar deze bevat ook metalen met een hogere MKI per kg (veel meer koper, soms ook permanent magneten met zeldzame aarden).
Basis proceskaart Lithium accu, per kWh	B1	Eigen modellering (zie 3.4.1.1)	Ecoinvent 3.6	400	kWh	Uitgegaan van een grove praktijkgemiddelde waarde op basis van onderstaande informatie: Volvo FL elektrisch max. 6 pakketten van 66 kWh (keuze klant) d.w.z. 396 kWh max = 1976 kg Mercedes-Benz eActross 3 of 4 pakketten van 105 kWh elk, d.w.z. 420 kWh max = 2100 kg DAF CF elektrisch 350 kWh = 1750 kg

3.4.8 Vrachtwagen Waterstof, SMR en Elektrolyse grijs en groen

3.4.8.1 Overzicht decompositie

In Tabel 53 zijn de inputs weergegeven per 1 ton*km voor de Vrachtwagen op waterstof. Het waterstofprofiel voor vrachtwagens kan omgerekend worden van kg naar ton*km via 10,3 ton*km per kWh elektriciteit input en 95 g H₂ per kWh. Dit komt neer op 108,4 ton*km per kg waterstof.

Tabel 53 Basis productkaart voor waterstofvrachtwagens per ton*km.

Basisprofiel	Beschrijving	Levensfase	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Waterstofproductie	Productie en transmissie van waterstof (SMR en elektrolyse groen/grijs)	A1-A4	1 / 108,4 = 9,23E-3	kg	Zie paragraaf 3.3.6.2 voor de decompositie van waterstofproductie.
Gebruiksprofiel	Directe emissies	B	1	/tkm	Gebruiksemissies per tkm
Kapitaalgoedere n, vrachtwagen, elektrisch	Vrachtwagen inclusief accu en einde leven	B	9,68E-8	p	Gelijk aan elektrische vrachtwagen

3.4.8.2 Waterstof Productie (A1-3)

De productie van waterstof staat beschreven in paragraaf 3.2.7.2.

3.4.8.3 Gebruiksfase vrachtwagen waterstof (B1-B5)

Tijdens de gebruiksfase vinden er geen verbrandingsemissies plaats, behalve de emissie van water naar lucht (9 kg water per kg waterstof obv. mol massa's en de reactievergelijking).

De uitgangspunten voor het gebruiksprofiel zijn ongewijzigd t.o.v. de 2021-versie van dit rapport. Dit is gelijk als voor elektrisch, alleen voor de directe emissies is er omgerekend van kg naar per tkm, middels de omrekenfactor van 108,4 (Tabel 2).

Tabel 54 Basis productkaart gebruiksfase voor waterstof vrachtwagens, per tkm waterstof.

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Directe emissies	B1	water	-	9/108,4=8,3E-2	kg	Emissie van water naar lucht, waarde per kg waterstof is 9kg.
Onderhoud vrachtwagen	B1	Maintenance, lorry 16 metric ton {RER} market for maintenance, lorry 16 metric ton Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	Waarde voor elektrische vrachtwagen	piece	Zelfde als elektrisch
Remissie	B1	Eigen model (zie Tabel 40)	Eigen model (zie Tabel 40)	Waarde voor elektrische vrachtwagen	kg	
Emissie bandenslijtage	B1	Tyre wear emissions, lorry {RER} treatment of Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	Waarde voor elektrische vrachtwagen	kg	

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database / Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Emissie wegslijtage	B1	Road wear emissions, lorry {RER} treatment of Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	Waarde voor elektrische vrachtwagen	kg	
Weginfrastructuur	B1	Road {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.6	Waarde voor elektrische vrachtwagen	meter	

3.4.8.4 Kapitaalgoederen Vrachtwagen Waterstof

Voor de kapitaalgoederen wordt er uitgegaan van de originele kapitaalgoederen van een Elektrische vrachtwagen. De omrekening vindt plaats aan de hand van de hoeveelheid waterstof die nodig is om 1 kWh elektriciteit te genereren. Dat bedraagt ongeveer 95 g H₂/kWh.

Tabel 55 hieronder toont de proceskaart van de kapitaalgoederen voor een waterstofvrachtwagen.

Tabel 55 Basis productkaart kapitaalgoederen voor waterstofvrachtwagen, per stuk

Proces	Fase	Milieuprofiel	Database/bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Kapitaal-goederen	B1	Eigen proceskaart	Ecoinvent 3.6	1	piece	
Brandstofcel	B1	Eigen modellering brandstofcel (zie 3.2.7.4)	Ecoinvent 3.6	$(190+300) / 2 = 245$	kW	vermogen stack zal circa 75% van het piekvermogen moeten kunnen leveren (d.w.z. 190 kW voor distributie of 300 kW voor zware truck. Er wordt nu gewerkt met een gemiddelde.
Hulpaccu	B1	Eigen modellering Li-Ion Accu, per kg	Ecoinvent 3.6	47	kg	High power hulpaccu is typisch goed voor enkele kilometers rijden. Naar schatting 4 kWh accu high-power (lithiumtitaanaat, ander type en specifieke energie) is ongeveer 85 Wh/kg. 4 kWh LTO accu weegt dus ongeveer 47 kg. Er is slechts één Lithium-accuprofiel in Ecoinvent 3.6. Daarom wordt deze het meest representatief geacht.

3.5 Decompositie in materialen en processen van Personenvervoer

3.5.1 Personenvervoer Elektrisch

3.5.1.1 Overzicht decompositie personenvervoer elektrisch

In Tabel 56 zijn de inputs weergegeven per 1 km voor personenvervoer op elektriciteit. Het huidige Ecolnvent profiel (Transport, passenger car, electric {GLO}| processing | Cut-off, U) valt onder de categorie “klein”. Deze is als basis genomen, en vervolgens omgerekend naar middel en groot.

De levensduur van de elektrische personenauto in Ecolnvent wordt niet representatief geacht. De accu wordt in Ecolnvent erg conservatief afgeschreven op 100.000km. Literatuur geeft echter aan dat dit een onrealistisch lage waarde is, en dat de accu veel meer kilometers kunnen maken alvorens 80% van de originele capaciteit resteert. De inschattingen van de levensduur lopen sterk uiteen van 230.000 km [25] tot aan 450.000 -1.350.000 km [26]. Bij een rest capaciteit van 80% wordt de accu doorgaans als einde leven beschouwd. Voor alledaagse toepassing in personenvervoer zullen de lithium accu's echter nog adequaat functioneren tot een capaciteit van 60% [25]. Op basis van bovenstaande uiteenzetting is de levensduur van de accu en de personenauto zelf opgehoogd naar 450.000 km. Zie uitgangspunten in de tabellen in deze paragraaf voor een toelichting.

Tabel 56 Decompositie basisproductkaart personenvervoer elektrisch, per km

Productkaart Elektrisch personenvervoer	Beschrijving	Klein	Middel	Groot	Eenheid	Uitgangspunten
Elektriciteitsproductie	Productie en transmissie van groene en/of grijze stroom	1,99E-01	128% * 1,99E-01 = 2,55E-01	160% * 1,99E-01 =3,18E-01	kWh	Verbruik geschaald a.d.h.v. de verhouding Diesel verbruik tussen klein, middel en groot personenvervoer (NMD-referenties 0389,0393 en 0397)
Gebruiksprofiel	Overige emissies specifiek per voertuig grote	1 x klein	1 x middel	1 x groot	/km	
Kapitaalgoederen	Materieel inclusief einde leven en onderhoud	2,22E-06	2,22E-06 * 133% = 2,96E-06	2,22E-06 * 167% = 3,71E-06	p	Op basis van 450.000km per voertuig ^{13,7} Geschaald voor middel en groot a.d.h.v. het verschil in massa tussen klein, middel en groot voor diesel personenvervoer (NMD-referenties 0389,0393 en 0397).

3.5.1.2 Elektriciteitsproductie

Elektriciteitsproductie is hetzelfde als voor bouwmachines en vrachtwagens (3.2.6.2).

3.5.1.3 Gebruiksprofiel personenvervoer Elektrisch

In Tabel 57 hieronder wordt het gebruiksprofiel getoond.

Tabel 57 Decompositie gebruiksprofiel personenvervoer elektrisch, per km,

Proces	Fase	Milieuprofiel	Hoeveelheid klein	Hoeveelheid middelgroot	Hoeveelheid groot	Eenheid	Uitgangspunten
Onderhoud voertuig	B1	Maintenance, passenger car, electric, without battery {GLO} market for Cut-off, U	2,22E-06	2,22E-06 * 133% = 2,96E-06	2,22E-06 * 167% = 3,71E-06	p	Massa geschaald a.d.h.v. personenvervoer Diesel: de verhouding tussen klein, middel en groot personenvervoer (NMD-profielen 0389,0393 en 0397)
Wegonderhoud	B1	Road maintenance {RER} market for road maintenance Cut-off, U	2,65E-04	2,65E-04	2,65E-04	my	Zelfde als voor Diesel personenvervoer (dit schaalt voor Diesel ook niet mee tussen klein, middel en groot).
Weggebruik	B1	Road {GLO} market for Cut-off, U	4,87E-04	4,87E-04 * 133% = 6,50E-04	4,87E-04 * 167% = 8,13E-04	my	Geschaald a.d.h.v. personenvervoer Diesel: de verhouding tussen klein, middel en groot personenvervoer (NMD-profielen 0389,0393 en 0397)
Remslijtage	B1	Brake wear emissions, passenger car {GLO} market for Cut-off, U	1,05E-06	1,05E-06 * 133% = 1,40E-06	1,05E-06 * 167% = 1,75E-06	kg	
Wegslijtage	B1	Road wear emissions, passenger car {GLO} market for Cut-off, U	1,16E-05	1,16E-05 * 133% = 1,54E-05	1,16E-05 * 167% = 1,94E-05	kg	
Bandslijtage	B1	Tyre wear emissions, passenger car {GLO} market for Cut-off, U	6,76E-05	6,76E-05 * 133% = 8,99E-05	6,76E-05 * 167% = 1,13E-04	kg	

3.5.1.4 Kapitaalgoederen elektrisch personenvervoer

Tabel 58 hieronder toont de decompositie van de kapitaalgoederen inclusief eindeleven van 1 stuk personenauto elektrisch klein, inclusief accu. Dit is gebaseerd op "Passenger car, electric, without battery {GLO}| production | Cut-off, U". Voor middel en groot is het aantal stuks dat wordt afgeschreven geschaald (Tabel 56).

Voor het recyclingscenario, is wederom het koper, aluminium en staal meegenomen. Dit is op basis van 918kg “passenger electric without battery {GLO}”). Zie Tabel 59 en Tabel 60. Het staal uit de glider is naar rato gecorrigeerd voor de hoeveelheid staalschroot die in de productie vrijkomt. Het eindelven van de accu is reeds meegenomen in de desbetreffende productkaart (zie 3.2.6.4).

Tabel 58 Decompositie kapitaalgoederen personenvervoer elektrisch, per km

Proces	Fase	Milieuprofielen	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Productie Auto zonder accu	A1-A3	Passenger car, electric, without battery {GLO} production Cut-off, U	918	kg	EcoInvent Transport, passenger car, electric {GLO} processing rekent met 918 kg auto zonder accu (0,002 kg/km met levensduur van 450.000km [26])
Accu	A1-A3	Eigen modellering Li-Ion accu, per kWh (inclusief EOL)	52,4	kWh	Hoeveelheid accu in “transport, passenger car, electric {GLO} market for” (262 kg), er is aangenomen dat de levensduur van de accu gelijk is aan de levensduur van de auto zelf. Vervolgens omgerekend naar kWh accucapaciteit met factor 1/5
EOL staal - recycling module D	D	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW} steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW} steel production, converter, unalloyed Cut-off, U)	$467,5 * (0,95 - 0,29) + 20,5 * (0,95 - 0,276) + 124,9 * (0,95 - 0,433) = 386,94$	kg	95% recycling, netto uitstroom secundair materiaal a.d.h.v. secundaire percentages
EOL Aluminium recycling	D	0269-reD&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO} aluminium ingot, primary, to market Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER} treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner Cut-off, U)	$3,99 * (0,97 - 0,74) + 26,45 * (0,97 - 0,3) = 18,64$	kg	97% recycling, netto uitstroom secundair materiaal a.d.h.v. secundaire percentages.
EOL Koper 95% recycling	D	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER} production, primary Cut-off, U)	$19,3 * (0,95 - 0,2) = 14,48$	kg	95% recycling, 20% secundair koper

Tabel 59 Metalen voor recycling in auto zonder accu per stuk van 918 kg

Materiaal	Hoeveelheid	Opmerking	Secundair-%
Aluminium, cast alloy {GLO} market for Cut-off, U	$4,35 \times 10^{-3} * 918 = 3,99$	Aluminium in glider	74
Aluminium, wrought alloy {GLO} market for Cut-off, U	$2,88 \times 10^{-2} * 918 = 26,45$	Aluminium in glider en powertrain	30
Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U	$5,09 \times 10^{-1} * 918 = 467,5$	Reinforcing Staal in glider, 81% van staal aanwezig in glider, productie schroot naar rato afgetrokken	29
Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U	$2,23 \times 10^{-2} * 918 = 20,5$	Chromium Staal in powertrain en glider, 3% van staal in glider, productie schroot naar rato afgetrokken	27,6
Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U	$1,36 \times 10^{-1} * 918 = 124,9$	Low-alloyed Staal in powertrain en glider, 6% van staal aanwezig in glider, productie schroot naar rato afgetrokken	43,3
Copper {GLO} market for Cut-off, U	$2,10 \times 10^{-2} * 918 = 19,3$	Koper in glider en powertrain	20

Tabel 60 Metalen aanwezig in de subcomponenten van 1 kg Passenger car, electric, without battery {GLO}| production | Cut-off, U, 91,3% glider en 8,7% aandrijving.

Materiaal	hoeveelheid	component	eenheid
Aluminium, cast alloy {GLO} market for Cut-off, U	$4,35 \times 10^{-3}$	glider	kg
Aluminium, wrought alloy {GLO} market for Cut-off, U	$1,24 \times 10^{-3}$	glider	kg
Copper {GLO} market for Cut-off, U	$7,73 \times 10^{-3}$	glider	kg
Iron scrap, unsorted {GLO} iron scrap, unsorted, Recycled Content cut-off Cut-off, U	-0,27927	glider	kg
Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U	0,735382	glider	kg
Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U	0,02357	glider	kg
Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U	0,149276	glider	kg
Aluminium, wrought alloy {GLO} market for Cut-off, U	$2,76 \times 10^{-2}$	powertrain	kg
Copper {GLO} market for Cut-off, U	$1,33 \times 10^{-2}$	powertrain	kg
Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U	$6,00 \times 10^{-3}$	powertrain	kg
Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U	$3,27 \times 10^{-2}$	powertrain	kg

3.5.2 Personenvervoer waterstof

3.5.2.1 Basis Productkaart

In Tabel 61 zijn de inputs weergegeven per 1 km voor personenvervoer op waterstof. Het basisuitgangspunt hierbij is om te converteren vanuit personenvervoer elektrisch, in lijn met de conversie van vrachtwagen elektrisch naar waterstof (3.3).

Tabel 61 Productkaart personenvervoer waterstof, per km

Productkaart Elektrisch personenvervoer	Beschrijving	Klein	Middel	Groot	Eenheid	Uitgangspunten
Waterstofproductie	Productie en transmissie van waterstof SMR/Elektrolyse (groen/grijs)	1,99E-01 * 0,095 = 1,89E-2	128% * 1,99E-01 * 0,095 = 2,42E-2	160% * 1,99E-01 * 0,095 = 3,02E-2	Kg	Op basis van elektriciteitsverbruik personenauto elektrisch. Omgerekend middels 95 g H ₂ / kWh
Gebruiksprofiel	Overige emissies specifiek per voertuig grote	1 x klein Elektrisch	1 x middel Elektrisch	1 x groot Elektrisch	/km	Zelfde als voor Elektrisch
Kapitaalgoederen	Materieel inclusief einde leven en onderhoud	2,22E-06	2,96E-06	3,71E-06	p	Zelfde als elektrisch; glider/aandrijving is gelijk, behalve dat er een brandstofcel en een kleinere accu in zit. levensduur 450.000km. omgerekend middels dezelfde verhouding als voor elektrisch

3.5.2.2 Waterstofproductie

Gelijk aan basisproduct kaarten waterstofproductie

3.5.2.3 Gebruiksprofiel personenvervoer waterstof

In Tabel 62 hieronder wordt het gebruiksprofiel getoond.

Tabel 62 Gebruiksprofiel personenvervoer waterstof, per km

Proces	Fase	Milieuprofiel	Hoeveelheid klein	Hoeveelheid middelgroot	Hoeveelheid groot	Eenheid	Uitgangspunten
Onderhoud voertuig	B1	Maintenance, passenger car, electric, without battery {GLO} market for Cut-off, U	2,22E-06	2,22E-06 * 133% = 2,96E-06	2,22E-06 * 167% = 3,71E-06	p	Zelfde als voor elektrisch, geschaald vanuit massa verdeling passenger car uit tabel 30
Wegonderhoud	B1	Road maintenance {RER} market for road	2,65E-04	2,65E-04	2,65E-04	kg	Zelfde als voor Diesel personenvervoer,

Proces	Fase	Milieuprofiel	Hoeveelheid klein	Hoeveelheid middelgroot	Hoeveelheid groot	Eenheid	Uitgangspunten
		maintenance Cut-off, U					
Weggebruik	B1	Road {GLO} market for Cut-off, U	4,87E-04	6,50E-04	8,12E-04	my	Zelfde als elektrisch personenvervoer.
Remslijtage	B1	Brake wear emissions, passenger car {GLO} market for Cut-off, U	1,05E-06	1,40E-06	1,75E-06	kg	
Wegslijtage	B1	Road wear emissions, passenger car {GLO} market for Cut-off, U	1,16E-05	1,54E-05	1,93E-05	kg	
Bandslijtage	B1	Tyre wear emissions, passenger car {GLO} market for Cut-off, U	6,76E-05	9,01E-05	1,13E-04	kg	
Directe Emissies	B1	water	2,09 * 9 = 18,85	2,68 * 9 = 24,15	3,35 * 9 = 30,1	kg	Waterstof verbruik per km * 9 kg water

3.5.2.4 Kapitaalgoederen waterstof personenvervoer

Voor de hoeveelheid accu en brandstofcel is er data uit de markt gebruikt. Het referentie voertuig heeft een gewicht van 1930kg inclusief accu, hiermee valt het in de categorie groot. Deze categorie bedraagt Diesel voertuigen van 1600kg en 1967 kg voor de grote elektrische personenauto inclusief accu. De afschrijving van de personenauto zonder accu is daarom gelijk gehouden aan de hoeveelheden van de elektrische personenauto's. De levensduur van de accu en de auto zonder de accu is gelijk geschat aan de elektrisch personenauto, op 450.000km.

Tabel 63 Kapitaalgoederen personenvervoer waterstof, per stuk

Proces	Fase	Milieuprofiel	Hoeveelheid groot	Eenheid	Uitgangspunten
Accu	B1	Eigen modellering, referentie voor Accu zoals bij bouwmaschinen en vrachtwagens.	1,24 * 5 = 6,2	Kg	Toyota waterstof auto 1,24 kWh accu (44,6 kg) https://www.toyota.com/content/dam/toyota/brochures/pdf/2022/mirai_ebrochure.pdf , in lijn met de rest van het rapport is er gekozen om met een energie dichtheid van 5kg/kWh te rekenen. Klein en middel terug geschaald a.d.h.v. elektrische personenauto.
Brandstof cel	B1	Eigen modellering	0,75 * 128 = 96	kW	75% van piekvermogen, omrekening zelfde als voor waterstofvrachtwagen. Vermogen Toyota waterstof auto 128 kW (https://www.toyota.com/content/dam/toyota/brochures/pdf/2022/mirai_ebrochure.pdf). Klein en middel terug geschaald a.d.h.v. elektrische personenauto.

Proces	Fase	Milieuprofiel	Hoeveelheid groot	Eenheid	Uitgangspunten
Productie Auto zonder accu	A1-A3	Passenger car, electric, without battery {GLO} production Cut-off, U	918 * 1,68 = 1540	Kg	Zelfde als elektrisch groot (klein *168%).Geschaald voor middel en groot a.d.h.v. het verschil in massa tussen klein, middel en groot voor diesel personenvervoer (NMD-referenties 0389,0393 en 0397).
EOL staal - recycling module D	D	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW} steel production, converter, unalloyed Cut-off, U)	386,94*1,68 = 650	Kg	
EOL Aluminium recycling	D	0269-reD&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO} aluminium ingot, primary, to market Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER}) treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner Cut-off, U)	18,64*1,68 = 31,3	kg	
EOL Koper 95% recycling	D	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}) production, primary Cut-off, U)	14,48*1,68 = 24,3	kg	

3.6 Decompositie in materialen en processen overig

Zoals eerder besproken, dienen de generieke bouwmachine-profielen ter vervanging van de huidige specifieke bouwmachine-profielen vervangen, welke gebaseerd zijn op “Diesel burned in building machine” (zie bijlage IV). Dit geldt ook voor de generatoren. De enige uitzondering is de asfaltfrees. Deze wordt in de volgende paragraaf besproken.

3.6.1 Overslag

Uit een analyse van Advieslab is gebleken dat overslag leidt tot significant brandstofgebruik. Deze analyse heeft het worst-case verbruik benaderd voor onderstaande vormen van overslag, aan de hand van meerdere casestudies [27].

Tabel 64 Resultaten analyse Dieselverbruik overslag

Soort overslag	Hoeveelheid	Eenheid
Waterbouwsteen, kraan	0,094	liter/ton
Zand en steenslag, kraan	0,071	liter/ton
Zand en steenslag, shovel	0,0625	liter/ton
Gemiddeld	0,076	liter/ton

Dit resulteert in onderstaande productkaart, per ton verplaatst materiaal.

Tabel 65 Productkaart overslag, per ton

Proces	Fase	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Overslag	B1	Bouwmachine, >56 kW, Stage IIIB of lager, Diesel	0,076	liter	Gemiddeld 0,076 liter. Vermogensklasse >56 kW bepaald o.b.v. NMD-profiel mobiele kraan (263kW). Stage IIIB vanuit een worst-case benadering.

3.6.2 Asfaltfrees

Asfaltgranulaat is impactvrij in module A1 volgens de PCR asfalt. Module C1 bevat de impact van frezen / het slopen van een weg. In de in deze studie opgestelde proceskaarten zijn per emissies per liter brandstof verbruik berekend voor Stage IIIb, -IV en -V. Deze zijn gekoppeld aan proceskaarten per ton asfaltfrees.

Brandstofverbruik voor het frezen van asfalt is overgenomen uit het LCA-Achtergrondrapport voor Nederlandse Asfaltmengsel uit 2018 [28]. Hierin wordt een totaal verbruik vermeld voor het frezen van 1 ton asfalt waarin een complete verwijdering set bestaande uit een freesmachine, veegzuigwagen en (in grote projecten) wegdekreiniger. In Tabel 66 is een overzicht opgenomen van de verschillende combinaties met bijbehorend brandstofverbruik.

Tabel 66 Brandstofverbruik asfalt verwijderen per ton asfalt

Productievolume (ton/dag)	Hoeveelheid per oppervlakte (kg/m ²)	Verwijderingsset	Dieselverbruik (liter/ton)
400	150	155 kW frees, 200 kW veegzuigwagen	0,338
1000	100 (dunne laag, 4 cm)	403 kW frees, 300 kW veegzuigwagen en 400 kW wegdekreiniger	1,012
2000	200 (dunne laag, 8 cm)	403 kW frees, 300 kW veegzuigwagen en 400 kW wegdekreiniger	0,552

3.6.3 Tractor

Voor het laatste onderdeel (tractor) is de aanpak vergelijkbaar (ook uitgaan van Stage IIIb), maar door de structuur van de proceskaart is werkwijze anders (Tabel 67). Deze productkaart betreft uitdrukkelijk het transport van materialen per tractor (b.v. grondverzet). Bij gebruik van een tractor als bouwmaschine (b.v. as shovel) zijn de generieke bouwmaschine referenties van toepassing.

Voor de eerste drie onderdelen is de input van diesel uit de bestaande proceskaart verwijderd vervangen voor het in deze rapportage opgestelde profiel voor diesel Stage IIIb. Er wordt uitgegaan van Stage IIIb (en dus niet een nieuwere klasse), omdat juist de kleine mobiele werktuigen erg 'vuil' zijn (gebaseerd op TNO 2021 R10221 Real-world emissions of non-road mobile machinery).

Tabel 67 Tractor

Onderdeel	Voorgestelde basisproceskaart	Functionele eenheid	Brandstof productie	Verbrandings-emissies	Kapitaal goederen
Tractor	Uitgegaan van "Transport, tractor and trailer, agricultural {RoW} processing Cut-off, U"	tkm	Alle inputs van diesel (verschillende landen) vervangen door diesel (en GTL)	Verbrandingsemissies verwijderd en overgenomen van diesel (en GTL) Stage IIIb	Overgenomen wat er al in het ecoinvent proces aanwezig is.

4 Resultaten

In deze LCA zijn de volgende rekenprocedures toegepast:

- De berekeningen in deze LCA zijn gemaakt volgens de eisen en richtlijnen van NEN-EN 15804 en de Bepalingsmethode Milieuprestaties Gebouwen en GWW-werken.
- De milieu-ingrepen zijn berekend met de methoden die zijn omschreven in NEN-EN 15804 aangevuld met karakterisatiefactoren uit de CML-VLCA-rekenmethode (versie 25-05-2018, NMD 2.2).
- Indien van toepassing zijn de regels voor allocatie bij multi-input, -output, recycling- en hergebruikprocessen uit NEN-EN 15804 gevolgd, overeenkomstig de NEN-EN-ISO 14044.
- De LCA-berekeningen zijn uitgevoerd met SimaPro 9.0.
 - Ecoinvent processen zijn doorgerekend inclusief infrastructuurprocessen en kapitaalgoederen.
 - Ecoinvent processen zijn doorgerekend exclusief lange termijn (>100 jaar) emissies.
- Conform paragraaf 3.5 van de Bepalingsmethode zijn deze effectcategorieën omgerekend naar een milieukosten indicator (MKI) in euro's.

4.1 Gekarakteriseerde resultaten

De uitgebreide gekarakteriseerde resultaten per levensfase zijn opgenomen in bijlage A.

- *Tabellen met gekarakteriseerde resultaten, inclusief 'somkolommen' en 'somregels' waarin bijv. de MKI-waarden worden weergegeven voor dat onderdeel, inclusief een tekstuele toelichting met duiding van de tabel/ grafiek en een uitleg welke materialen of processen het meeste impact hebben op de scores.*
- *Tabellen en/of grafieken waarin geduid is hoe de MKI-waarden van de deelproducten zich verhouden tot het totale product, inclusief een tekstuele toelichting op de resultaten.*
- *Tabellen en/of grafieken met de MKI-waarden per fase, per deelproduct en voor het hoofdproduct. Zie onderstaand voorbeeld. En een tekstuele toelichting.*

4.2 Zwaartepuntanalyse

Het wegen van resultaten is een proces waarbij de resultaten van verschillende milieueffectcategorieën worden omgezet naar een 1 punt' score zodat ze integraal beschouwd kunnen worden. In deze studie wordt, conform de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW werken, gebruikgemaakt van de Milieu Kosten Indicator (MKI) om de verschillende effectcategorieën te wegen tot één eindpunt. In Tabel 69 t/m Tabel 74 en in Figuur 2 t/m Figuur 7 worden de MKI-waarden en de zwaartepunten gepresenteerd.

4.2.1 Bouwmachines

In Tabel 68 en figuur 1 worden de gewogen resultaten van machines weergegeven per MJ-arbeid volgens de omrekenfactoren zoals vermeld in Tabel 2, omdat verbrandings- en elektromotoren een ander rendement hebben en anders niet vergeleken kunnen worden. De milieuprofielen per liter diesel en kWh elektriciteit zijn opgenomen in bijlage I.). In de volgende paragrafen worden de zwaartepunten van de drie componenten (energieproductie, gebruiksprofiel, kapitaalgoederen) getoond per energiedrager.

Hieronder staan de resultaten voor alle energiedragers, de kleurcodering in Tabel 68 komt overeen met Figuur 1. Deze tabel en figuur geven uitsluitend de totale MKI per MJ-arbeid weer, dit ter vergelijking tussen energiedragers. Een verdere uitsplitsing per energiedrager volgt in de hierop volgende paragrafen.

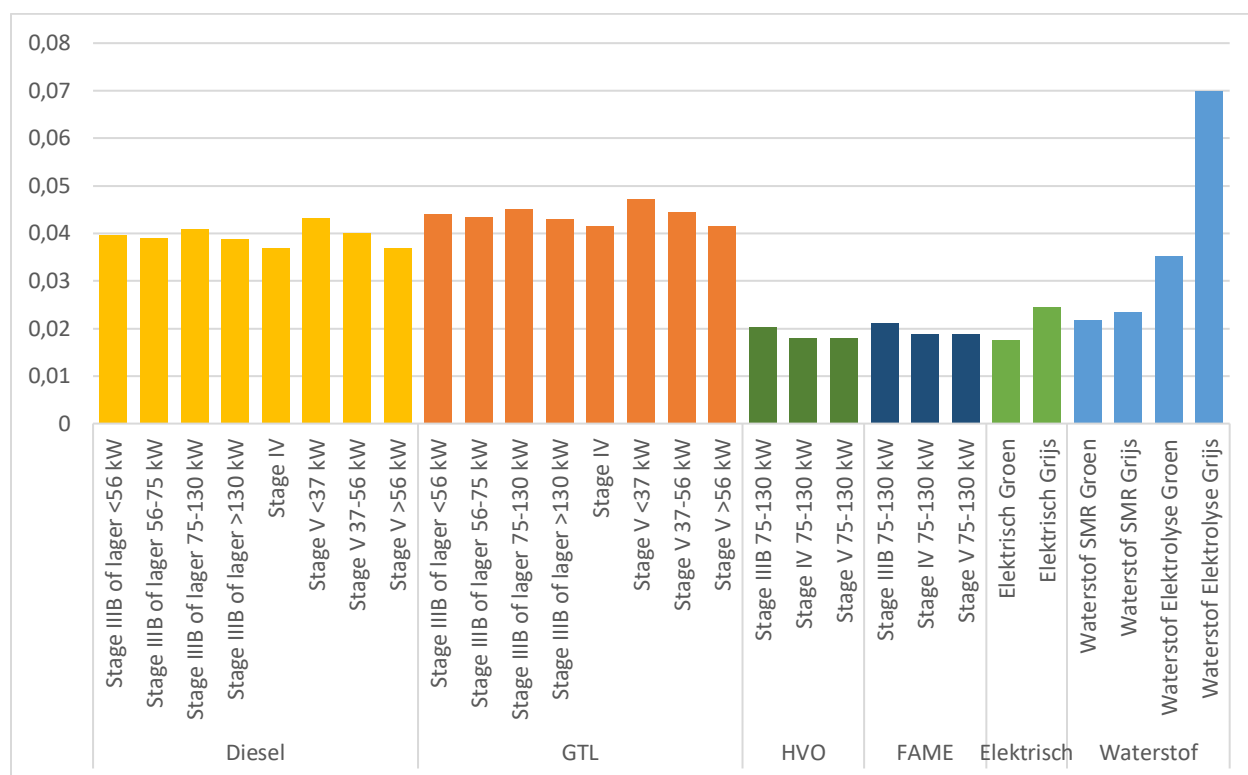
Tabel 68 Overzicht van de MKI per MJ voor alle bouwmachines

Brandstof	Profiel	MJ-arbeid/unit	MKI/MJ
Diesel	Stage IIIB of lager <56 kW	9,37	0,0397
	Stage IIIB of lager 56-75 kW		0,0391
	Stage IIIB of lager 75-130 kW		0,041
	Stage IIIB of lager >130 kW		0,0387
	Stage IV		0,037
	Stage V <37 kW		0,0432
	Stage V 37-56 kW		0,04
	Stage V >56 kW		0,037
GTL	Stage IIIB of lager <56 kW	8,95	0,044
	Stage IIIB of lager 56-75 kW		0,0435
	Stage IIIB of lager 75-130 kW		0,0452
	Stage IIIB of lager >130 kW		0,0431
	Stage IV		0,0416
	Stage V <37 kW		0,0473
	Stage V 37-56 kW		0,0444
	Stage V >56 kW		0,0415
HVO	Stage IIIB 75-130 kW	9	0,0202
	Stage IV 75-130 kW		0,0180
	Stage V 75-130 kW		0,0180
FAME	Stage IIIB 75-130 kW	8,64	0,0211
	Stage IV 75-130 kW		0,0187
	Stage V 75-130 kW		0,0187
Elektrisch	Elektrisch Groen	2,75	0,0176
	Elektrisch Grijs		0,0246
Waterstof	Waterstof SMR Groen	34,1	0,0217
	Waterstof SMR Grijs		0,0234
	Waterstof Elektrolyse Groen		0,0352
	Waterstof Elektrolyse Grijs		0,0699

De verschillen tussen de vermogensklassen binnen de Diesel en GTL zijn beperkt, het verschil tussen de hoogste en laagste variant bedraagt ongeveer 12%. De stage V emissie klasse volgt het te verwachten patroon, waarbij lagere vermogensklassen een hogere MKI hebben vanwege de extra NO_x emissies. Binnen stage IIIB komt dit verband niet naar voren vanwege de toenames in NO_x-emissies binnen de 56kW tot 130kW klassen uit de AERIUS.

Elektrische machines scoren 38% tot 55% lager dan de gemiddelde Dieselmachine, afhankelijk van de oorsprong van de gebruikte elektriciteit. Bij de waterstof machines is de MKI sterk afhankelijk van de waterstof productiemethode. Waterstof productie vanuit de groene stroom mix resulteert in een lagere MKI per MJ dan Diesel. Voor zowel waterstof als elektrisch geldt dat gebruik van 100% wind of zonne-energie de MKI per MJ nog verder zal reduceren.

De MKI's van de biobrandstoffen zijn ongeveer de helft lager dan die van reguliere diesel en GTL. De grootste verschillen worden veroorzaakt in de productie van de brandstof en de gebruiksfase. Waarbij reguliere diesel CO₂ emissies veel bijdragen aan de MKI, is dit bij biodiesel biogeen CO₂, wat niet gekarakteriseerd wordt in de set 1 MKI. In set 2 (niet opgenomen in dit rapport) wordt in A1 de opname van biogeen CO₂ gerekend en in B de emissie ervan, wat over de hele levenscyclus resulteert in nul en daarmee ook niet bijdraagt aan de MKI.

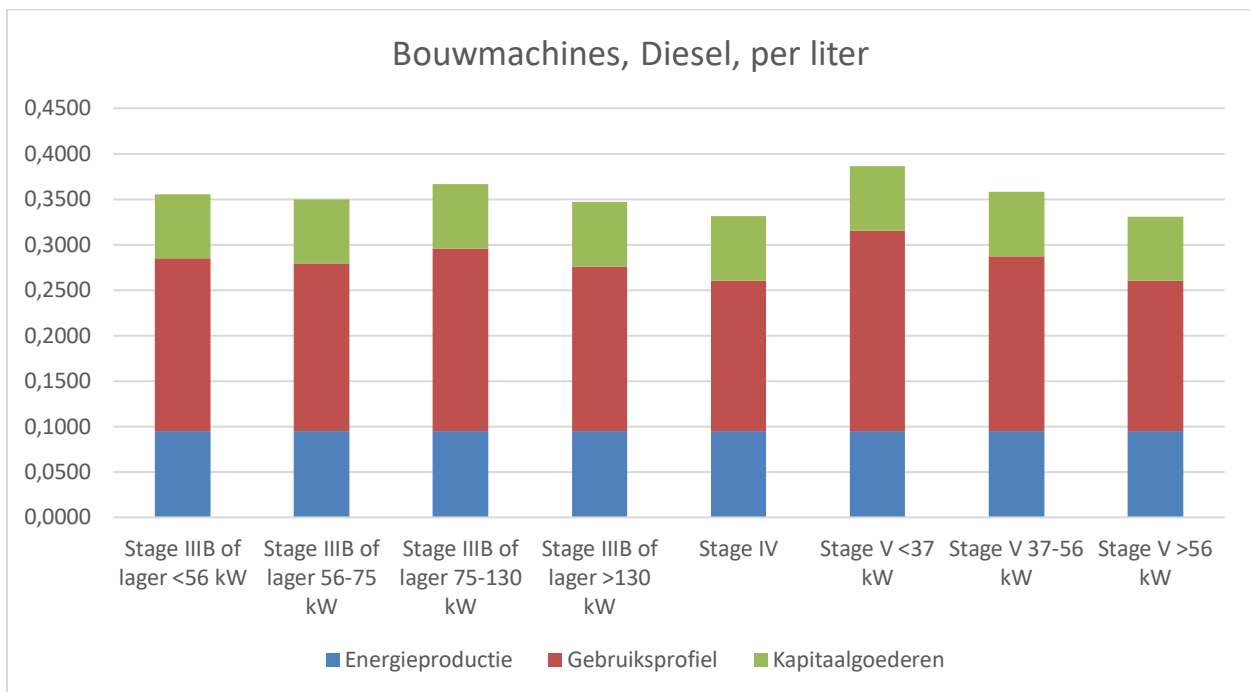


Figuur 1 Gewogen resultaten (MKI) machines per MJ-arbeid

4.2.1.1 Bouwmachines, Diesel

Tabel 69 Overzicht van de MKI per liter voor de Diesel-bouwmachines

Bouwmachines, Diesel, per liter	Energieproductie	Gebruiksprofiel	Kapitaalgoederen	Totaal
Stage IIIB of lager <56 kW	0,0946	0,1901	0,0708	0,3555
Stage IIIB of lager 56-75 kW	0,0946	0,1847	0,0708	0,3501
Stage IIIB of lager 75-130 kW	0,0946	0,2013	0,0708	0,3667
Stage IIIB of lager >130 kW	0,0946	0,1812	0,0708	0,3466
Stage IV	0,0946	0,1658	0,0708	0,3312
Stage V <37 kW	0,0946	0,2209	0,0708	0,3862
Stage V 37-56 kW	0,0946	0,1928	0,0708	0,3582
Stage V >56 kW	0,0946	0,1655	0,0708	0,3309

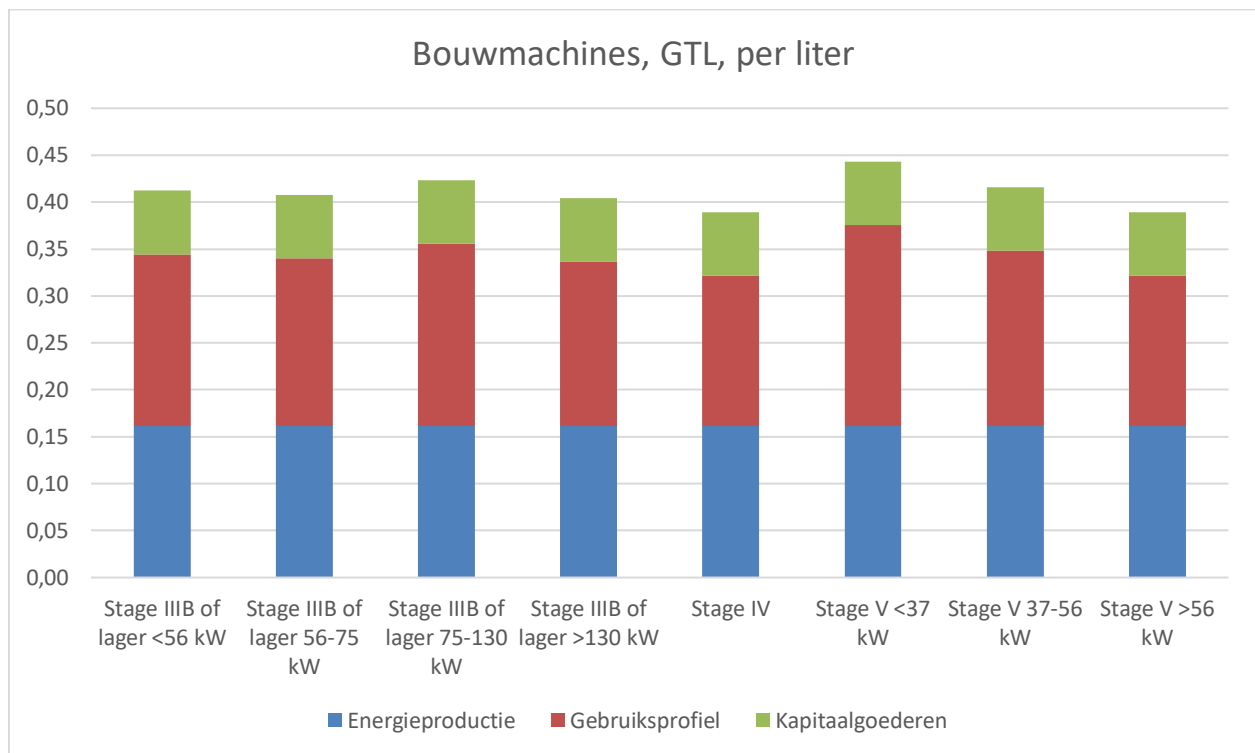


Figuur 2 Gewogen resultaten bouwmachines, Diesel, per liter

4.2.1.2 Bouwmachines, GTL

Tabel 70 Overzicht van de MKI per liter voor de GTL-bouwmachines

Bouwmachines, GTL, per liter	Energieproductie	Gebruiksprofiel	Kapitaalgoederen	Totaal
Stage IIIB of lager <56 kW	0,1614	0,1830	0,0676	0,4121
Stage IIIB of lager 56-75 kW	0,1614	0,1784	0,0676	0,4075
Stage IIIB of lager 75-130 kW	0,1614	0,1946	0,0676	0,4237
Stage IIIB of lager >130 kW	0,1614	0,1750	0,0676	0,4041
Stage IV	0,1614	0,1603	0,0676	0,3894
Stage V <37 kW	0,1614	0,2141	0,0676	0,4431
Stage V 37-56 kW	0,1614	0,1866	0,0676	0,4157
Stage V >56 kW	0,1614	0,1600	0,0676	0,3890

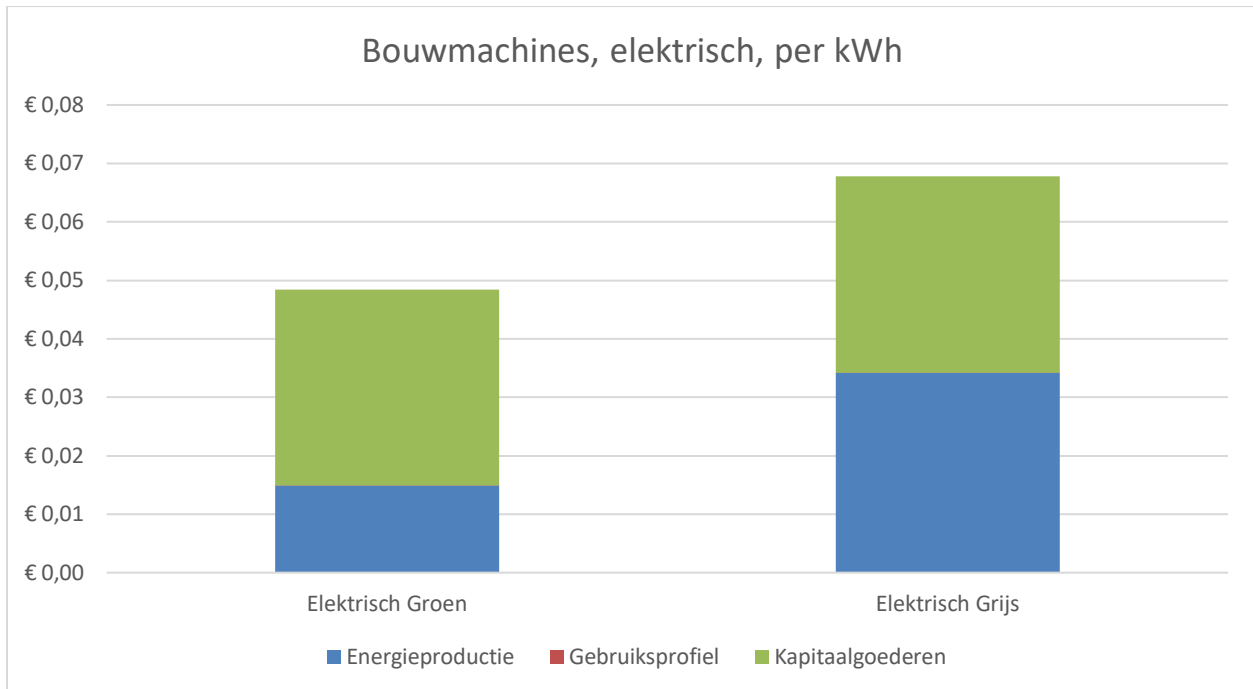


Figuur 3 Gewogen resultaten bouwmachines, GTL, per liter

4.2.1.3 Bouwmachines elektrisch

Tabel 71 Overzicht van de MKI per kWh voor de elektrische bouwmachines

Bouwmachines, elektrisch, per kWh	Energieproductie	Gebruiksprofiel	Kapitaalgoederen	Totaal
Elektrisch Groen	0,0149	3,96E-06	0,0336	0,0484
Elektrisch Grijs	0,0342	3,96E-06	0,0336	0,0678

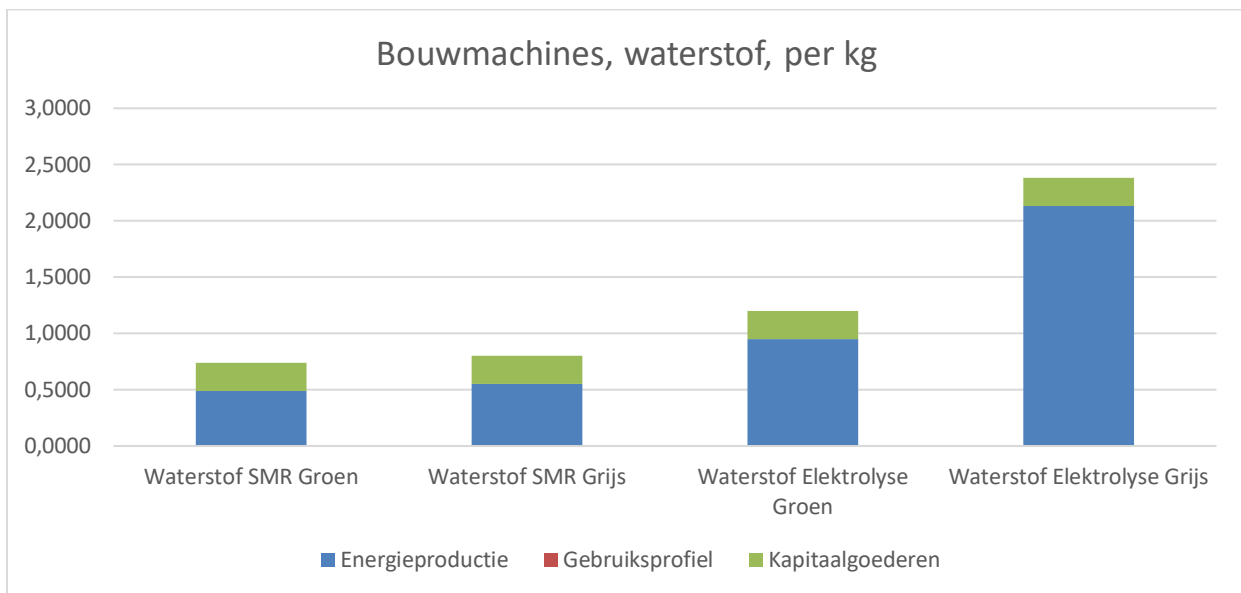


Figuur 4 Gewogen resultaten bouwmachines, elektrisch, per kWh

4.2.1.4 Bouwmachines, waterstof

Tabel 72 Overzicht van de MKI per kg voor de waterstof-bouwmachines

Bouwmachines, waterstof, per kg	Energieproductie	Gebruiksprofiel	Kapitaalgoederen	Totaal
Waterstof SMR Groen	0,4913	0,0000	0,2490	0,7403
Waterstof SMR Grijs	0,5504	0,0000	0,2490	0,7994
Waterstof Elektrolyse Groen	0,9517	0,0000	0,2490	1,2007
Waterstof Elektrolyse Grijs	2,1330	0,0000	0,2490	2,3820

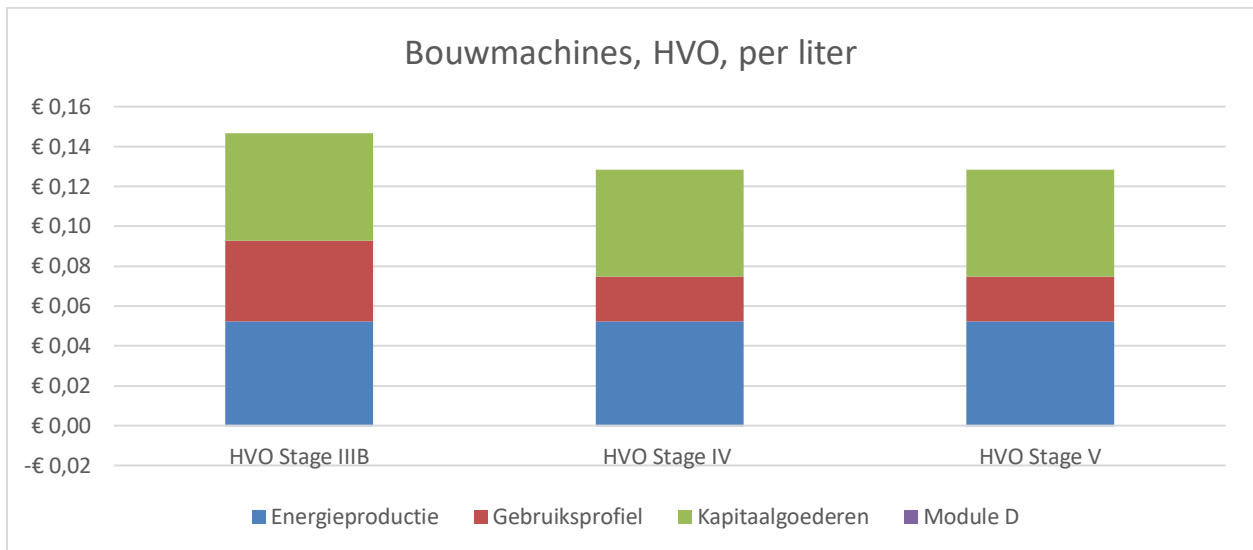


Figuur 5 Gewogen resultaten bouwmachines, waterstof, per kg

4.2.1.5 Bouwmachines, HVO

Tabel 73 Overzicht van de MKI per liter voor de HVO-bouwmachines

Bouwmachines, HVO, per liter	Energieproductie	Gebruiksprofiel	Kapitaalgoederen	Module D	Totaal
Stage IIIB	€ 0,0523	€ 0,0405	€ 0,0538	-€ 0,0002	€ 0,1464
Stage IV	€ 0,0523	€ 0,0224	€ 0,0538	-€ 0,0002	€ 0,1283
Stage V	€ 0,0523	€ 0,0224	€ 0,0538	-€ 0,0002	€ 0,1283

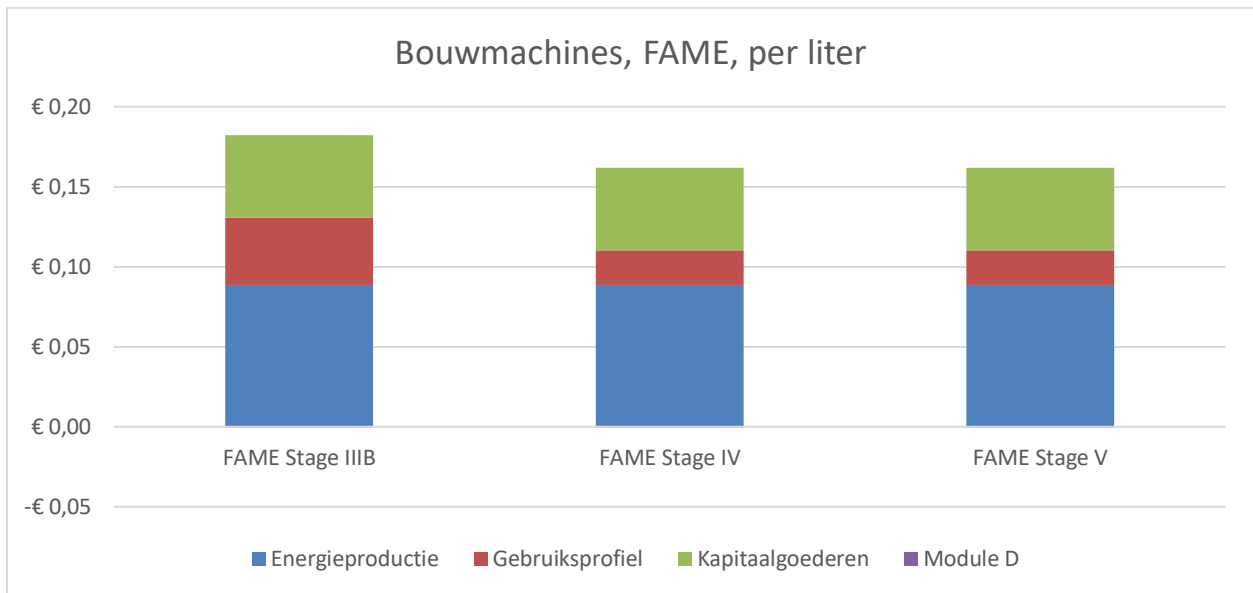


Figuur 6 Gewogen resultaten bouwmachines, HVO, per liter

4.2.1.6 Bouwmachines, FAME

Tabel 74 Overzicht van de MKI per liter voor de FAME-bouwmachines

Bouwmachines, FAME, per liter	Energieproductie	Gebruiksprofiel	Kapitaalgoederen	Module D	Totaal
Stage IIIB	€ 0,0886	€ 0,0419	€ 0,0517	-€ 0,0002	€ 0,1820
Stage IV	€ 0,0886	€ 0,0216	€ 0,0517	-€ 0,0002	€ 0,1617
Stage V	€ 0,0886	€ 0,0216	€ 0,0517	-€ 0,0002	€ 0,1617



Figuur 7 Gewogen resultaten bouwmachines, FAME, per liter

4.2.2 Vrachtwagens

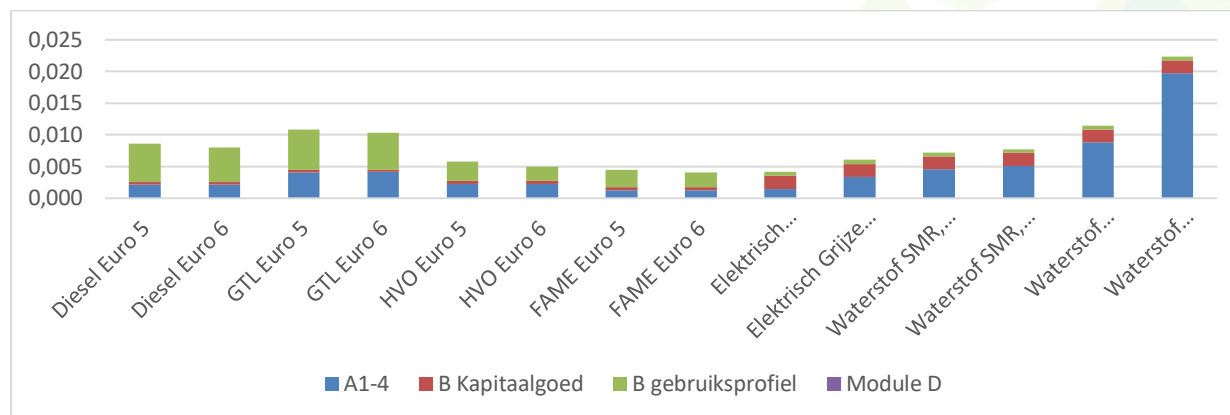
In Tabel 75 en Figuur 8 worden de gewogen resultaten de vrachtwagens per tkm weergegeven, volgens de omrekenfactoren zoals vermeld in Tabel 2. Net als bij de machines hebben de motoren verschillende rendementen en kunnen enkel vergeleken worden op basis van output. De milieuprofielen per tonkilometer zijn opgenomen in bijlage I.

In de gebruiksfase zijn bij diesel en GTL de verbrandingsemissies verantwoordelijk voor 61% van de gewogen score. Voor de elektrische en waterstof vrachtwagens is de bijdrage van de verschillende modules sterk afhankelijk van de productie van de energiedrager. Voor de waterstof vrachtwagens ligt het zwaartepunt in A1-A3. Voor de elektrische vrachtwagens op basis van groene energie verschuift het zwaartepunt van de elektriciteitsproductie naar de gebruiksfase. Deze impact in fase B is gelijk voor alle vrachtwagens en wordt voornamelijk veroorzaakt door de milieu-impact van de weginfrastructuur en in mindere mate door de rememissies en de bandenslijtage.

Net als bij de bouwmaschinen zijn de MKI's van de biobrandstoffen zijn ongeveer de helft lager dan die van reguliere diesel en GTL. De grootste verschillen worden veroorzaakt in de productie van de brandstof en de gebruiksfase. De oorzaken zijn vergelijkbaar met de bouwmaschinen en deze zijn beschreven in paragraaf 4.2.1

Tabel 75 Overzicht van de MKI voor de vrachtwagens per tkm

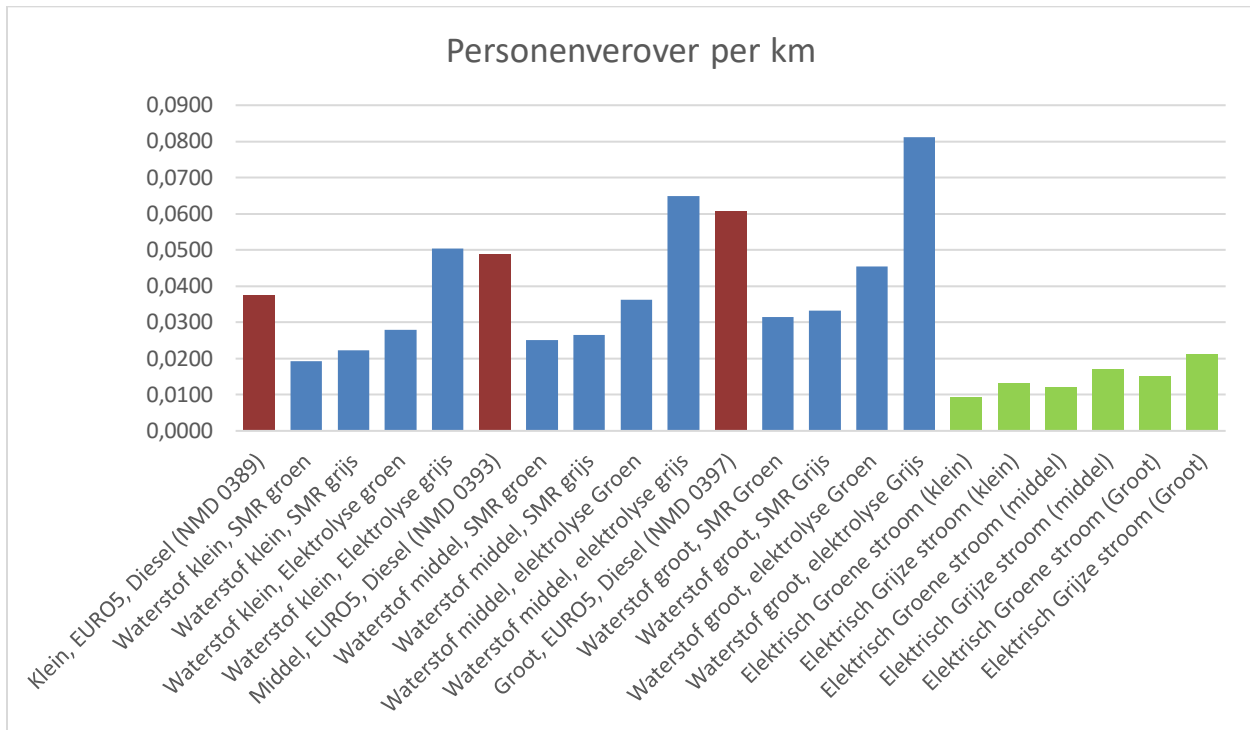
Product	A1-4	B Kapitaalgoederen	B gebruiksprofiel	Totaal
Diesel Euro 5	2,18E-03	3,75E-04	6,04E-03	8,60E-03
Diesel Euro 6	2,19E-03	3,75E-04	5,47E-03	8,03E-03
GTL Euro 5	4,12E-03	3,75E-04	6,32E-03	1,08E-02
GTL Euro 6	4,13E-03	3,76E-04	5,84E-03	1,03E-02
HVO Euro 5	1,25E-03	5,18E-04	2,75E-03	4,52E-03
HVO Euro 6	1,25E-03	5,18E-04	2,26E-03	4,03E-03
FAME Euro 5	2,21E-03	5,19E-04	3,03E-03	5,77E-03
FAME Euro 6	2,21E-03	5,19E-04	2,25E-03	4,99E-03
Elektrisch Groene mix	1,44E-03	2,09E-03	6,74E-04	4,21E-03
Elektrisch Grijs mix	3,32E-03	2,09E-03	6,74E-04	6,09E-03
Waterstof SMR, Groene mix	4,53E-03	2,09E-03	5,84E-04	7,21E-03
Waterstof SMR, Grijs mix	5,08E-03	2,09E-03	5,84E-04	7,75E-03
Waterstof elektrolyse, Groene mix	8,78E-03	2,09E-03	5,84E-04	1,15E-02
Waterstof elektrolyse, Grijs mix	1,97E-02	2,09E-03	5,84E-04	2,24E-02



Figuur 8 Gewogen resultaten vrachtwagens per tkm

4.2.3 Personenvervoer

In deze paragraaf worden de gewogen resultaten voor personenvervoer gepresenteerd, per km. In Figuur 9 wordt de MKI van de bestaande processen (bruin) vergeleken met de toegevoegde processen voor waterstof (blauw) en elektriciteit (groen). Op de volgende pagina's worden de zwaartepunten per energiedrager nader bekeken.



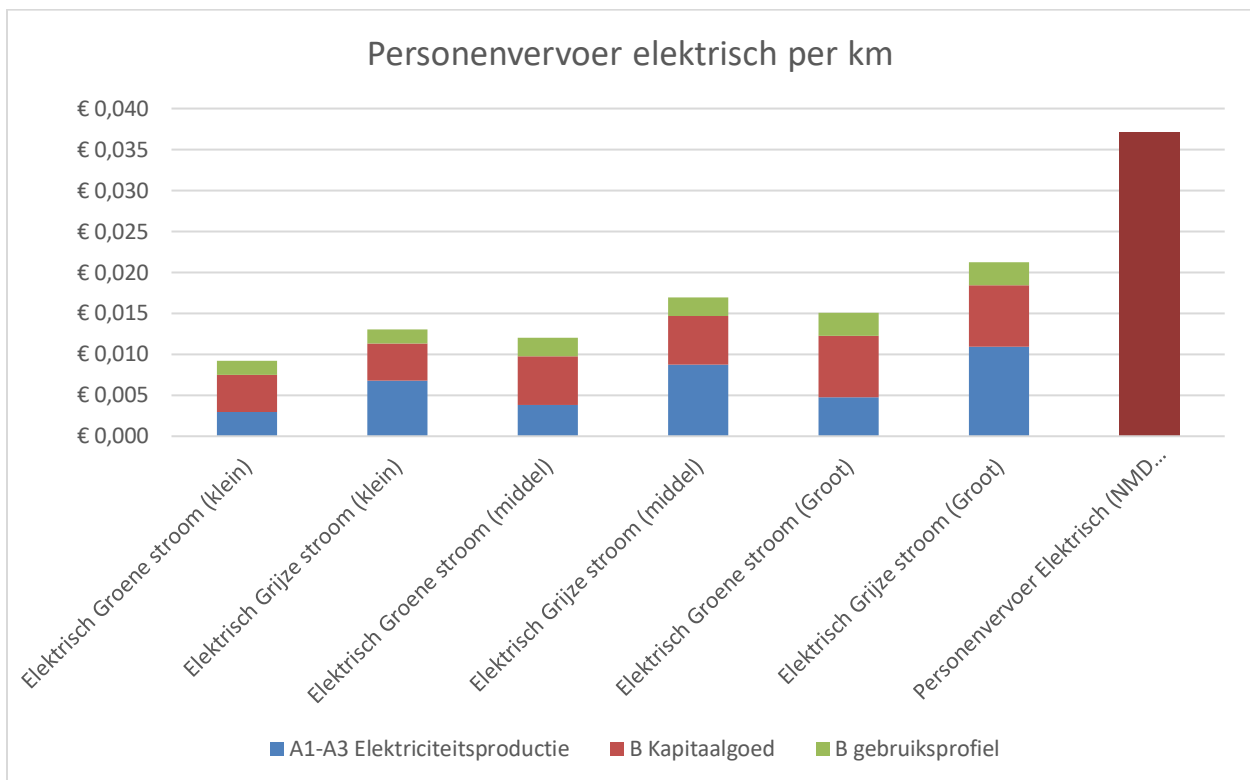
Figuur 9 Overzicht van de MKI voor de personenauto's per km

4.2.3.1 Personenvervoer elektrisch

Alle varianten van elektrisch personenvervoer komen lager uit dan de NMD 0385 referentie welke een één op één overname is van een Ecolnvent proces. Het grote verschil zit hem met name in de aanpassing van de afschrijving van het kapitaalgoed en het toevoegen van een einde-levensscenario voor de accu. Voor de groene energie alternatieven draagt de duurzame energiemix in A1-A3 tevens bij aan een significante reductie.

Tabel 76 Overzicht van de MKI voor de elektrische personenauto's per km

Profiel	MKI/km	A1-A4 Elektriciteitsproductie	B Kapitaalgoed	B gebruiksprofiel
Elektrisch Groene stroom (klein)	0,0092	0,0030	0,0045	0,0018
Elektrisch Grijze stroom (klein)	0,0131	0,0068	0,0045	0,0018
Elektrisch Groene stroom (middel)	0,0120	0,0038	0,0060	0,0023
Elektrisch Grijze stroom (middel)	0,0170	0,0087	0,0060	0,0023
Elektrisch Groene stroom (Groot)	0,0151	0,0047	0,0075	0,0028
Elektrisch Grijze stroom (Groot)	0,0212	0,0109	0,0075	0,0028
Personenvervoer Elektrisch (NMD 0385)	0,0371	-	-	-



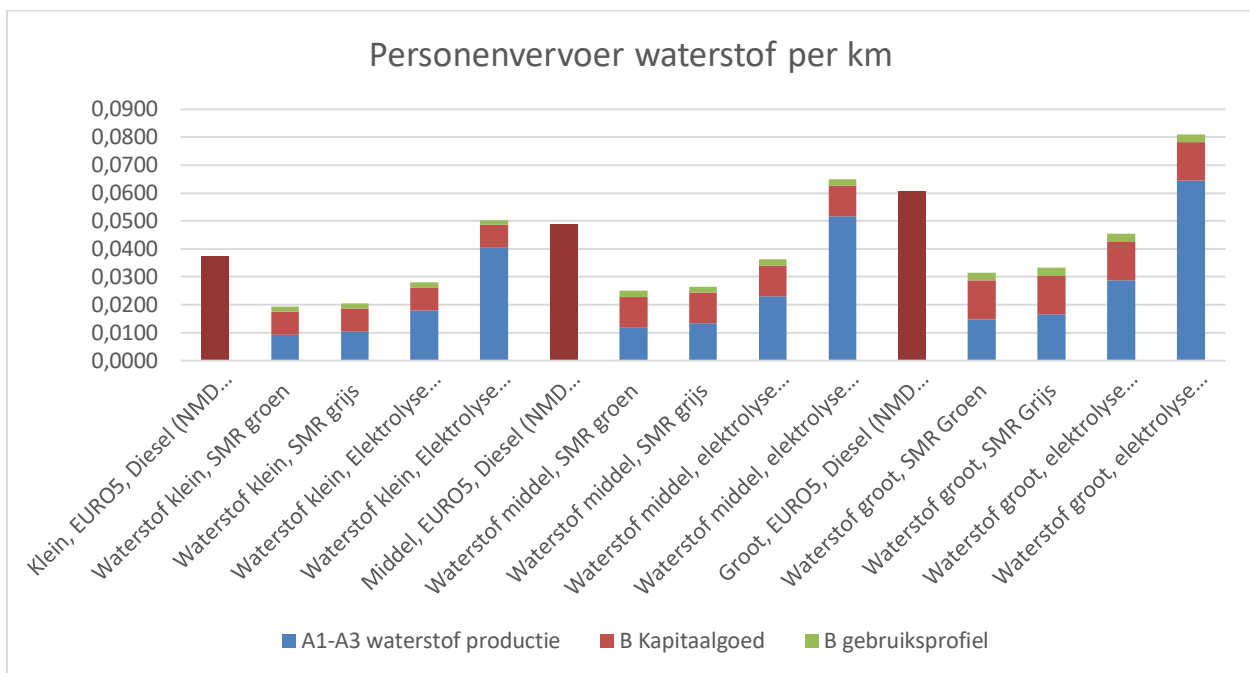
Figuur 10 Gewogen milieu-impact per km voor elektrisch personenvervoer

4.2.3.2 Personenvervoer waterstof

In de onderstaande tabel staan de gewogen uitkomsten voor het waterstof personenvervoer weergegeven. Ter vergelijking is voor elke klasse (klein, middel, groot) MKI van Diesel EURO5 toegevoegd (dit zijn de bordeaux-rode staven in de grafiek).

Tabel 77 Overzicht van de MKI voor de waterstof-personeauto's per km

Profiel	MKI/km	A1-A4 H2 productie	B Kapitaalgoed	B gebruiksprofiel
Klein, EURO5, Diesel (NMD 0389)	0,0374			
Waterstof klein, SMR groen	0,0193	9,29E-03	8,24E-03	1,76E-03
Waterstof klein, SMR grijs	0,0204	1,04E-02	8,24E-03	1,76E-03
Waterstof klein, Elektrolyse groen	0,0280	1,80E-02	8,24E-03	1,76E-03
Waterstof klein, Elektrolyse grijs	0,0503	4,03E-02	8,24E-03	1,76E-03
Middel, EURO5, Diesel (NMD 0393)	0,0488			
Waterstof middel, SMR groen	0,0251	1,19E-02	1,10E-02	2,27E-03
Waterstof middel, SMR grijs	0,0266	1,33E-02	1,10E-02	2,27E-03
Waterstof middel, elektrolyse Groen	0,0363	2,30E-02	1,10E-02	2,27E-03
Waterstof middel, elektrolyse grijs	0,0649	5,16E-02	1,10E-02	2,27E-03
Groot, EURO5, Diesel (NMD 0397)	0,0606			
Waterstof groot, SMR Groen	0,0314	1,49E-02	1,38E-02	2,81E-03
Waterstof groot, SMR Grijs	0,0332	1,66E-02	1,38E-02	2,81E-03
Waterstof groot, elektrolyse Groen	0,0454	2,88E-02	1,38E-02	2,81E-03
Waterstof groot, elektrolyse Grijs	0,0811	6,45E-02	1,38E-02	2,81E-03



Figuur 11 Gewogen milieu-impact per km voor waterstof personenvervoer

4.2.4 Overslag

In deze paragraaf worden de gewogen resultaten voor overslag gepresenteerd, per ton verplaatst materiaal.

Tabel 78 Overzicht van de MKI voor overslag

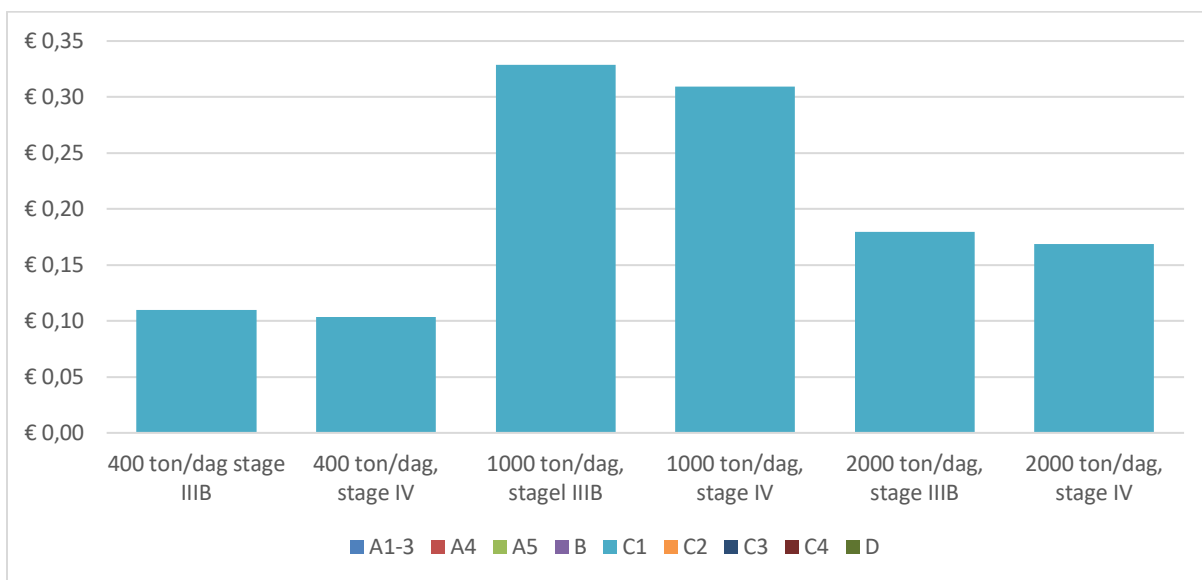
Overslag	MKI/ton
Overslag	0,0273

4.2.5 Asfaltfrees en materieel bouwplaats

In Tabel 79 en Figuur 12 worden de gewogen resultaten van asfaltfrees per ton gefreesd asfalt weergegeven.

Tabel 79 Gewogen resultaten asfaltfrees per ton

Product	Eenheid	A1-3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
400 ton/dag stage IIIB	ton	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,11	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
400 ton/dag, stage IV	ton	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,10	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
1000 ton/dag, stage IIIB	ton	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,33	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
1000 ton/dag, stage IV	ton	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,31	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
2000 ton/dag, stage IIIB	ton	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,18	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
2000 ton/dag, stage IV	ton	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,17	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00



Figuur 12 Gewogen resultaten asfaltfrees per ton

In Tabel 80 worden de gewogen resultaten van de tractor weergegeven.

Tabel 80 Gewogen resultaten tractor

Product	Eenheid	A1-3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
Diesel Stage IIIB (per liter)	l	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,32	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Diesel burned in building machine (uit ecoinvent) (per liter)	l	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,43	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Aggregaat (per uur)	uur	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Generator 10MW (per MJ)	MJ	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Generator 18,5 kW (per MJ)	MJ	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,03	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Pomp (per uur)	uur	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,39	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Tractor per tkm	tkm	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,05	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00

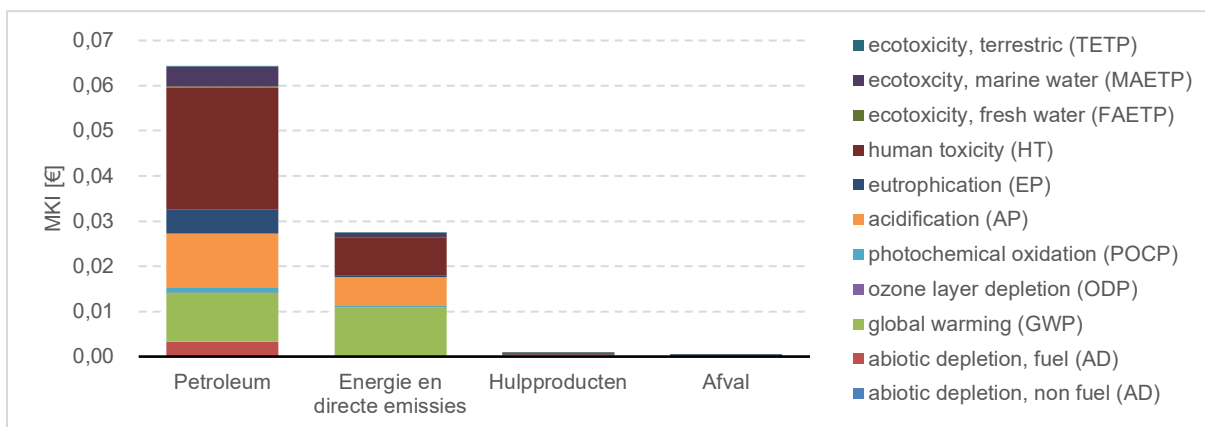
4.2.6 Productie brandstoffen en energiedragers

In deze sectie gaan we in op de productiefase van brandstoffen en energiedragers. Eerst worden achtereenvolgens Diesel en GTL besproken, vervolgens de waterstofproductie. De toegepaste elektriciteitsmixen zijn reeds bestaande processen en daar wordt om deze reden niet op ingezoomd.

4.2.6.1 Dieselpductie

Figuur 11 laat de processen zien voor de productie van reguliere diesel (A1-3). De directe emissies van dit proces zijn gedeeltelijk afkomstig van het verbranden van aardgas voor warmte. Daarom zijn deze groepen gecombineerd in het overzicht. De score in humane toxiciteit in deze groep wordt veroorzaakt door de emissies van nikkel, cadmium en benzeen. Waar in het proces deze emissies plaatvinden is niet onderzocht. De score in de impact categorie verzuring wordt voornamelijk veroorzaakt door de emissies zwaveldioxide en stikstofoxides en het versterkt broeikaseffect door koolstofdioxide. Het verbranden van aardgas ten behoeve van warmte is zeer waarschijnlijk verantwoordelijk voor de score van deze twee impact categorieën.

De emissie van olie naar water en bodem zorgt voor de grote bijdrage van de categorie humane toxiciteit bij de petroleum productie. Met name in het proces voor petroleum uit Rusland, wat onderdeel is van de marktmix in het onderliggende petroleum proces heeft hier een grote bijdrage. Het verbranden van 'sweet gas' is grotendeel verantwoordelijk voor de scores in de impactcategorieën verzuring en versterkt broeikaseffect.



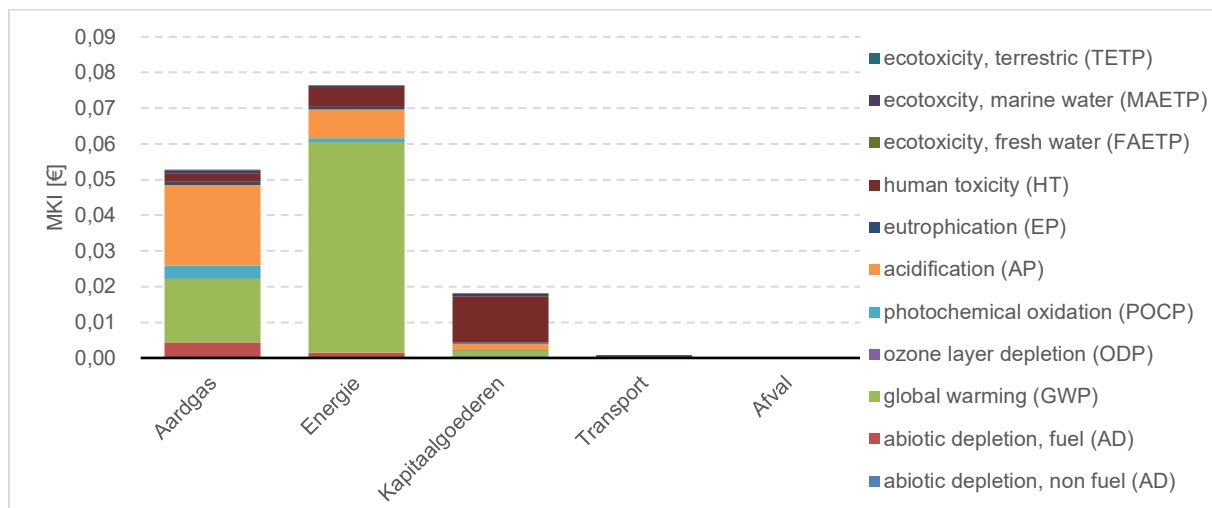
Figuur 13 Zwaartepuntanalyse diesel productie (per liter)

4.2.6.2 GTL-productie

In Figuur 12 zijn de verschillende onderdelen van het productieproces van GTL gegroepeerd. Aardgas en energieverbruik hebben de grootste impact. Met name de warmte die nodig is voor het proces levert een grote bijdrage aan het energieverbruik. Deze warmte wordt geproduceerd door de verbranding van aardgas, wat de grote bijdrage van de impactcategorie versterkt broeikaseffect bepaald.

In het proces voor aardgas wordt de impact in de categorie versterkt broeikaseffect voornamelijk veroorzaakt door het 'lekker' van methaan. Emissies van zwaveldioxide ten gevolge van het onttrekken van aardgas zorgen voornamelijk voor de impact in de categorie verzuring.

Het gebruik van chroom en nikkel in het staal voor kapitaalgoederen zorgt voor de hoge score in de categorie humane toxiciteit bij dit onderdeel.

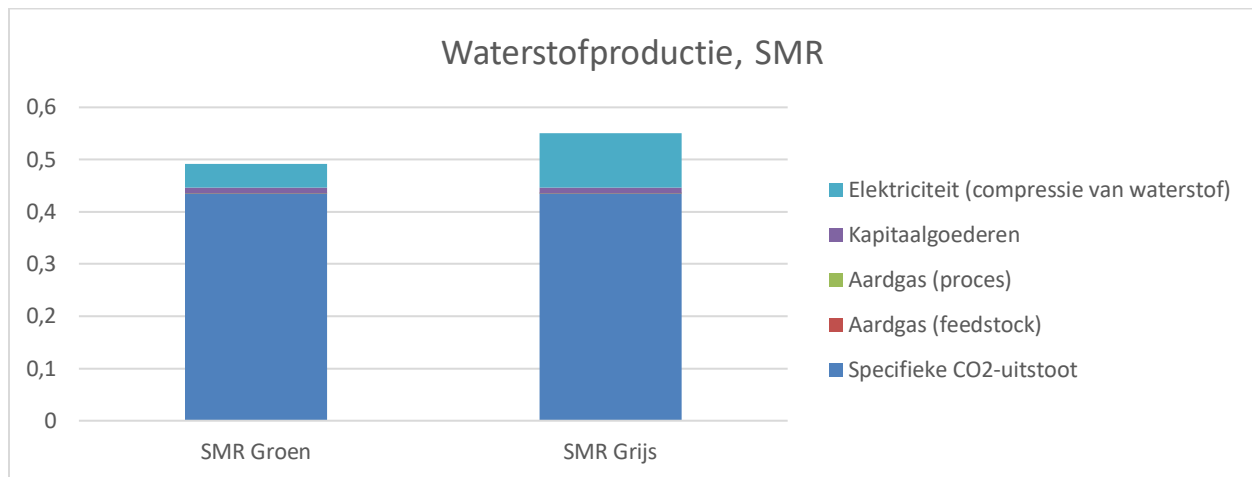


Figuur 14 Zwaartepuntanalyse GTL productie (per liter)

4.2.6.3 Waterstofproductie

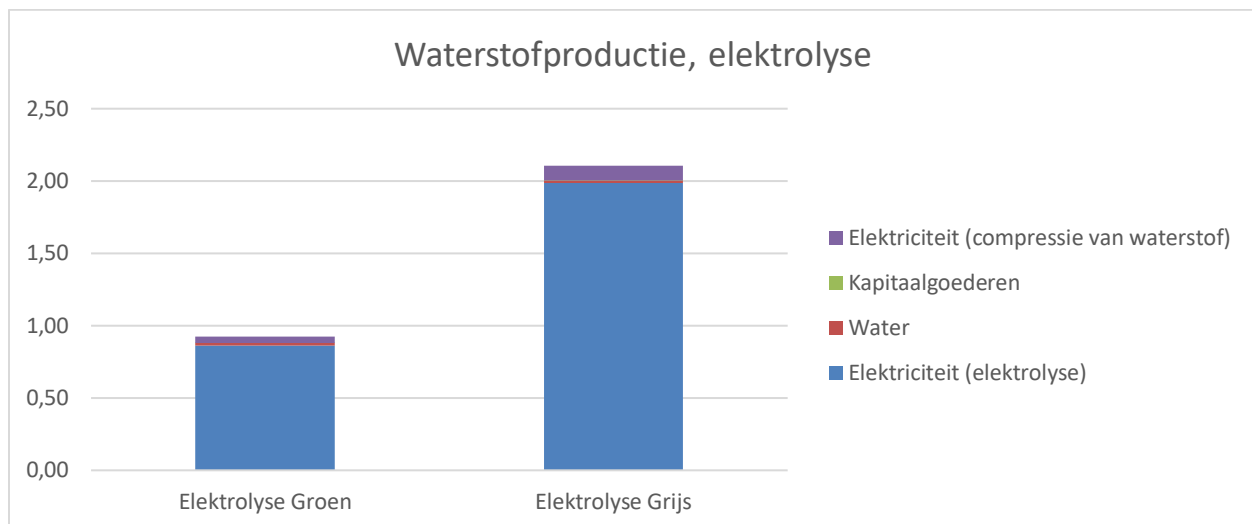
Hieronder worden de zwaartepunten getoond van waterstofproductie SMR (figuur 13) en elektrolyse (figuur 14).

Bij SMR zien we dat de CO₂ die vrijkomt bij het hervormen van methaangas verreweg de grootste bijdrage levert. Er zijn technieken beschikbaar om het CO₂ dat vrijkomt af te vangen en op te slaan. Dit staat echter nog in de kinderschoenen [29].



Figuur 15 Zwaartepuntanalyse waterstofproductie, SMR (per kg)

Bij elektrolyse heeft het elektriciteitsgebruik de grootste impact. Het is qua MKI dan ook niet interessant om voor waterstof gebruik te maken van de huidige energiemix. Hier gaan we in hoofdstuk 5 verder op in.

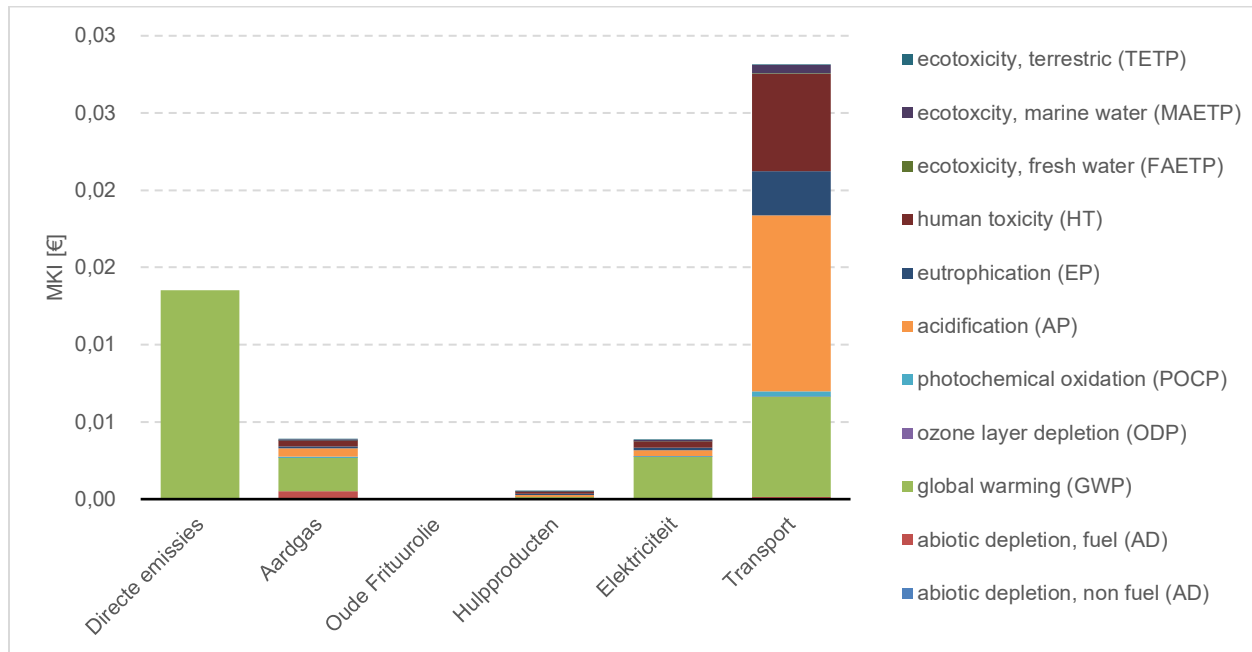


Figuur 16 Zwaartepuntanalyse waterstofproductie, elektrolyse (per kg)

HVO Productie

De directe emissie van CO₂ en het transport van de oude frituurolie hebben de grootste bijdrage in de milieulast van HVO productie. De directe emissie van CO₂ komt vrij in de omzetting van aardgas (methaan) naar waterstof.

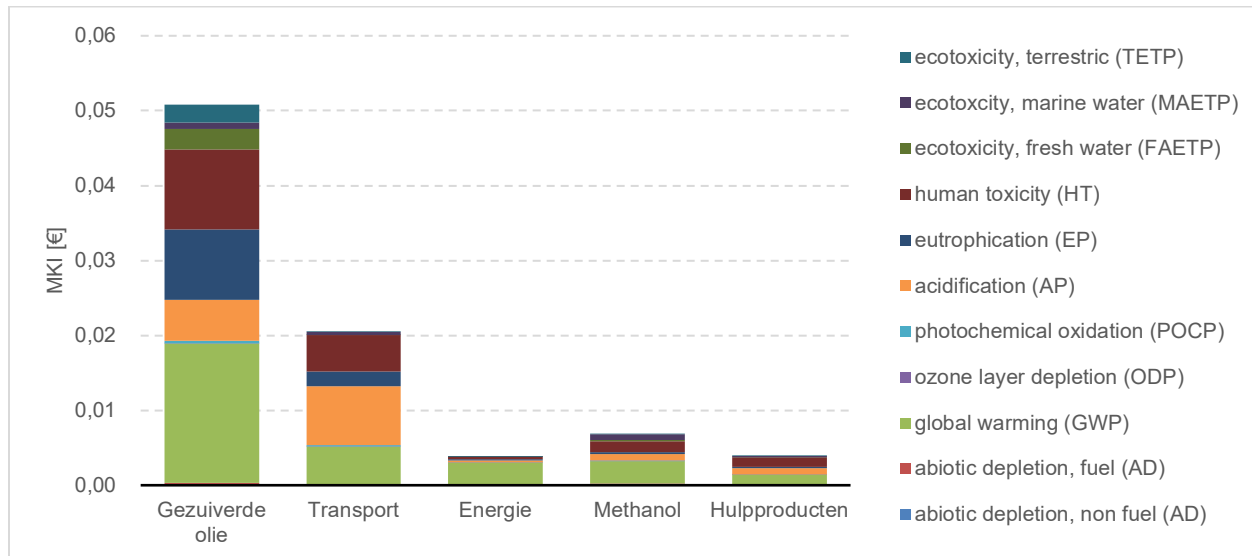
In het transport per schip van de uit Azië geïmporteerde grondstoffen heeft de grootste bijdrage in de categorie transport.



Figuur 17 Zwaartepuntanalyse HVO productie (per liter)

FAME Productie

Het zuiveren van gebruikte frituurolie heeft de grootste bijdrage aan de impact van de productie van FAME. In dit proces is de productie van Glycerine in alle impactcategorieën dominant. Het transport per schip, voor de uit Azië afkomstige gebruikte frituurolie, is bepalend voor de impact in de groep transport. De bijdrage van methanol is de verklaren door de hoeveelheid die gebruikt wordt in het proces, grofweg 10% van de input van het proces is methanol.



Figuur 18 Zwaartepuntanalyse FAME productie (per liter)

4.3 Gevoeligheidsanalyse

Er is geen gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Het betreft categorie 3 data waarbij in de inventarisatie de nodige onzekerheden zijn. Bij het opstellen van deze LCA geen specifieke afwegingen of aannames gevonden waarvan de gevoeligheid getest dient te worden. Bij twijfel is uitgegaan van een 'worst-case scenario'

In de rekentools waarin deze data beschikbaar zal zijn, kan gevarieerd worden met materialen en processen om de gevoeligheid hiervan te beoordelen. Dit zal echter op het niveau van productkaarten zijn, onderliggende processen kunnen niet aangepast worden in de rekentools.

5 Aanbevelingen

Blijf de actuele stand der techniek omtrent waterstofproductie monitoren

Waterstofproductie op basis van elektrolyse staat nog in de kinderschoenen. Op dit moment wordt bijna alle waterstof in Nederland namelijk geproduceerd middels SMR [30]. Er zijn Nederlandse partijen die hebben aangegeven hun waterstofproductiefaciliteit op basis van elektrolyse eind 2023 volledig operationeel te hebben. Deze markt is dus nog zó sterk in ontwikkeling, dat monitoring en regelmatige update van de decompositie gewenst is, met name op onderstaande punten:

1. Efficiëntie

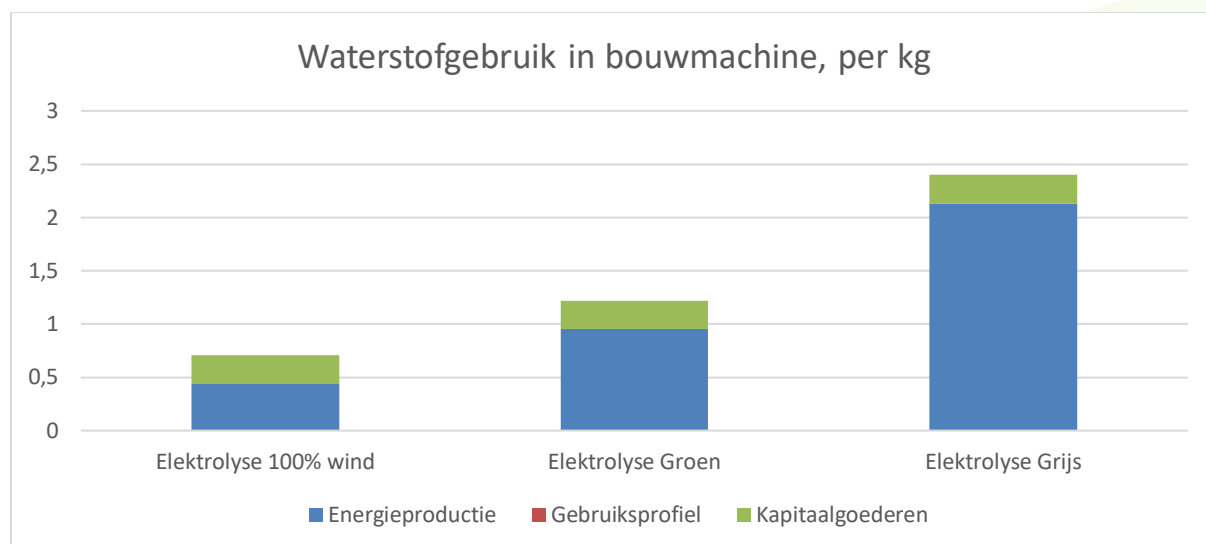
De efficiëntie van middels elektrolyse geproduceerde waterstof als energiedrager is relatief laag. Hier is mogelijk veel te winnen. Op experimentele schaal worden wordt progressie geboekt op dit gebied. Zo is er een Australisch bedrijf dat claimt een nieuwe techniek te hebben ontwikkeld waarbij tot 98% efficiëntie kan worden bereikt [31].

2. De energiemix

Meerdere partijen draaien pilots of hebben concrete plannen om hun waterstof te produceren middels enkel wind- en zonne-energie [32]. Voorbeelden hiervan zijn direct bij offshore windmolenparken op zee [33] en het gebruik van overcapaciteit van wind- en zonneparken om congestie op het stroomnet te voorkomen [34].

Bij gebrek aan praktijkdata wordt nu de basisproceskaart van de Nederlandse Groene energiemix gehanteerd. Hier zit onder andere biomassa in verwerkt, wat een grote impact heeft op de totale MKI van waterstof in een brandstofcel. Door enkel een andere energiemix toe te passen is dus een enorme reductie in totale milieu-impact te behalen.

Om een idee van te geven van de huidige uitgangspunten in vergelijking met de best-case energiemix, wordt in onderstaande figuur de huidige resultaten voor waterstofgebruik in een bouwmachine getoond, naast waterstof die geproduceerd is met 100% windenergie. Alle overige uitgangspunten zijn ongewijzigd.



Figuur 15: Waterstof productie met behulp van diverse type elektriciteitsproductie.

Neem meerdere accutypen op in de processendabase

De ontwikkelingen rond de accutypen staan niet stil. Inmiddels heeft EcolInvent met de komst van versie 3.8 een breder scala aan accu's geïntroduceerd. Deze accu's worden door de eerste aannemers al toegepast in elektrisch bouwmaterieel zoals asfalteersets.

Het advies is dan ook om deze accu's te analyseren en er representatieve proceskaarten voor te maken, inclusief een passend einde-levensduurscenario en consistent met de huidige Lithium-accu.

Update materieelspecifieke productkaarten

Veel materieelspecifieke productkaarten zijn gebaseerd op een basisproces met als onderliggend EcolInvent-proces een bepaalde hoeveelheid "Diesel burned in building machine". Deze productkaarten worden gebruikt voor bij referentieberekeningen van aanbestedingen in DuboCalc. Het advies is om, in het kader van consistentie, deze productkaarten (en de basisprocessen waar deze op gebaseerd zijn) te updaten, waarbij x MJ "Diesel burned in building machine" wordt vervangen door x/35,9 liter Dieselvebruik, Stage IIIB, "overeenkomende vermogensklasse".

6 Referenties

- [1] NMD Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken. versie 1.2. NMD januari 2025.
- [2] ISO, 2006. "Environmental management. Life cycle assessment - Principles and framework". ISO 14040:2006.
- [3] ISO, 2006. "Environmental management. Life cycle assessment – Requirements and Guidelines". ISO 14044:2006.
- [4] NEN-EN 15804 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products.
- [5] B. Bakker, T. Mol, P. Stadhouders (2021). Onderzoek Brandstof-machinecombinaties, EcoReview.
- [6] Van der Kruk, T., Bolech, M. & Vera, I. (2025). Update milieuprofielen van scheepsbrandstoffen ten behoeve van opname in de Nationale Milieudatabase, Deel B biobrandstoffen, Utrecht, TNO.
- [7] Hulskotte, J., & Verbeek, R. (2009). Emissie Mobiele Machines gebaseerd op machineverkoop in combinatie met brandstof Afzet (EMMA). Utrecht: TNO.
- [8] Kootstra L. (2018) 20 LCA's van brandstof-machinecombinaties, TNO rapport R10658.
- [9] Shell. (n.d.). The World's Largest Gas-to-liquid Plant, <https://www.shell.com/about-us/major-projects/pearl-gtl/the-world-s-largest-gas-to-liquids-plant.html>.
- [10] Edwards R., Hass, H., Larive, J., Maas, H., & Rieckard, D. (2014). WELL-TO-WHEELS Report Version 4. a JEC WELL-TO-WHEELS ANALYSIS. Institute for Energy and Transport, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport, Joint Research Centre, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [11] European Commission, Padella, M., O'Connell, A., Giuntoli, J., Bulgheroni, C., Edwards, R., Marelli, L. & Koeble, R. (2019) Definition of input data to assess GHG default emissions from biofuels in EU legislation: version 1d. Publication Office.
- [12] Neste Corporation. (2021). Neste Renewable Diesel Handbook. In Neste.
- [13] Kelleher Environmental. (2019). Research study on reuse and recycling of batteries employed in electric vehicles: The Technical, Environmental, Economic, Energy and Cost Implications of Reusing and Recycling EV Batteries. 206..
- [14] B. Simon, M. Weil. (n.d.). Analysis of materials and energy flows of different lithium ion traction batteries.
- [15] Zhu, J., Mathews, I., Ren, D., Li, W., Cogswell, D., Xing, B., Sedlatschek, T., Kantareddy, S., Yi, M., Gao, T., Xia, Y., Zhou, Q., Wierzbicki, T., & Bazant, M. (2021). End-of-life or second-life options for retired electric vehicle batteries., Cell Reports Physical Science, 2(8), 100537. <https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2021.100537>.
- [16] Hua, Y., Liu, X., Zhou, S., Huang, Y., Ling, H., & Yang, S. (2021). Toward Sustainable Reuse of Retired Lithium-ion Batteries from Electric Vehicles. Resources,, Conservation and Recycling, 168(May), 105249. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105249>.
- [17] Elementenergy. (2019). Batteries on wheels: the role of battery electric cars in the EU power system and beyond. 1–56. https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2019_06_Element_Energy_Batteries_on_wheels_Public_report.pdf.
- [18] Chen, M., Ma, X., Chen, B., Arsenault, R., Karlson, P., Simon, N., and Wang, Y. (2019). Recycling end-of-life electric vehicle lithium- ion batteries. Joule 3, 2622–2646..

- [19] IEAGHG. (2017). Techno-Economic Evaluation of SMR Based Standalone (Merchant) Hydrogen Plant with CCS.
- [20] J. Jochemse-Verstraten, S. Vos-Effting, E. Keijzer, S. Dellaert, A. Horssen, R. Gijlswijk and J. Hulskotte, (2016). Milieuprofielen van scheepsbrandstoffen ten behoeve van opname in de Nationale Milieudatabase, TNO.
- [21] Tractebel. (2017). Study on Early Business Cases for H2 in Energy Storage and More Broadly Power to H2 Applications.
- [22] Wittstock, R., Pehlken, A. and Wark, M., 2016. Challenges in Automotive Fuel Cells Recycling. Recycling, 1(3), pp.343-364..
- [23] Wernet, G. B.-R. (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. The International Journal of Life Cycle Assessment, 1218–1230.
- [24] Deltares en TNO. (2016). Remslijtage - emissieschattingen diffuse bronnen emissieregistratie..
- [25] Hoekstra, A. (2019). The Underestimated Potential of Battery Electric Vehicles to Reduce Emissions. Joule, 3(6), 1412–1414. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.06.002>.
- [26] Girardi, P., Brambilla, C., & Mela, G. (2019). Life Cycle Air Emissions External Costs Assessment for Comparing Electric and Traditional Passenger Cars. Integrated Environmental Assessment and Management, 16(1). <https://doi.org/10.1002/ieam.4211>.
- [27] Anne Kees Jeeninga, onderbouwing overslag, Advieslab.
- [28] De Vos-Effting, S., Keijzer, E., Jansen, B., Zwamborn, A., Mos, J., Beentjes, T., ... & Leendertse, P. (2018). LCA-Achtergrondrapport voor Nederlandse Asfaltmengsels., Rapport voor opname van brancherepresentatieve asfaltmengsels in de Nationale Milieudatabase. Versie, 2.1.
- [29] TNO. Via: <https://www.tno.nl/en/technology-science/technologies/blue-hydrogen/>.
- [30] Opwegmetwaterstof.nl. Via: <https://opwegmetwaterstof.nl/waterstofproductie/>.
- [31] Allesoverwaterstof.nl. Via: <https://allesoverwaterstof.nl/opnieuw-doorbraak-geclaimd-in-elektrolyse-efficiency/>.
- [32] Topsectorenergie.nl. Via: <https://projecten.topsectorenergie.nl/storage/app/uploads/public/5b2/8ef/8a0/5b28ef8a04372977882948.pdf>.
- [33] Neptuneenergy.com. Via <https://www.neptuneenergy.com/esg/poshydon-hydrogen-pilot>.
- [34] Processcontrol.nl. Via: <https://www.processcontrol.nl/hymatters-heeft-interessante-oplossing-voor-congestie-op-het-stroomnet/>.
- [35] Ligterink, N. E., de Ruiter, J. M., Dellaert, S. N., Hulskotte, J. H., Verbeek, R. P., & Vonk, W. A. (2020). Onderbouwing AERIUS emissiefactoren voor wegverkeer, mobiele werktuigen, binnenvaart en zeevaart.
- [36] NNFCC. (2019). Implications of Imported Used Cooking Oil (UCO) as a Biodiesel Feedstock. May, 24. www.nnfcc.co.uk.
- [37] Mijnheer, D. (2019). Je hangt een kroket in het vet en je kunt biodiesel maken., https://www.ftm.nl/artikelen/je-gooit-er-een-kroket-in-en-het-is-biodiesel?share=rR0HKzXnXUcqTl1EzMXqZLpF%2FqduQlhvyPT91FVdw25SOpQWb0BQyKA%2B%2BSOVg%3D%3D&utm_campaign=sharebuttonleden&utm_source=linkbutton.

- [38] Delgado, L., Catarino, A. S., Eder, P., Litten, D., Luo, Z., & Villanueva, A. (2008). End of waste criteria, final report. In JRC Scientific and Technical Reports (Vol. 14, Issue 3). <https://doi.org/10.2791/28650>.
- [39] Panadare, D. C., & Rathod, V. K. (2015). Applications of Waste Cooking Oil Other Than Biodiesel: A Review. 12(3), 55-76.
- [40] The European commission. (n.d.). supplementing Regulation (EU) No 142/2011 as regards health requirements for the import of used cooking oil. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=PI_COM:Ares\(2019\)4018587&from=FR](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=PI_COM:Ares(2019)4018587&from=FR).
- [41] European Parliament and Council. (2009). Regulation (EC) No 1069/2009. Official Journal of the European Union, 300 (April), 1–33.
- [42] NEa. (2020). Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2019, De Nederlandse Emissieautoriteit (NEa).
- [43] Phillips, D., & Tomkinson, J. (2019). Implications of imported used cooking oil (UCO) as a biodiesel feedstock. York, UK: NNFCC.

Bijlagen

Bijlage I Gekarakteriseerde resultaten per product

- *Tabellen met gekarakteriseerde resultaten, inclusief 'somkolommen' en 'somregels' waarin bijv. de MKI-waarden worden weergegeven voor dat onderdeel, inclusief een tekstuele toelichting met duiding van de tabel/ grafiek en een uitleg welke materialen of processen het meeste impact hebben op de scores.*
- *Tabellen en/of grafieken waarin geduid is hoe de MKI-waarden van de deelproducten zich verhouden tot het totale product, inclusief een tekstuele toelichting op de resultaten.*
- *Tabellen en/of grafieken met de MKI-waarden per fase, per deelproduct en voor het hoofdproduct. Zie onderstaand voorbeeld. En een tekstuele toelichting.*

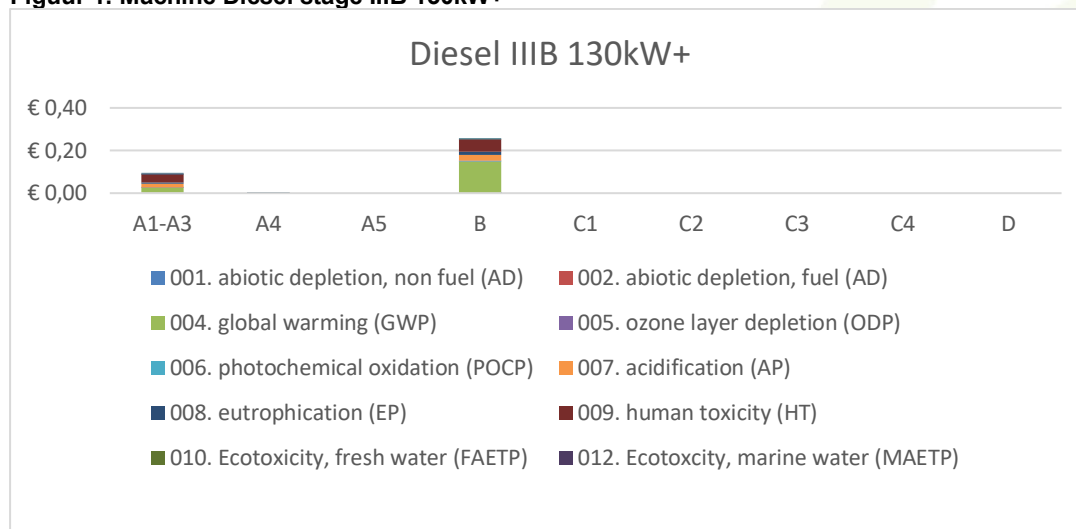
Bouwmachines

Machine Diesel stage IIIB 130kW+gekaracteriseerde resultaten

Tabel 1: Machine diesel stage IIIB 130kW+

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,35	€ 0,09	€ 0,002	€ 0,00	€ 0,25	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,15E-06	1,10E-06	1,10E-06	0	4,94E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,36E-02	2,06E-02	1,11E-04	0	2,86E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,46E+00	4,43E-01	1,49E-02	0	3,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,08E-07	5,66E-07	2,49E-09	0	3,96E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,07E-03	6,51E-04	9,40E-06	0	4,05E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,15E-02	4,67E-03	5,27E-05	0	6,51E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,27E-03	6,44E-04	8,36E-06	0	1,54E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,06E+00	3,95E-01	7,40E-03	0	6,52E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,03E-02	1,51E-02	1,89E-04	0	5,03E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,74E+01	5,44E+01	6,88E-01	0	1,22E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,03E-02	8,52E-04	4,15E-05	0	9,39E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,72E-01	8,18E-02	1,54E-02	0	4,74E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,32E+01	4,67E+01	2,57E-01	0	6,22E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0	€ 0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,90E-03	3,32E-04	1,54E-05	0	3,56E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,32E-04	1,22E-04	6,19E-07	0	9,36E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,22E-01	9,95E-03	1,72E-02	0	9,51E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,41E-04	3,17E-04	1,61E-06	0	2,29E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 1: Machine Diesel stage IIIB 130kW+

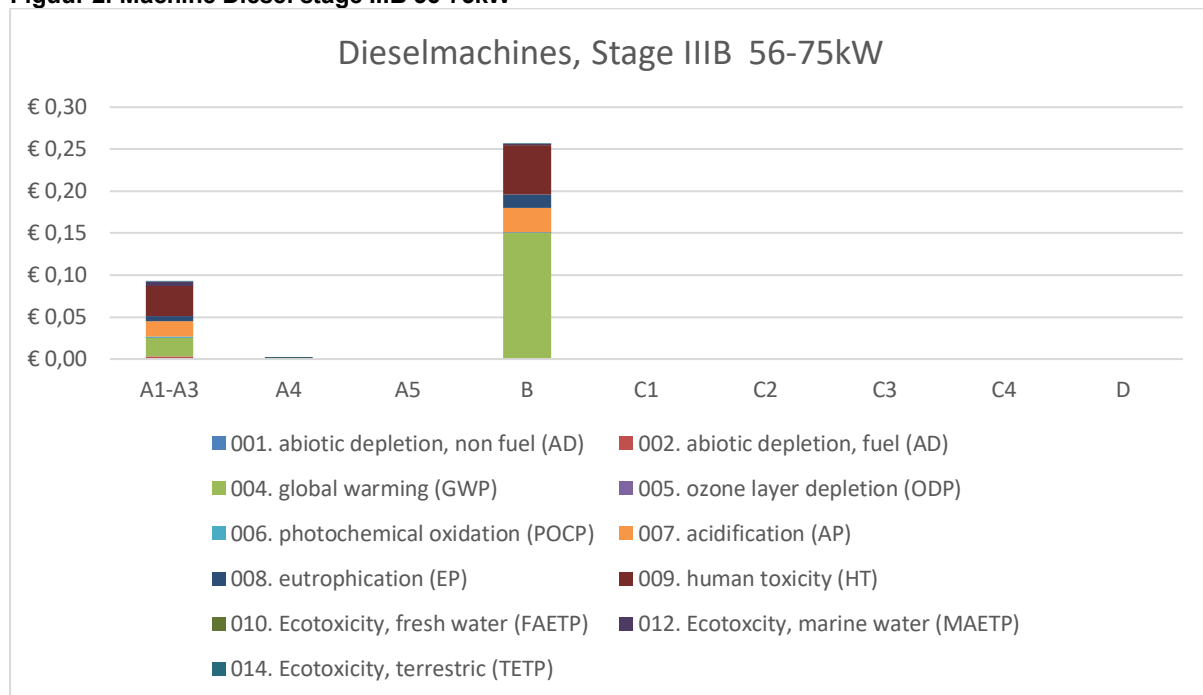


Machine Diesel stage IIIB 56-75kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 2: Machine diesel stage IIIB 56-75kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,35	€ 0,09	€ 0,0018	€ 0,00	€ 0,26	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,15E-06	1,10E-06	1,10E-06	0	4,94E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,36E-02	2,06E-02	1,11E-04	0	2,86E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,46E+00	4,43E-01	1,49E-02	0	3,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,08E-07	5,66E-07	2,49E-09	0	3,96E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,07E-03	6,51E-04	9,40E-06	0	4,05E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,20E-02	4,67E-03	5,27E-05	0	7,04E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,39E-03	6,44E-04	8,36E-06	0	1,68E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,06E+00	3,95E-01	7,40E-03	0	6,54E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,03E-02	1,51E-02	1,89E-04	0	5,03E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,74E+01	5,44E+01	6,88E-01	0	1,22E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,03E-02	8,52E-04	4,15E-05	0	9,39E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,72E-01	8,18E-02	1,54E-02	0	4,74E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,32E+01	4,67E+01	2,57E-01	0	6,22E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,90E-03	3,32E-04	1,54E-05	0	3,56E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,32E-04	1,22E-04	6,19E-07	0	9,36E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,22E-01	9,95E-03	1,72E-02	0	9,51E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,41E-04	3,17E-04	1,61E-06	0	2,29E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 2: Machine Diesel stage IIIB 56-75kW

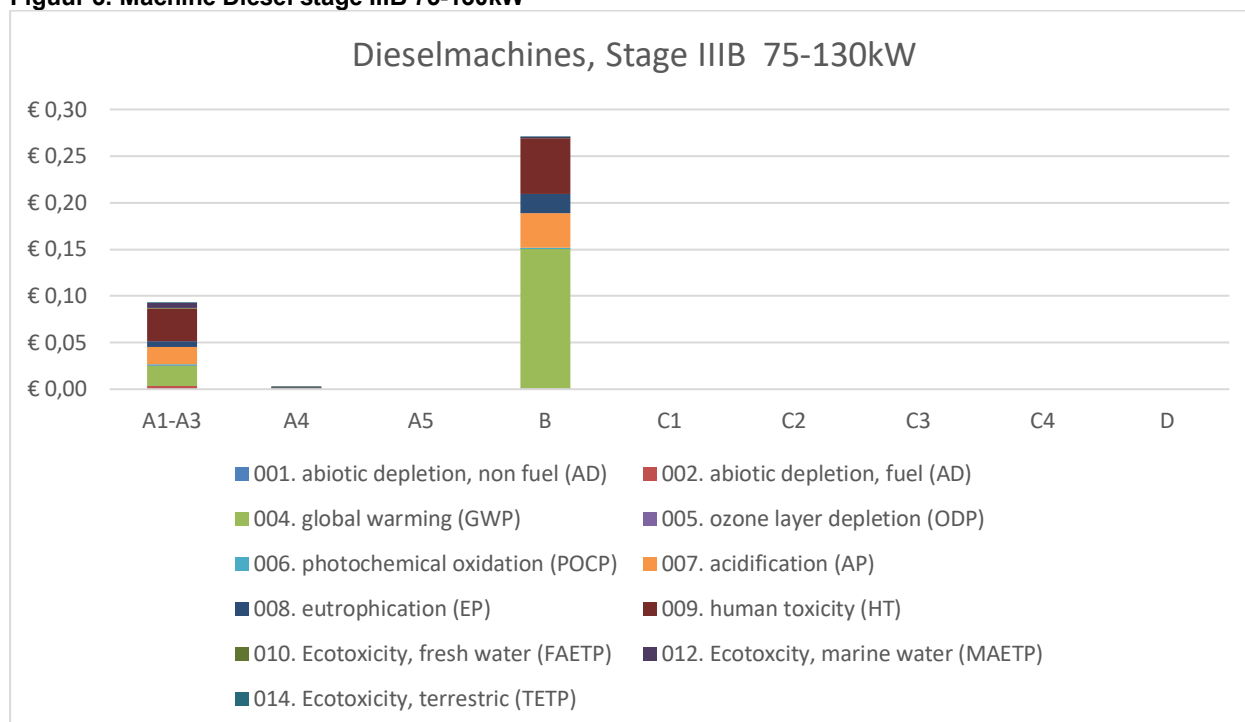


Machine Diesel stage IIIB 75-130kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 3: Machine diesel stage IIIB 75k-130W

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,37	€ 0,09	€ 0,002	€ 0,00	€ 0,27	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,10E-06	1,10E-06	1,10E-06	1,10E-06	4,94E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,06E-02	1,11E-04	1,11E-04	2,06E-02	2,86E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,43E-01	1,49E-02	1,49E-02	4,43E-01	3,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	5,66E-07	2,49E-09	2,49E-09	5,66E-07	3,96E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	6,51E-04	9,40E-06	9,40E-06	6,51E-04	4,05E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	4,67E-03	5,27E-05	5,27E-05	4,67E-03	9,57E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	6,44E-04	8,36E-06	8,36E-06	6,44E-04	2,34E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	3,95E-01	7,40E-03	7,40E-03	3,95E-01	6,60E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,51E-02	1,89E-04	1,89E-04	1,51E-02	5,03E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	5,44E+01	6,88E-01	6,88E-01	5,44E+01	1,22E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	8,52E-04	4,15E-05	4,15E-05	8,52E-04	9,39E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	8,18E-02	1,54E-02	1,54E-02	8,18E-02	4,74E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	4,67E+01	2,57E-01	2,57E-01	4,67E+01	6,22E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	1,54E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,32E-04	1,54E-05	6,19E-07	3,32E-04	3,56E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,22E-04	6,19E-07	1,72E-02	1,22E-04	9,36E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	9,95E-03	1,72E-02	1,61E-06	9,95E-03	9,51E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,17E-04	1,61E-06	1,10E-06	3,17E-04	2,29E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 3: Machine Diesel stage IIIB 75-130kW

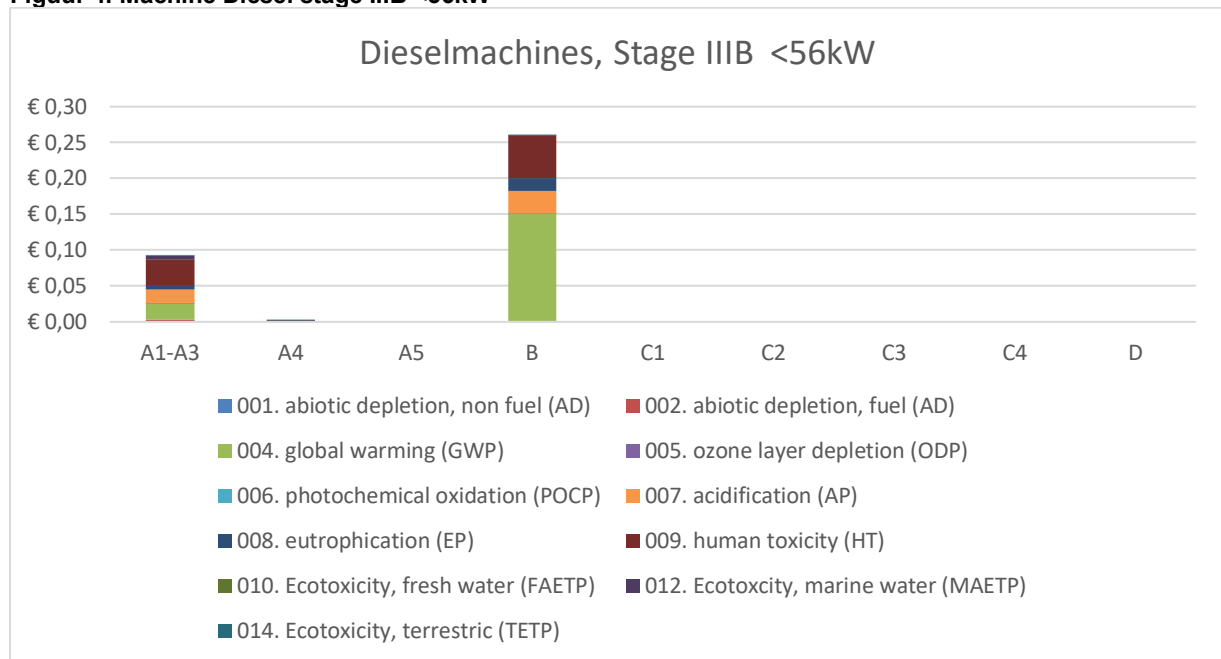


Machine Diesel stage IIIB <56kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 4: Machine diesel stage IIIB <56kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,36	€ 0,09	€ 0,002	€ 0,00	€ 0,26	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,15E-06	1,10E-06	1,10E-06	0	4,94E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,36E-02	2,06E-02	1,11E-04	0	2,86E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,46E+00	4,43E-01	1,49E-02	0	3,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,08E-07	5,66E-07	2,49E-09	0	3,96E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,07E-03	6,51E-04	9,40E-06	0	4,05E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,26E-02	4,67E-03	5,27E-05	0	7,87E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,55E-03	6,44E-04	8,36E-06	0	1,90E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,06E+00	3,95E-01	7,40E-03	0	6,56E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,03E-02	1,51E-02	1,89E-04	0	5,03E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,74E+01	5,44E+01	6,88E-01	0	1,22E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,03E-02	8,52E-04	4,15E-05	0	9,39E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,72E-01	8,18E-02	1,54E-02	0	4,74E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,32E+01	4,67E+01	2,57E-01	0	6,22E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,90E-03	3,32E-04	1,54E-05	0	3,56E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,32E-04	1,22E-04	6,19E-07	0	9,36E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,22E-01	9,95E-03	1,72E-02	0	9,51E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,41E-04	3,17E-04	1,61E-06	0	2,29E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 4: Machine Diesel stage IIIB <56kW

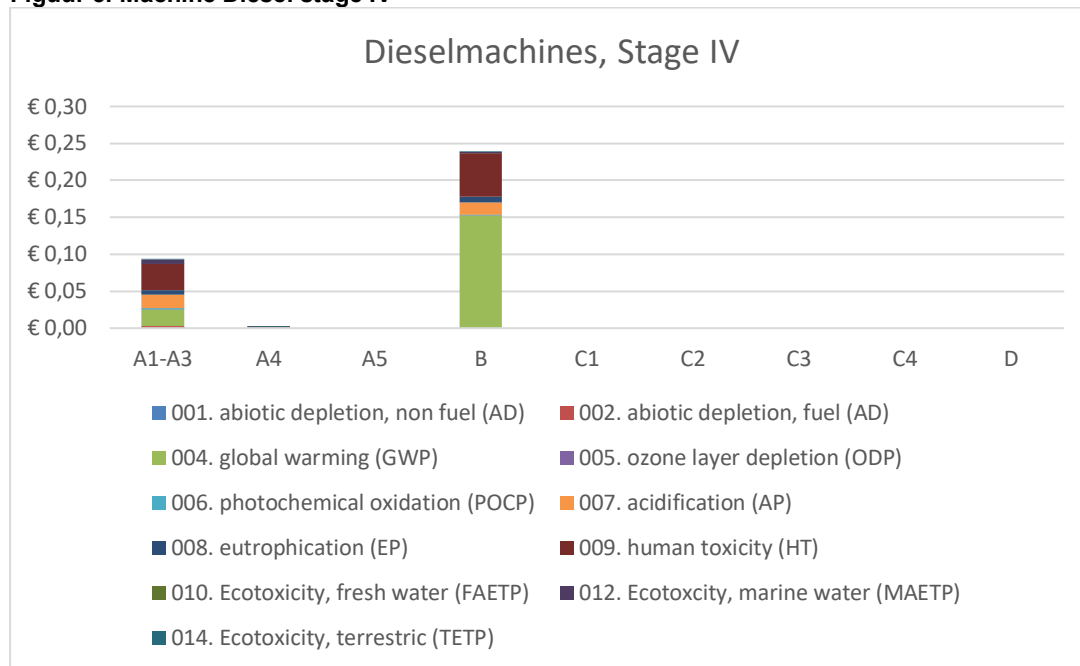


Machine Diesel stage IV gekarakteriseerde resultaten

Tabel 5: Machine diesel stage IV

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,331	€ 0,09	€ 0,002	€ 0,00	€ 0,24	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,62E-06	1,10E-06	1,10E-06	0,00E+00	5,41E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,38E-02	2,06E-02	1,11E-04	0,00E+00	3,09E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,50E+00	4,43E-01	1,49E-02	0,00E+00	3,04E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,12E-07	5,66E-07	2,49E-09	0,00E+00	4,37E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,07E-03	6,51E-04	9,40E-06	0,00E+00	4,13E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	8,79E-03	4,67E-03	5,27E-05	0,00E+00	3,72E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,55E-03	6,44E-04	8,36E-06	0,00E+00	8,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,06E+00	3,95E-01	7,40E-03	0,00E+00	6,56E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,05E-02	1,51E-02	1,89E-04	0,00E+00	5,22E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,82E+01	5,44E+01	6,88E-01	0,00E+00	1,31E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,03E-02	8,52E-04	4,15E-05	0,00E+00	9,43E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,83E-01	8,18E-02	1,54E-02	0,00E+00	4,85E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,37E+01	4,67E+01	2,57E-01	0,00E+00	6,72E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,40E-03	3,32E-04	1,54E-05	0,00E+00	5,05E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,32E-04	1,22E-04	6,19E-07	0,00E+00	9,90E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,23E-01	9,95E-03	1,72E-02	0,00E+00	9,63E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,43E-04	3,17E-04	1,61E-06	0,00E+00	2,44E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 5: Machine Diesel stage IV

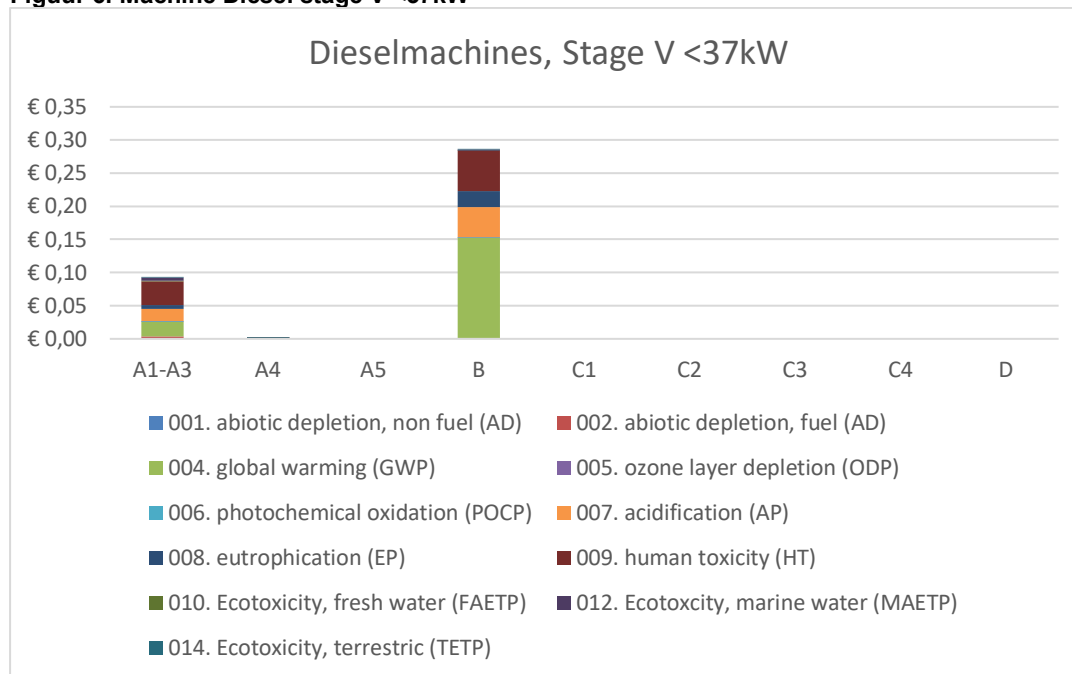


Machine Diesel stage V <37kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 6: Machine diesel stage V <37kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,38	€ 0,09	€ 0,002	€ 0,00	€ 0,29	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,62E-06	1,10E-06	1,10E-06	0,00E+00	5,41E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,38E-02	2,06E-02	1,11E-04	0,00E+00	3,09E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,50E+00	4,43E-01	1,49E-02	0,00E+00	3,04E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,12E-07	5,66E-07	2,49E-09	0,00E+00	4,37E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,07E-03	6,51E-04	9,40E-06	0,00E+00	4,13E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,60E-02	4,67E-03	5,27E-05	0,00E+00	1,12E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	3,41E-03	6,44E-04	8,36E-06	0,00E+00	2,76E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,08E+00	3,95E-01	7,40E-03	0,00E+00	6,74E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,05E-02	1,51E-02	1,89E-04	0,00E+00	5,22E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,82E+01	5,44E+01	6,88E-01	0,00E+00	1,31E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,03E-02	8,52E-04	4,15E-05	0,00E+00	9,43E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,83E-01	8,18E-02	1,54E-02	0,00E+00	4,85E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,37E+01	4,67E+01	2,57E-01	0,00E+00	6,72E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,40E-03	3,32E-04	1,54E-05	0,00E+00	5,05E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,32E-04	1,22E-04	6,19E-07	0,00E+00	9,90E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,23E-01	9,95E-03	1,72E-02	0,00E+00	9,63E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,43E-04	3,17E-04	1,61E-06	0,00E+00	2,44E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 6: Machine Diesel stage V <37kW

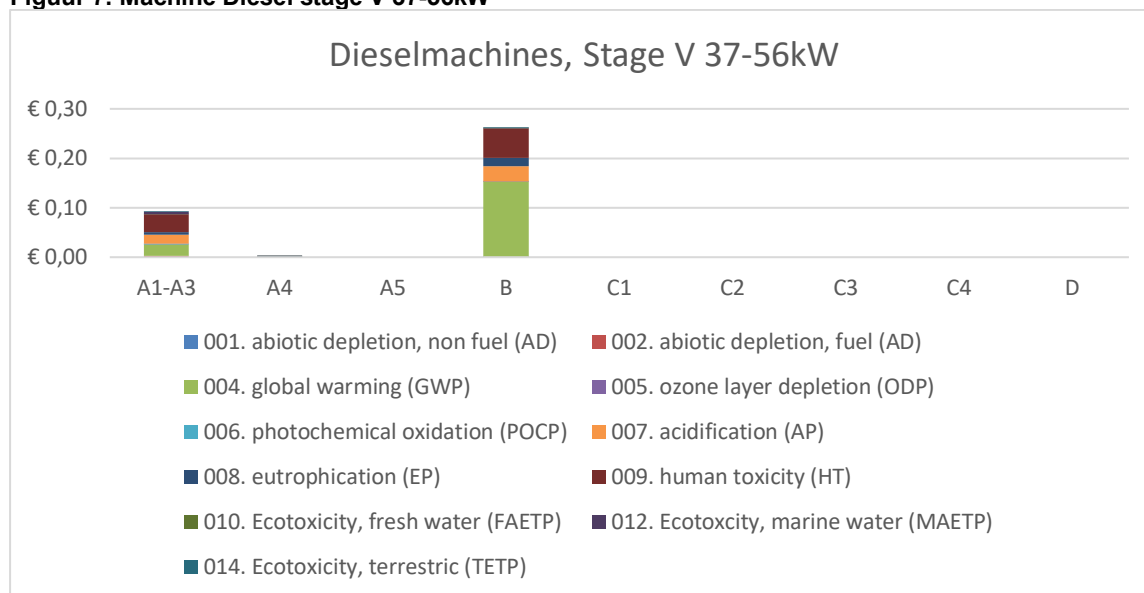


Machine Diesel stage V 37-56kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 7: Machine diesel stage V 37-56kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,36	€ 0,09	€ 0,002	€ 0,00	€ 0,26	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,62E-06	1,10E-06	1,10E-06	0,00E+00	5,41E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,38E-02	2,06E-02	1,11E-04	0,00E+00	3,09E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,50E+00	4,43E-01	1,49E-02	0,00E+00	3,04E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,12E-07	5,66E-07	2,49E-09	0,00E+00	4,37E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,07E-03	6,51E-04	9,40E-06	0,00E+00	4,13E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,23E-02	4,67E-03	5,27E-05	0,00E+00	7,62E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,47E-03	6,44E-04	8,36E-06	0,00E+00	1,82E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,07E+00	3,95E-01	7,40E-03	0,00E+00	6,66E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,05E-02	1,51E-02	1,89E-04	0,00E+00	5,22E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,82E+01	5,44E+01	6,88E-01	0,00E+00	1,31E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,03E-02	8,52E-04	4,15E-05	0,00E+00	9,43E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,83E-01	8,18E-02	1,54E-02	0,00E+00	4,85E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,37E+01	4,67E+01	2,57E-01	0,00E+00	6,72E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,40E-03	3,32E-04	1,54E-05	0,00E+00	5,05E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,32E-04	1,22E-07	6,19E-07	0,00E+00	9,90E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,23E-01	9,95E-03	1,72E-02	0,00E+00	9,63E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,43E-04	3,17E-04	1,61E-06	0,00E+00	2,44E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 7: Machine Diesel stage V 37-56kW

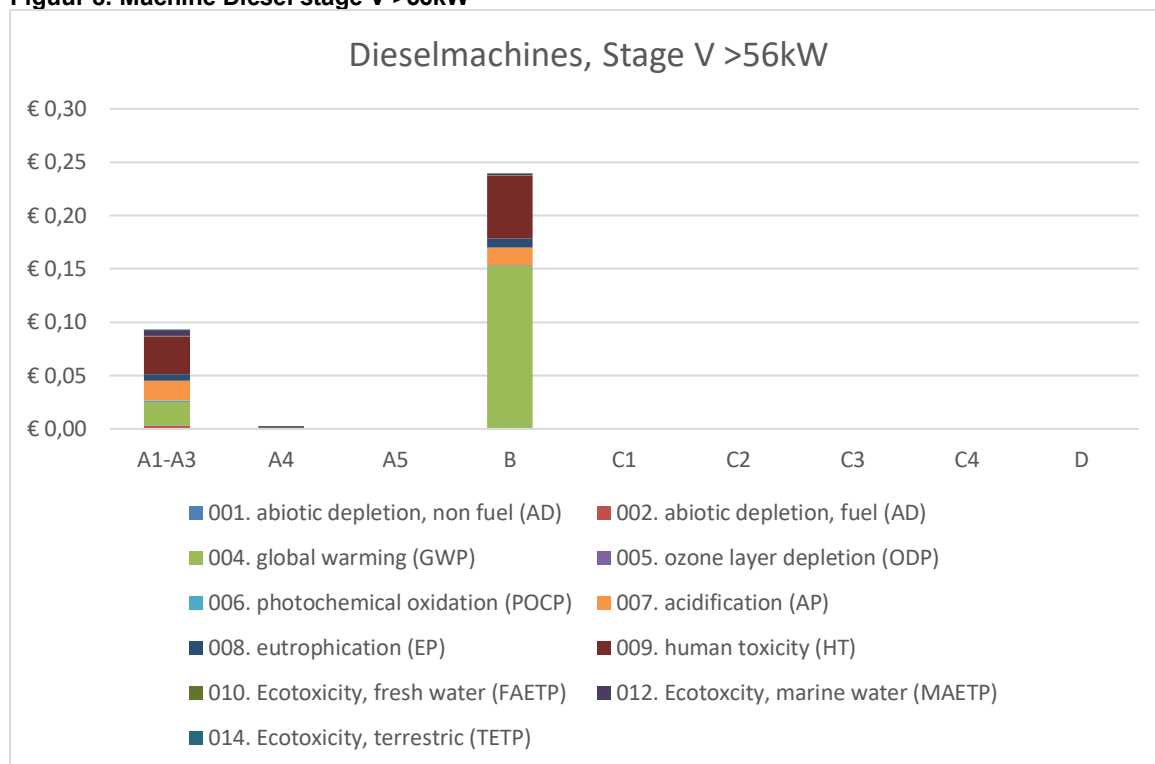


Machine Diesel stage V >56kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 8: Machine diesel stage V >56kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,33	€ 0,09	€ 0,002	€ 0,00	€ 0,24	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,62E-06	1,10E-06	1,10E-06	0,00E+00	5,41E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,38E-02	2,06E-02	1,11E-04	0,00E+00	3,09E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,50E+00	4,43E-01	1,49E-02	0,00E+00	3,04E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,12E-07	5,66E-07	2,49E-09	0,00E+00	4,37E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,07E-03	6,51E-04	9,40E-06	0,00E+00	4,13E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	8,87E-03	4,67E-03	5,27E-05	0,00E+00	4,15E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,57E-03	6,44E-04	8,36E-06	0,00E+00	9,14E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,06E+00	3,95E-01	7,40E-03	0,00E+00	6,57E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,05E-02	1,51E-02	1,89E-04	0,00E+00	5,22E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,82E+01	5,44E+01	6,88E-01	0,00E+00	1,31E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,03E-02	8,52E-04	4,15E-05	0,00E+00	9,43E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,83E-01	8,18E-02	1,54E-02	0,00E+00	4,85E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,37E+01	4,67E+01	2,57E-01	0,00E+00	6,72E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,40E-03	3,32E-04	1,54E-05	0,00E+00	5,05E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,32E-04	1,22E-04	6,19E-07	0,00E+00	9,90E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,23E-01	9,95E-03	1,72E-02	0,00E+00	9,63E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,43E-04	3,17E-04	1,61E-06	0,00E+00	2,44E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 8: Machine Diesel stage V >56kW

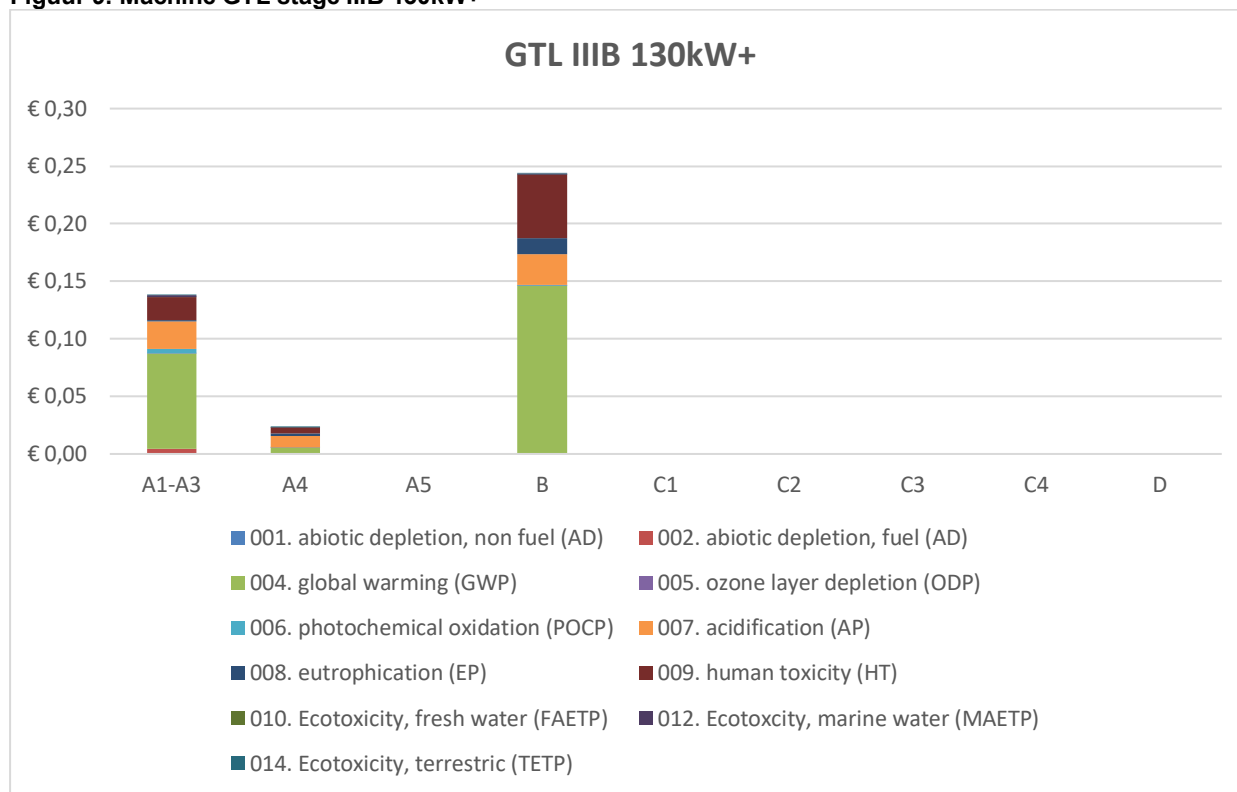


Machine GTL stage IIIB 130kW+gekaracteriseerde resultaten

Tabel 9: Machine GTL stage IIIB 130kW+

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,41	€ 0,14	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,24	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,93E-05	1,32E-05	1,64E-06	0	4,43E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,96E-02	2,63E-02	6,61E-04	0	2,63E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,69E+00	1,67E+00	1,05E-01	0	2,92E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,02E-08	3,74E-08	1,70E-08	0	3,58E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,26E-03	1,78E-03	1,27E-04	0	3,48E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,50E-02	5,94E-03	2,44E-03	0	6,30E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,01E-03	1,68E-04	2,68E-04	0	1,50E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	8,91E-01	2,21E-01	5,64E-02	0	6,12E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	7,71E-03	2,00E-03	9,94E-04	0	4,71E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,22E+01	1,62E+01	4,54E+00	0	1,14E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	9,73E-03	5,90E-04	1,80E-04	0	8,96E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,18E-01	1,47E-01	2,21E-02	0	4,49E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,10E+01	5,38E+01	1,49E+00	0	5,73E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	4,14E-03	7,19E-04	6,50E-05	0	3,36E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,80E-05	5,78E-05	1,60E-06	0	8,52E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,38E-01	2,88E-02	1,84E-02	0	9,04E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,50E-05	4,58E-06	9,74E-06	0	2,07E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 9: Machine GTL stage IIIB 130kW+

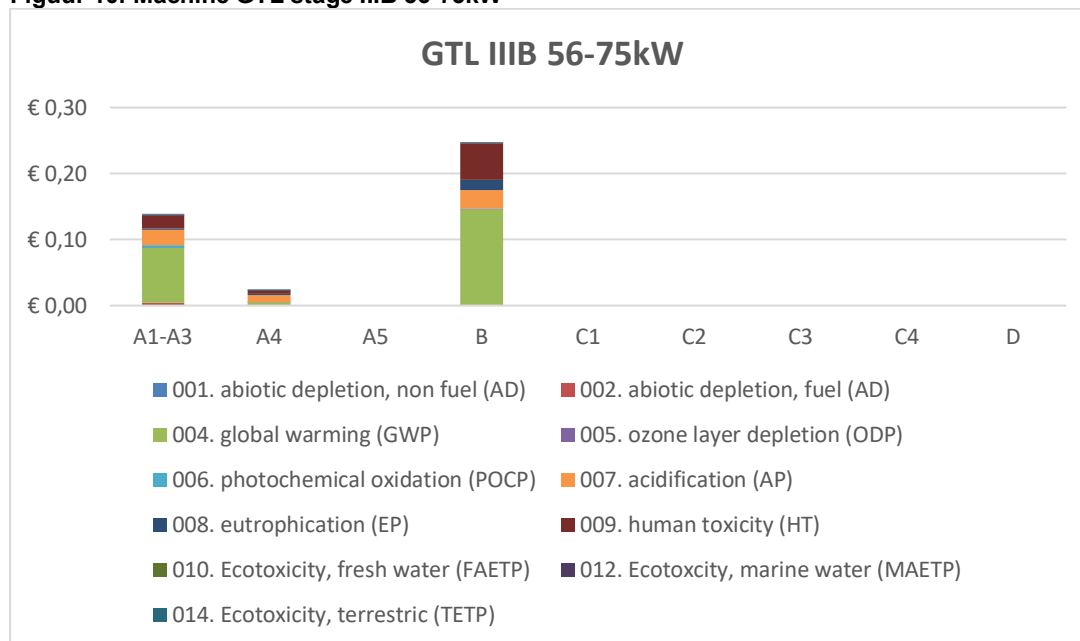


Machine GTL stage IIIB 56-75kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 10: Machine GTL stage IIIB 56-75kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,41	€ 0,14	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,25	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,93E-05	1,32E-05	1,64E-06	0,00E+00	4,43E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,96E-02	2,63E-02	6,61E-04	0,00E+00	2,63E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,69E+00	1,67E+00	1,05E-01	0,00E+00	2,92E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,02E-08	3,74E-08	1,70E-08	0,00E+00	3,58E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,26E-03	1,78E-03	1,27E-04	0,00E+00	3,48E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,54E-02	5,94E-03	2,44E-03	0,00E+00	7,02E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,12E-03	1,68E-04	2,68E-04	0,00E+00	1,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	8,92E-01	2,21E-01	5,64E-02	0,00E+00	6,14E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	7,71E-03	2,00E-03	9,94E-04	0,00E+00	4,71E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,22E+01	1,62E+01	4,54E+00	0,00E+00	1,14E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	9,73E-03	5,90E-04	1,80E-04	0,00E+00	8,96E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,18E-01	1,47E-01	2,21E-02	0,00E+00	4,49E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,10E+01	5,38E+01	1,49E+00	0,00E+00	5,73E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	4,14E-03	7,19E-04	6,50E-05	0,00E+00	3,36E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,80E-05	5,78E-05	1,60E-06	0,00E+00	8,52E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,38E-01	2,88E-02	1,84E-02	0,00E+00	9,04E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,50E-05	4,58E-06	9,74E-06	0,00E+00	2,07E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 10: Machine GTL stage IIIB 56-75kW

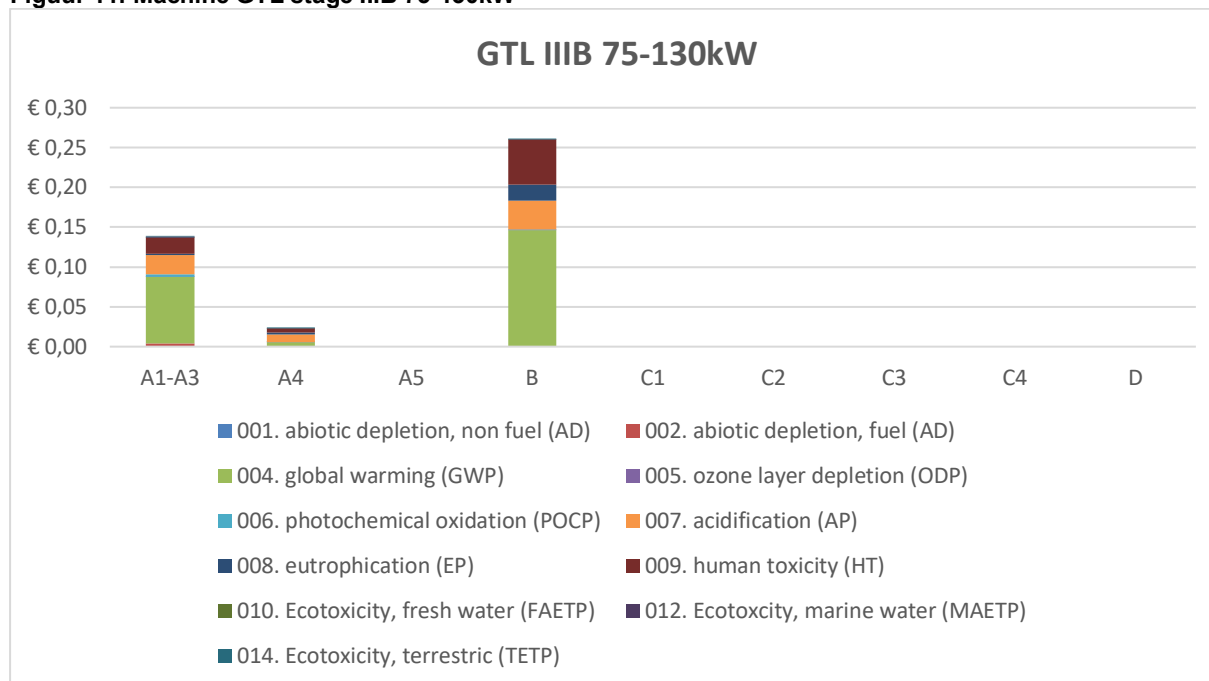


Machine GTL stage IIIB 75-130kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 11: Machine GTL stage IIIB 75k-130W

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,14	€ 0,02	€ 0,14	€ 0,00	€ 0,26	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,93E-05	1,32E-05	1,64E-06	0,00E+00	4,43E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,96E-02	2,63E-02	6,61E-04	0,00E+00	2,63E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,69E+00	1,67E+00	1,05E-01	0,00E+00	2,92E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,02E-08	3,74E-08	1,70E-08	0,00E+00	3,58E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,26E-03	1,78E-03	1,27E-04	0,00E+00	3,48E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,75E-02	5,94E-03	2,44E-03	0,00E+00	9,13E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,67E-03	1,68E-04	2,68E-04	0,00E+00	2,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	8,97E-01	2,21E-01	5,64E-02	0,00E+00	6,19E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	7,71E-03	2,00E-03	9,94E-04	0,00E+00	4,71E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,22E+01	1,62E+01	4,54E+00	0,00E+00	1,14E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	9,73E-03	5,90E-04	1,80E-04	0,00E+00	8,96E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,18E-01	1,47E-01	2,21E-02	0,00E+00	4,49E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,10E+01	5,38E+01	1,49E+00	0,00E+00	5,73E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	4,14E-03	7,19E-04	6,50E-05	0,00E+00	3,36E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,80E-05	5,78E-06	1,60E-06	0,00E+00	8,52E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,38E-01	2,88E-02	1,84E-02	0,00E+00	9,04E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,50E-05	4,58E-06	9,74E-06	0,00E+00	2,07E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 11: Machine GTL stage IIIB 75-130kW

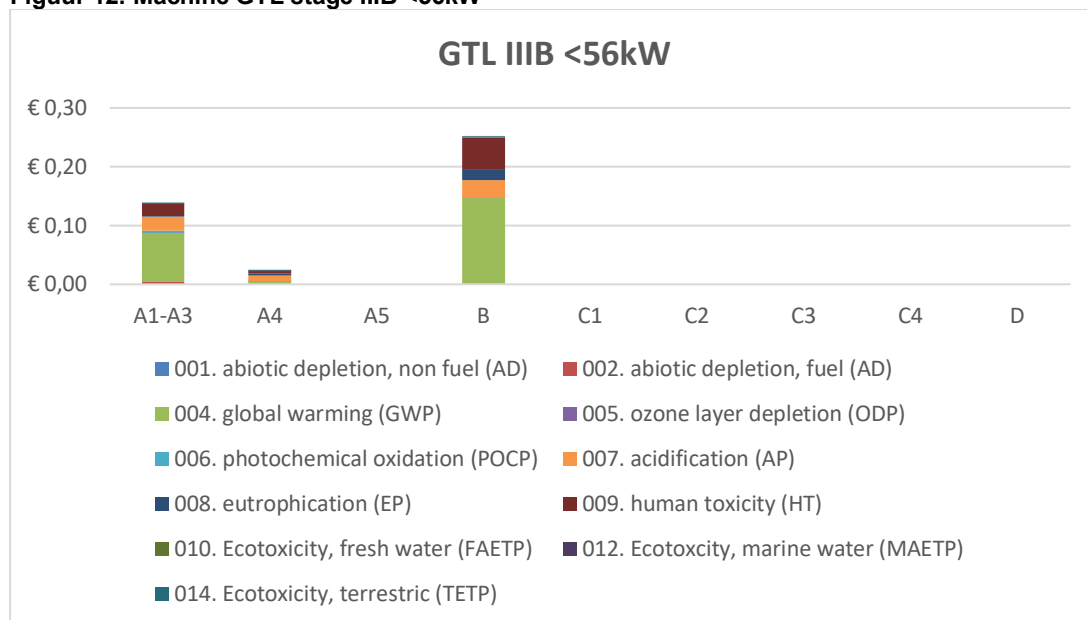


Machine GTL stage IIIB <56kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 12: Machine GTL stage IIIB <56kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,41	€ 0,14	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,25	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,93E-05	1,32E-05	1,64E-06	0,00E+00	4,43E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,96E-02	2,63E-02	6,61E-04	0,00E+00	2,63E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,69E+00	1,67E+00	1,05E-01	0,00E+00	2,92E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,02E-08	3,74E-08	1,70E-08	0,00E+00	3,58E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,26E-03	1,78E-03	1,27E-04	0,00E+00	3,48E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,60E-02	5,94E-03	2,44E-03	0,00E+00	7,63E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,28E-03	1,68E-04	2,68E-04	0,00E+00	1,85E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	8,93E-01	2,21E-01	5,64E-02	0,00E+00	6,16E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	7,71E-03	2,00E-03	9,94E-04	0,00E+00	4,71E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,22E+01	1,62E+01	4,54E+00	0,00E+00	1,14E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	9,73E-03	5,90E-04	1,80E-04	0,00E+00	8,96E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,18E-01	1,47E-01	2,21E-02	0,00E+00	4,49E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,10E+01	5,38E+01	1,49E+00	0,00E+00	5,73E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	4,14E-03	7,19E-04	6,50E-05	0,00E+00	3,36E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,80E-05	5,78E-05	1,60E-06	0,00E+00	8,52E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,38E-01	2,88E-02	1,84E-02	0,00E+00	9,04E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,50E-05	4,58E-06	9,74E-06	0,00E+00	2,07E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 12: Machine GTL stage IIIB <56kW

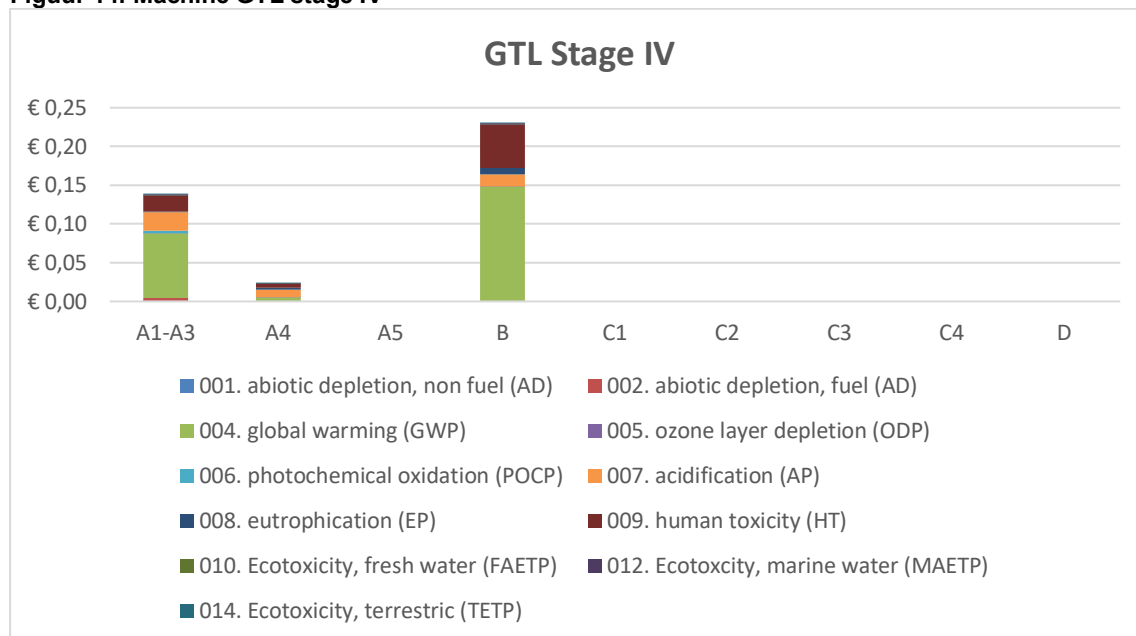


Machine GTL stage IV gekarakteriseerde resultaten

Tabel 13: Machine GTL stage IV

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,39	€ 0,14	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,23	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,96E-05	1,32E-05	1,64E-06	0,00E+00	4,81E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,97E-02	2,63E-02	6,61E-04	0,00E+00	2,82E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,72E+00	1,67E+00	1,05E-01	0,00E+00	2,95E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,35E-08	3,74E-08	1,70E-08	0,00E+00	3,91E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,27E-03	1,78E-03	1,27E-04	0,00E+00	3,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,23E-02	5,94E-03	2,44E-03	0,00E+00	3,90E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,30E-03	1,68E-04	2,68E-04	0,00E+00	8,62E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	9,04E-01	2,21E-01	5,64E-02	0,00E+00	6,26E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	7,87E-03	2,00E-03	9,94E-04	0,00E+00	4,88E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,29E+01	1,62E+01	4,54E+00	0,00E+00	1,21E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	9,76E-03	5,90E-04	1,80E-04	0,00E+00	8,99E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,27E-01	1,47E-01	2,21E-02	0,00E+00	4,58E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,14E+01	5,38E+01	1,49E+00	0,00E+00	6,13E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,35E-03	7,19E-04	6,50E-05	0,00E+00	4,57E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,84E-05	5,78E-05	1,60E-06	0,00E+00	8,96E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,38E-01	2,88E-02	1,84E-02	0,00E+00	9,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,62E-05	4,58E-06	9,74E-06	0,00E+00	2,19E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 14: Machine GTL stage IV

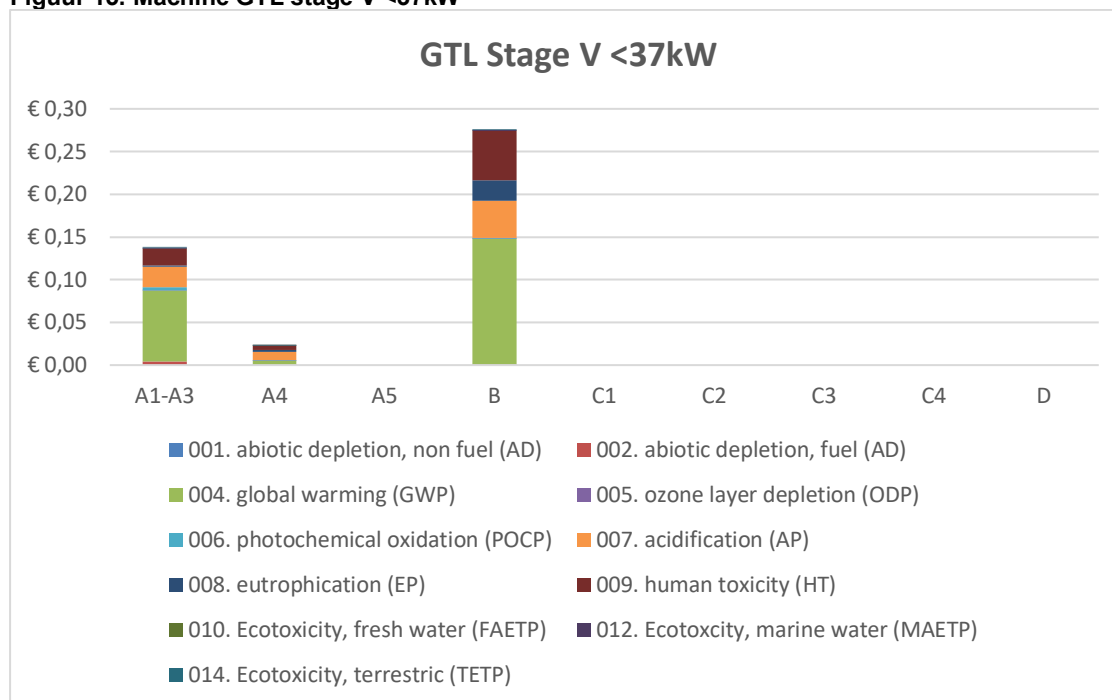


Machine GTL stage V <37kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 15: Machine GTL stage V <37kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,44	€ 0,14	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,28	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,96E-05	1,32E-05	1,64E-06	0,00E+00	4,81E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,97E-02	2,63E-02	6,61E-04	0,00E+00	2,82E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,72E+00	1,67E+00	1,05E-01	0,00E+00	2,95E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,35E-08	3,74E-08	1,70E-08	0,00E+00	3,91E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,27E-03	1,78E-03	1,27E-04	0,00E+00	3,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,93E-02	5,94E-03	2,44E-03	0,00E+00	1,09E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	3,12E-03	1,68E-04	2,68E-04	0,00E+00	2,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	9,21E-01	2,21E-01	5,64E-02	0,00E+00	6,43E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	7,87E-03	2,00E-03	9,94E-04	0,00E+00	4,88E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,29E+01	1,62E+01	4,54E+00	0,00E+00	1,21E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	9,76E-03	5,90E-04	1,80E-04	0,00E+00	8,99E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,27E-01	1,47E-01	2,21E-02	0,00E+00	4,58E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,14E+01	5,38E+01	1,49E+00	0,00E+00	6,13E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,35E-03	7,19E-04	6,50E-05	0,00E+00	4,57E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,84E-05	5,78E-05	1,60E-06	0,00E+00	8,96E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,38E-01	2,88E-02	1,84E-02	0,00E+00	9,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,62E-05	4,58E-06	9,74E-06	0,00E+00	2,19E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 15: Machine GTL stage V <37kW

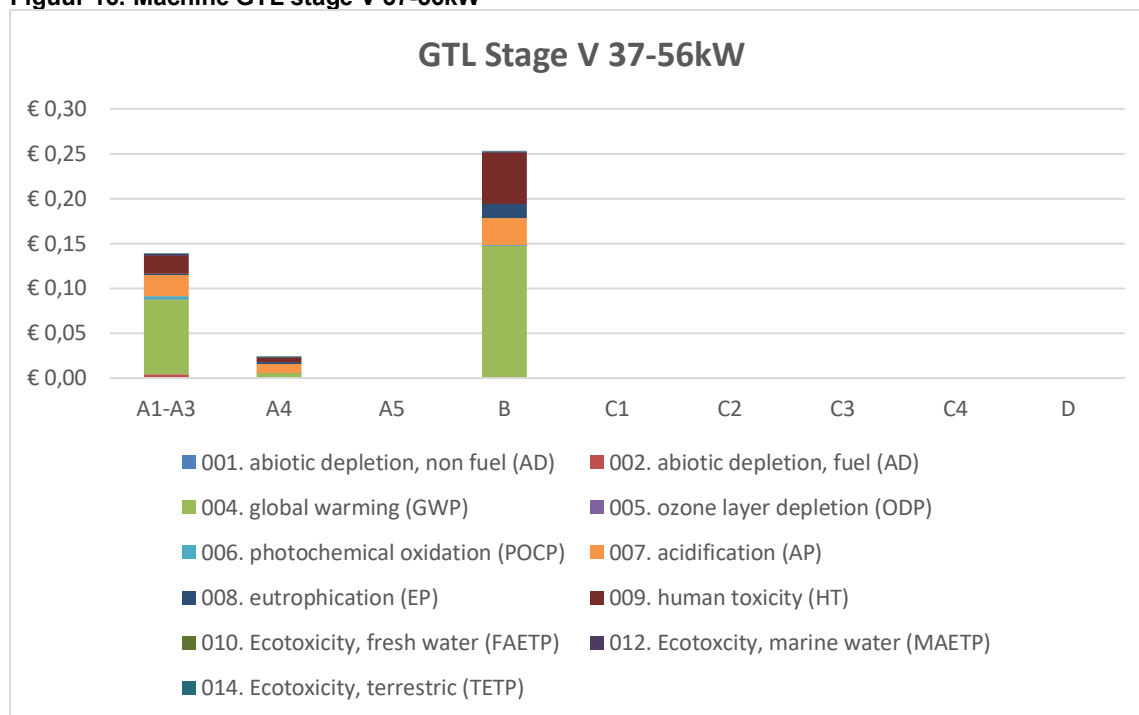


Machine GTL stage V 37-56kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 16: Machine GTL stage V 37-56kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,41	€ 0,14	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,25	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,96E-05	1,32E-05	1,64E-06	0,00E+00	4,81E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,97E-02	2,63E-02	6,61E-04	0,00E+00	2,82E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,72E+00	1,67E+00	1,05E-01	0,00E+00	2,95E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,35E-08	3,74E-08	1,70E-08	0,00E+00	3,91E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,27E-03	1,78E-03	1,27E-04	0,00E+00	3,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,57E-02	5,94E-03	2,44E-03	0,00E+00	7,34E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,19E-03	1,68E-04	2,68E-04	0,00E+00	1,76E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	9,12E-01	2,21E-01	5,64E-02	0,00E+00	6,34E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	7,87E-03	2,00E-03	9,94E-04	0,00E+00	4,88E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,29E+01	1,62E+01	4,54E+00	0,00E+00	1,21E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	9,76E-03	5,90E-04	1,80E-04	0,00E+00	8,99E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,27E-01	1,47E-01	2,21E-02	0,00E+00	4,58E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,14E+01	5,38E+01	1,49E+00	0,00E+00	6,13E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,35E-03	7,19E-04	6,50E-05	0,00E+00	4,57E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,84E-05	5,78E-05	1,60E-06	0,00E+00	8,96E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,38E-01	2,88E-02	1,84E-02	0,00E+00	9,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,62E-05	4,58E-06	9,74E-06	0,00E+00	2,19E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 16: Machine GTL stage V 37-56kW

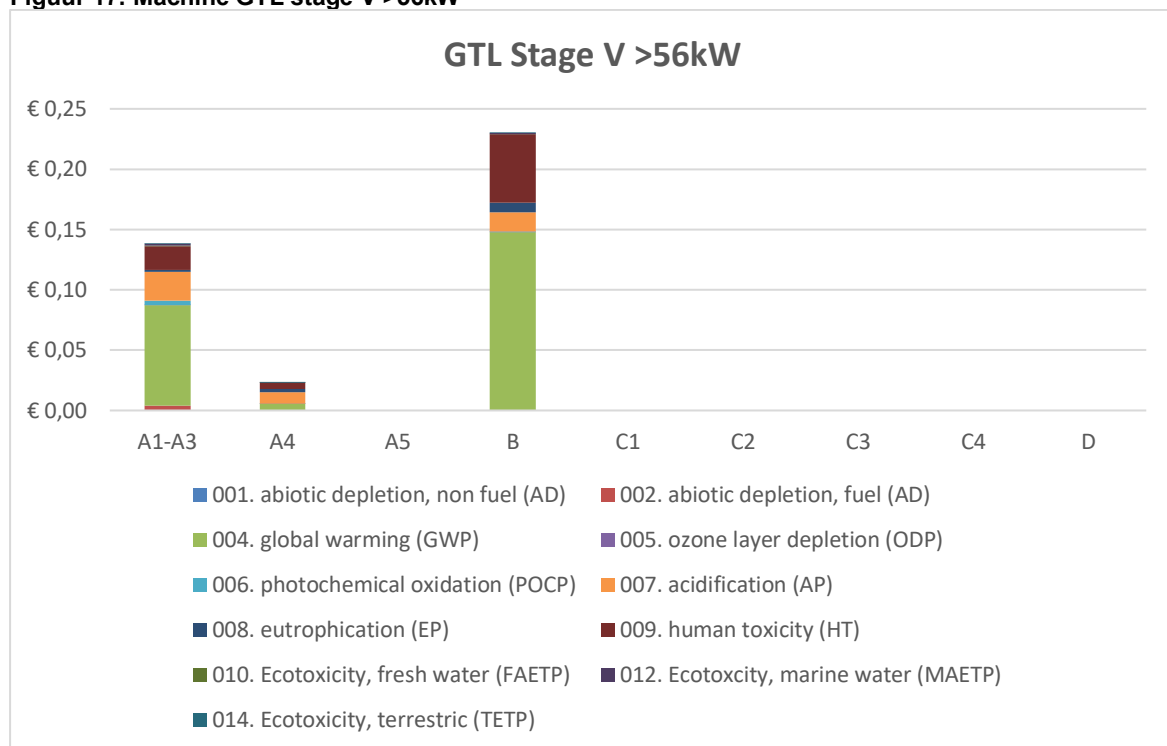


Machine GTL stage V >56kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 17: Machine GTL stage V >56kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,39	€ 0,14	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,23	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,96E-05	1,32E-05	1,64E-06	0,00E+00	4,81E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,97E-02	2,63E-02	6,61E-04	0,00E+00	2,82E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,72E+00	1,67E+00	1,05E-01	0,00E+00	2,95E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,35E-08	3,74E-08	1,70E-08	0,00E+00	3,91E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,27E-03	1,78E-03	1,27E-04	0,00E+00	3,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,24E-02	5,94E-03	2,44E-03	0,00E+00	3,97E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,32E-03	1,68E-04	2,68E-04	0,00E+00	8,82E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	9,04E-01	2,21E-01	5,64E-02	0,00E+00	6,26E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	7,87E-03	2,00E-03	9,94E-04	0,00E+00	4,88E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,29E+01	1,62E+01	4,54E+00	0,00E+00	1,21E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	9,76E-03	5,90E-04	1,80E-04	0,00E+00	8,99E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,27E-01	1,47E-01	2,21E-02	0,00E+00	4,58E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,14E+01	5,38E+01	1,49E+00	0,00E+00	6,13E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,35E-03	7,19E-04	6,50E-05	0,00E+00	4,57E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,84E-05	5,78E-05	1,60E-06	0,00E+00	8,96E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,38E-01	2,88E-02	1,84E-02	0,00E+00	9,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,62E-05	4,58E-06	9,74E-06	0,00E+00	2,19E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

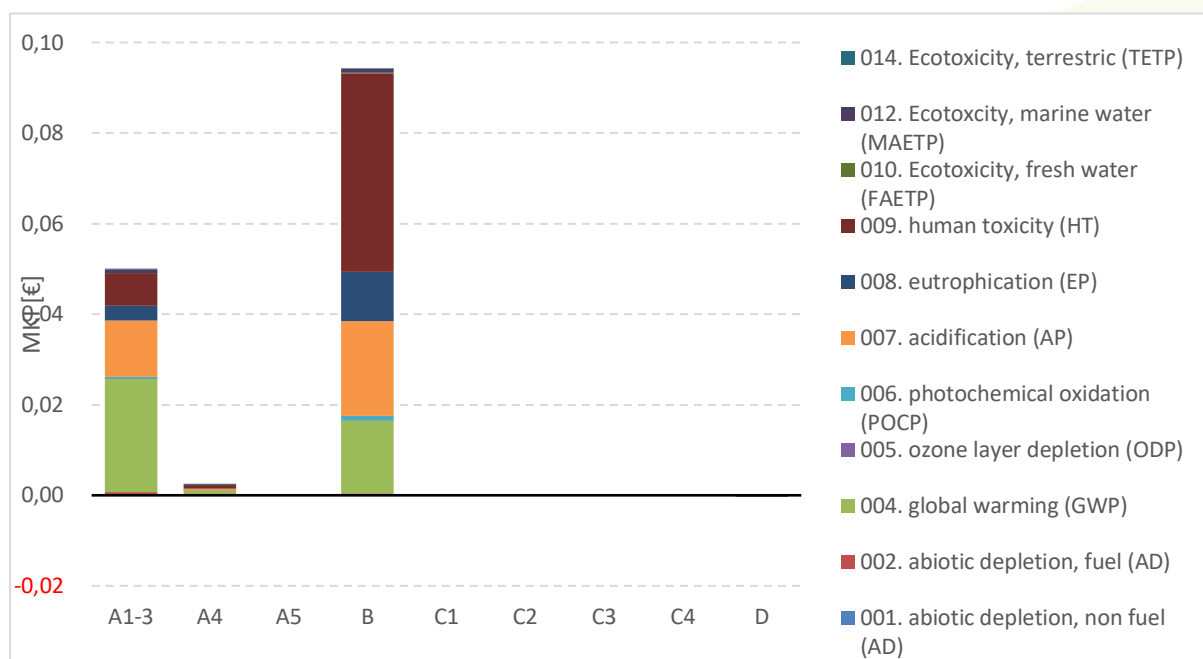
Figuur 17: Machine GTL stage V >56kW



Machine HVO stage IIIB 75-130 kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 18: Machine HVO stage IIIB 75-130 kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,15	€ 0,05	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,09	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	6,93E-06	2,08E-06	1,25E-06	0,00E+00	3,47E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	7,10E-03	4,58E-03	1,41E-04	0,00E+00	2,40E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,53E-05
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	8,41E-01	5,01E-01	1,94E-02	0,00E+00	3,24E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3,07E-03
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,18E-08	6,14E-08	3,12E-09	0,00E+00	2,71E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,53E-10
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	6,78E-04	2,01E-04	1,17E-05	0,00E+00	4,76E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,07E-05
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	8,44E-03	3,11E-03	8,93E-05	0,00E+00	5,23E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,97E-06
008. eutrophication (EP)	kg PO4-- eq	1,60E-03	3,62E-04	1,64E-05	0,00E+00	1,22E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-06
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	5,75E-01	8,01E-02	8,54E-03	0,00E+00	4,87E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-8,45E-04
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	4,98E-03	1,62E-03	2,34E-04	0,00E+00	3,03E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,05E-04
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,72E+01	7,20E+00	8,03E-01	0,00E+00	8,91E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,85E-01
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	2,87E-03	3,41E-04	4,62E-05	0,00E+00	2,15E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,27E-04
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,64E-01	9,21E-02	1,54E-02	0,00E+00	2,50E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,17E-03
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,44E+01	9,45E+00	3,18E-01	0,00E+00	4,60E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,45E-03
108. Secondary material (kg)	kg	3,64E-01	9,21E-02	1,54E-02	0,00E+00	2,50E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,17E-03
104. Water, fresh water use (m3)	m3	2,58E-05	1,05E-05	7,83E-07	0,00E+00	1,53E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-6,56E-07
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,66E-01	3,29E-02	1,68E-02	0,00E+00	6,26E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,37E-02
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	3,08E-05	1,55E-05	1,94E-06	0,00E+00	1,30E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,27E-07
107. Waste, radioactive (kg)	kg	6,93E-06	2,08E-06	1,25E-06	0,00E+00	3,47E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-07

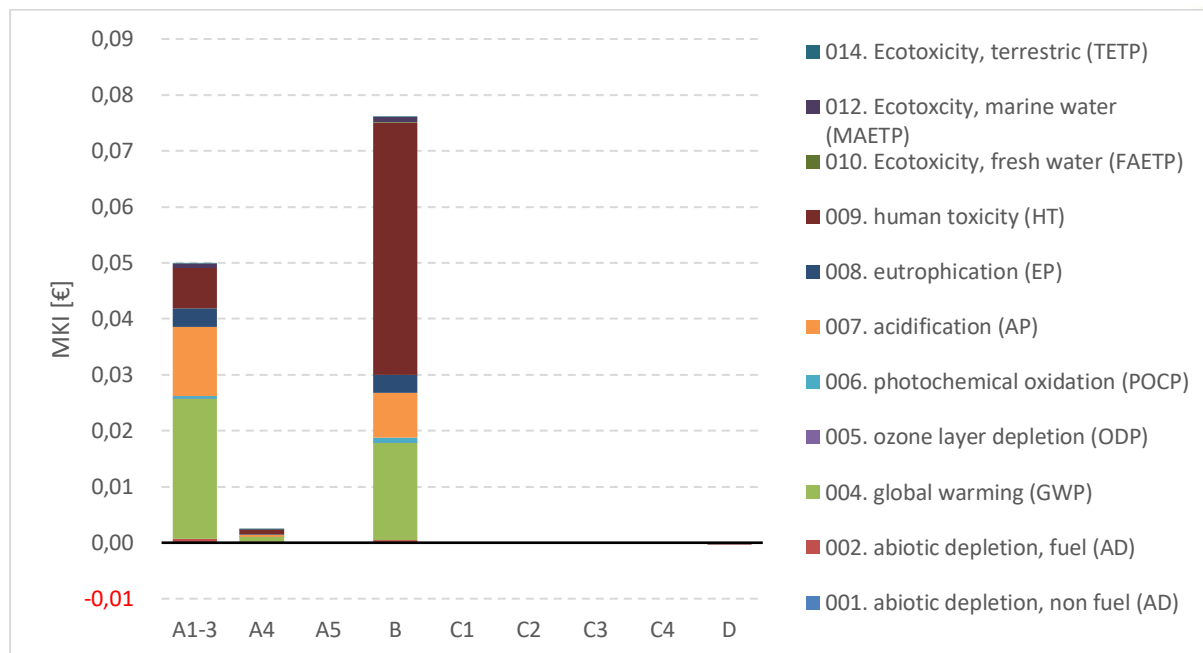


Figuur 18: Machine HVO stage IIIB 75-130 kW

Machine HVO stage IV 75-130 kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 19: Machine HVO stage IV 75-130 kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,13	€ 0,05	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,08	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,39E-06	2,08E-06	1,25E-06	0,00E+00	3,93E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	7,33E-03	4,58E-03	1,41E-04	0,00E+00	2,63E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,53E-05
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	8,65E-01	5,01E-01	1,94E-02	0,00E+00	3,48E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3,07E-03
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,58E-08	6,14E-08	3,12E-09	0,00E+00	3,11E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,53E-10
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	6,89E-04	2,01E-04	1,17E-05	0,00E+00	4,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,07E-05
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	5,20E-03	3,11E-03	8,93E-05	0,00E+00	1,99E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,97E-06
008. eutrophication (EP)	kg PO4-- eq	7,40E-04	3,62E-04	1,64E-05	0,00E+00	3,61E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-06
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	5,88E-01	8,01E-02	8,54E-03	0,00E+00	5,00E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-8,45E-04
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	5,18E-03	1,62E-03	2,34E-04	0,00E+00	3,22E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,05E-04
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,80E+01	7,20E+00	8,03E-01	0,00E+00	9,73E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,85E-01
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	2,90E-03	3,41E-04	4,62E-05	0,00E+00	2,19E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,27E-04
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,74E-01	9,21E-02	1,54E-02	0,00E+00	2,61E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,17E-03
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,49E+01	9,45E+00	3,18E-01	0,00E+00	5,08E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,45E-03
108. Secondary material (kg)	kg	3,74E-01	9,21E-02	1,54E-02	0,00E+00	2,61E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,17E-03
104. Water, fresh water use (m3)	m3	2,64E-05	1,05E-05	7,83E-07	0,00E+00	1,58E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-6,56E-07
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,67E-01	3,29E-02	1,68E-02	0,00E+00	6,37E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,37E-02
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	3,22E-05	1,55E-05	1,94E-06	0,00E+00	1,44E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,27E-07
107. Waste, radioactive (kg)	kg	7,39E-06	2,08E-06	1,25E-06	0,00E+00	3,93E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-07

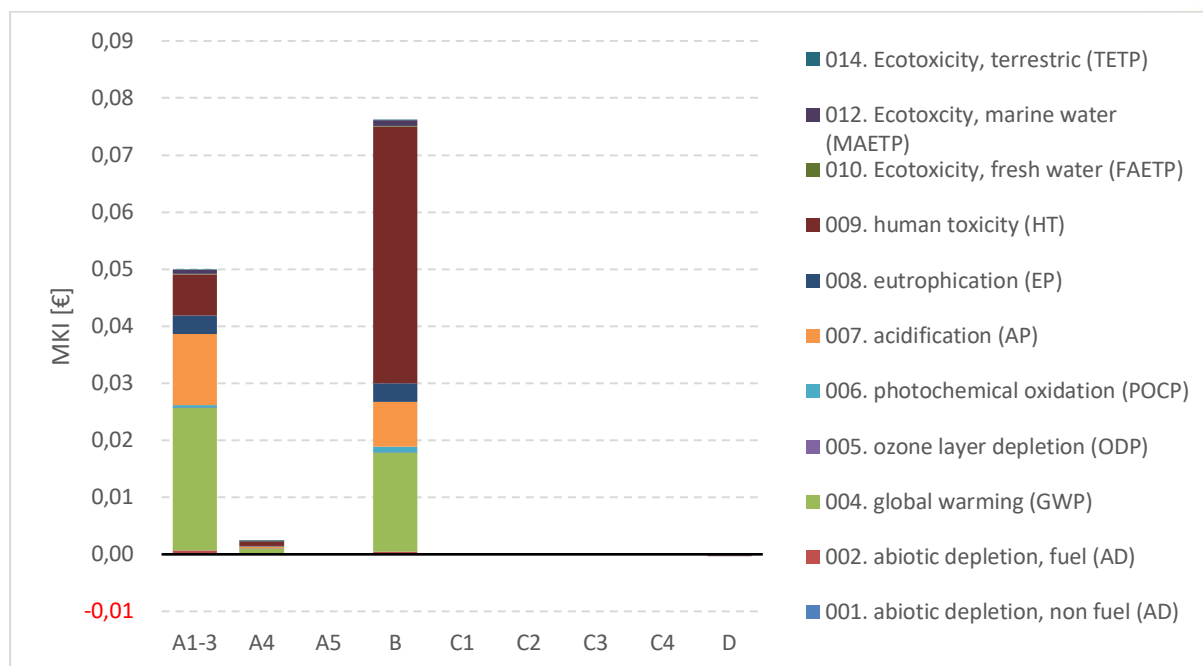


Figuur 19: Machine HVO stage IV 75-130 kW

Machine HVO stage V 75-130 kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 20: Machine HVO stage V 75-130 kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,13	€ 0,05	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,08	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,39E-06	2,08E-06	1,25E-06	0,00E+00	3,93E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	7,33E-03	4,58E-03	1,41E-04	0,00E+00	2,63E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,53E-05
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	8,65E-01	5,01E-01	1,94E-02	0,00E+00	3,48E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3,07E-03
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,58E-08	6,14E-08	3,12E-09	0,00E+00	3,11E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,53E-10
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	6,89E-04	2,01E-04	1,17E-05	0,00E+00	4,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,07E-05
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	5,20E-03	3,11E-03	8,93E-05	0,00E+00	1,99E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,97E-06
008. eutrophication (EP)	kg PO4-- eq	7,40E-04	3,62E-04	1,64E-05	0,00E+00	3,61E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-06
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	5,88E-01	8,01E-02	8,54E-03	0,00E+00	5,00E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-8,45E-04
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	5,18E-03	1,62E-03	2,34E-04	0,00E+00	3,22E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,05E-04
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,80E+01	7,20E+00	8,03E-01	0,00E+00	9,73E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,85E-01
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	2,90E-03	3,41E-04	4,62E-05	0,00E+00	2,19E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,27E-04
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,74E-01	9,21E-02	1,54E-02	0,00E+00	2,61E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,17E-03
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,49E+01	9,45E+00	3,18E-01	0,00E+00	5,08E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,45E-03
108. Secondary material (kg)	kg	3,74E-01	9,21E-02	1,54E-02	0,00E+00	2,61E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,17E-03
104. Water, fresh water use (m3)	m3	2,64E-05	1,05E-05	7,83E-07	0,00E+00	1,58E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-6,56E-07
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,67E-01	3,29E-02	1,68E-02	0,00E+00	6,37E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,37E-02
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	3,22E-05	1,55E-05	1,94E-06	0,00E+00	1,44E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,27E-07
107. Waste, radioactive (kg)	kg	7,39E-06	2,08E-06	1,25E-06	0,00E+00	3,93E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-07

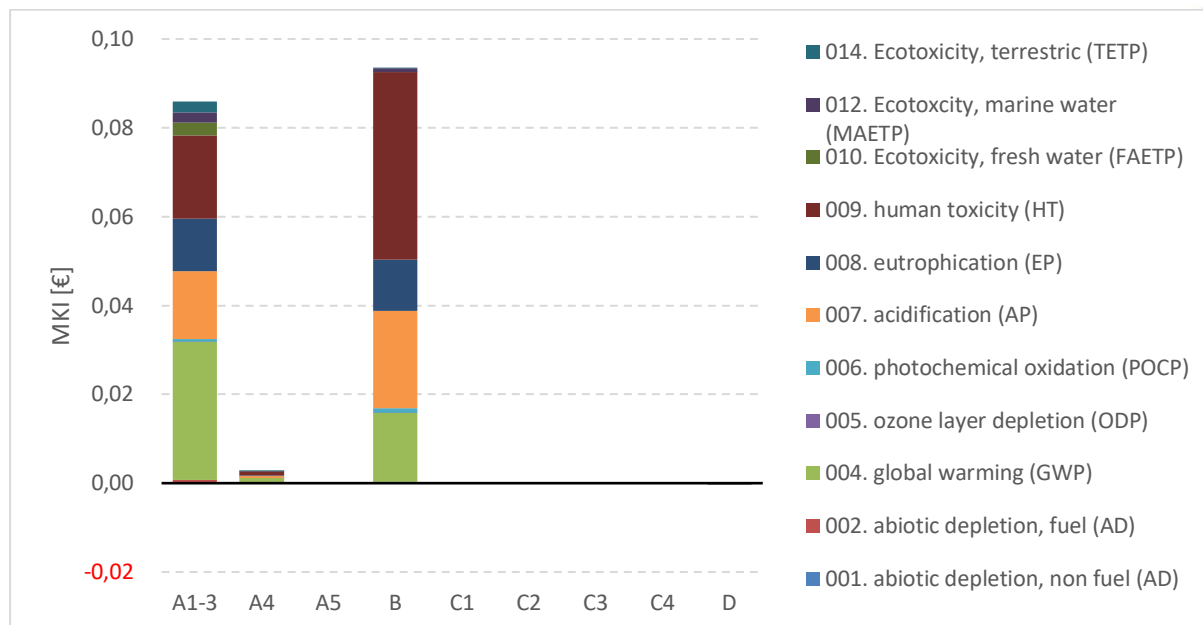


Figuur 20: Machine HVO stage V 75-130 kW

Machine FAME stage IIIB 75-130 kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 21: Machine FAME stage IIIB 75-130 kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,18	€ 0,09	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,09	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,67E-05	1,18E-05	1,43E-06	0,00E+00	3,33E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,28E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	7,08E-03	4,63E-03	1,60E-04	0,00E+00	2,31E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,47E-05
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	9,51E-01	6,21E-01	2,21E-02	0,00E+00	3,11E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-2,95E-03
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,06E-07	7,62E-08	3,56E-09	0,00E+00	2,60E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,43E-10
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	8,12E-04	3,53E-04	1,34E-05	0,00E+00	4,56E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,03E-05
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	9,39E-03	3,80E-03	1,02E-04	0,00E+00	5,49E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,78E-06
008. eutrophication (EP)	kg PO4-- eq	2,63E-03	1,32E-03	1,88E-05	0,00E+00	1,29E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-06
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	6,85E-01	2,07E-01	9,75E-03	0,00E+00	4,68E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-8,12E-04
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,02E-01	9,89E-02	2,67E-04	0,00E+00	2,91E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-04
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,25E+00	2,27E+01	9,17E-01	0,00E+00	8,56E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,74E-01
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,21E-02	3,96E-02	5,27E-05	0,00E+00	2,18E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,14E-04
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,55E+00	3,29E+00	1,76E-02	0,00E+00	2,40E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,92E-03
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,43E+01	9,50E+00	3,63E-01	0,00E+00	4,42E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,35E-03
108. Secondary material (kg)	kg	3,55E+00	3,29E+00	1,76E-02	0,00E+00	2,40E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,92E-03
104. Water, fresh water use (m3)	m3	2,57E-05	1,08E-05	8,93E-07	0,00E+00	1,47E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-6,31E-07
106. Waste, hazardous (kg)	kg	2,32E-01	1,01E-01	1,92E-02	0,00E+00	6,01E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,16E-02
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	3,36E-05	1,86E-05	2,21E-06	0,00E+00	1,24E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,14E-07
107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,67E-05	1,18E-05	1,43E-06	0,00E+00	3,33E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,28E-07

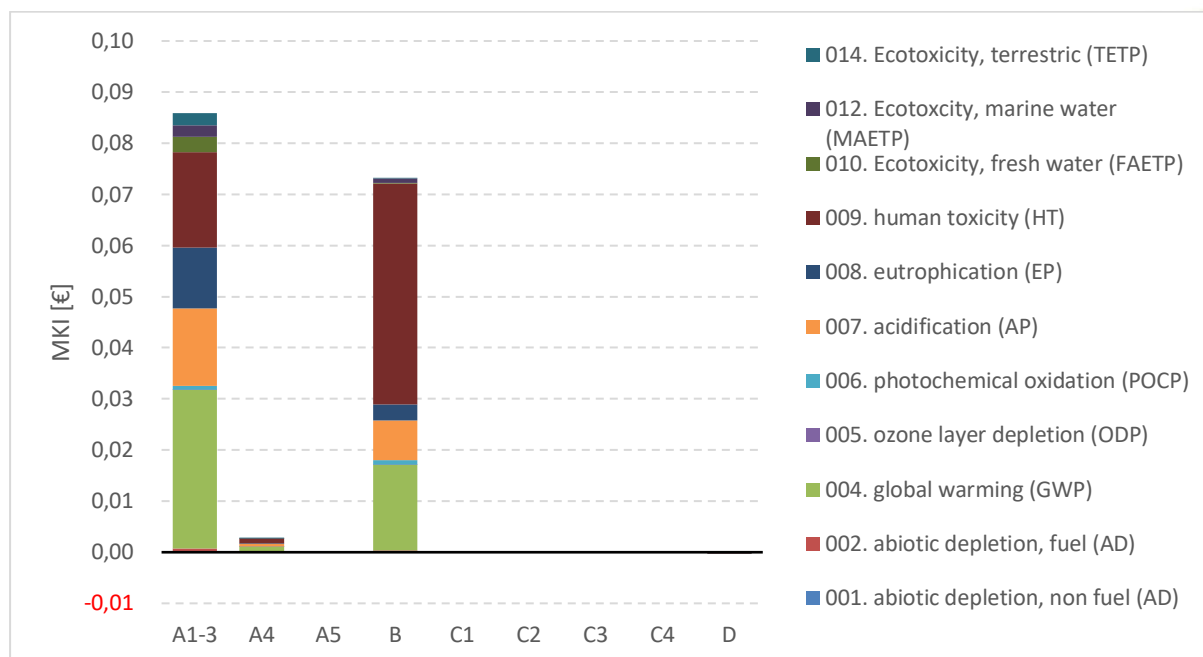


Figuur 21: Machine FAME stage IIIB 75-130 kW

Machine FAME stage IV 75-130 kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 22: Machine FAME stage IV 75-130 kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,16	€ 0,09	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,07	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,71E-05	1,18E-05	1,43E-06	0,00E+00	3,75E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,28E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	7,28E-03	4,63E-03	1,60E-04	0,00E+00	2,51E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,47E-05
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	9,74E-01	6,21E-01	2,21E-02	0,00E+00	3,33E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-2,95E-03
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,10E-07	7,62E-08	3,56E-09	0,00E+00	2,97E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,43E-10
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	8,22E-04	3,53E-04	1,34E-05	0,00E+00	4,66E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,03E-05
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	5,84E-03	3,80E-03	1,02E-04	0,00E+00	1,93E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,78E-06
008. eutrophication (EP)	kg PO4-- eq	1,69E-03	1,32E-03	1,88E-05	0,00E+00	3,53E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-06
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	6,96E-01	2,07E-01	9,75E-03	0,00E+00	4,80E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-8,12E-04
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,02E-01	9,89E-02	2,67E-04	0,00E+00	3,09E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-04
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,32E+01	2,27E+01	9,17E-01	0,00E+00	9,32E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,74E-01
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,21E-02	3,96E-02	5,27E-05	0,00E+00	2,21E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,14E-04
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,56E+00	3,29E+00	1,76E-02	0,00E+00	2,50E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,92E-03
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,47E+01	9,50E+00	3,63E-01	0,00E+00	4,86E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,35E-03
108. Secondary material (kg)	kg	3,56E+00	3,29E+00	1,76E-02	0,00E+00	2,50E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,92E-03
104. Water, fresh water use (m3)	m3	2,62E-05	1,08E-05	8,93E-07	0,00E+00	1,51E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-6,31E-07
106. Waste, hazardous (kg)	kg	2,33E-01	1,01E-01	1,92E-02	0,00E+00	6,12E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,16E-02
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	3,49E-05	1,86E-05	2,21E-06	0,00E+00	1,37E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,14E-07
107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,71E-05	1,18E-05	1,43E-06	0,00E+00	3,75E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,28E-07

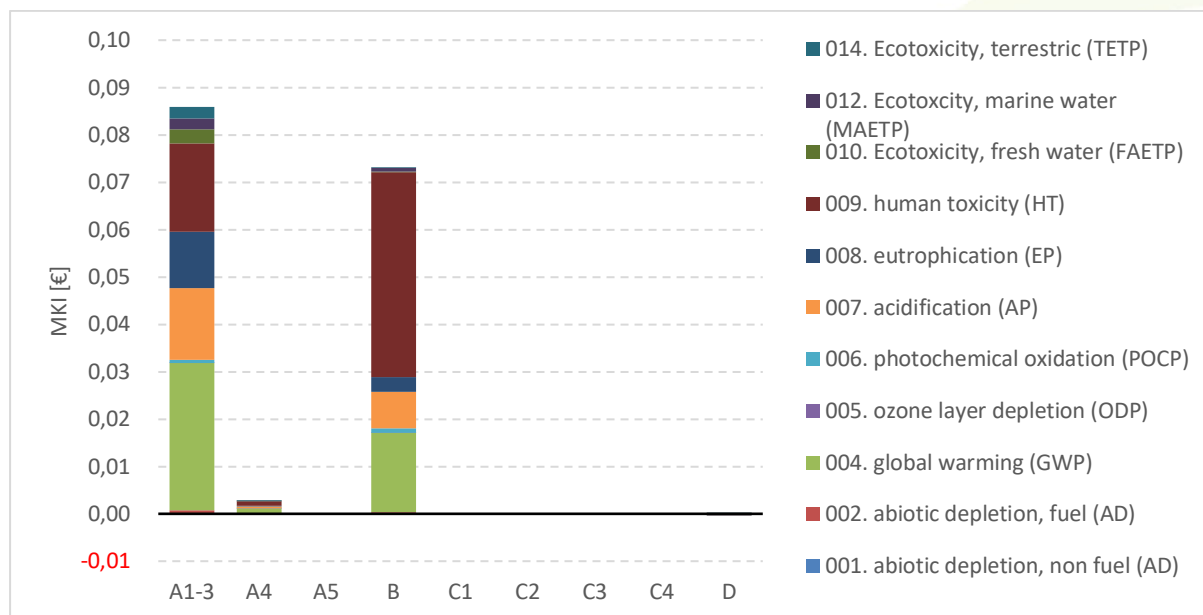


Figuur 22: Machine FAME stage IV 75-130 kW

Machine FAME stage V 75-130 kW gekarakteriseerde resultaten

Tabel 23: Machine FAME stage V 75-130 kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,16	€ 0,09	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,07	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,71E-05	1,18E-05	1,43E-06	0,00E+00	3,75E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,28E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	7,28E-03	4,63E-03	1,60E-04	0,00E+00	2,51E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,47E-05
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	9,74E-01	6,21E-01	2,21E-02	0,00E+00	3,33E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-2,95E-03
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,10E-07	7,62E-08	3,56E-09	0,00E+00	2,97E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,43E-10
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	8,22E-04	3,53E-04	1,34E-05	0,00E+00	4,66E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,03E-05
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	5,84E-03	3,80E-03	1,02E-04	0,00E+00	1,93E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,78E-06
008. eutrophication (EP)	kg PO4-- eq	1,69E-03	1,32E-03	1,88E-05	0,00E+00	3,53E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-06
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	6,96E-01	2,07E-01	9,75E-03	0,00E+00	4,80E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-8,12E-04
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,02E-01	9,89E-02	2,67E-04	0,00E+00	3,09E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-04
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,32E+01	2,27E+01	9,17E-01	0,00E+00	9,31E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,74E-01
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,20E-02	3,96E-02	5,27E-05	0,00E+00	2,10E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,14E-04
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,56E+00	3,29E+00	1,76E-02	0,00E+00	2,50E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,92E-03
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,47E+01	9,50E+00	3,63E-01	0,00E+00	4,86E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,35E-03
108. Secondary material (kg)	kg	3,56E+00	3,29E+00	1,76E-02	0,00E+00	2,50E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,92E-03
104. Water, fresh water use (m3)	m3	2,62E-05	1,08E-05	8,93E-07	0,00E+00	1,51E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-6,31E-07
106. Waste, hazardous (kg)	kg	2,33E-01	1,01E-01	1,92E-02	0,00E+00	6,12E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,16E-02
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	3,49E-05	1,86E-05	2,21E-06	0,00E+00	1,37E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,14E-07
107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,71E-05	1,18E-05	1,43E-06	0,00E+00	3,75E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,28E-07



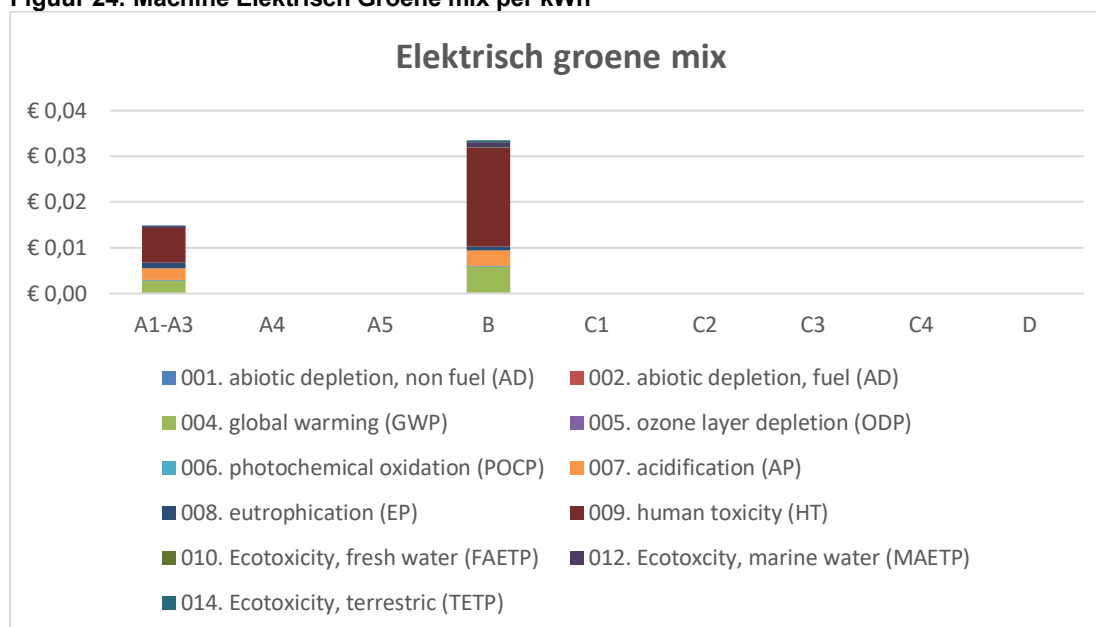
Figuur 23: Machine FAME stage V 75-130 kW

Machine Elektrisch Groene mix gekarakteriseerde resultaten

Tabel 24: Machine Elektrisch Groene mix per kWh

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,05	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,03	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,41E-05	6,29E-06	0,00E+00	0,00E+00	7,84E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,20E-03	3,23E-04	0,00E+00	0,00E+00	8,84E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,70E-01	5,51E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,89E-08	8,08E-09	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,74E-04	8,36E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,11E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,48E-03	6,27E-04	0,00E+00	0,00E+00	8,54E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,34E-04	1,50E-04	0,00E+00	0,00E+00	8,41E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	3,23E-01	8,26E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,40E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	4,97E-03	1,55E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,43E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,52E+01	3,96E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,12E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	9,86E-03	2,54E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,32E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	7,66E+00	7,48E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,78E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,52E+00	6,57E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,87E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	9,13E-04	9,13E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	2,28E-03	9,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	3,48E-05	2,02E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,47E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	5,81E-02	2,33E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,51E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	8,38E-06	2,47E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,94E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 24: Machine Elektrisch Groene mix per kWh

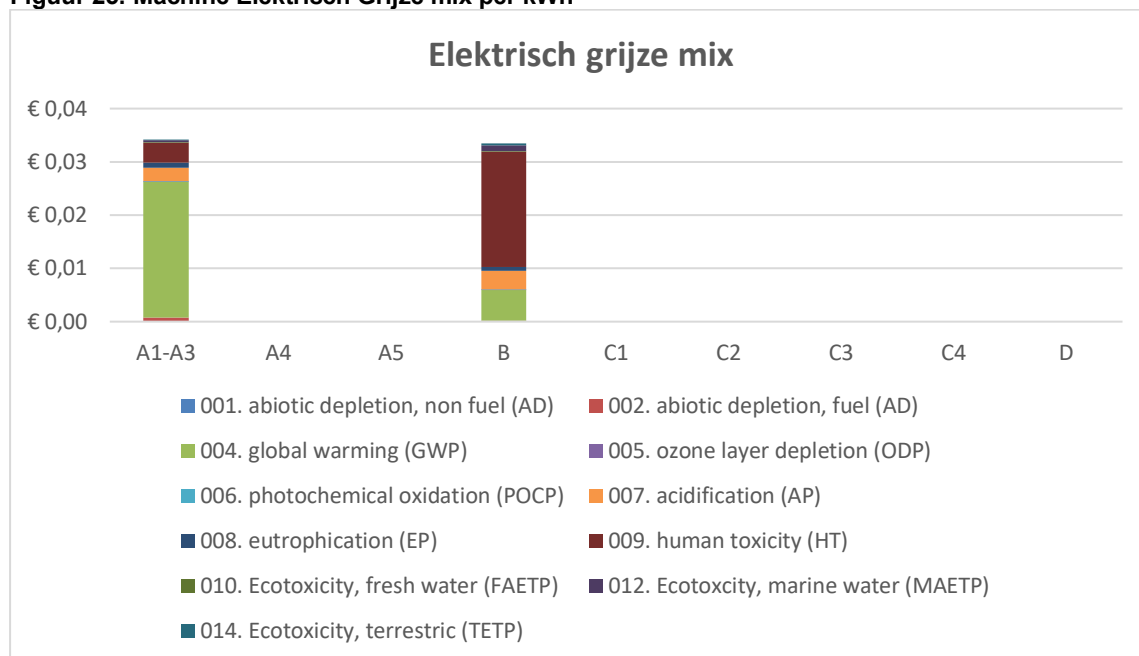


Machine Elektrisch Grijze mix gekarakteriseerde resultaten

Tabel 25: Machine Elektrisch Grijze mix per kWh

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,07	€ 0,03	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,03	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	8,49E-06	6,60E-07	0,00E+00	0,00E+00	7,84E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	5,42E-03	4,54E-03	0,00E+00	0,00E+00	8,84E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	6,25E-01	5,09E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	5,66E-08	4,58E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,64E-04	7,33E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,11E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,49E-03	6,35E-04	0,00E+00	0,00E+00	8,54E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,92E-04	1,08E-04	0,00E+00	0,00E+00	8,41E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	2,82E-01	4,19E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,40E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	4,48E-03	1,05E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,43E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,54E+01	4,15E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,12E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	9,56E-03	2,23E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,32E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	2,07E-01	2,83E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,78E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,12E+01	9,34E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,87E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	1,67E-04	1,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,67E-03	2,35E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	2,31E-05	8,50E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,47E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	4,40E-02	9,16E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,51E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,79E-05	1,20E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,94E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 25: Machine Elektrisch Grijze mix per kWh

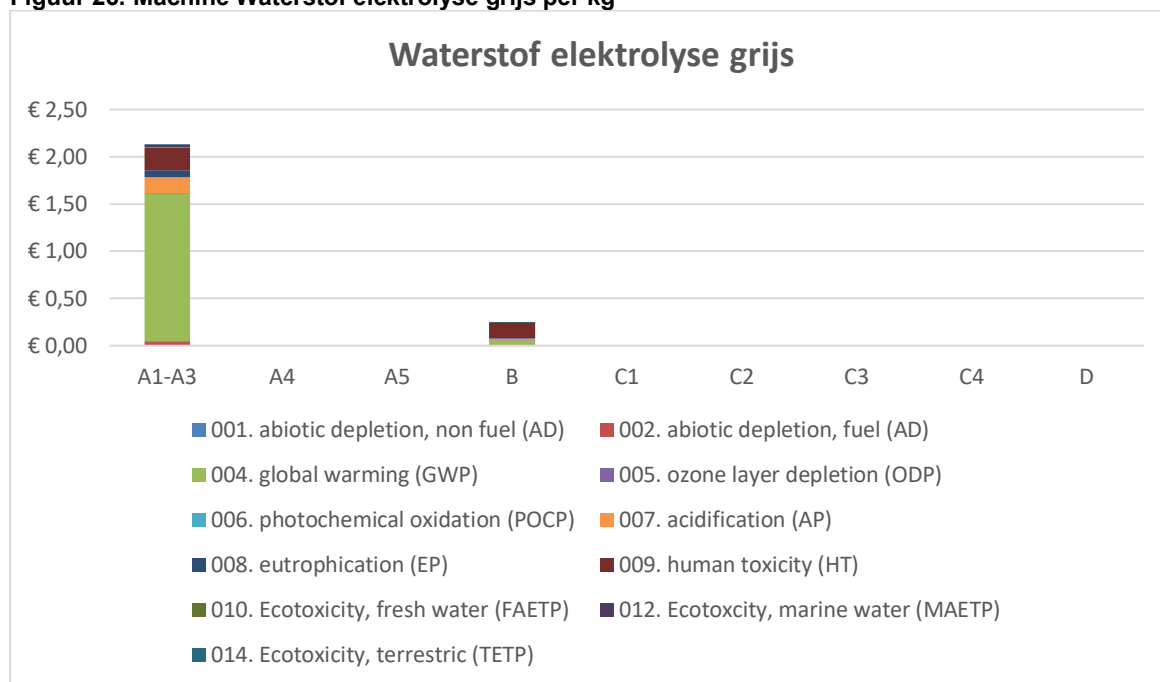


Machine Waterstof elektrolyse grijs gekarakteriseerde resultaten

Tabel 26: Machine Waterstof elektrolyse grijs per kg

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 2,382	€ 2,133	0,00E+00	0,00E+00	€ 0,25	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	5,77E-05	4,31E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,46E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,86E-01	2,78E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,91E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,23E+01	3,12E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,08E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,56E-06	2,97E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,94E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	5,32E-03	4,63E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	4,56E-02	4,12E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,40E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	8,96E-03	8,37E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	4,51E+00	2,69E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,82E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	8,27E-02	6,62E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,65E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,96E+02	2,58E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,86E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,65E-01	1,37E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,88E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,33E+00	1,87E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,47E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,89E+02	5,72E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,70E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	1,02E-02	1,02E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,68E-01	1,57E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	5,50E-04	5,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,92E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	8,72E-01	5,73E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,99E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	7,94E-04	7,39E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,55E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 26: Machine Waterstof elektrolyse grijs per kg

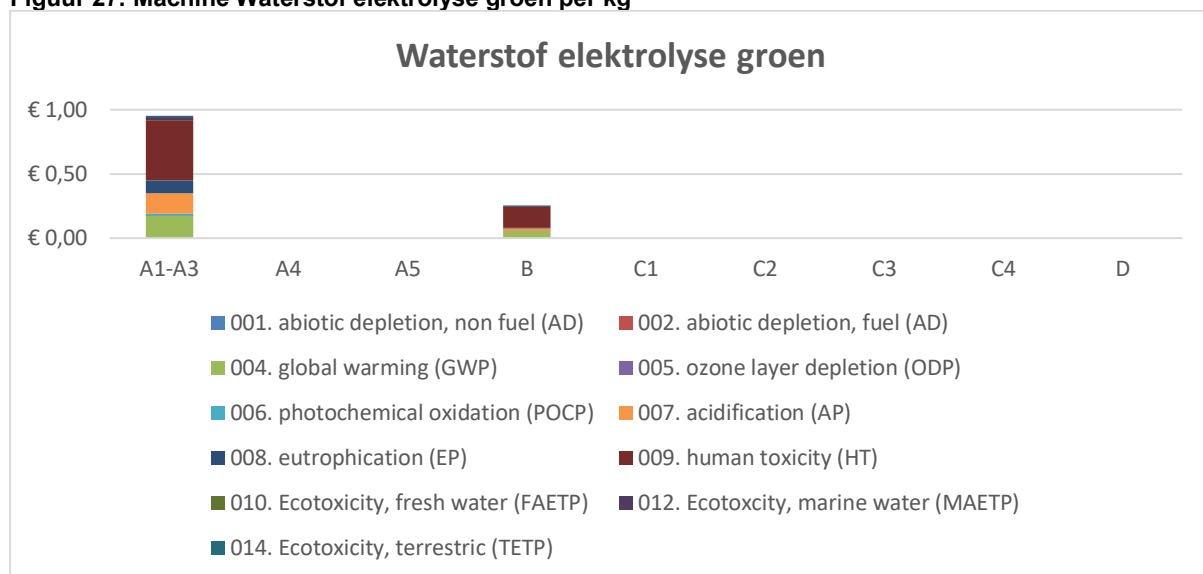


Machine Waterstof elektrolyse groen gekarakteriseerde resultaten

Tabel 27: Machine Waterstof elektrolyse groen per kg

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 1,201	€ 0,952	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,25	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	4,01E-04	3,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,46E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,84E-02	2,05E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,91E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,55E+00	3,48E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,08E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,26E-06	6,66E-07	0,00E+00	0,00E+00	5,94E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	5,94E-03	5,26E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	4,51E-02	4,07E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,40E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,15E-02	1,09E-02	0,00E+00	0,00E+00	5,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	7,00E+00	5,18E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,82E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,13E-01	9,65E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,65E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,85E+02	2,46E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,86E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,84E-01	1,55E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,88E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	4,59E+02	4,57E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,47E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,87E+01	4,17E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,70E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	5,58E-02	5,58E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	8,32E-02	7,24E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,26E-03	1,23E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,92E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,73E+00	1,44E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,99E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	2,13E-04	1,57E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,55E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 27: Machine Waterstof elektrolyse groen per kg

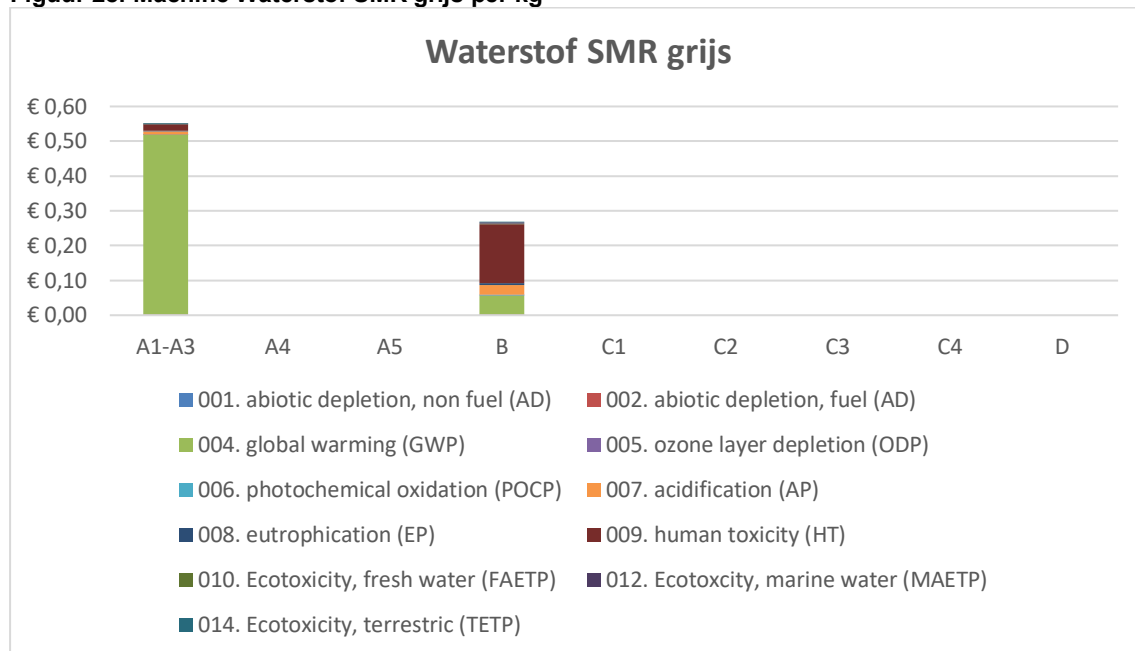


Machine Waterstof SMR grijs gekarakteriseerde resultaten

Tabel 28: Machine Waterstof SMR grijs per kg

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,80	€ 0,55	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,25	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,71E-05	2,51E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,46E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,22E-02	1,43E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,91E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,14E+01	1,03E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,08E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	7,38E-07	1,44E-07	0,00E+00	0,00E+00	5,94E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	9,78E-04	2,93E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	6,57E-03	2,17E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,40E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	9,51E-04	3,64E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	2,01E+00	1,95E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,82E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,02E-02	3,72E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,65E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	5,28E+01	1,42E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,86E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	3,60E-02	7,18E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,88E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,59E+00	1,27E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,47E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	4,63E+01	2,94E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,70E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	5,11E-04	5,11E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,85E-02	7,66E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	5,87E-05	2,95E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,92E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	3,40E-01	4,09E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,99E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	9,38E-05	3,83E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,55E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 28: Machine Waterstof SMR grijs per kg

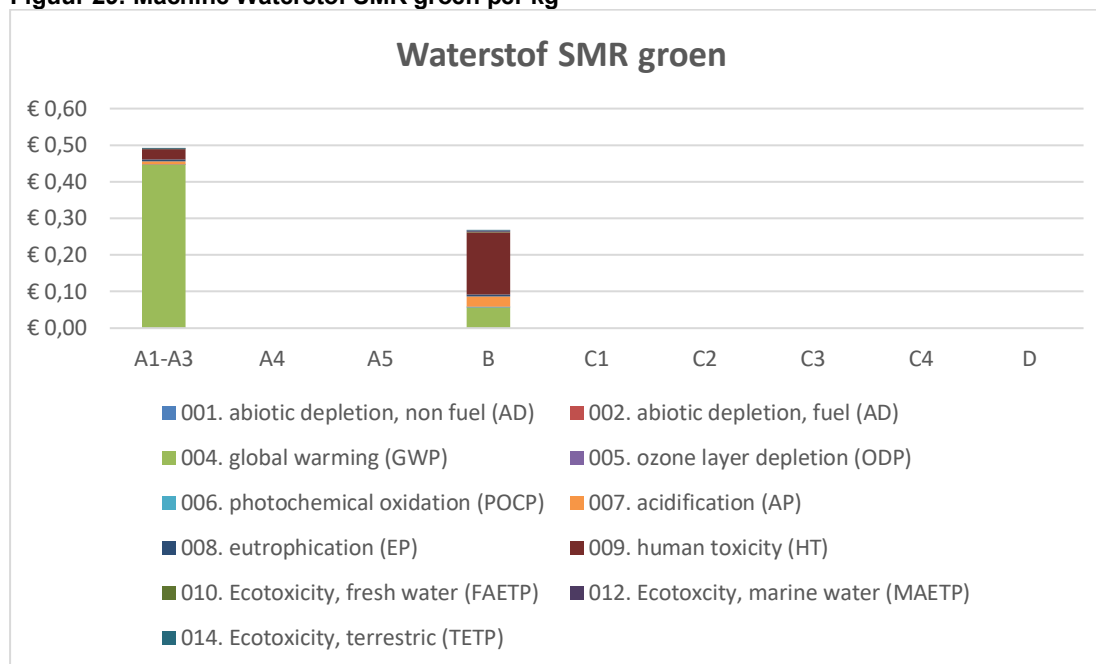


Machine Waterstof SMR groen gekarakteriseerde resultaten

Tabel 29: Machine Waterstof SMR groen per kg

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,74	€ 0,49	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,25	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	3,43E-05	1,97E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,46E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	9,36E-03	1,45E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,91E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,00E+01	8,93E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,08E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,23E-07	2,90E-08	0,00E+00	0,00E+00	5,94E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,01E-03	3,25E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	6,55E-03	2,15E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,40E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,08E-03	4,90E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	2,14E+00	3,20E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,82E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,18E-02	5,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,65E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	5,22E+01	1,36E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,86E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	3,69E-02	8,11E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,88E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	2,44E+01	2,29E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,47E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,98E+01	2,84E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,70E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	2,79E-03	2,79E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,43E-02	3,42E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	9,44E-05	6,52E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,92E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	3,83E-01	8,40E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,99E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	6,47E-05	9,19E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,55E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 29: Machine Waterstof SMR groen per kg

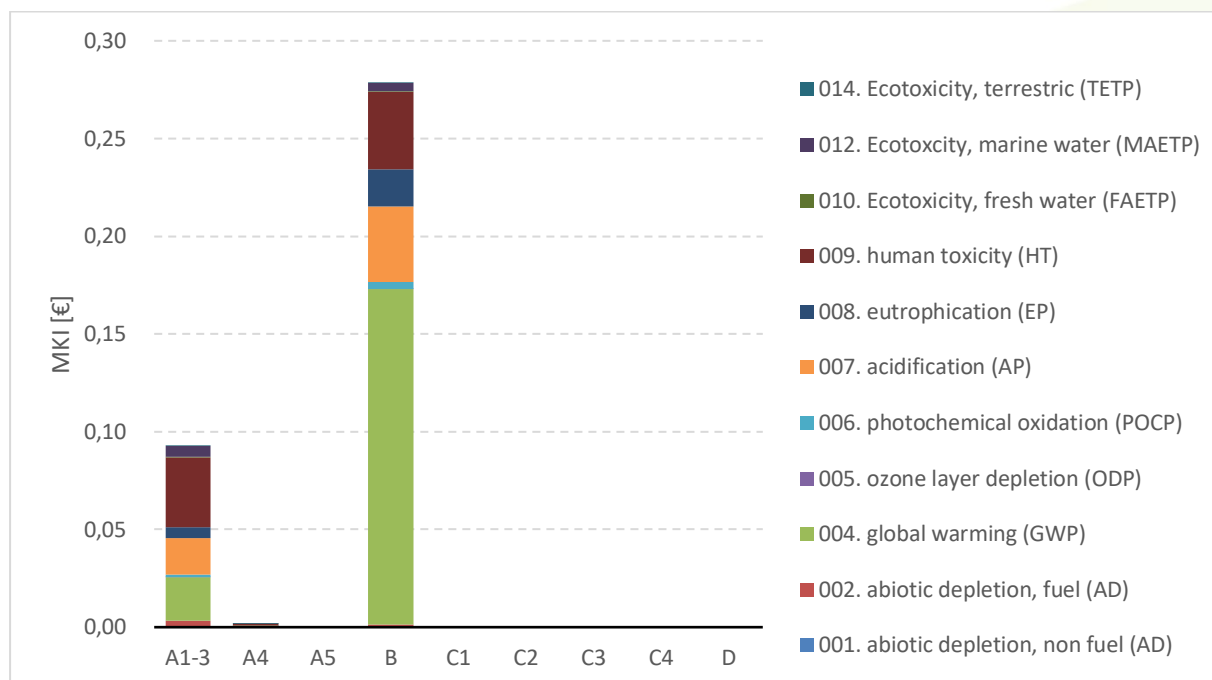


Vrachtwagens

Vrachtwagen Diesel Euro 5 gekarakteriseerde resultaten

Tabel 30: Vrachtwagen Diesel Euro 5, per liter

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,37	€ 0,09	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,28	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	6,69E-05	1,10E-06	1,10E-06	0,00E+00	6,47E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,90E-02	2,06E-02	1,11E-04	0,00E+00	8,21E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,89E+00	4,43E-01	1,51E-02	0,00E+00	3,43E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	7,37E-07	5,66E-07	2,49E-09	0,00E+00	1,69E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,43E-03	6,51E-04	9,46E-06	0,00E+00	1,77E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,44E-02	4,67E-03	5,61E-05	0,00E+00	9,65E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,79E-03	6,44E-04	9,26E-06	0,00E+00	2,13E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	8,41E-01	3,95E-01	7,41E-03	0,00E+00	4,38E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	3,53E-02	1,51E-02	1,89E-04	0,00E+00	2,00E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	9,49E+01	5,44E+01	6,88E-01	0,00E+00	3,98E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,72E-03	8,52E-04	4,16E-05	0,00E+00	3,83E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,17E-01	8,18E-02	1,54E-02	0,00E+00	5,20E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,46E+01	4,67E+01	2,57E-01	0,00E+00	1,76E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	6,17E-01	8,18E-02	1,54E-02	0,00E+00	5,20E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,51E-04	1,22E-04	6,19E-07	0,00E+00	2,85E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	5,34E+00	9,95E-03	1,72E-02	0,00E+00	5,31E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	4,15E-04	3,17E-04	1,61E-06	0,00E+00	9,67E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	6,69E-05	1,10E-06	1,10E-06	0,00E+00	6,47E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

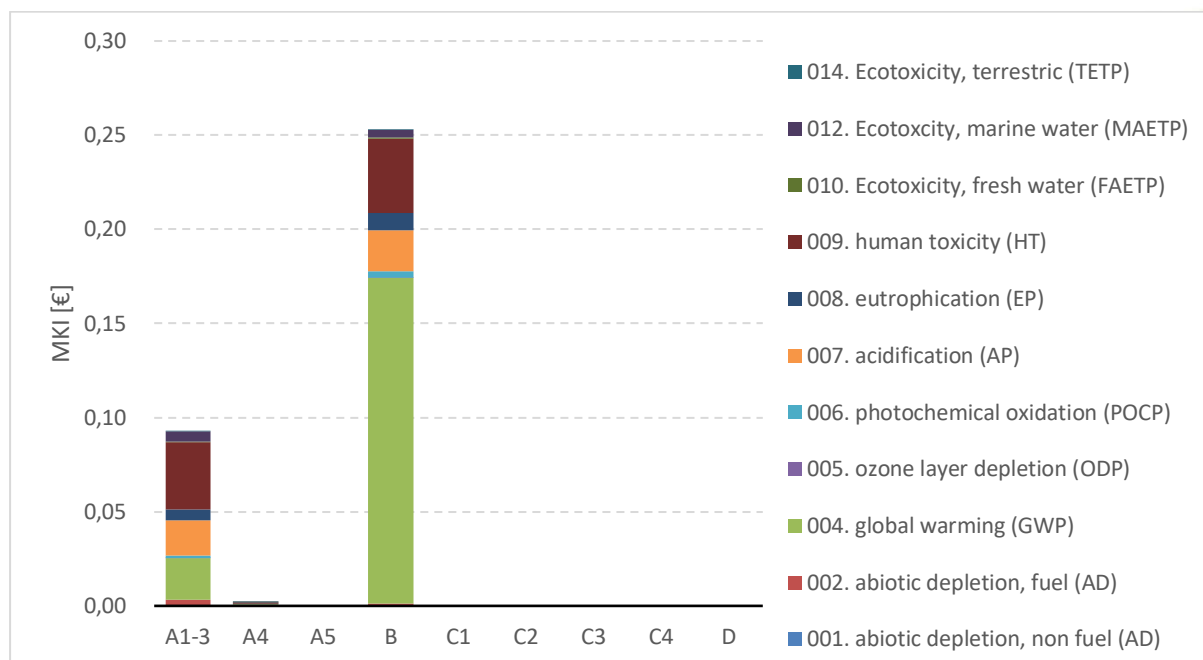


Figuur 30: Vrachtwagen Diesel Euro 5, per liter

Vrachtwagen Diesel Euro 6 gekarakteriseerde resultaten

Tabel 31: Vrachtwagen Diesel Euro 6, per liter

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,35	€ 0,09	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,25	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	6,72E-05	1,10E-06	1,10E-06	0,00E+00	6,50E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,92E-02	2,06E-02	1,11E-04	0,00E+00	8,45E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,91E+00	4,43E-01	1,51E-02	0,00E+00	3,46E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	7,41E-07	5,66E-07	2,49E-09	0,00E+00	1,73E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,38E-03	6,51E-04	9,46E-06	0,00E+00	1,72E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,02E-02	4,67E-03	5,61E-05	0,00E+00	5,46E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,68E-03	6,44E-04	9,26E-06	0,00E+00	1,02E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	8,42E-01	3,95E-01	7,41E-03	0,00E+00	4,39E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	3,54E-02	1,51E-02	1,89E-04	0,00E+00	2,01E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	9,58E+01	5,44E+01	6,88E-01	0,00E+00	4,07E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,75E-03	8,52E-04	4,16E-05	0,00E+00	3,86E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,28E-01	8,18E-02	1,54E-02	0,00E+00	5,31E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,51E+01	4,67E+01	2,57E-01	0,00E+00	1,81E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	6,28E-01	8,18E-02	1,54E-02	0,00E+00	5,31E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,52E-04	1,22E-04	6,19E-07	0,00E+00	2,91E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	5,33E+00	9,95E-03	1,72E-02	0,00E+00	5,30E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	4,16E-04	3,17E-04	1,61E-06	0,00E+00	9,81E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	6,72E-05	1,10E-06	1,10E-06	0,00E+00	6,50E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

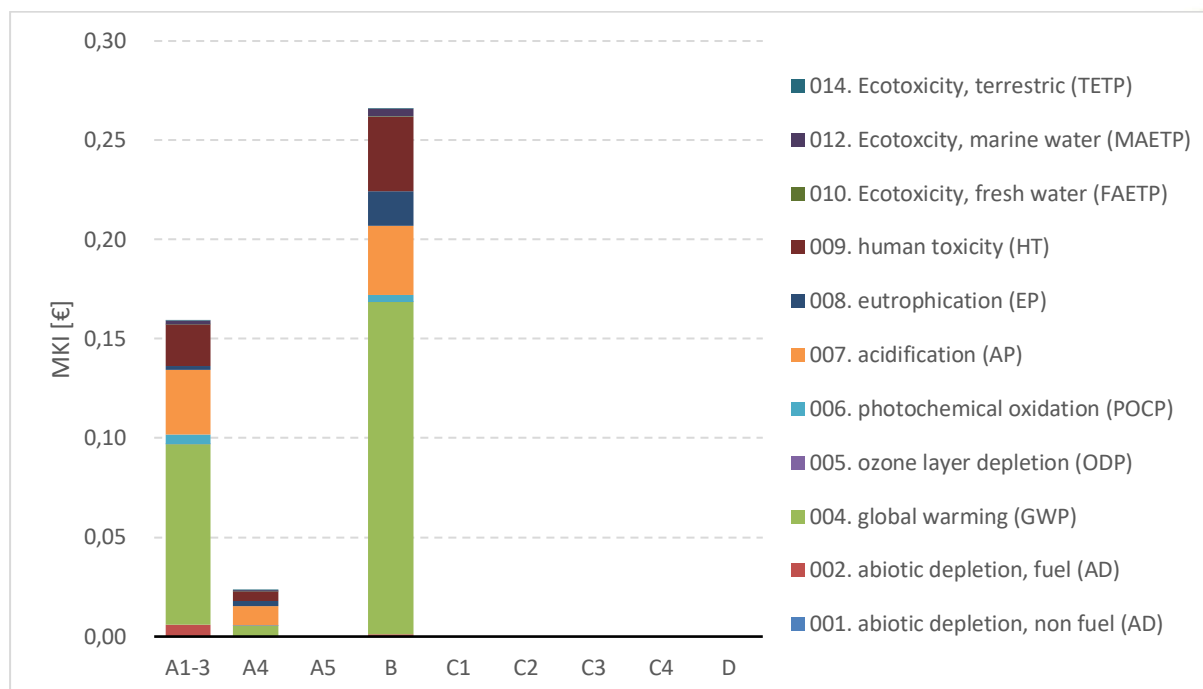


Figuur 31: Vrachtwagen Diesel Euro 6, per liter

Vrachtwagen GTL Euro 5 gekarakteriseerde resultaten

Tabel 32: Vrachtwagen GTL Euro 5, per liter

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,45	€ 0,16	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,27	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,67E-05	1,34E-05	1,58E-06	0,00E+00	6,17E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	4,55E-02	3,70E-02	6,60E-04	0,00E+00	7,85E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	5,27E+00	1,82E+00	1,05E-01	0,00E+00	3,35E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,24E-07	4,60E-08	1,70E-08	0,00E+00	1,61E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	4,28E-03	2,47E-03	1,27E-04	0,00E+00	1,68E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,93E-02	8,15E-03	2,44E-03	0,00E+00	8,76E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,39E-03	2,07E-04	2,68E-04	0,00E+00	1,92E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	7,03E-01	2,32E-01	5,62E-02	0,00E+00	4,15E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,23E-02	2,16E-03	9,92E-04	0,00E+00	1,92E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,28E+00	2,03E+01	4,53E+00	0,00E+00	3,80E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,51E-03	6,72E-04	1,79E-04	0,00E+00	3,66E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,70E-01	1,52E-01	2,13E-02	0,00E+00	4,97E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	9,42E+01	7,59E+01	1,48E+00	0,00E+00	1,68E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	6,70E-01	1,52E-01	2,13E-02	0,00E+00	4,97E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,10E-04	8,07E-05	1,59E-06	0,00E+00	2,73E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	5,13E+00	3,04E-02	1,83E-02	0,00E+00	5,08E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,08E-04	5,48E-06	9,71E-06	0,00E+00	9,24E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	7,67E-05	1,34E-05	1,58E-06	0,00E+00	6,17E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

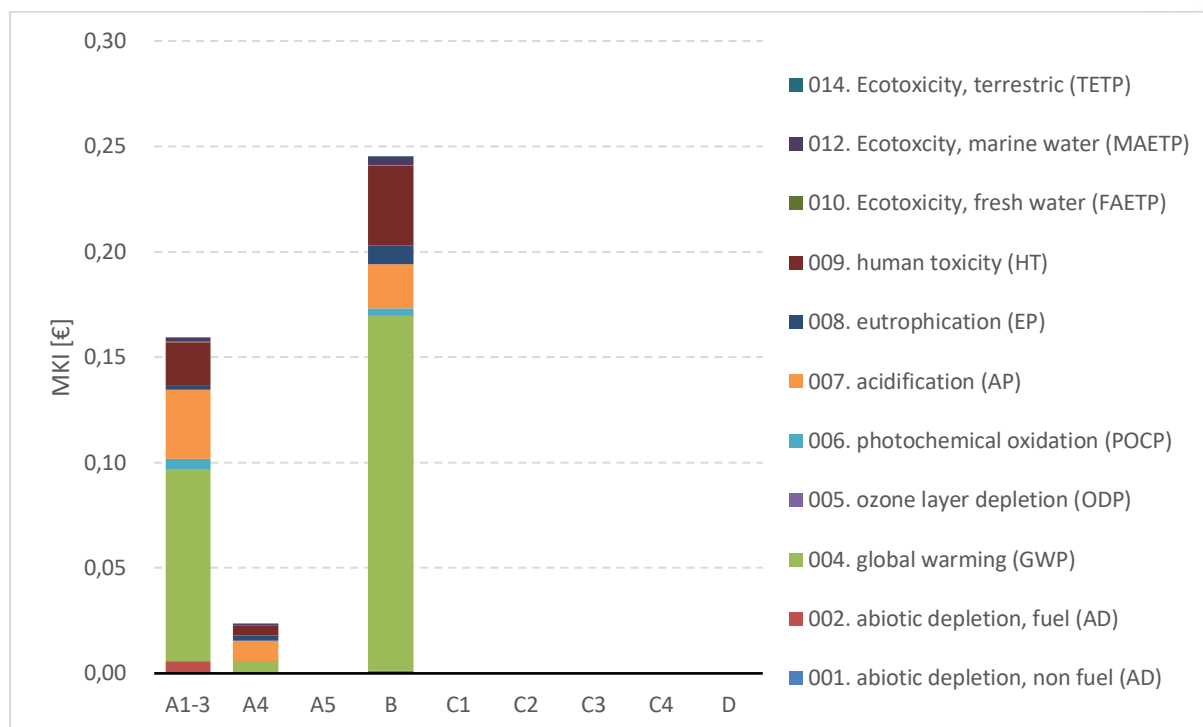


Figuur 32: Vrachtwagen GTL Euro 5, per liter

Vrachtwagen GTL Euro 6 gekarakteriseerde resultaten

Tabel 33: Vrachtwagen GTL Euro 6, per liter

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,43	€ 0,16	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,25	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,72E-05	1,34E-05	1,58E-06	0,00E+00	6,22E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	4,58E-02	3,70E-02	6,60E-04	0,00E+00	8,07E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	5,29E+00	1,82E+00	1,05E-01	0,00E+00	3,37E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,28E-07	4,60E-08	1,70E-08	0,00E+00	1,65E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	4,25E-03	2,47E-03	1,27E-04	0,00E+00	1,65E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,58E-02	8,15E-03	2,44E-03	0,00E+00	5,25E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,46E-03	2,07E-04	2,68E-04	0,00E+00	9,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	7,08E-01	2,32E-01	5,62E-02	0,00E+00	4,20E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,24E-02	2,16E-03	9,92E-04	0,00E+00	1,92E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,36E+01	2,03E+01	4,53E+00	0,00E+00	3,88E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,54E-03	6,72E-04	1,79E-04	0,00E+00	3,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,81E-01	1,52E-01	2,13E-02	0,00E+00	5,08E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	9,47E+01	7,59E+01	1,48E+00	0,00E+00	1,73E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	6,81E-01	1,52E-01	2,13E-02	0,00E+00	5,08E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,10E-04	8,07E-05	1,59E-06	0,00E+00	2,78E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	5,12E+00	3,04E-02	1,83E-02	0,00E+00	5,07E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,09E-04	5,48E-06	9,71E-06	0,00E+00	9,38E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	7,72E-05	1,34E-05	1,58E-06	0,00E+00	6,22E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

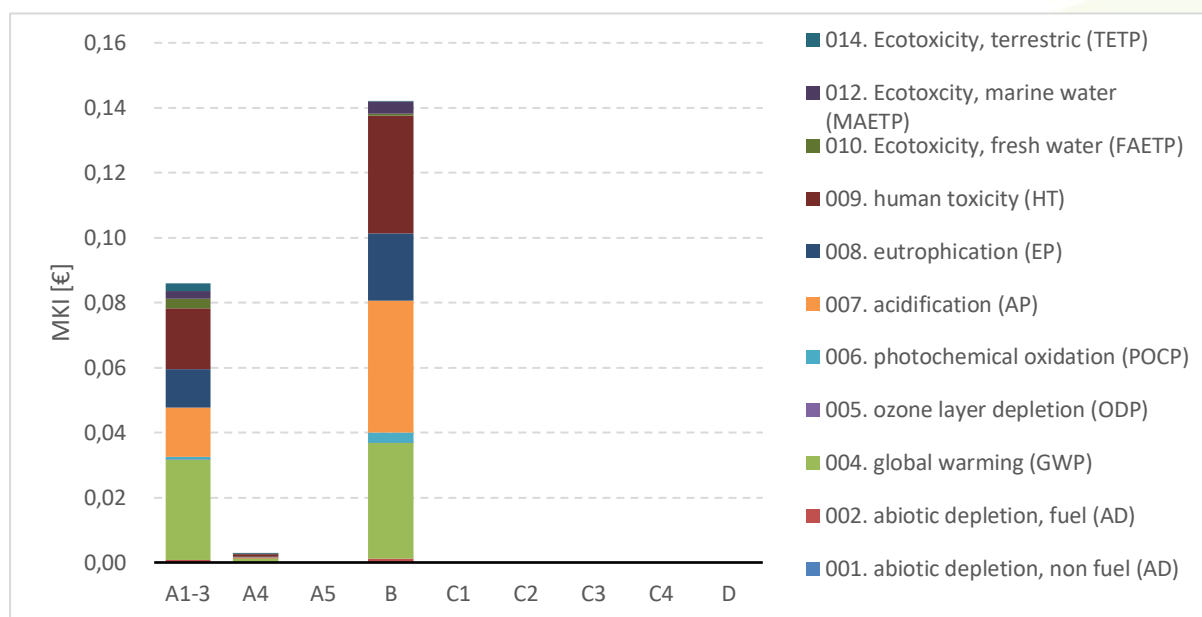


Figuur 33: Vrachtwagen GTL Euro 6, per liter

Vrachtwagen HVO Euro 5 gekarakteriseerde resultaten

Tabel 34: Vrachtwagen HVO Euro 5, per liter

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,23	€ 0,09	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,14	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,28E-05	1,18E-05	1,43E-06	0,00E+00	5,96E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,24E-02	4,63E-03	1,60E-04	0,00E+00	7,57E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,35E+00	6,21E-01	2,21E-02	0,00E+00	7,11E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,35E-07	7,62E-08	3,56E-09	0,00E+00	1,55E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,98E-03	3,53E-04	1,34E-05	0,00E+00	1,62E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,41E-02	3,80E-03	1,02E-04	0,00E+00	1,02E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	3,63E-03	1,32E-03	1,88E-05	0,00E+00	2,30E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	6,22E-01	2,07E-01	9,75E-03	0,00E+00	4,04E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,18E-01	9,89E-02	2,67E-04	0,00E+00	1,85E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,03E+01	2,27E+01	9,17E-01	0,00E+00	3,67E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,32E-02	3,96E-02	5,27E-05	0,00E+00	3,53E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,78E+00	3,29E+00	1,76E-02	0,00E+00	4,79E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,61E+01	9,50E+00	3,63E-01	0,00E+00	1,62E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	3,78E+00	3,29E+00	1,76E-02	0,00E+00	4,79E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,80E-05	1,08E-05	8,93E-07	0,00E+00	2,63E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	5,02E+00	1,01E-01	1,92E-02	0,00E+00	4,90E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,10E-04	1,86E-05	2,21E-06	0,00E+00	8,92E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	7,28E-05	1,18E-05	1,43E-06	0,00E+00	5,96E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

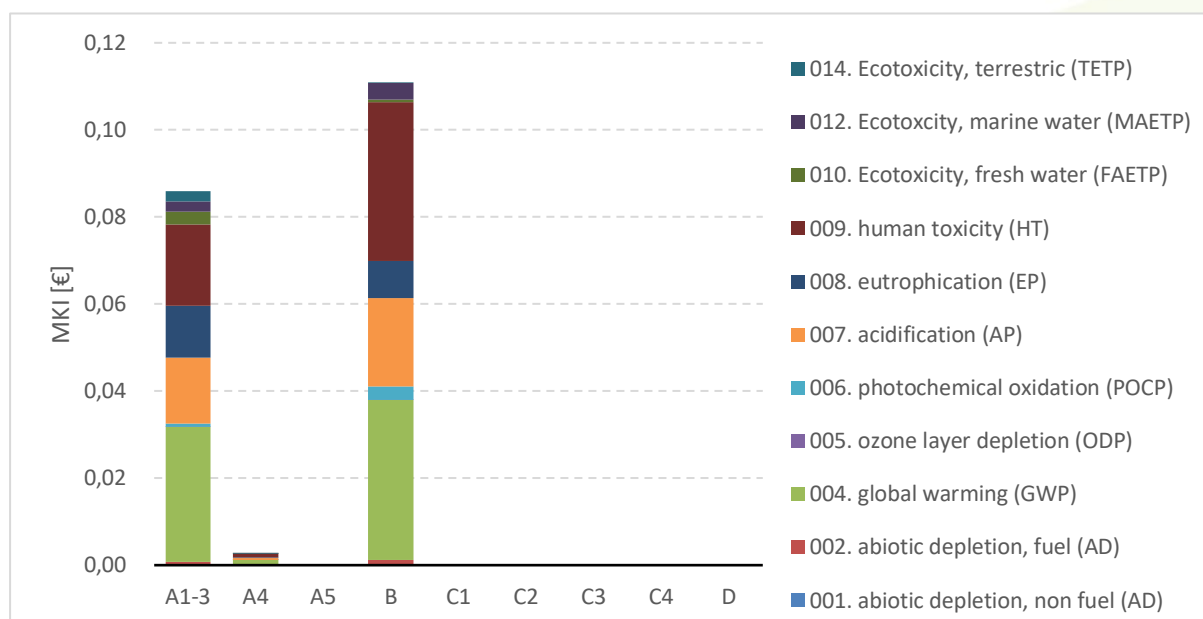


Figuur 34: Vrachtwagen HVO Euro 5, per liter

Vrachtwagen HVO Euro 6 gekarakteriseerde resultaten

Tabel 35: Vrachtwagen HVO Euro 6, per liter

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,20	€ 0,09	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,11	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,33E-05	1,18E-05	1,43E-06	0,00E+00	6,01E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,26E-02	4,63E-03	1,60E-04	0,00E+00	7,80E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,38E+00	6,21E-01	2,21E-02	0,00E+00	7,33E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,39E-07	7,62E-08	3,56E-09	0,00E+00	1,60E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,96E-03	3,53E-04	1,34E-05	0,00E+00	1,59E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	8,96E-03	3,80E-03	1,02E-04	0,00E+00	5,06E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,29E-03	1,32E-03	1,88E-05	0,00E+00	9,51E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	6,23E-01	2,07E-01	9,75E-03	0,00E+00	4,06E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,18E-01	9,89E-02	2,67E-04	0,00E+00	1,85E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,12E+01	2,27E+01	9,17E-01	0,00E+00	3,75E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,32E-02	3,96E-02	5,27E-05	0,00E+00	3,57E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,80E+00	3,29E+00	1,76E-02	0,00E+00	4,91E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,66E+01	9,50E+00	3,63E-01	0,00E+00	1,68E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	3,80E+00	3,29E+00	1,76E-02	0,00E+00	4,91E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,86E-05	1,08E-05	8,93E-07	0,00E+00	2,69E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	5,02E+00	1,01E-01	1,92E-02	0,00E+00	4,90E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,12E-04	1,86E-05	2,21E-06	0,00E+00	9,06E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	7,33E-05	1,18E-05	1,43E-06	0,00E+00	6,01E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

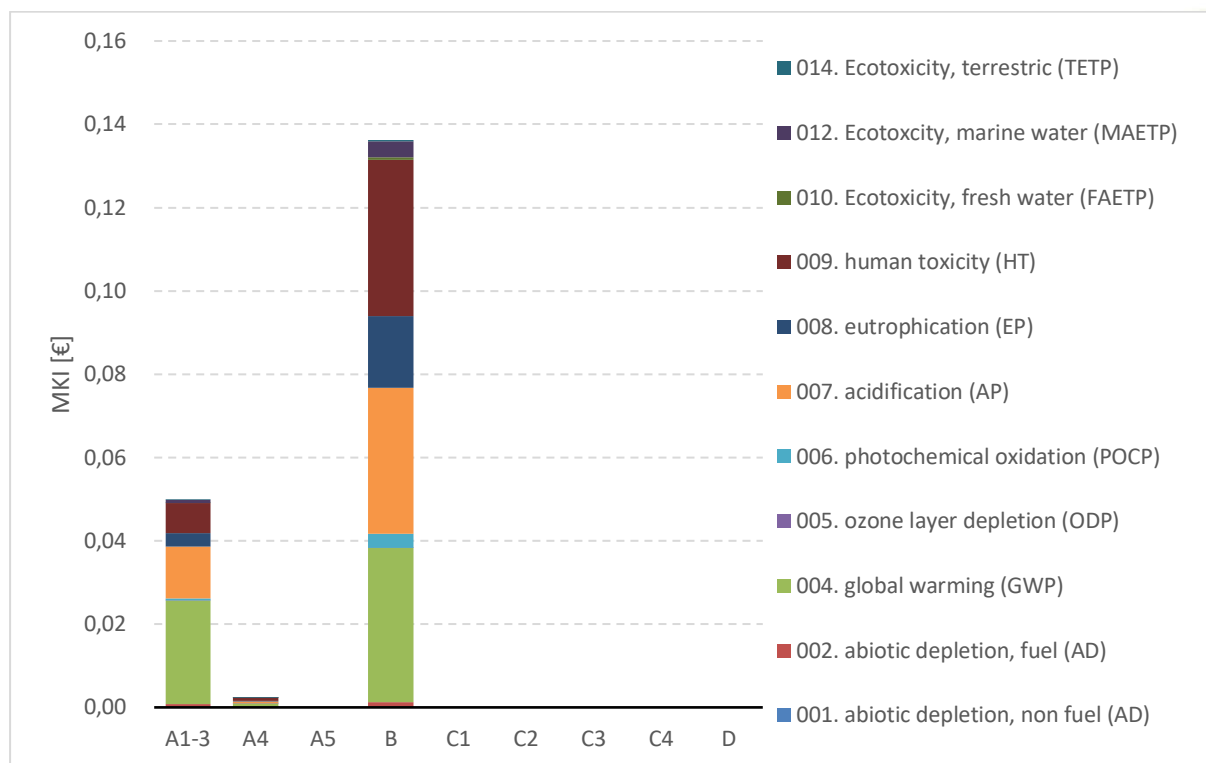


Figuur 35: Vrachtwagen HVO Euro 6, per liter

Vrachtwagen FAME Euro 5 gekarakteriseerde resultaten

Tabel 36: Vrachtwagen FAME Euro 5, per liter

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,19	€ 0,05	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,14	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	6,54E-05	2,08E-06	1,25E-06	0,00E+00	6,21E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,26E-02	4,58E-03	1,41E-04	0,00E+00	7,90E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,26E+00	5,01E-01	1,94E-02	0,00E+00	7,41E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,27E-07	6,14E-08	3,12E-09	0,00E+00	1,62E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,90E-03	2,01E-04	1,17E-05	0,00E+00	1,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,20E-02	3,11E-03	8,93E-05	0,00E+00	8,76E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,29E-03	3,62E-04	1,64E-05	0,00E+00	1,92E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	5,06E-01	8,01E-02	8,54E-03	0,00E+00	4,17E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,11E-02	1,62E-03	2,34E-04	0,00E+00	1,93E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	4,62E+00	7,20E+00	8,03E-01	0,00E+00	3,82E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,07E-03	3,41E-04	4,62E-05	0,00E+00	3,68E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,07E-01	9,21E-02	1,54E-02	0,00E+00	5,00E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,67E+01	9,45E+00	3,18E-01	0,00E+00	1,69E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	6,07E-01	9,21E-02	1,54E-02	0,00E+00	5,00E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,87E-05	1,05E-05	7,83E-07	0,00E+00	2,74E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	5,16E+00	3,29E-02	1,68E-02	0,00E+00	5,11E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,11E-04	1,55E-05	1,94E-06	0,00E+00	9,30E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	6,54E-05	2,08E-06	1,25E-06	0,00E+00	6,21E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

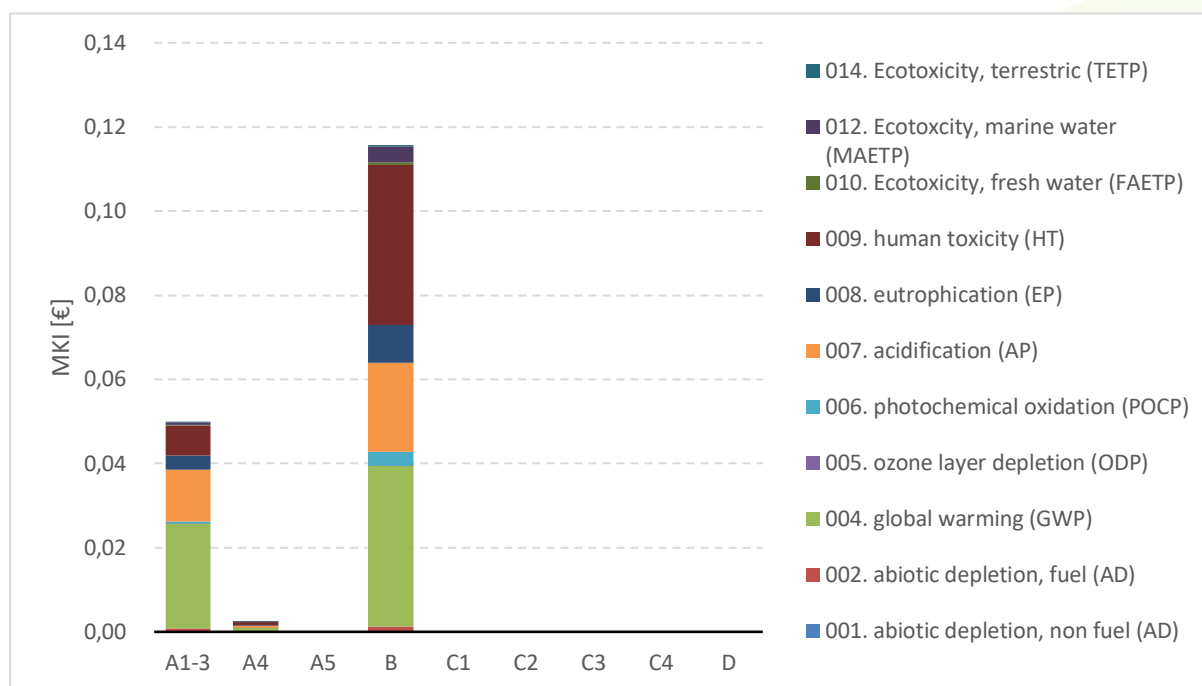


Figuur 36: Vrachtwagen FAME Euro 5, per liter

Vrachtwagen FAME Euro 6 gekarakteriseerde resultaten

Tabel 37: Vrachtwagen FAME Euro 6, per liter

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,17	€ 0,05	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,12	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	6,59E-05	2,08E-06	1,25E-06	0,00E+00	6,26E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,29E-02	4,58E-03	1,41E-04	0,00E+00	8,14E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,28E+00	5,01E-01	1,94E-02	0,00E+00	7,64E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,31E-07	6,14E-08	3,12E-09	0,00E+00	1,67E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,88E-03	2,01E-04	1,17E-05	0,00E+00	1,66E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	8,48E-03	3,11E-03	8,93E-05	0,00E+00	5,28E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,37E-03	3,62E-04	1,64E-05	0,00E+00	9,91E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	5,12E-01	8,01E-02	8,54E-03	0,00E+00	4,23E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,12E-02	1,62E-03	2,34E-04	0,00E+00	1,93E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	4,71E+00	7,20E+00	8,03E-01	0,00E+00	3,91E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,10E-03	3,41E-04	4,62E-05	0,00E+00	3,72E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,19E-01	9,21E-02	1,54E-02	0,00E+00	5,12E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,72E+01	9,45E+00	3,18E-01	0,00E+00	1,75E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	6,19E-01	9,21E-02	1,54E-02	0,00E+00	5,12E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,92E-05	1,05E-05	7,83E-07	0,00E+00	2,80E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	5,16E+00	3,29E-02	1,68E-02	0,00E+00	5,11E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,12E-04	1,55E-05	1,94E-06	0,00E+00	9,46E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	6,59E-05	2,08E-06	1,25E-06	0,00E+00	6,26E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00



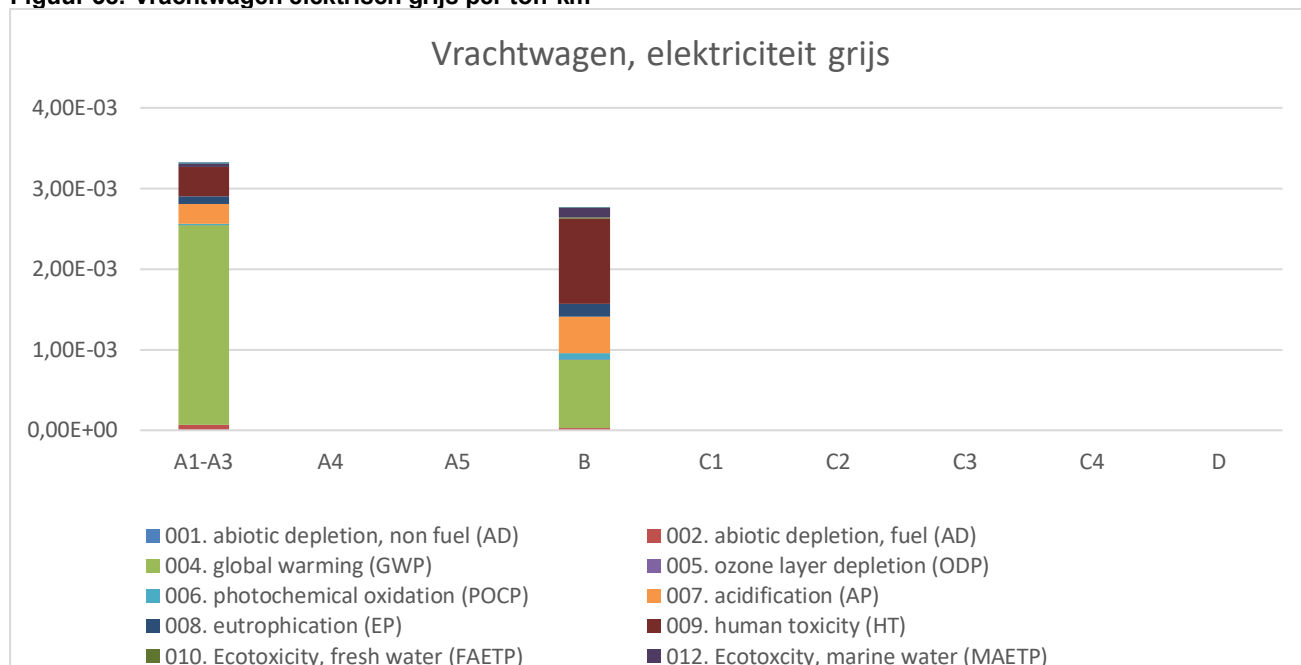
Figuur 37: Vrachtwagen FAME Euro 6, per liter

Vrachtwagen Elektrisch Grijs gekarakteriseerde resultaten

Tabel 38: Vrachtwagen elektrisch grijs per ton*km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	6,09E-03	3,32E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,76E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,25E-06	6,41E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	6,33E-04	4,41E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,92E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	6,65E-02	4,95E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,70E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	8,47E-09	4,45E-09	0,00E+00	0,00E+00	4,02E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	4,51E-05	7,12E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,75E-04	6,16E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,84E-05	1,05E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,78E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,58E-02	4,07E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,17E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	6,25E-04	1,02E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,23E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,57E+00	4,03E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,17E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	3,36E-04	2,17E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,48E-02	2,74E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,21E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,32E+00	9,07E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,15E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	1,62E-05	1,62E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,68E-04	2,28E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,40E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	2,02E-06	8,25E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,30E-01	8,89E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,29E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,46E-06	1,17E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,30E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 38: Vrachtwagen elektrisch grijs per ton*km

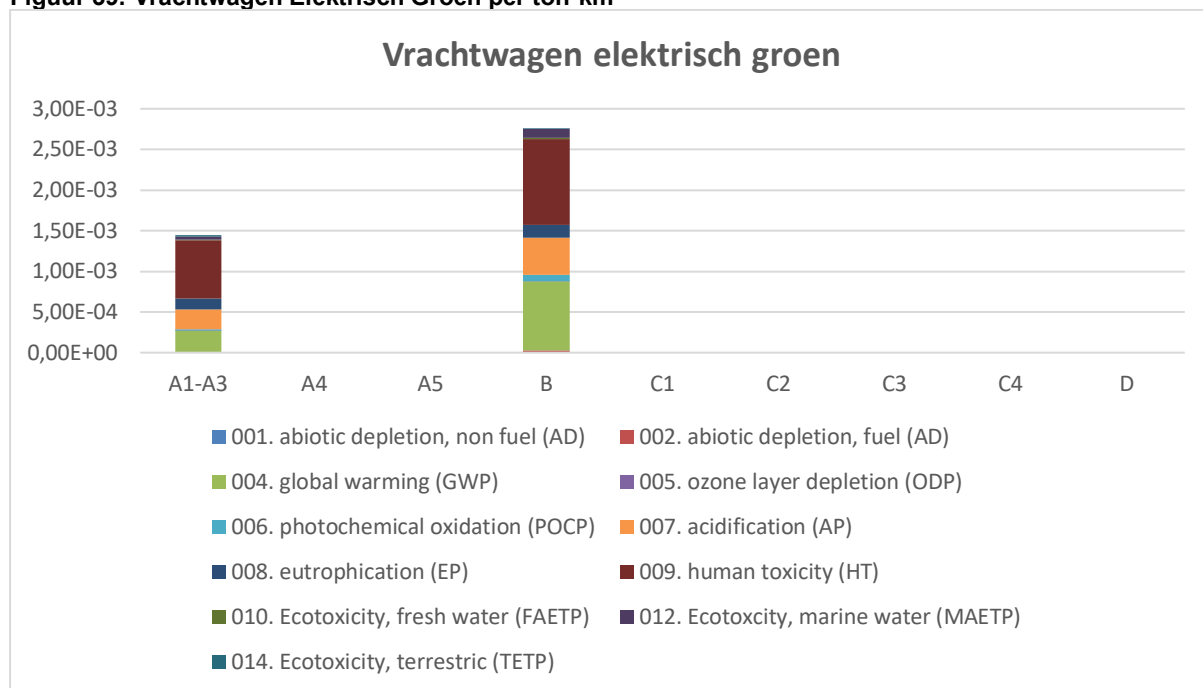


Vrachtwagen Elektrisch Groen gekarakteriseerde resultaten

Tabel 39: Vrachtwagen Elektrisch Groen per ton*km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	4,21E-03	1,44E-03	€ 0,000	€ 0,00	2,76E-03	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,80E-06	6,11E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,24E-04	3,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,92E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	2,23E-02	5,35E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,70E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	4,81E-09	7,84E-10	0,00E+00	0,00E+00	4,02E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	4,61E-05	8,12E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,74E-04	6,09E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	3,24E-05	1,45E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,78E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,97E-02	8,02E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,17E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	6,74E-04	1,50E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,23E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,55E+00	3,85E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,17E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	3,65E-04	2,46E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	7,39E-01	7,27E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,21E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	4,79E-01	6,38E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,15E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	8,87E-05	8,87E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	2,33E-04	9,38E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,40E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	3,16E-06	1,96E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,31E-01	2,26E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,29E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	2,54E-06	2,40E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,30E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 39: Vrachtwagen Elektrisch Groen per ton*km

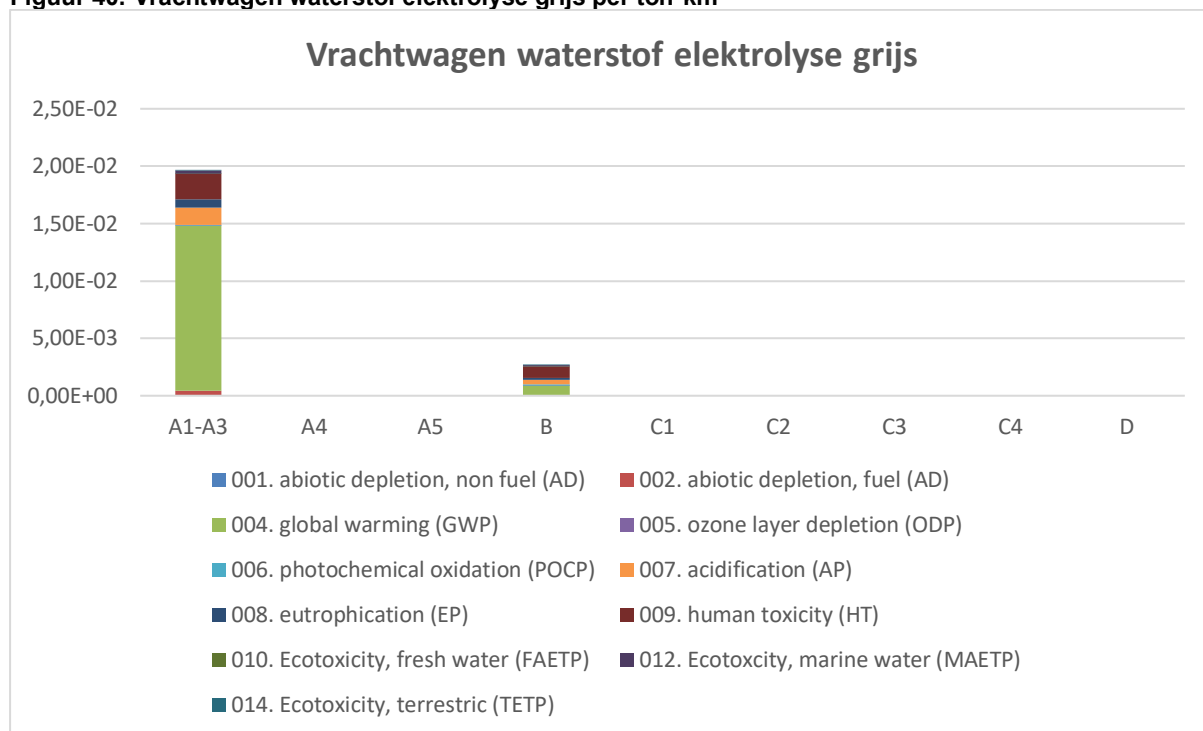


Vrachtwagen waterstof elektrolyse grijs gekarakteriseerde resultaten

Tabel 40: Vrachtwagen waterstof elektrolyse grijs per ton*km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	2,24E-02	1,97E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,67E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,43E-06	3,98E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,75E-03	2,56E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,91E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,05E-01	2,88E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,64E-08	2,74E-08	0,00E+00	0,00E+00	9,02E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	8,03E-05	4,27E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,76E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	4,85E-04	3,80E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	9,46E-05	7,73E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	3,60E-02	2,48E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,10E-03	0,00061025	0,00E+00	0,00E+00	4,93E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,35E+00	2,38E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,72E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,37E-03	1,26E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	2,85E-02	0,01722649	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,69E+00	5,2761278	0,00E+00	0,00E+00	4,12E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	9,42E-05	9,42E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,58E-03	0,0014485	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	5,55E-06	4,80E-06	0,00E+00	0,00E+00	7,45E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,34E-01	0,00528965	0,00E+00	0,00E+00	1,29E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	9,10E-06	6,82E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,29E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 40: Vrachtwagen waterstof elektrolyse grijs per ton*km

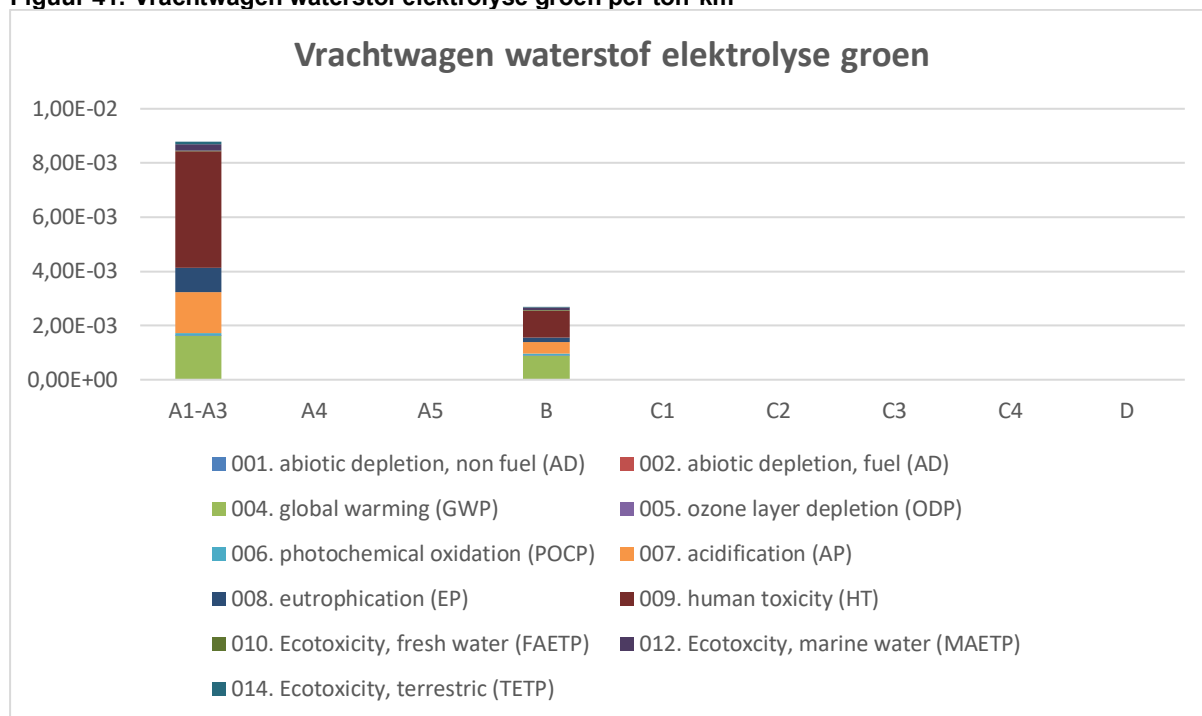


Vrachtwagen waterstof elektrolyse groen gekarakteriseerde resultaten

Tabel 41: Vrachtwagen waterstof elektrolyse groen per ton*km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	1,15E-02	8,78E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,67E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	4,61E-06	3,57E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,80E-04	1,89E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,91E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,94E-02	3,21E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,52E-08	6,14E-09	0,00E+00	0,00E+00	9,02E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	8,61E-05	4,85E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,76E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	4,81E-04	3,76E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,18E-04	1,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	5,89E-02	4,78E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,38E-03	8,90E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,93E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,24E+00	2,27E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,72E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,54E-03	1,43E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	4,23E+00	4,22E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	7,96E-01	3,85E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,12E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	5,14E-04	5,14E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	8,00E-04	6,68E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,21E-05	1,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	7,45E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,42E-01	1,32E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,29E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,73E-06	1,45E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,29E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 41: Vrachtwagen waterstof elektrolyse groen per ton*km

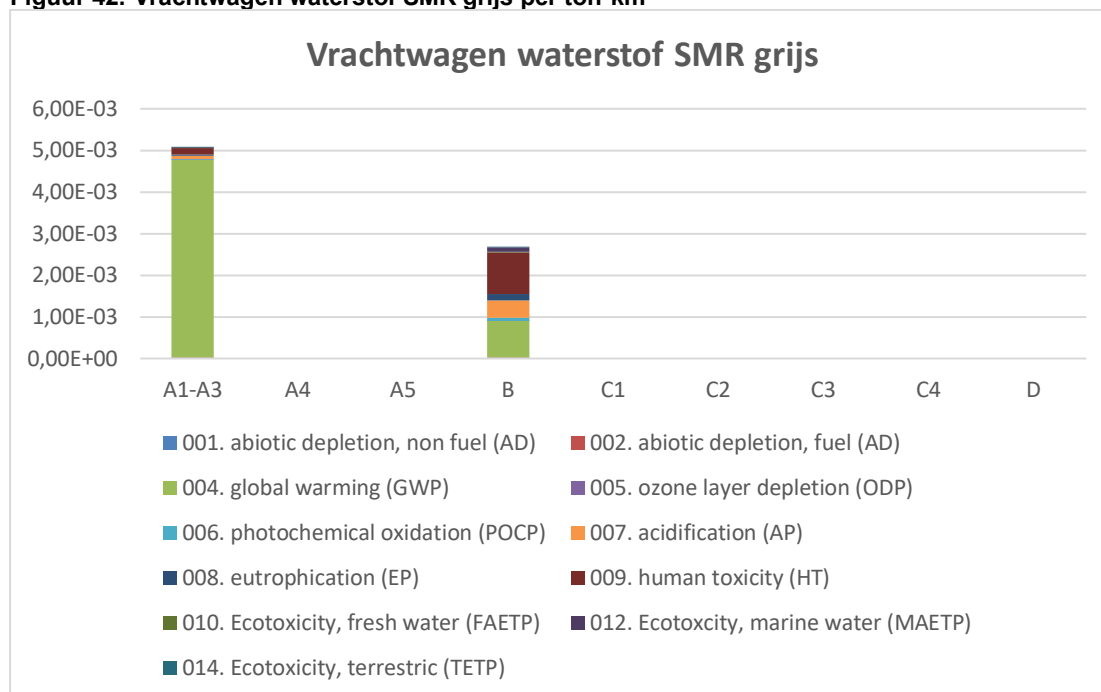


Vrachtwagen waterstof SMR grijs gekarakteriseerde resultaten

Tabel 42: Vrachtwagen waterstof SMR grijs per ton*km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	7,75E-03	5,08E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,67E-03	0,00E+00	0,00E+00	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,06E-06	2,32E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,23E-04	0,00013219	0,00E+00	0,00E+00	1,91E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,13E-01	0,09521059	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,03E-08	1,33E-09	0,00E+00	0,00E+00	9,02E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	4,03E-05	2,71E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,76E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,26E-04	2,00E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,07E-05	3,36E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,29E-02	0,00180172	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	5,27E-04	3,43E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,93E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,10E+00	0,13054364	0,00E+00	0,00E+00	9,72E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,79E-04	6,62E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,25E-02	0,00116861	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,83E-01	0,27098684	0,00E+00	0,00E+00	4,12E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	4,72E-06	4,72E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	2,03E-04	7,06E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,02E-06	2,72E-07	0,00E+00	0,00E+00	7,45E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,29E-01	0,00037696	0,00E+00	0,00E+00	1,29E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	2,64E-06	3,53E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,29E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 42: Vrachtwagen waterstof SMR grijs per ton*km

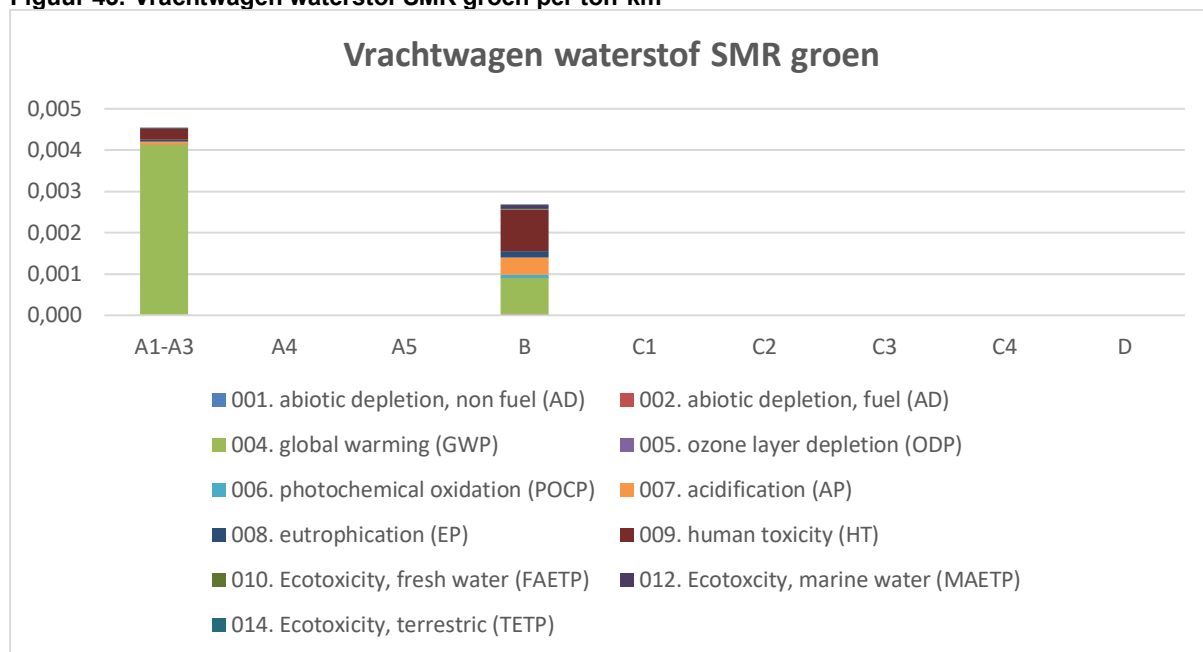


Vrachtwagen waterstof SMR groen gekarakteriseerde resultaten

Tabel 43: Vrachtwagen waterstof SMR groen per ton*km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	7,21E-03	4,53E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,67E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,22E-06	1,82E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,04E-04	1,34E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,91E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	9,97E-02	8,24E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,28E-09	2,67E-10	0,00E+00	0,00E+00	9,02E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	4,06E-05	3,00E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,76E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,25E-04	1,98E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,19E-05	4,52E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,41E-02	2,95E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	5,41E-04	4,83E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,93E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,10E+00	1,25E-01	0,00E+00	0,00E+00	9,72E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,88E-04	7,48E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	2,23E-01	2,11E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	4,38E-01	2,62E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,12E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	2,57E-05	2,57E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,64E-04	3,16E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,35E-06	6,02E-07	0,00E+00	0,00E+00	7,45E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,29E-01	7,75E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,29E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	2,37E-06	8,48E-08	0,00E+00	0,00E+00	2,29E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 43: Vrachtwagen waterstof SMR groen per ton*km



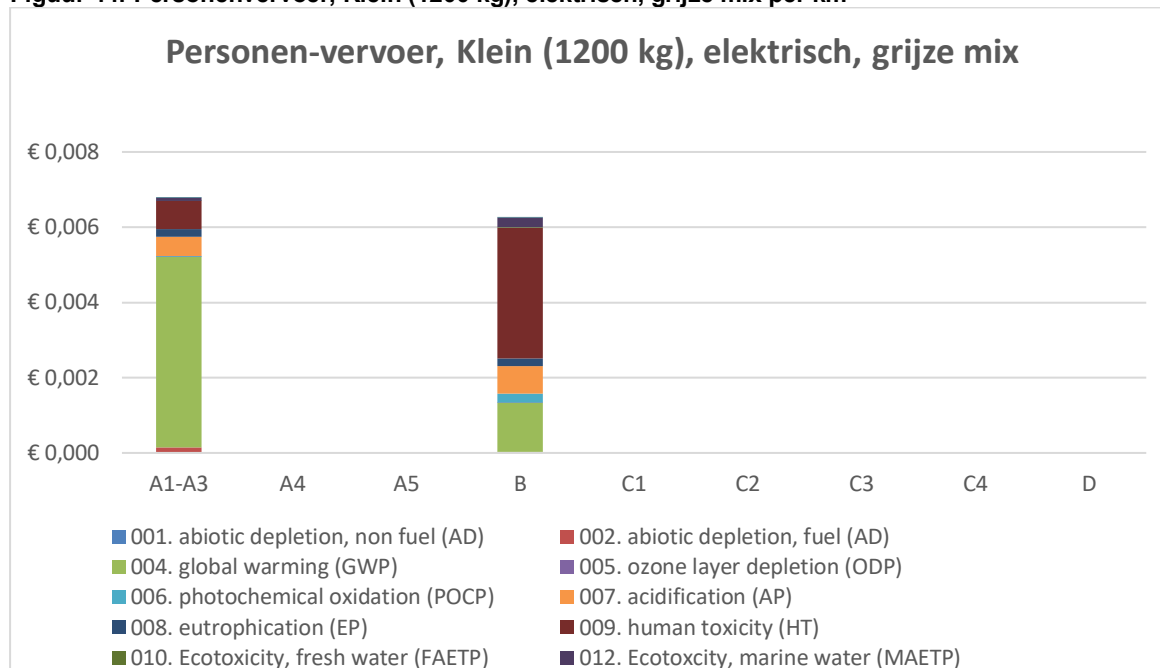
Personenvervoer

Personenvervoer, Klein (1200 kg), elektrisch, grijze mix gekarakteriseerde resultaten

Tabel 44: Personenvervoer, Klein (1200 kg), elektrisch, grijze mix per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,0131	€ 0,0068	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0063	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	3,73E-06	1,31E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,60E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,12E-03	9,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,27E-01	1,01E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,61E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,23E-08	9,11E-09	0,00E+00	0,00E+00	3,15E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,33E-05	1,46E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	3,09E-04	1,26E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,83E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	4,33E-05	2,16E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,18E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	4,69E-02	8,34E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,86E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,02E-03	2,09E-04	0,00E+00	0,00E+00	8,11E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,30E+00	8,27E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,47E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	6,52E-04	4,44E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,07E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	4,31E-02	5,63E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,75E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,32E+00	1,86E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,63E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	3,33E-05	3,33E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	7,46E-04	4,68E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,78E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	5,20E-06	1,69E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,50E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	5,98E-02	1,82E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,80E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	4,28E-06	2,39E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,89E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 44: Personenvervoer, Klein (1200 kg), elektrisch, grijze mix per km

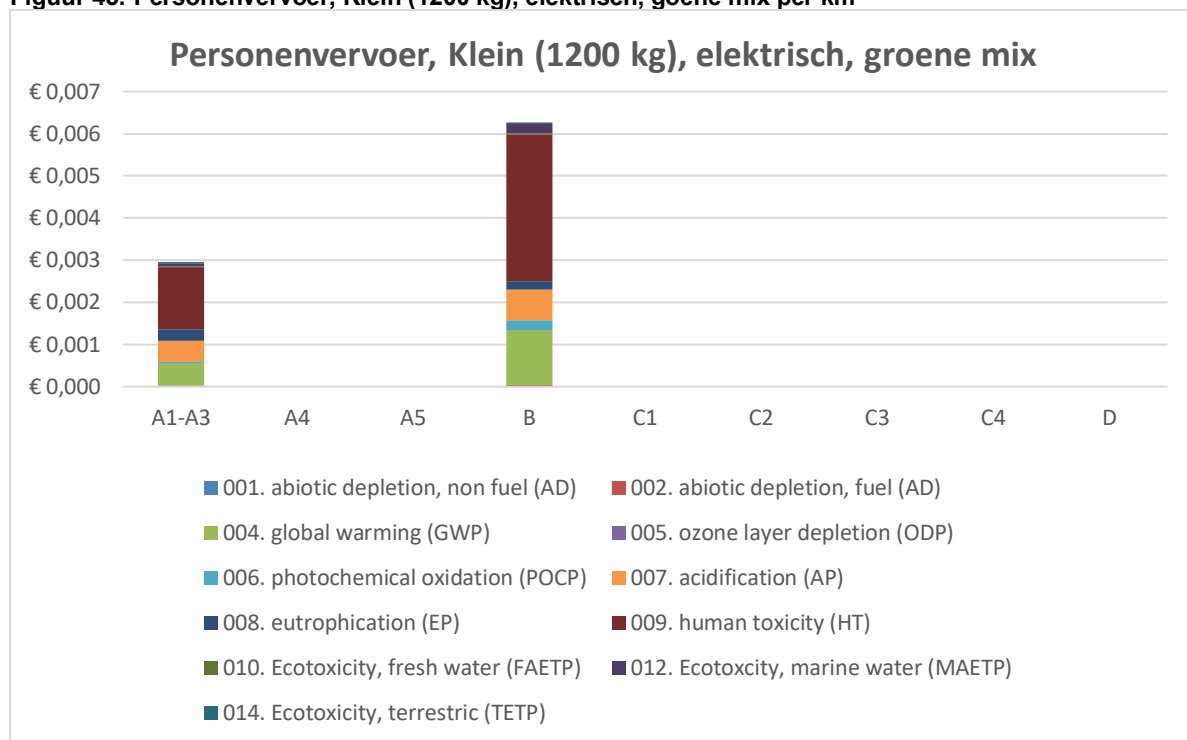


Personenvervoer, Klein (1200 kg), elektrisch, groene mix gekarakteriseerde resultaten

Tabel 45: Personenvervoer, Klein (1200 kg), elektrisch, groene mix per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,0092	€ 0,0030	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0063	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	4,85E-06	1,25E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,60E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,83E-04	6,44E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,71E-02	1,10E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,61E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	4,75E-09	1,61E-09	0,00E+00	0,00E+00	3,15E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,35E-04	1,66E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	3,08E-04	1,25E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,83E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	5,16E-05	2,98E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,18E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	5,50E-02	1,64E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,86E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,12E-03	3,08E-04	0,00E+00	0,00E+00	8,11E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,26E+00	7,88E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,47E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	7,12E-04	5,05E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,07E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,53E+00	1,49E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,75E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,93E-01	1,31E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,63E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	1,82E-04	1,82E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	4,70E-04	1,92E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,78E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	7,52E-06	4,02E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,50E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	6,26E-02	4,63E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,80E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	2,39E-06	4,92E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,89E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 45: Personenvervoer, Klein (1200 kg), elektrisch, goene mix per km

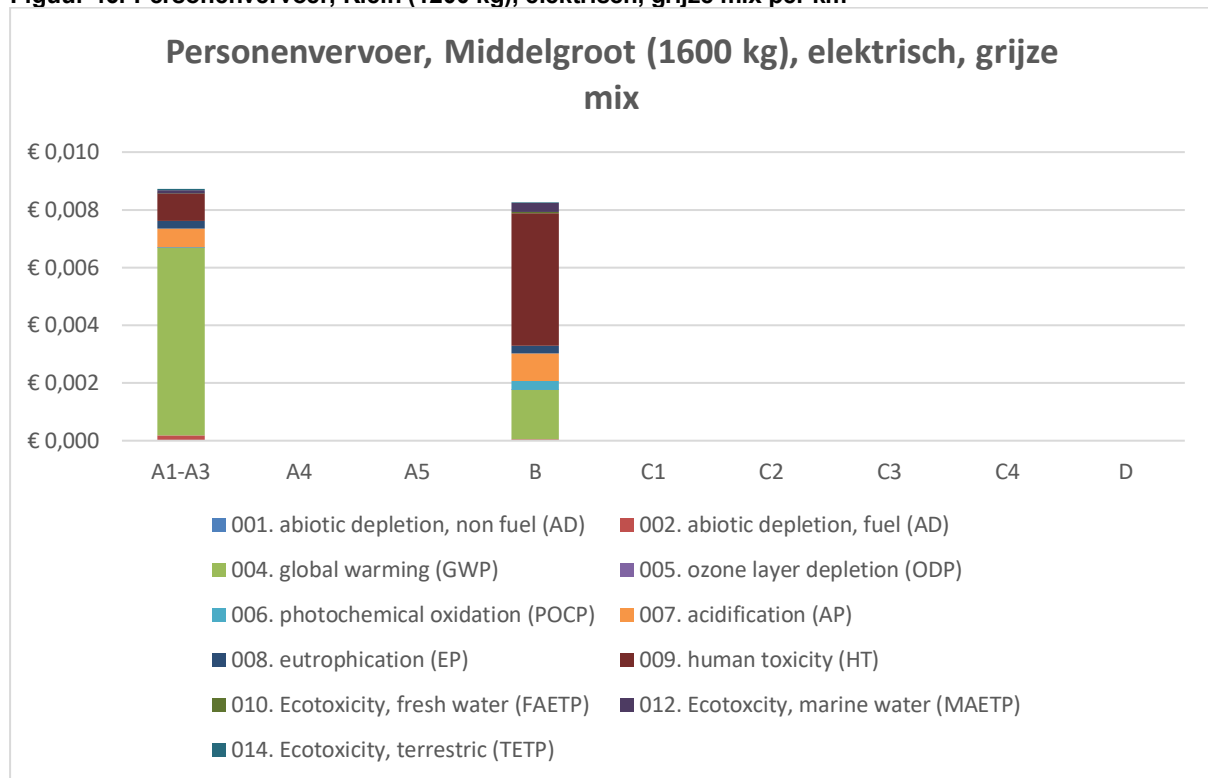


Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), elektrisch, grijze mix gekarakteriseerde resultaten

Tabel 46: Personen-vervoer, Middelgroot (1600 kg), elektrisch, grijze mix per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,0170	€ 0,0087	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0083	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	4,95E-06	1,68E-07	0,00E+00	0,00E+00	4,78E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,44E-03	1,16E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,86E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,64E-01	1,30E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,41E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,58E-08	1,17E-08	0,00E+00	0,00E+00	4,11E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,76E-04	1,87E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,58E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	4,02E-04	1,62E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,41E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	5,62E-05	2,76E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,86E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	6,18E-02	1,07E-02	0,00E+00	0,00E+00	5,11E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,34E-03	2,68E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,07E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	4,33E+00	1,06E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,27E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	8,43E-04	5,69E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,37E-02	7,20E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,65E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,98E+00	2,38E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,02E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	4,26E-05	4,26E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	9,55E-04	5,99E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,55E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,82E-06	2,17E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,65E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	7,94E-02	2,33E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,70E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	5,47E-06	3,06E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,42E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 46: Personenvervoer, Klein (1200 kg), elektrisch, grijze mix per km

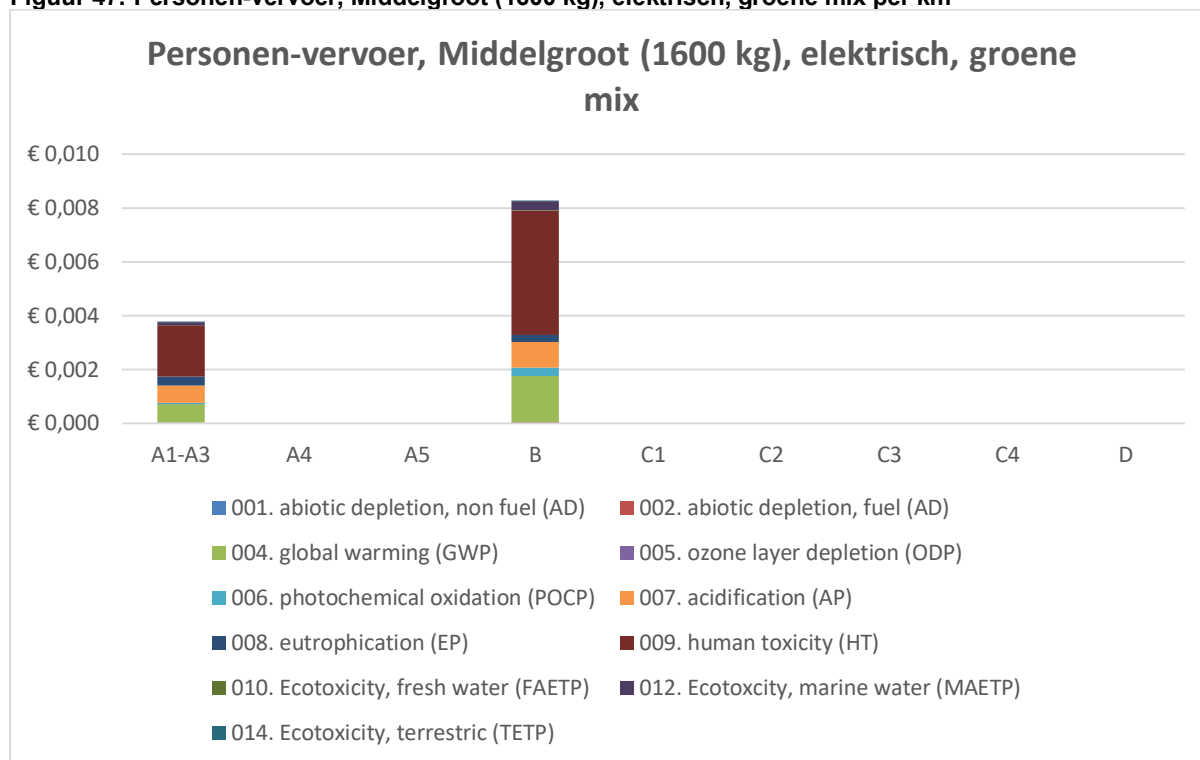


Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), elektrisch, groene mix gekarakteriseerde resultaten

Tabel 47: Personen-vervoer, Middelgroot (1600 kg), elektrisch, groene mix per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,0120	€ 0,0038	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0083	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	6,38E-06	1,60E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,78E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,69E-04	8,24E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,86E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,81E-02	1,40E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,41E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,17E-09	2,06E-09	0,00E+00	0,00E+00	4,11E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,79E-04	2,13E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	4,00E-04	1,60E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,41E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	6,67E-05	3,81E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,86E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	7,22E-02	2,11E-02	0,00E+00	0,00E+00	5,11E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,47E-03	3,95E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,07E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	4,28E+00	1,01E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,27E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	9,20E-04	6,46E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,95E+00	1,91E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,65E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	7,69E-01	1,67E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,02E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	2,33E-04	2,33E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	6,01E-04	2,46E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,55E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	9,80E-06	5,15E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,65E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	8,30E-02	5,93E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,70E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,05E-06	6,29E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,42E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 47: Personen-vervoer, Middelgroot (1600 kg), elektrisch, groene mix per km

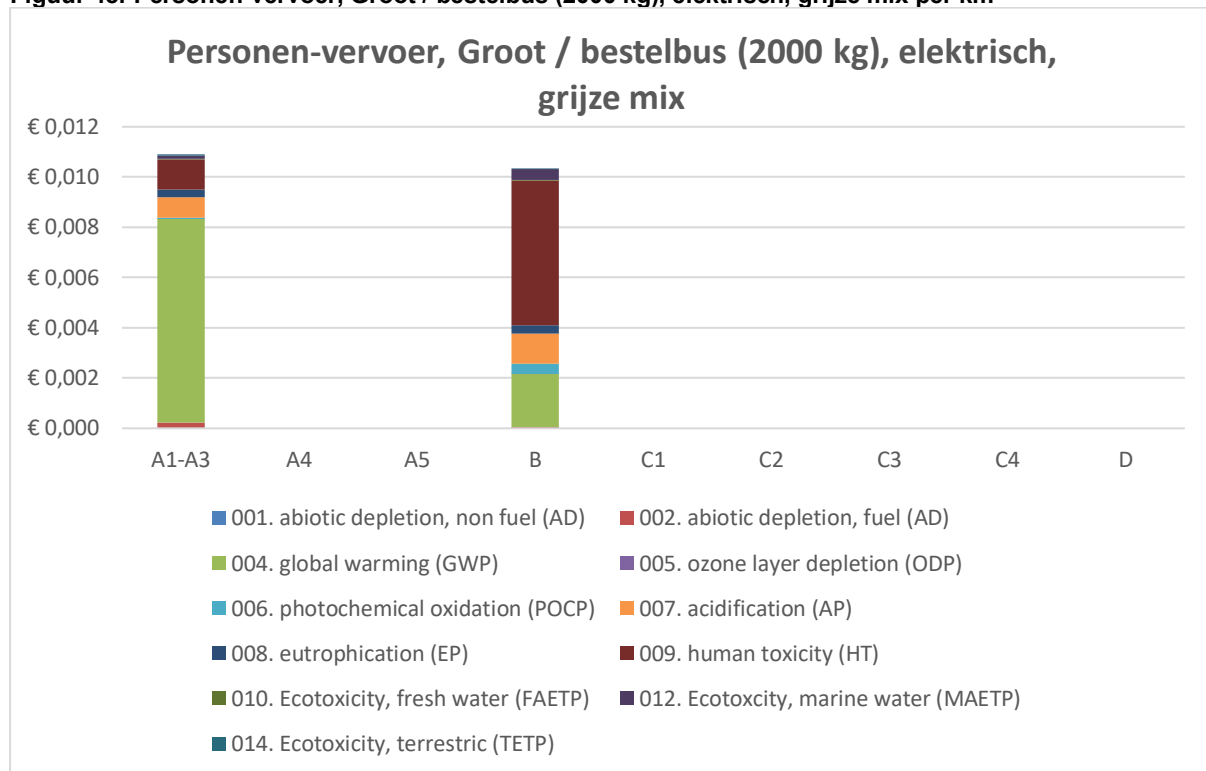


**Personen-vervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), elektrisch, grijze mix
gekaracteriseerde resultaten**

Tabel 48: Personen-vervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), elektrisch, grijze mix per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,0212	€ 0,0109	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0103	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	6,21E-06	2,10E-07	0,00E+00	0,00E+00	6,00E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,80E-03	1,45E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,56E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	2,05E-01	1,62E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,24E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,97E-08	1,46E-08	0,00E+00	0,00E+00	5,10E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,21E-04	2,33E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,98E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	5,02E-04	2,02E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	7,01E-05	3,45E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,56E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	7,74E-02	1,33E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,41E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,68E-03	3,35E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,34E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	5,42E+00	1,32E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,10E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,05E-03	7,11E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,42E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,47E-02	9,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,57E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	3,72E+00	2,97E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,45E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	5,33E-05	5,33E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,18E-03	7,49E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,35E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	8,54E-06	2,71E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,84E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	9,96E-02	2,92E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,67E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	6,77E-06	3,82E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,95E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 48: Personen-vervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), elektrisch, grijze mix per km

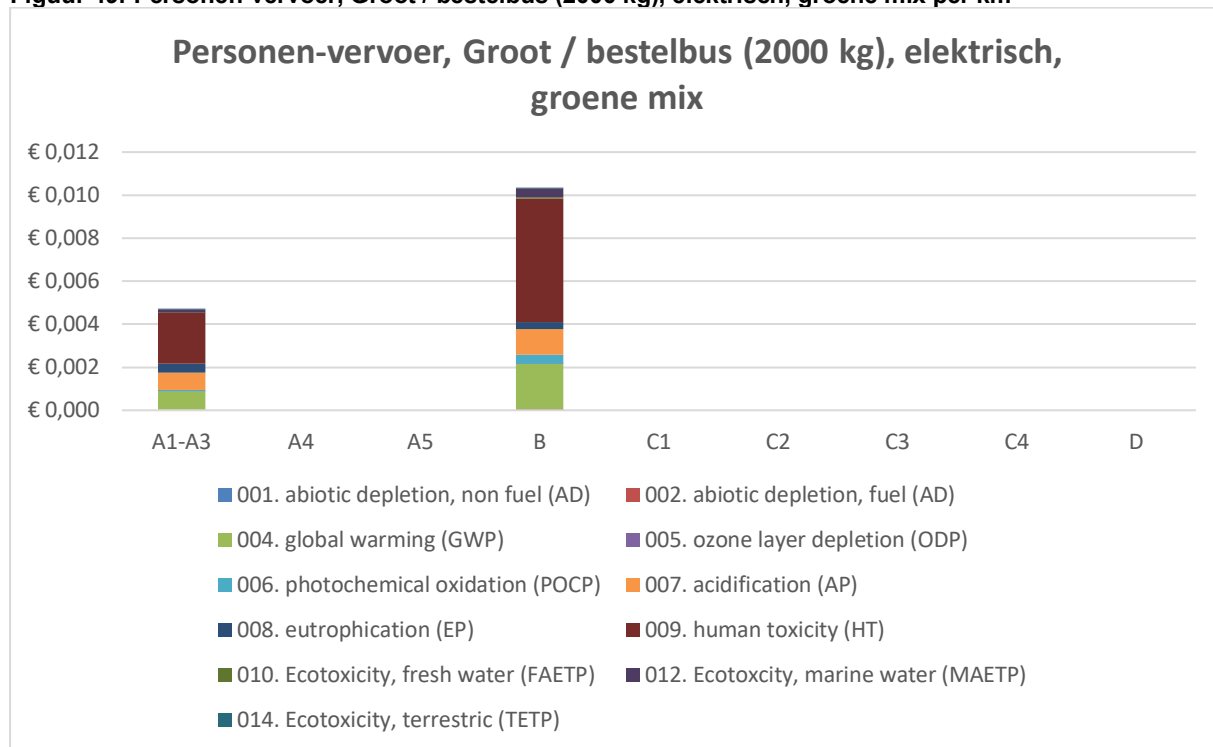


**Personen-vervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), elektrisch, groene mix
gekaracteriseerde resultaten**

Tabel 49: Personen-vervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), elektrisch, groene mix per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,0151	€ 0,0047	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0103	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	8,00E-06	2,00E-06	0,00E+00	0,00E+00	6,00E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	4,59E-04	1,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,56E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	5,99E-02	1,75E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,24E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	7,67E-09	2,57E-09	0,00E+00	0,00E+00	5,10E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,24E-04	2,66E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,98E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	4,99E-04	2,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	8,32E-05	4,76E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,56E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	9,04E-02	2,63E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,41E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,84E-03	4,93E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,34E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	5,36E+00	1,26E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,10E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,15E-03	8,08E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,42E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	2,44E+00	2,38E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,57E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	9,54E-01	2,09E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,45E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	2,91E-04	2,91E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	7,42E-04	3,08E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,35E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,23E-05	6,43E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,84E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,04E-01	7,41E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,67E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,74E-06	7,86E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,95E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 49: Personen-vervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), elektrisch, groene mix per km

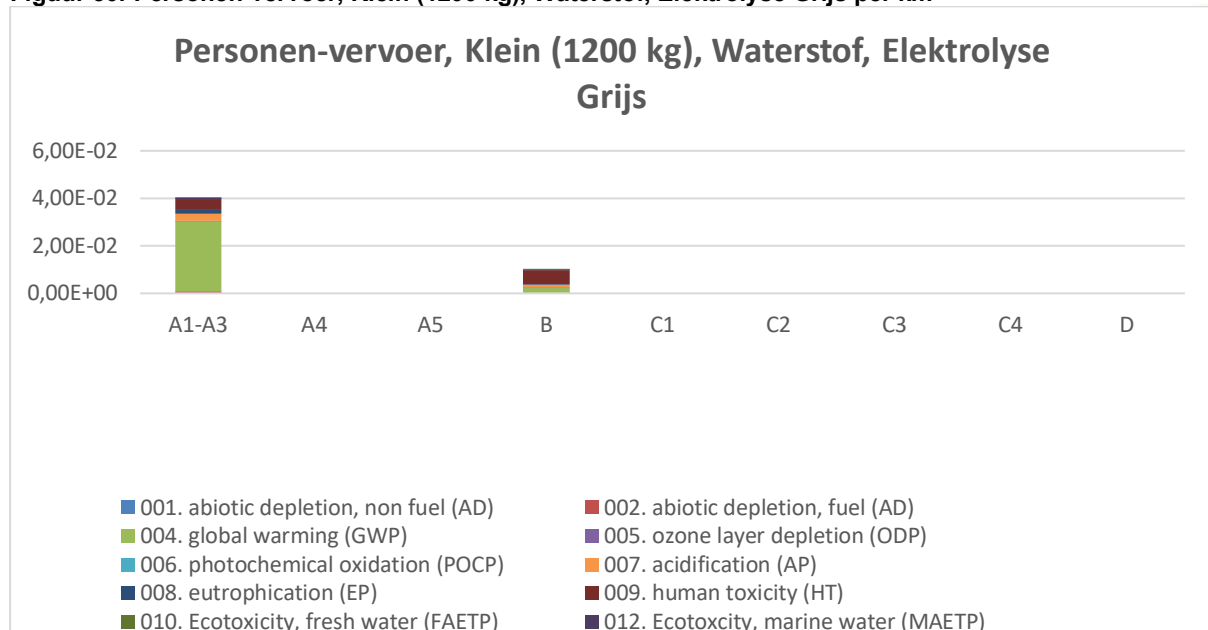


Personen-vervoer, Klein (1200 kg), Waterstof, Elektrolyse Grijs gekarakteriseerde resultaten

Tabel 50: Personen-vervoer, Klein (1200 kg), Waterstof, Elektrolyse Grijs per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,050	€ 0,040	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,010	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	5,94E-06	8,15E-07	0,00E+00	0,00E+00	5,12E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	5,56E-03	5,25E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,06E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	6,34E-01	5,90E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,34E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,05E-07	5,61E-08	0,00E+00	0,00E+00	4,91E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,19E-04	8,75E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,31E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,04E-03	7,78E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,61E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,89E-04	1,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,04E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,16E-01	5,09E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,51E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,40E-03	1,25E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	7,76E+00	4,87E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,89E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	2,88E-03	2,58E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,94E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	8,57E-02	3,53E-02	0,00E+00	0,00E+00	5,04E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,14E+01	1,08E+01	0,00E+00	0,00E+00	6,33E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	1,93E-04	1,93E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,34E-03	2,97E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,35E-05	9,84E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,63E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	7,06E-02	1,08E-02	0,00E+00	0,00E+00	5,97E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,63E-05	1,40E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,28E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 50: Personen-vervoer, Klein (1200 kg), Waterstof, Elektrolyse Grijs per km

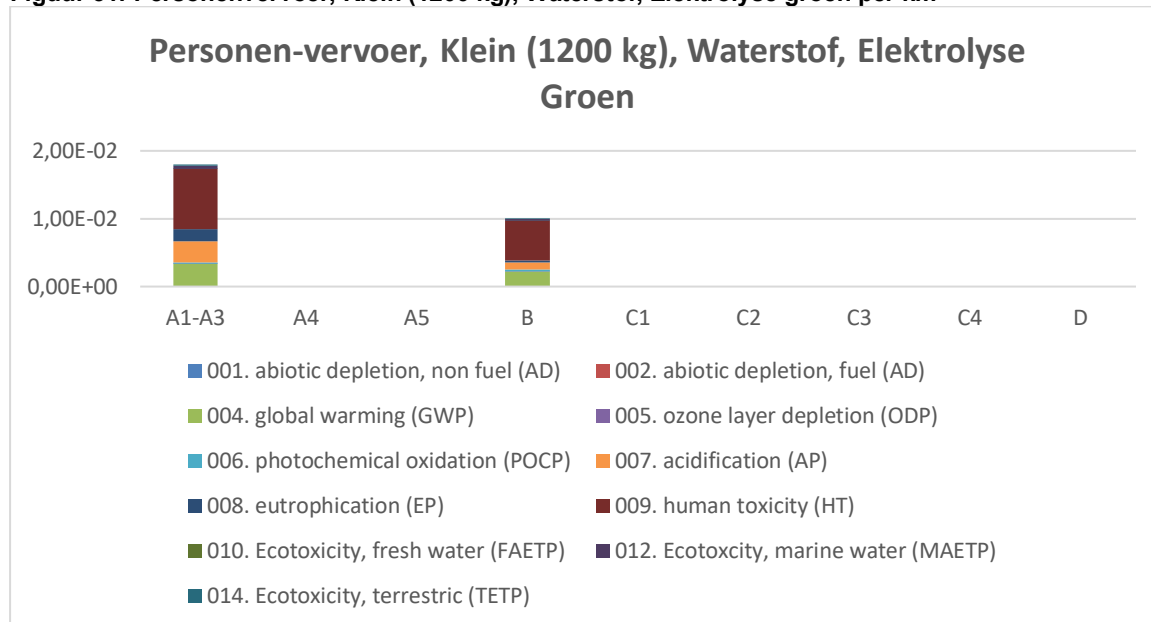


Personenvervoer, Klein (1200 kg), Waterstof, Elektrolyse groen gekarakteriseerde resultaten

Tabel 51: Personenvervoer, Klein (1200 kg), Waterstof, Elektrolyse groen per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,028	€ 0,018	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,010	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,24E-05	7,31E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,12E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	6,94E-04	3,88E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,06E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,09E-01	6,57E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,34E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,17E-08	1,26E-08	0,00E+00	0,00E+00	4,91E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,31E-04	9,94E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,31E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,03E-03	7,70E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,61E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,36E-04	2,06E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,04E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,63E-01	9,80E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,51E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,97E-03	1,82E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	7,54E+00	4,65E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,89E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	3,23E-03	2,93E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,94E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	8,69E+00	8,64E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,04E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,42E+00	7,88E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,33E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	1,05E-03	1,05E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,74E-03	1,37E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	2,70E-05	2,33E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,63E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	8,69E-02	2,71E-02	0,00E+00	0,00E+00	5,97E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	5,25E-06	2,97E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,28E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 51: Personenvervoer, Klein (1200 kg), Waterstof, Elektrolyse groen per km

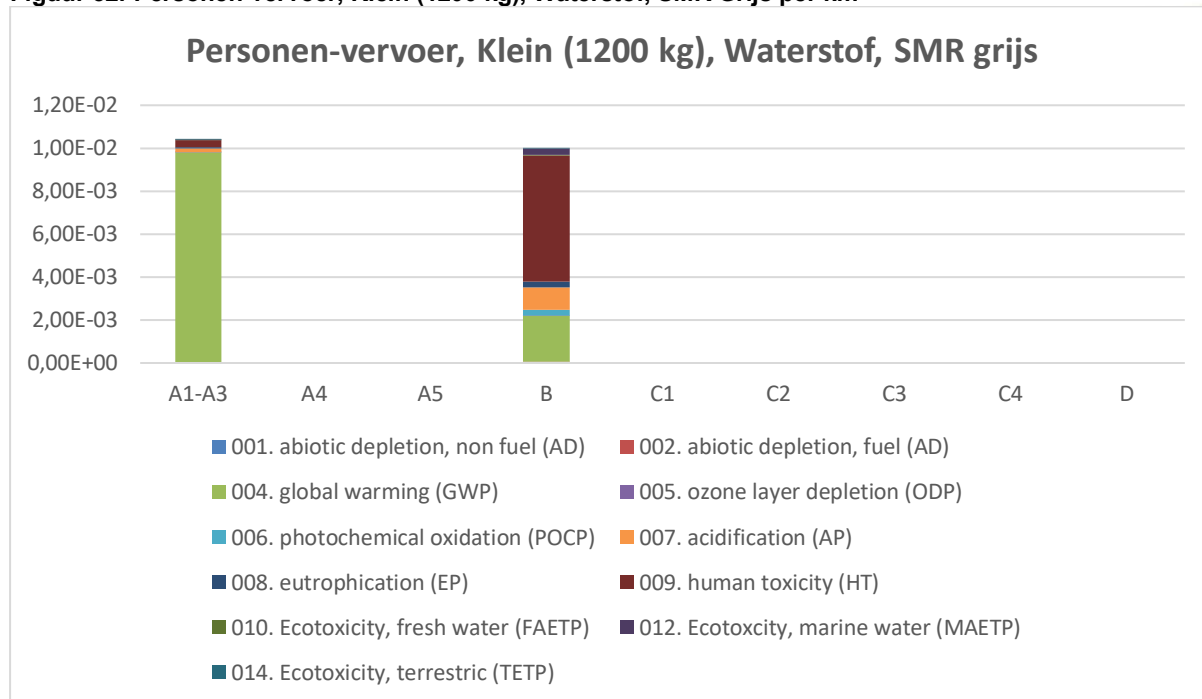


Personenvervoer, Klein (1200 kg), Waterstof, SMR Grijs gekarakteriseerde resultaten

Tabel 52: Personenvervoer, Klein (1200 kg), Waterstof, SMR Grijs per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,020	€ 0,010	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,010	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	5,17E-06	4,75E-08	0,00E+00	0,00E+00	5,12E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	5,77E-04	2,71E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,06E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	2,39E-01	1,95E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,34E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	5,19E-08	2,73E-09	0,00E+00	0,00E+00	4,91E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,37E-04	5,55E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,31E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	3,02E-04	4,10E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,61E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	3,73E-05	6,88E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,04E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	6,88E-02	3,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,51E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,22E-03	7,02E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,16E+00	2,68E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,89E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,30E-04	1,36E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,94E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,28E-02	2,39E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,04E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,19E+00	5,55E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,33E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	9,66E-06	9,66E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,19E-04	1,45E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	4,19E-06	5,57E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,63E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	6,05E-02	7,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,97E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,00E-06	7,24E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,28E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 52: Personen-vervoer, Klein (1200 kg), Waterstof, SMR Grijs per km

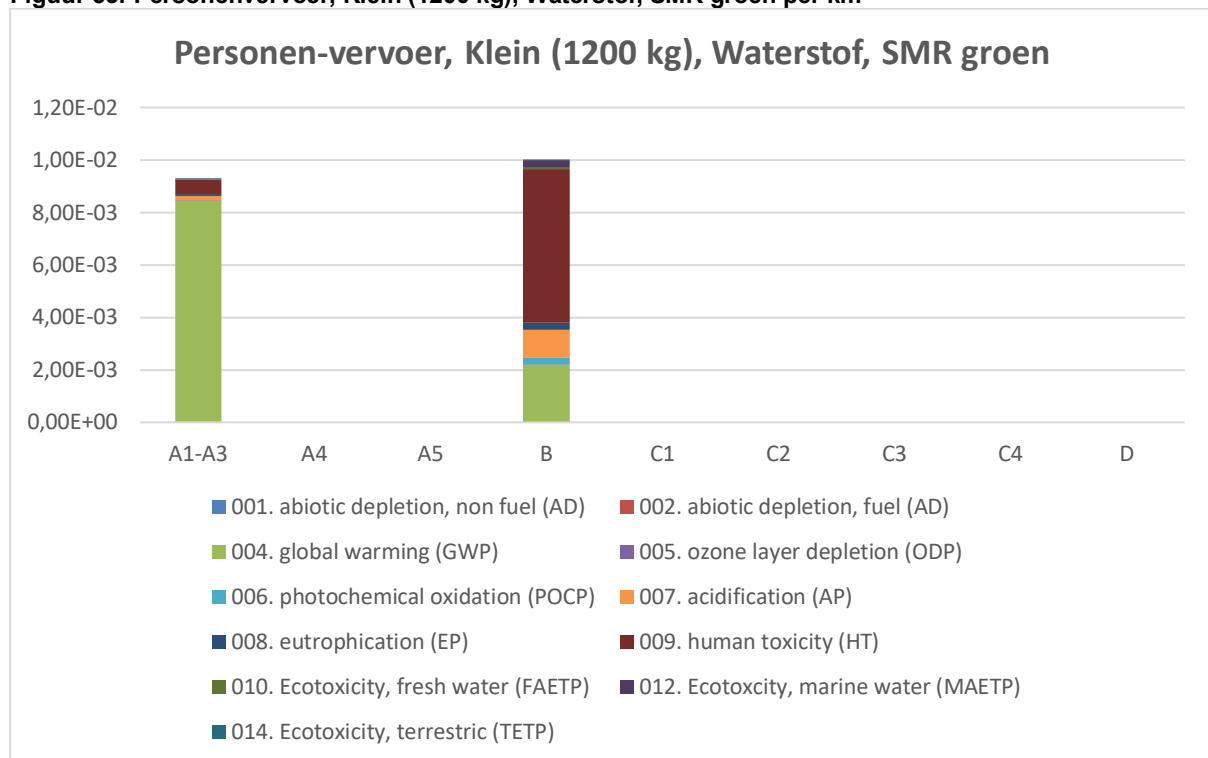


Personenvervoer, Klein (1200 kg), Waterstof, SMR Groen gekarakteriseerde resultaten

Tabel 53: Personenvervoer, Klein (1200 kg), Waterstof, SMR Groen per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,019	€ 0,009	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,010	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	5,50E-06	3,73E-07	0,00E+00	0,00E+00	5,12E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,34E-04	2,74E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,06E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	2,12E-01	1,69E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,34E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	4,97E-08	5,47E-10	0,00E+00	0,00E+00	4,91E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,38E-04	6,14E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,31E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	3,01E-04	4,06E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,61E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	3,97E-05	9,26E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,04E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	7,11E-02	6,05E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,51E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,25E-03	9,90E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,15E+00	2,56E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,89E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,47E-04	1,53E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,94E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	4,84E-01	4,33E-01	0,00E+00	0,00E+00	5,04E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,87E-02	5,37E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,33E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	5,27E-05	5,27E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	4,39E-04	6,47E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	4,87E-06	1,23E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,63E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	6,13E-02	1,59E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,97E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	2,45E-06	1,74E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,28E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 53: Personenvervoer, Klein (1200 kg), Waterstof, SMR groen per km

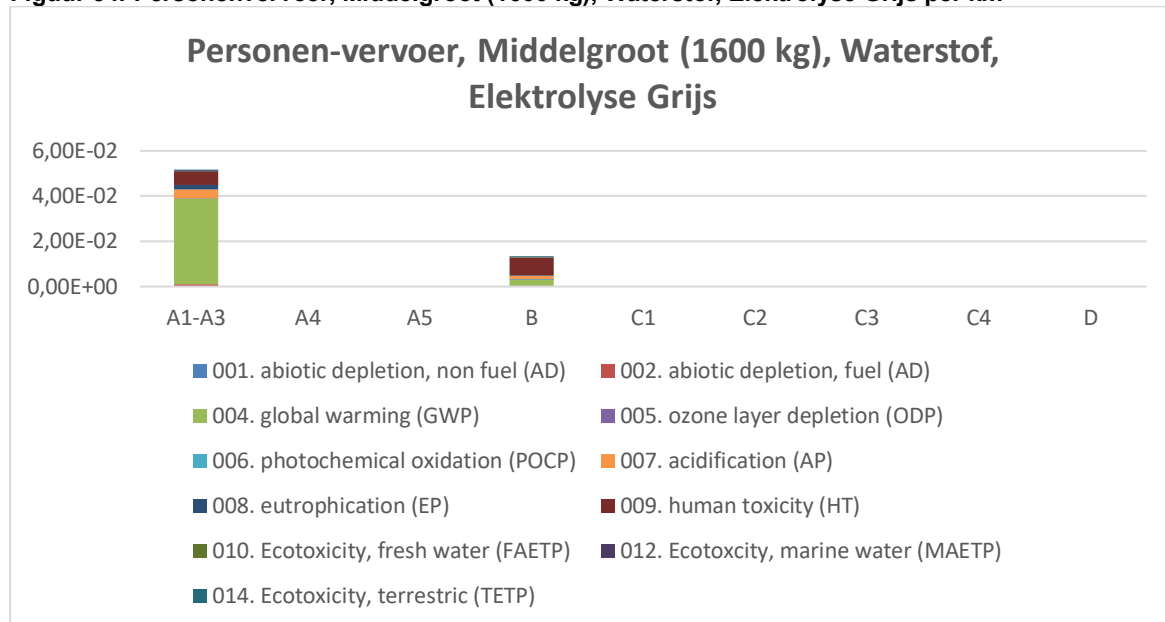


Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, Elektrolyse Grijs gekarakteriseerde resultaten

Tabel 54: Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, Elektrolyse Grijs per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,065	€ 0,052	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,013	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,85E-06	1,04E-06	0,00E+00	0,00E+00	6,80E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	7,13E-03	6,72E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	8,13E-01	7,55E-01	0,00E+00	0,00E+00	5,71E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,37E-07	7,18E-08	0,00E+00	0,00E+00	6,53E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,86E-04	1,12E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,34E-03	9,96E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,44E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	2,43E-04	2,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,01E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,52E-01	6,52E-02	0,00E+00	0,00E+00	8,64E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	3,12E-03	1,60E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,52E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,01E+01	6,23E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,83E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	3,70E-03	3,31E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,89E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,09E-01	4,52E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,37E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,47E+01	1,38E+01	0,00E+00	0,00E+00	8,28E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	2,47E-04	2,47E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	4,28E-03	3,80E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,83E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,74E-05	1,26E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,83E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	9,32E-02	1,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,94E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	2,08E-05	1,79E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,93E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 54: Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, Elektrolyse Grijs per km

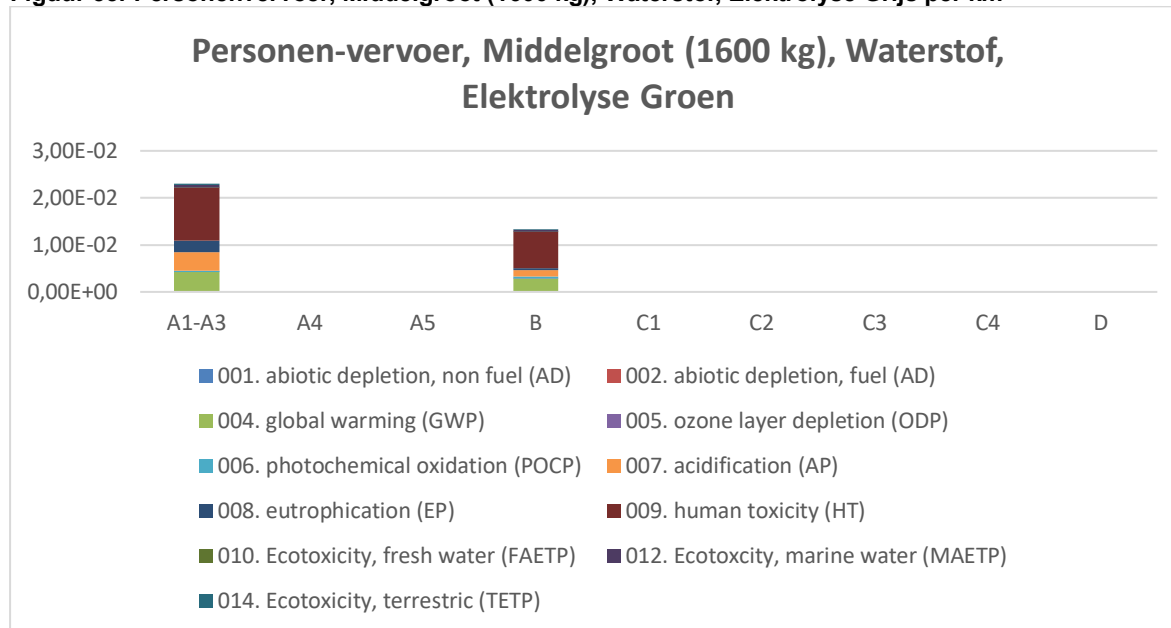


Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, Elektrolyse Groen gekarakteriseerde resultaten

Tabel 55: Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, Elektrolyse Groen per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,036	€ 0,023	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,013	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,62E-05	9,36E-06	0,00E+00	0,00E+00	6,80E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	8,99E-04	4,96E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,41E-01	8,41E-02	0,00E+00	0,00E+00	5,71E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	8,14E-08	1,61E-08	0,00E+00	0,00E+00	6,53E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	3,02E-04	1,27E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,33E-03	9,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,44E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	3,04E-04	2,64E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,01E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	2,12E-01	1,25E-01	0,00E+00	0,00E+00	8,64E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	3,85E-03	2,34E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,52E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	9,78E+00	5,95E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,83E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,14E-03	3,76E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,89E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,11E+01	1,11E+01	0,00E+00	0,00E+00	6,37E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,84E+00	1,01E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,28E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	1,35E-03	1,35E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	2,23E-03	1,75E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,83E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	3,47E-05	2,99E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,83E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,14E-01	3,47E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,94E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	6,73E-06	3,80E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,93E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 55: Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, Elektrolyse Grijs per km

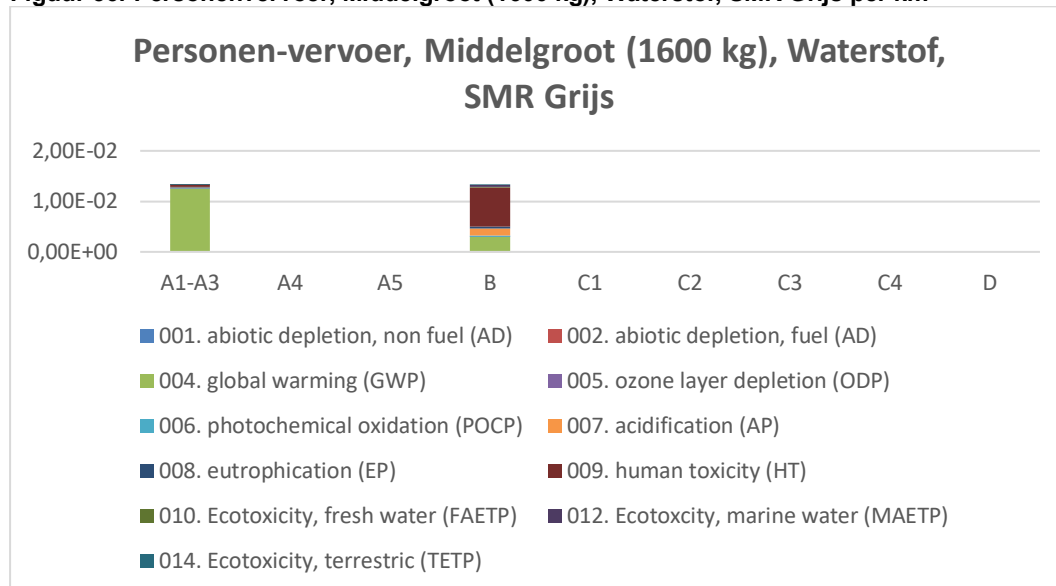


Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, SMR Grijs gekarakteriseerde resultaten

Tabel 56: Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, SMR Grijs per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,027	€ 0,013	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,013	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	6,87E-06	6,08E-08	0,00E+00	0,00E+00	6,80E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	7,50E-04	3,47E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,07E-01	2,50E-01	0,00E+00	0,00E+00	5,71E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,88E-08	3,49E-09	0,00E+00	0,00E+00	6,53E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,81E-04	7,10E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	3,97E-04	5,25E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,44E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	4,89E-05	8,80E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,01E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	9,11E-02	4,73E-03	0,00E+00	0,00E+00	8,64E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,61E-03	8,99E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,52E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	4,17E+00	3,42E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,83E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	5,63E-04	1,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,89E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,68E-02	3,07E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,37E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,54E+00	7,11E-01	0,00E+00	0,00E+00	8,28E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	1,24E-05	1,24E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	6,69E-04	1,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,83E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	5,54E-06	7,13E-07	0,00E+00	0,00E+00	4,83E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	8,03E-02	9,89E-04	0,00E+00	0,00E+00	7,94E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,85E-06	9,27E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,93E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 56: Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, SMR Grijs per km

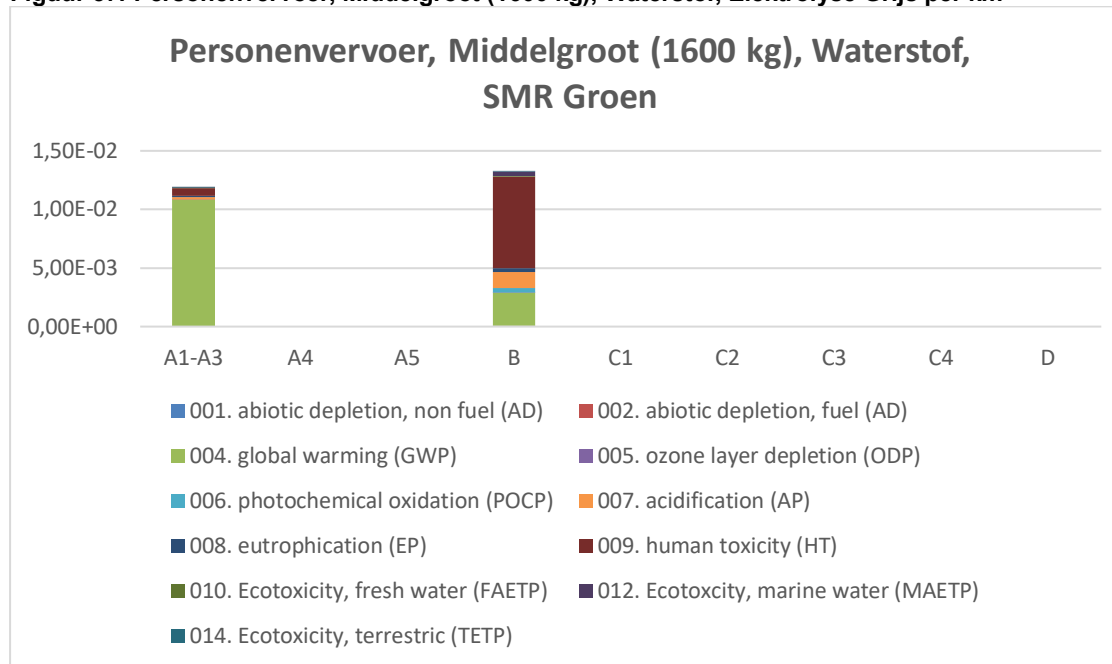


Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, SMR Groen gekarakteriseerde resultaten

Tabel 57: Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, SMR Groen per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,025	€ 0,012	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,013	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,28E-06	4,77E-07	0,00E+00	0,00E+00	6,80E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	4,38E-04	3,50E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	2,73E-01	2,16E-01	0,00E+00	0,00E+00	5,71E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,60E-08	7,01E-10	0,00E+00	0,00E+00	6,53E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,82E-04	7,86E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	3,96E-04	5,20E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,44E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	5,19E-05	1,19E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,01E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	9,42E-02	7,74E-03	0,00E+00	0,00E+00	8,64E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,65E-03	1,27E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,52E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	4,16E+00	3,28E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,83E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	5,85E-04	1,96E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,89E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,18E-01	5,54E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,37E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	8,97E-01	6,87E-02	0,00E+00	0,00E+00	8,28E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	6,75E-05	6,75E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,66E-04	8,28E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,83E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,40E-06	1,58E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,83E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	8,14E-02	2,03E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,94E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,15E-06	2,22E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,93E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 57: Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, Elektrolyse Grijs per km

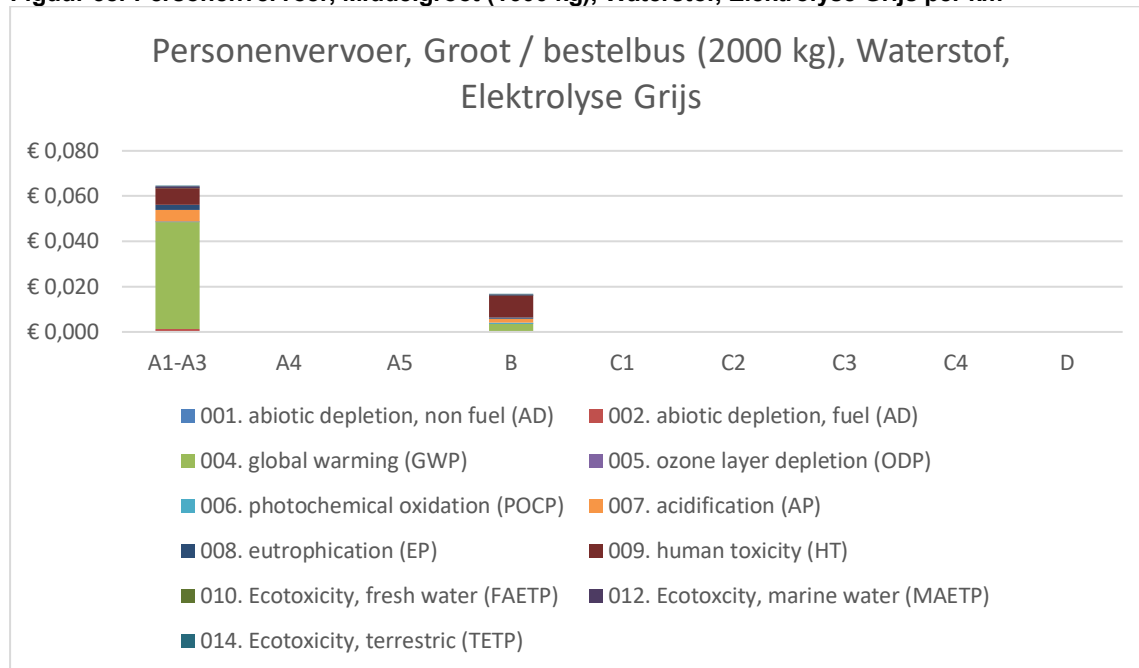


Personenvervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), Waterstof, Elektrolyse Grijs gekarakteriseerde resultaten

Tabel 58: Personenvervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), Waterstof, Elektrolyse Grijs per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,081	€ 0,065	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,017	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	9,84E-06	1,30E-06	0,00E+00	0,00E+00	8,54E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	8,91E-03	8,41E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,02E+00	9,44E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,72E-07	8,98E-08	0,00E+00	0,00E+00	8,19E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	3,59E-04	1,40E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,67E-03	1,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	3,03E-04	2,53E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,00E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,90E-01	8,15E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,08E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	3,90E-03	2,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,90E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,26E+01	7,79E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,79E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,62E-03	4,13E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,34E-01	5,65E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,74E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,83E+01	1,73E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,03E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	3,09E-04	3,09E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,34E-03	4,75E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,95E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	2,18E-05	1,57E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,05E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,17E-01	1,73E-02	0,00E+00	0,00E+00	9,96E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	2,59E-05	2,24E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,59E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 58: Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, Elektrolyse Grijs per km

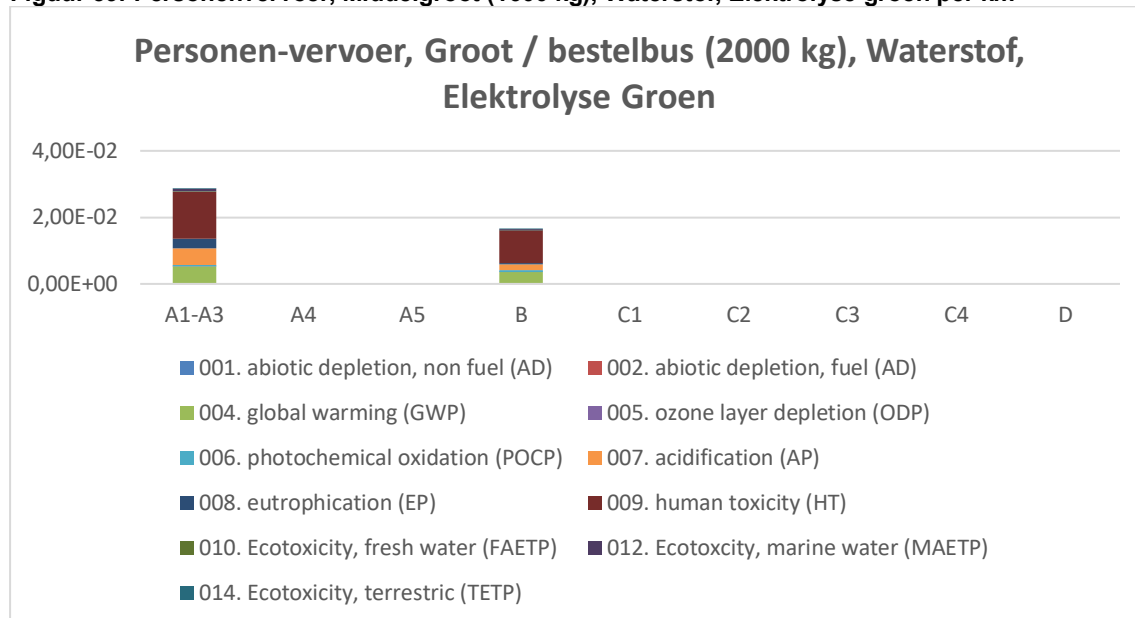


Personenvervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), Waterstof, Elektrolyse Groen gekarakteriseerde resultaten

Tabel 59: Personenvervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), Waterstof, Elektrolyse Groen per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,045	€ 0,029	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,017	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	2,02E-05	1,17E-05	0,00E+00	0,00E+00	8,54E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,12E-03	6,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,76E-01	1,05E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,02E-07	2,01E-08	0,00E+00	0,00E+00	8,19E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	3,78E-04	1,59E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,66E-03	1,23E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	3,80E-04	3,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,00E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	2,65E-01	1,57E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,08E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	4,82E-03	2,92E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,90E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,22E+01	7,44E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,79E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	5,18E-03	4,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,39E+01	1,38E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,74E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,29E+00	1,26E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,03E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	1,69E-03	1,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	2,78E-03	2,19E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,95E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	4,34E-05	3,73E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,05E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,43E-01	4,34E-02	0,00E+00	0,00E+00	9,96E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	8,35E-06	4,75E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,59E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 59: Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, Elektrolyse groen per km

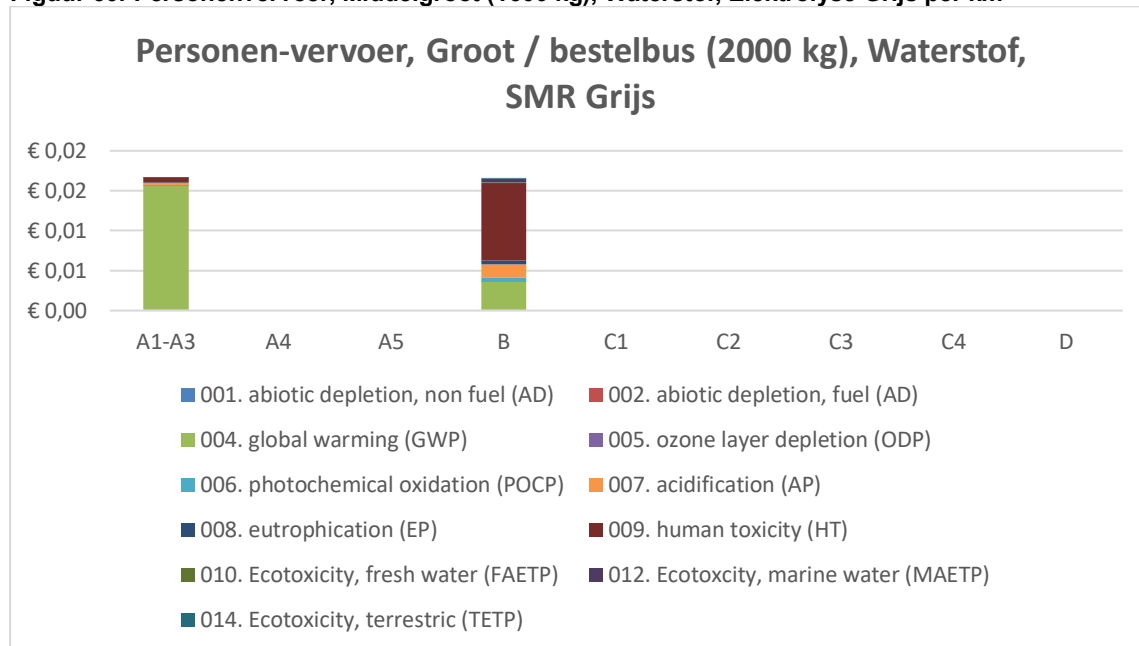


Personenvervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), Waterstof, SMR Grijs gekarakteriseerde resultaten

Tabel 60: Personenvervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), Waterstof, SMR Grijs per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,033	€ 0,017	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,017	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	8,61E-06	7,60E-08	0,00E+00	0,00E+00	8,54E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	9,36E-04	4,33E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,83E-01	3,12E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	8,63E-08	4,36E-09	0,00E+00	0,00E+00	8,19E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,27E-04	8,87E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	4,95E-04	6,56E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	6,10E-05	1,10E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,00E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,14E-01	5,91E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,08E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,02E-03	1,12E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,90E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	5,22E+00	4,28E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,79E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	7,04E-04	2,17E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	8,12E-02	3,83E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,74E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,92E+00	8,89E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,03E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	1,55E-05	1,55E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	8,27E-04	2,32E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,95E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,95E-06	8,91E-07	0,00E+00	0,00E+00	6,05E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,01E-01	1,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,96E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	4,75E-06	1,16E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,59E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 60: Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, Elektrolyse Grijs per km

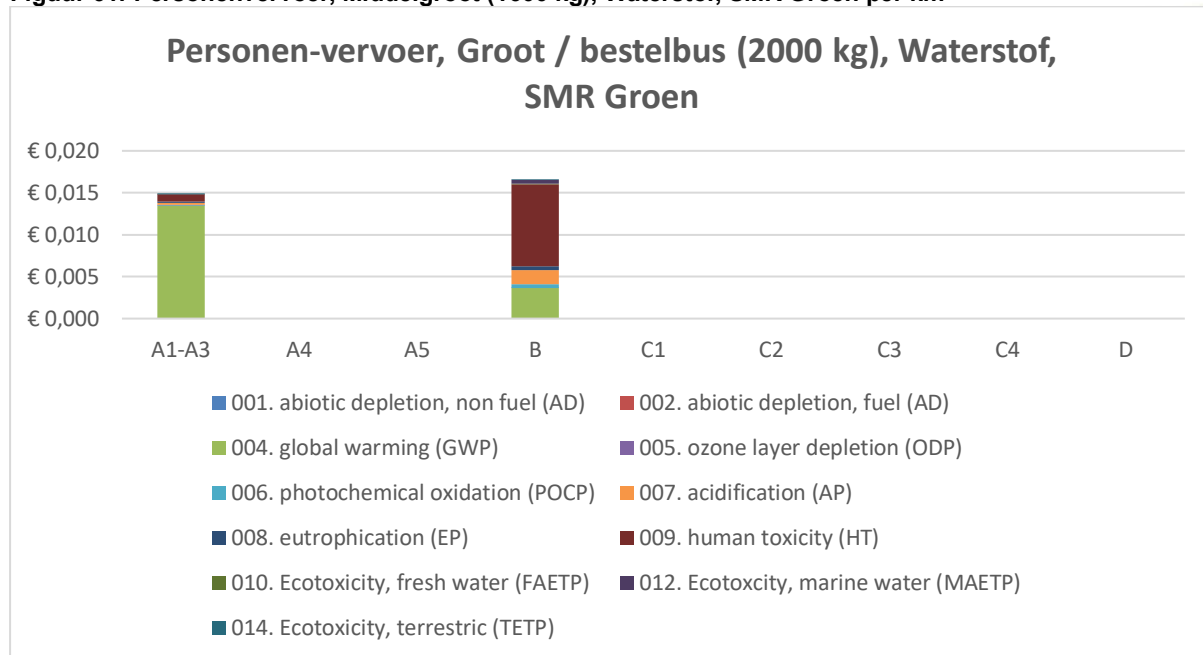


Personenvervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), Waterstof, SMR Groen gekarakteriseerde resultaten

Tabel 61: Personenvervoer, Groot / bestelbus (2000 kg), Waterstof, SMR Groen per km

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,031	€ 0,015	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,017	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	9,13E-06	5,96E-07	0,00E+00	0,00E+00	8,54E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	5,46E-04	4,38E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,41E-01	2,70E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	8,28E-08	8,76E-10	0,00E+00	0,00E+00	8,19E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,28E-04	9,82E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	4,95E-04	6,50E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	6,48E-05	1,48E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,00E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,18E-01	9,67E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,08E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,06E-03	1,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,90E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	5,21E+00	4,10E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,79E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	7,32E-04	2,45E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	7,70E-01	6,93E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,74E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,12E+00	8,59E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,03E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	8,44E-05	8,44E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	6,99E-04	1,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,95E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	8,03E-06	1,97E-06	0,00E+00	0,00E+00	6,05E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,02E-01	2,54E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,96E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,87E-06	2,78E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,59E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 61: Personenvervoer, Middelgroot (1600 kg), Waterstof, SMR Groen per km

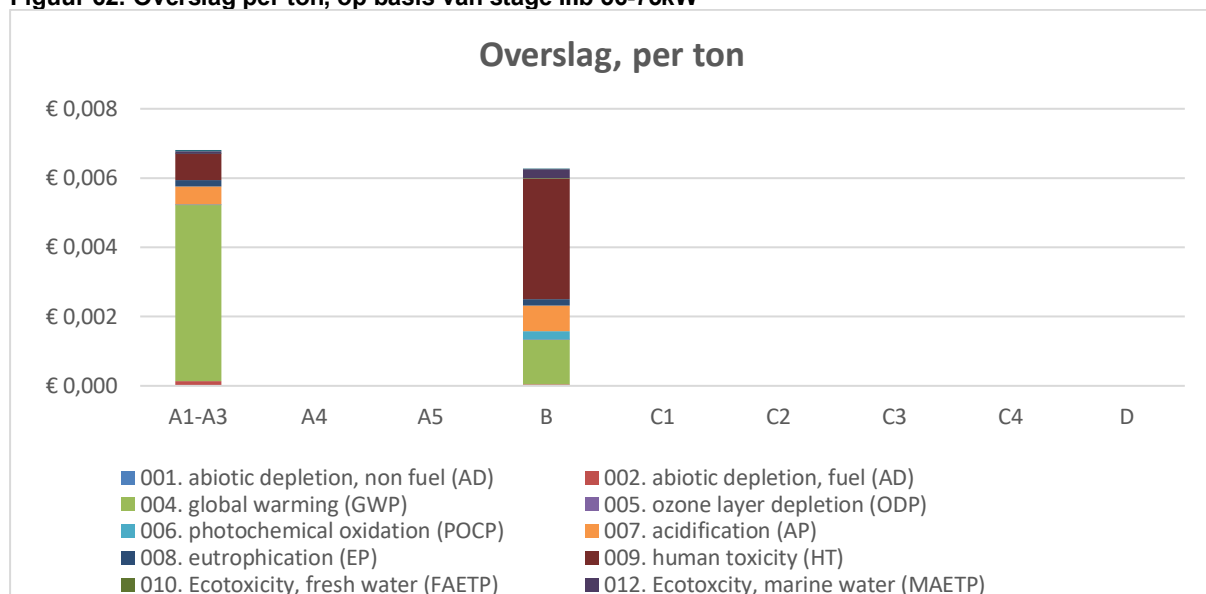


Overslag per ton gekarakteriseerde resultaten

Tabel 62: Overslag per ton, op basis van stage IIb 56-75kW

Impact Categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
MKI	€	€ 0,0267	€ 0,0071	€ 0,0001	€ 0,000	€ 0,020	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	5,43E-07	8,38E-08	8,37E-08	0,00E+00	3,76E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,79E-03	1,57E-03	8,43E-06	0,00E+00	2,17E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	2,63E-01	3,37E-02	1,13E-03	0,00E+00	2,28E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	4,62E-08	4,30E-08	1,90E-10	0,00E+00	3,01E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	8,10E-05	4,95E-05	7,14E-07	0,00E+00	3,08E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	9,09E-04	3,55E-04	4,01E-06	0,00E+00	5,50E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,81E-04	4,89E-05	6,35E-07	0,00E+00	1,32E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	8,03E-02	3,01E-02	5,63E-04	0,00E+00	4,97E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,55E-03	1,15E-03	1,44E-05	0,00E+00	3,82E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	5,12E+00	4,14E+00	5,23E-02	0,00E+00	9,30E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	7,81E-04	6,48E-05	3,16E-06	0,00E+00	7,14E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	4,35E-02	6,22E-03	1,17E-03	0,00E+00	3,61E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	4,04E+00	3,55E+00	1,95E-02	0,00E+00	4,73E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
108. Secondary material (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	2,97E-04	2,52E-05	1,17E-06	0,00E+00	2,70E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,00E-05	9,26E-06	4,71E-08	0,00E+00	7,11E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	9,29E-03	7,56E-04	1,30E-03	0,00E+00	7,23E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	2,59E-05	2,41E-05	1,22E-07	0,00E+00	1,74E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Figuur 62: Overslag per ton, op basis van stage IIb 56-75kW



Bijlage II Verbrandingsemissies bouwmachines Diesel en GTL

In de TNO-rapportage brandstof machine combinaties uit 2021 wordt aangegeven dat lage vermogensklassen hogere NOx emissies hebben, wat resulteert in significant hogere MKI. Op basis van deze claim is het toevoegen van dergelijke productkaarten binnen de scope van deze update gevallen. In TNO, 2021 wordt indirect verwezen naar data uit het LCA-achtergrondrapport voor Nederlandse asfaltmengsels v2.1, Vos-Effting et al., 2018. Na gesprekken met de auteur gaf deze aan de waarden als niet meer representatief te achten. In samenspraak is verwezen naar de verantwoordelijke voor de emissiemodellering van TNO. De data uit het AERIUS-model 2020 is uiteindelijk toegepast in deze update.

Uitsluitend de lage vermogensklasse zijn toegevoegd, dit betreft stage V <37kW en 37-56kW en stage IIIB 37-56kW. Voor stage IV bestaan er geen emissie limieten en TNO heeft aangegeven dat deze stageklasse vermogen combinatie in de praktijk niet voorkomen. In de onderstaande tabellen wordt de impact van de AERIUS-emissiedata uiteengezet tegen de huidige data uit de 2021-versie van dit rapport en tegen de (verouderd geachte) waarden uit het LCA-achtergrondrapport voor Nederlandse asfaltmengsels v2.1. De AERIUS-data geeft voor de 56> kW vermogensklassen een 8-9% hogere MKI dan de waarden uit TNO, 2021. Deze lage vermogensklassen geven een grotere toename ten opzichte van de toename indien de waarden uit het asfalt branche rapport werden toegepast.

Dit resulteert in onderstaande productkaarten voor de GTL- en Dieselbouwmachines:

Bouwmachine, Stage IIIB, <56 kW
Bouwmachine, Stage IIIB, 56-75 kW
Bouwmachine, Stage IIIB, 75-130 kW
Bouwmachine, Stage IIIB, >130 kW
Bouwmachine, Stage IV, alle vermogensklassen
Bouwmachine, Stage V, <37 kW
Bouwmachine, Stage V, 37-56 kW
Bouwmachine, Stage V, >56 kW

In het AERIUS-model wordt er uitgegaan dat materieelstukken gemiddeld 30% van de tijd stationair draaien. Om dit terug te brengen naar de gewenste eenheid "liters verbrande diesel" zijn er enkele rekenstappen vereist. Ten eerste dient het brandstofverbruik tijdens de onbelaste fase berekend te worden. Het brandstofverbruik is door AERIUS opgegeven in liters diesel per liter cilinderinhoud per uur (l/l/uur). De cilinderinhoud kan geschat worden als 1/20^{ste} van het vermogen, hiervoor is steeds het midden van de vermogensklasse genomen. Via deze inhoud kan het brandstofverbruik per uur berekend worden.

Voor het aandeel dat de machines belast draaien is het brandstofverbruik per uur geschat. Dit is gedaan via het gemiddelde vermogen van iedere vermogensklasse, de efficiëntie van de Diesel motoren uit tabel 1 (0,261) en de energie-inhoud van Diesel (35,9 MJ).

Vanuit de hierboven berekende diesel verbruiken kan worden bepaald hoeveel liter brandstof er in een uur verbrand wordt als er 30% stationair wordt gedraaid. Hieruit volgt dat als een machine 30% van de **tijd** onbelast draait 82% van het **brandstofverbruik** onder de emissie limiet belast valt en 18% onder de emissie limiet onbelast.

Tabel 1: Onbelaste emissiefactoren. Bron data voor de NOx en NH3 emissies per liter Diesel vanuit het AERIUS, 2020 model (<https://www.aerius.nl/nl/factsheets/mobiele-werktuigen-stage-klasse-emissiefactoren/15-10-2020>) (<https://www.aerius.nl/nl/factsheets/emissieberekening-mobiele-werktuigen/15-10-2020>) . In dit model wordt met 30% onbelast gerekend. Deze kolom is toegevoegd en gebruikt voor de finale emissie waarden.

Categorie	Minimaal vermogen (KWH)	Maximaal vermogen (KWH)	Brandstofverbruik onbelast (l/l/uur)	Stof	Emissiefactor onbelast (g/l/uur)	Gemiddelde cilinder inhoud (l)	Brandstofverbruik onbelast (l/uur)
STAGE IIb, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2011 (Diesel)	130	300	0,395181	NH3	0,0033	10,75	4,25
STAGE IIb, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2011 (Diesel)	130	300	0,395181	NOx	14,2	10,75	4,25
STAGE IIb, 37 <= kW < 56, bouwjaar 2013 (Diesel)	37	56	0,395181	NH3	0,0033	2,325	0,92
STAGE IIb, 37 <= kW < 56, bouwjaar 2013 (Diesel)	37	56	0,395181	NOx	14,2	2,325	0,92
STAGE IIb, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2012 (Diesel)	56	75	0,395181	NH3	0,0033	3,275	1,29
STAGE IIb, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2012 (Diesel)	56	75	0,395181	NOx	14,2	3,275	1,29
STAGE IIb, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2012 (Diesel)	75	130	0,395181	NH3	0,0033	5,125	2,03
STAGE IIb, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2012 (Diesel)	75	130	0,395181	NOx	14,2	5,125	2,03
STAGE IV, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2014 (Diesel)	130	300	0,377108	NH3	0,0031	10,75	4,05
STAGE IV, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2014 (Diesel)	130	300	0,377108	NOx	10,0	10,75	4,05
STAGE IV, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2015 (Diesel)	56	75	0,377108	NH3	0,0031	3,275	1,24
STAGE IV, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2015 (Diesel)	56	75	0,377108	NOx	10,0	3,275	1,24
STAGE IV, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2015 (Diesel)	75	130	0,377108	NH3	0,0031	5,125	1,93
STAGE IV, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2015 (Diesel)	75	130	0,377108	NOx	10,0	5,125	1,93
STAGE V, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2019 (Diesel)	130	300	0,377108	NH3	0,0031	10,75	4,05
STAGE V, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2019 (Diesel)	130	300	0,377108	NOx	10,0	10,75	4,05
STAGE V, 18 <= kW < 37, bouwjaar 2019 (Diesel)	18	37	0,377108	NH3	0,0031	1,375	0,52
STAGE V, 18 <= kW < 37, bouwjaar 2019 (Diesel)	18	37	0,377108	NOx	10,0	1,375	0,52
STAGE V, 37 <= kW < 56, bouwjaar 2019 (Diesel)	37	56	0,377108	NH3	0,0031	2,325	0,88
STAGE V, 37 <= kW < 56, bouwjaar 2019 (Diesel)	37	56	0,377108	NOx	10,0	2,325	0,88

STAGE V, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2020 (Diesel)	56	75	0,377108	NH3	0,0031	3,275	1,24
STAGE V, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2020 (Diesel)	56	75	0,377108	NOx	10,0	3,275	1,24
STAGE V, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2020 (Diesel)	75	130	0,377108	NH3	0,0031	5,125	1,93
STAGE V, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2020 (Diesel)	75	130	0,377108	NOx	10,0	5,125	1,93

Tabel 2: Belaste emissiefactoren. Bron data voor de NOx en NH3 emissies per liter Diesel vanuit het AERIUS, 2020 model (<https://www.aerius.nl/nl/factsheets/mobiele-werktuigen-stage-klasse-emissiefactoren/15-10-2020>) (<https://www.aerius.nl/nl/factsheets/emissieberekening-mobiele-werktuigen/15-10-2020>) . In dit model wordt met 30% onbelast gerekend. Deze kolom is toegevoegd en gebruikt voor de finale emissie waarden.

Categorie	Minimaal vermogen (KWH)	Maximaal vermogen (KWH)	Stof	Emissiefact or belast (g/l)	Dieselverbruik per uur Belast (l/uur)
STAGE IIlb, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2011 (Diesel)	130	300	NH3	0,0084	8,26
STAGE IIlb, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2011 (Diesel)	130	300	NOx	9,5	8,26
STAGE IIlb, 37 <= kW < 56, bouwjaar 2013 (Diesel)	37	56	NH3	0,0084	1,79
STAGE IIlb, 37 <= kW < 56, bouwjaar 2013 (Diesel)	37	56	NOx	12,6	1,79
STAGE IIlb, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2012 (Diesel)	56	75	NH3	0,0084	2,52
STAGE IIlb, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2012 (Diesel)	56	75	NOx	10,8	2,52
STAGE IIlb, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2012 (Diesel)	75	130	NH3	0,0084	3,94
STAGE IIlb, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2012 (Diesel)	75	130	NOx	17,0	3,94
STAGE IV, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2014 (Diesel)	130	300	NH3	0,0083	8,26
STAGE IV, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2014 (Diesel)	130	300	NOx	3,2	8,26
STAGE IV, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2015 (Diesel)	56	75	NH3	0,0084	2,52
STAGE IV, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2015 (Diesel)	56	75	NOx	3,0	2,52
STAGE IV, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2015 (Diesel)	75	130	NH3	0,0084	3,94
STAGE IV, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2015 (Diesel)	75	130	NOx	3,1	3,94
STAGE V, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2019 (Diesel)	130	300	NH3	0,0083	8,26

STAGE V, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2019 (Diesel)	130	300	NOx	3,4	8,26
STAGE V, 18 <= kW < 37, bouwjaar 2019 (Diesel)	18	37	NH3	0,0083	1,06
STAGE V, 18 <= kW < 37, bouwjaar 2019 (Diesel)	18	37	NOx	23,7	1,06
STAGE V, 37 <= kW < 56, bouwjaar 2019 (Diesel)	37	56	NH3	0,0083	1,79
STAGE V, 37 <= kW < 56, bouwjaar 2019 (Diesel)	37	56	NOx	13,3	1,79
STAGE V, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2020 (Diesel)	56	75	NH3	0,0083	2,52
STAGE V, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2020 (Diesel)	56	75	NOx	3,2	2,52
STAGE V, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2020 (Diesel)	75	130	NH3	0,0083	3,94
STAGE V, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2020 (Diesel)	75	130	NOx	3,3	3,94

Tabel 3: Aandeel emissiefactor belast per liter diesel versus aandeel onbelaste emissiefactor oer liter verbande diesel.

Categorie	Totaal brandstof verbruik per uur (0,3 onbelast + 0,7 belast)	Aandeel onbelast verbruik per uur (l)	Aandeel belast ,verbruik per uur (l)	Fractie onbelast t.o.v. totaal per uur	Fractie belast t.o.v. totaal per uur	Emissie factor 30% onbelast +70% belast
STAGE IIIB, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2011 (Diesel)	7,06	1,27	5,78	18%	82%	0,007
STAGE IIIB, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2011 (Diesel)	7,06	1,27	5,78	18%	82%	10,378
STAGE IIIB, 37 <= kW < 56, bouwjaar 2013 (Diesel)	1,53	0,28	1,25	18%	82%	0,007
STAGE IIIB, 37 <= kW < 56, bouwjaar 2013 (Diesel)	1,53	0,28	1,25	18%	82%	12,888
STAGE IIIB, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2012 (Diesel)	2,15	0,39	1,76	18%	82%	0,007
STAGE IIIB, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2012 (Diesel)	2,15	0,39	1,76	18%	82%	11,435
STAGE IIIB, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2012 (Diesel)	3,36	0,61	2,76	18%	82%	0,007
STAGE IIIB, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2012 (Diesel)	3,36	0,61	2,76	18%	82%	16,501
STAGE IV, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2014 (Diesel)	7,00	1,22	5,78	17%	83%	0,007
STAGE IV, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2014 (Diesel)	7,00	1,22	5,78	17%	83%	4,387
STAGE IV, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2015 (Diesel)	2,13	0,37	1,76	17%	83%	0,00745
STAGE IV, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2015 (Diesel)	2,13	0,37	1,76	17%	83%	4,197
STAGE IV, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2015 (Diesel)	3,34	0,58	2,76	17%	83%	0,007

STAGE IV, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2015 (Diesel)	3,34	0,58	2,76	17%	83%	4,288
STAGE V, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2019 (Diesel)	7,00	1,22	5,78	17%	83%	0,007
STAGE V, 130 <= kW < 300, bouwjaar 2019 (Diesel)	7,00	1,22	5,78	17%	83%	4,543
STAGE V, 18 <= kW < 37, bouwjaar 2019 (Diesel)	0,90	0,16	0,74	17%	83%	0,007
STAGE V, 18 <= kW < 37, bouwjaar 2019 (Diesel)	0,90	0,16	0,74	17%	83%	21,331
STAGE V, 37 <= kW < 56, bouwjaar 2019 (Diesel)	1,51	0,26	1,25	17%	83%	0,007
STAGE V, 37 <= kW < 56, bouwjaar 2019 (Diesel)	1,51	0,26	1,25	17%	83%	12,762
STAGE V, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2020 (Diesel)	2,13	0,37	1,76	17%	83%	0,007
STAGE V, 56 <= kW < 75, bouwjaar 2020 (Diesel)	2,13	0,37	1,76	17%	83%	4,342
STAGE V, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2020 (Diesel)	3,34	0,58	2,76	17%	83%	0,007
STAGE V, 75 <= kW < 130, bouwjaar 2020 (Diesel)	3,34	0,58	2,76	17%	83%	4,433

Tabel 4: Vergelijking tussen diverse bronnen voor NOx en NH3 emissies. Tabel geeft de gekarakteriseerde output voor de verbrandingsemissies van diverse brandstof machine combinaties (stag klassen en vermogensklassen) per 1000 liter Diesel weer.

		TNO2021	AERIUS	AE RI US	AERIUS	Asfalt rapport	AERIUS	Asfalt rapport	TN O2 021	AERIUS	TNO2021	AERIUS	AE RI US
Impact category	Unit	*P1 Verbrandingsemissies Stage 5 Diesel >56kW, TNO 2021, standaard	*P1 Verbrandingsemissies Stage V Diesel 56-300kW		*P1 Verbrandingsemissies Stage 5 Diesel 37-56kW, AERIUS rapport	*P1 Verbrandingsemissies Stage 5 Diesel 37-56kW, aanpassing Asfalt rapport	*P1 Verbrandingsemissies Stage 5 Diesel 18-37kW, AERIUS rapport	*P1 Verbrandingsemissies Stage 5 Diesel 18-37kW, aanpassing Asfalt rapport		*P1 Verbrandingsemissies Stage IIIB Diesel 56kW+, TNO, 2020	*P1 Verbrandingsemissies Stage IIIB Diesel 56-75kW	*P1 Verbrandingsemissies Stage IIIB Diesel <56kW	
Total	Euro	€ 147	€ 157		€ 184	€ 162	€ 212	€ 174		€ 169	€ 180	€ 185	
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	2,65E+03	2,65E+03		2,65E+03	2,65E+03	2,65E+03	2,65E+03		2,65E+03	2,65E+03	2,65E+03	
006. photochemical oxidation (POC P)	kg C2H4	3,16E-02	3,16E-02		3,16E-02	3,16E-02	3,16E-02	3,16E-02		3,16E-02	3,16E-02	3,16E-02	
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	7,33E-01	2,25E+00		6,41E+00	3,04E+00	1,07E+01	4,93E+00		4,17E+00	5,75E+00	6,48E+00	

008. eutrophication (EP)	kg PO ₄ -eq	1,91E-01	5,84E-01		1,67E+00	7,90E-01	2,78E+00	1,28E+00		1,08E+00	1,50E+00	1,69E+00	
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,10E+02	1,14E+02		1,24E+02	1,16E+02	1,34E+02	1,20E+02		1,18E+02	1,22E+02	1,24E+02	
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,29E-01	1,29E-01		1,29E-01	1,29E-01	1,29E-01	1,29E-01		1,29E-01	1,29E-01	1,29E-01	
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,21E+01	1,21E+01		1,21E+01	1,21E+01	1,21E+01	1,21E+01		1,21E+01	1,21E+01	1,21E+01	
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	5,47E-02	5,47E-02		5,47E-02	5,47E-02	5,47E-02	5,47E-02		5,47E-02	5,47E-02	5,47E-02	
051. Climate change	kg CO ₂ eq	2,65E+03	2,65E+03		2,65E+03	2,65E+03	2,65E+03	2,65E+03		2,65E+03	2,65E+03	2,65E+03	
052. Climate change - Fossil	kg CO ₂ eq	2,65E+03	2,65E+03		2,65E+03	2,65E+03	2,65E+03	2,65E+03		2,65E+03	2,65E+03	2,65E+03	
056. Acidification	mol H ⁺ eq	1,08E+00	3,32E+00		9,49E+00	4,49E+00	1,58E+01	7,29E+00		6,17E+00	8,51E+00	9,59E+00	
058. Eutrophication, marine	kg N eq	5,45E-01	1,72E+00		4,96E+00	2,34E+00	8,30E+00	3,82E+00		3,22E+00	4,45E+00	5,02E+00	
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	6,08E+00	1,90E+01		5,45E+01	2,57E+01	9,10E+01	4,18E+01		3,53E+01	4,88E+01	5,51E+01	
060. Photochemical ozone formation	kg N MV OC eq	1,47E+00	4,50E+00		1,28E+01	6,08E+00	2,14E+01	9,88E+00		8,34E+00	1,15E+01	1,30E+01	
064. Particulate matter	dis ease inc.	5,93E-07	1,21E-06		2,96E-06	1,56E-06	4,76E-06	2,23E-06		2,13E-06	2,78E-06	3,08E-06	
066. Ecotoxicity, fresh water	CT Ue	2,18E+00	2,08E+00		2,08E+00	2,18E+00	2,08E+00	1,47E+00		2,18E+00	2,08E+00	2,08E+00	
067. Human toxicity, cancer	CT Uh	3,86E-06	3,86E-06		3,86E-06	3,86E-06	3,86E-06	3,86E-06		3,86E-06	3,86E-06	3,86E-06	
068. Human toxicity, non-cancer	CT Uh	3,64E-07	3,64E-07		3,64E-07	3,64E-07	3,64E-07	3,64E-07		3,64E-07	3,64E-07	3,64E-07	

	Bron	TNO 2021	AERIUS		AERIUS	Asfalt rapport	AERIUS	Asfalt rapport		AERIUS	TNO 2021	AERIUS	
	Stage-en vermogensklasse	*P1 Verbrandingsemissies Stage 5 Diesel >56kW, TNO 2021, standaard	*P1 Verbrandingsemissies Stage V Diesel 56-300kW		*P1 Verbrandingsemissies Stage 5 Diesel 37-56kW, AERIUS rapport	*P1 Verbrandingsemissies Stage 5 Diesel 37-56kW, aanpassing Asfalt rapport	*P1 Verbrandingsemissies Stage 5 Diesel 18-37kW, AERIUS rapport	*P1 Verbrandingsemissies Stage 5 Diesel 18-37kW, aanpassing Asfalt rapport		*P1 Verbrandingsemissies Stage IIIB Diesel 56kW+, TNO, 2020	*P1 Verbrandingsemissies Stage IIIB Diesel 56-75kW	*P1 Verbrandingsemissies Stage IIIB Diesel <56kW	
Total	Euro	100%	107%		125%	110%	144%	119%		100%	106%	109%	
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	100%	100%		100%	100%	100%	100%		100%	100%	100%	
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	100%	100%		100%	100%	100%	100%		100%	100%	100%	
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	100%	306%		874%	414%	1459%	672%		100%	138%	156%	
008. eutrophication (EP)	kg PO4---eq	100%	306%		874%	414%	1459%	672%		100%	138%	156%	
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	100%	103%		112%	105%	122%	109%		100%	103%	105%	
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	100%	100%		100%	100%	100%	100%		100%	100%	100%	
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	100%	100%		100%	100%	100%	100%		100%	100%	100%	
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	100%	100%		100%	100%	100%	100%		100%	100%	100%	
051. Climate change	kg CO2 eq	100%	100%		100%	100%	100%	100%		100%	100%	100%	
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	100%	100%		100%	100%	100%	100%		100%	100%	100%	
056. Acidification	mol H+ eq	100%	307%		876%	415%	1462%	673%		100%	138%	156%	
058. Eutrophication, marine	kg N eq	100%	316%		910%	429%	1522%	700%		100%	138%	156%	
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	100%	312%		896%	423%	1497%	688%		100%	138%	156%	
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	100%	307%		875%	415%	1460%	674%		100%	138%	156%	
064. Particulate matter	diseases inc.	100%	204%		499%	263%	802%	376%		100%	130%	145%	
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	100%	95%		95%	100%	95%	67%		100%	95%	95%	
067. Human toxicity, cancer	CTUh	100%	100%		100%	100%	100%	100%		100%	100%	100%	
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	100%	100%		100%	100%	100%	100%		100%	100%	100%	

Bijlage III Totaaloverzicht van nieuwe productkaarten

Bouwmachine	
Productkaart	Actie
Bouwmachine, Stage IIIB, <56 kW, Diesel	Nieuwe productkaart
Bouwmachine, Stage IIIB, 56-75 kW, Diesel	Nieuwe productkaart
Bouwmachine, Stage IIIB, 75-130 kW, Diesel	Vervangt productkaart o.b.v. basisproces: "0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l"
Bouwmachine, Stage IIIB, >130 kW, Diesel	Nieuwe productkaart
Bouwmachine, Stage IV, alle vermogensklassen, Diesel	Update productkaart o.b.v. basisproces: "0340-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IV, per l"
Bouwmachine, Stage V, <37 kW, Diesel	Nieuwe productkaart
Bouwmachine, Stage V, 37-56 kW, Diesel	Nieuwe productkaart
Bouwmachine, Stage V, >56 kW, Diesel	Vervangt productkaart o.b.v. basisproces: "0344-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. V, per l"
Bouwmachine, Stage IIIB, <56 kW, GTL	Nieuwe productkaart
Bouwmachine, Stage IIIB, 56-75 kW, GTL	Nieuwe productkaart
Bouwmachine, Stage IIIB, 75-130 kW, GTL	Vervangt productkaart o.b.v. basisproces: "0337-pro>L-verbruik, graafmachine cat. IIIB, per l"
Bouwmachine, Stage IIIB, >130 kW, GTL	Nieuwe productkaart
Bouwmachine, Stage IV, alle vermogensklassen, GTL	Update productkaart o.b.v. basisproces: "0341-pro>L-verbruik, graafmachine cat. IV, per l"
Bouwmachine, Stage V, <37 kW, GTL	Nieuwe productkaart
Bouwmachine, Stage V, 37-56 kW, GTL	Nieuwe productkaart
Bouwmachine, Stage V, >56 kW, GTL	Vervangt productkaart o.b.v. basisproces: "0345-pro>L-verbruik, graafmachine cat. V, per l"
Bouwmachine, Elektrisch Grijs	Update productkaart o.b.v. basisproces: "0510-pro&Elektriciteitsverbruik, graafmachine elektrisch, grijze mix, per kWh input"
Bouwmachine, Elektrisch Groen	Update productkaart o.b.v. basisproces: "0511-pro&Elektriciteitsverbruik, graafmachine elektrisch, groene mix, per kWh input"
Bouwmachine, Waterstof SMR Grijs	Nieuwe productkaart
Bouwmachine, Waterstof SMR Groen	Nieuwe productkaart
Bouwmachine, Waterstof Electrolyse Grijs	Nieuwe productkaart

Bouwmachine, Waterstof Electrolyse Groen

Nieuwe productkaart

Vrachtwagen	
Productkaart	Actie
Vrachtwagen Elektrisch Grijs	Update productkaart o.b.v. basisproces: "0513-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), elektrisch, grijze mix, per tkm"
Vrachtwagen Elektrisch Groen	Update productkaart o.b.v. basisproces: "0514-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), elektrisch, groene mix, per tkm"
Vrachtwagen Waterstof SMR Grijs	Update productkaart o.b.v. basisproces: "0517-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), waterstof, SMR, grijze mix, per tkm"
Vrachtwagen Waterstof SMR Groen	Update productkaart o.b.v. basisproces: "0518-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), waterstof, SMR, groene mix, per tkm"
Vrachtwagen Waterstof Electrolyse Grijs	Update productkaart o.b.v. basisproces: "0515-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), waterstof, elektrolyse, grijze mix, per tkm"
Vrachtwagen Waterstof Electrolyse Groen	Update productkaart o.b.v. basisproces: "0516-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), waterstof, elektrolyse, groene mix, per tkm"

Personenvervoer	
Productkaart	Actie
Personenvervoer, klein (obv 1200 kg), Waterstof SMR Groen	Nieuwe productkaart
Personenvervoer, klein (obv 1200 kg), Waterstof SMR Grijs	Nieuwe productkaart
Personenvervoer, middelgroot (obv 1600 kg), Waterstof SMR Groen	Nieuwe productkaart
Personenvervoer, middelgroot (obv 1600 kg), Waterstof SMR Grijs	Nieuwe productkaart
Personenvervoer, groot / bestelbus (obv 2000 kg), Waterstof SMR Groen	Nieuwe productkaart
Personenvervoer, groot / bestelbus (obv 2000 kg), Waterstof SMR Grijs	Nieuwe productkaart
Personenvervoer, klein (obv 1200 kg), Waterstof Electrolyse Groen	Nieuwe productkaart
Personenvervoer, klein (obv 1200 kg), Waterstof Electrolyse Grijs	Nieuwe productkaart

Personenvervoer, middelgroot (obv 1600 kg), Waterstof Electrolyse Groen	Nieuwe productkaart
Personenvervoer, middelgroot (obv 1600 kg), Waterstof Electrolyse Grijs	Update productkaart o.b.v. basisproces: "0385-pro&Personen-vervoer, elektrisch"
Personenvervoer, groot / bestelbus (obv 2000 kg), Waterstof Electrolyse Groen	Nieuwe productkaart
Personenvervoer, groot / bestelbus (obv 2000 kg), Waterstof Electrolyse Grijs	Nieuwe productkaart
Personen-vervoer, klein (obv 1200 kg), elektrisch	Nieuwe productkaart
Personen-vervoer, middelgroot (obv 1600 kg), elektrisch	Nieuwe productkaart
Personen-vervoer, groot / bestelbus (obv 2000 kg), elektrisch	Nieuwe productkaart
Personen-vervoer, klein (obv 1200 kg), elektrisch	Nieuwe productkaart
Personen-vervoer, middelgroot (obv 1600 kg), elektrisch	Nieuwe productkaart
Personen-vervoer, groot / bestelbus (obv 2000 kg), elektrisch	Nieuwe productkaart

Overslag	
Productkaart	Actie
Overslag	Nieuwe productkaart

Bijlage IV Aanbevolen acties ten aanzien van gerelateerde productkaarten

Profielnaam	Advies
0363-tra&Transport, vrachtwagen, waterstof (o.b.v. Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 Cut-off, U)	verwijderen/deactiveren (deze is niet actueel)
0091-pro&Aggregaat, diesel 200-400 KVA, per uur (o.b.v. 2140 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0092-pro&Sleephopperzuiger, 6000-10000 ton (10000 m3), per uur (o.b.v. 675 l Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U))	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0093-pro&Bulldozer, 12-35 t, droog/nat, per uur (o.b.v. 705 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0094-pro&Asfaltauto 16-25 ton; 240 kW; PER UUR (o.b.v. 806 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0096-pro&Spreeiwagen, 4000 l, per uur (o.b.v. 108 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0098-pro&Vrachtwagen 25-28t; 240 kW; PER UUR (o.b.v. 806 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0100-pro&Truckmixer, per uur (o.b.v. Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0101-pro&Sleephopperzuiger, 2000-6000 ton (5000 m3), per uur (o.b.v. 255 l Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U))	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0107-pro&Compressor, diesel, 3.5-10.0 m3/min, per uur (o.b.v. 13,5 l Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U))	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0108-pro&Cutterzuiger 350-600 mm zuigbuis, per uur (o.b.v. 178,5 l Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U))	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0110-pro&Asfaltauto 34 ton; 270 kW; PER UUR (o.b.v. 906 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0112-pro&Grader, per uur (o.b.v. 649 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0114-pro&Dieselverbruik, per MJ (1-op-1 verwijzing naar Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"

0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0116-pro&Afwerkmachine asfalt (o.b.v. 502 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0118-pro&Heistelling, mob.rups. 300-500kN, palentrilset, per uur (o.b.v. 199 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0120-pro&Koudfrees, per kg (o.b.v. 0,0357 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0122-pro&Heiblok, diesel, per uur (o.b.v. 283 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0125-pro&Hydraulisch trilblok, per vermogen, per uur (o.b.v. 2,2 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0127-pro&Persleiding wal (o.b.v. 7,15E-5 Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0128-pro&Pomp, centrifugaal, diesel 4-15 kW, per uur (o.b.v. 43,5 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0131-pro&Sloophamer, hydr.aanb., 600-1900 kg, per uur (o.b.v. 1800 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0132-pro&Tractor verm. 40-110 kW	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0134-pro&Verdichten beton, trilplaat, 250-700 kg, per uur (o.b.v. 6 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur (o.b.v. 806 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) processing Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0136-pro&Wals, per m2 (o.b.v. 0,80 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0137-pro&Werkvlet 175-280 kW (o.b.v. 21,3 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0138-pro&Werkvlet 360-590 kW (o.b.v. 44,4 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"

0139-pro&Wiellader, voor grond en zandwerk, per uur (o.b.v. 473 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0143-pro&Slipform paver, per uur (o.b.v. 1230 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0144-pro&Hydraulisch transport zand (o.b.v. 52,3 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0145-pro&Multicat 520 kW, per uur (o.b.v. 2,38E3 MJ/uur Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0146-pro&Backhoe, per uur (o.b.v. 288 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0366-pro&Diesel, verbranding in generator, 10MW (o.b.v. Diesel, burned in diesel-electric generating set, 10MW {GLO}) diesel, burned in diesel-electric generating set, 10MW Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW (o.b.v. Diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW {GLO}) diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"
0412-pro&Veegwagen, licht (114 kW) (o.b.v. 104 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Advies: achtergrondproces vervangen door: "XXXX-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130 kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)"

Bijlage V Samenvatting en hoofdstuk 2 uit TNO 2023 [6]

SAMENVATTING

Ten behoeve van duurzaam inkopen heeft RWS aan TNO gevraagd om de milieuprofielen van een aantal (scheeps)brandstoffen te actualiseren conform de 'Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken'. Voor onder andere kustlijnverzorging wordt in opdracht van RWS namelijk veel gebaggerd en grond verzet. Het betreft een update van de eerdere rapportage "Milieuprofielen van scheepsbrandstoffen ten behoeve van opname in de Nationale Milieudatabase" (Jochemsen-Verstraeten et al., 2016).

In deel A van de actualisatie zijn de fossiele brandstoffen opgenomen (TNO 2021 R11430a) en in deel B is het milieuprofiel van HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) opgesteld (TNO 2023 R11357). De belangrijkste aanleidingen voor de update zijn het actualiseren van de gebruikte rekenmethodes, databases en achtergronddata en omdat de profielen uit 2016 verlopen waren. De profielen uit 2016 vallen onder categorie 2: merkongebonden data van groepen fabrikanten en/of toeleveranciers en branches, welke verlopen na 5 jaar. De nieuwe profielen vallen onder categorie 3, welke in beheer zijn van en geactualiseerd worden door stichting NMD.

In verband met een recente wijziging van de Bepalingsmethode (naar versie 1.2) is er echter een nieuwe herziening nodig voor HVO uit deel B. In de versie 1.1 van de Bepalingsmethode moest er in het geval van netto verlies van secundair materiaal een milieulast berekend worden. Volgens de huidige versie dient een negatieve secundaire outputstroom gelijk te worden gesteld aan 0. Dit betekent dat er voor HVO geen milieulast voor verloren secundaire grondstoffen berekend moet worden.

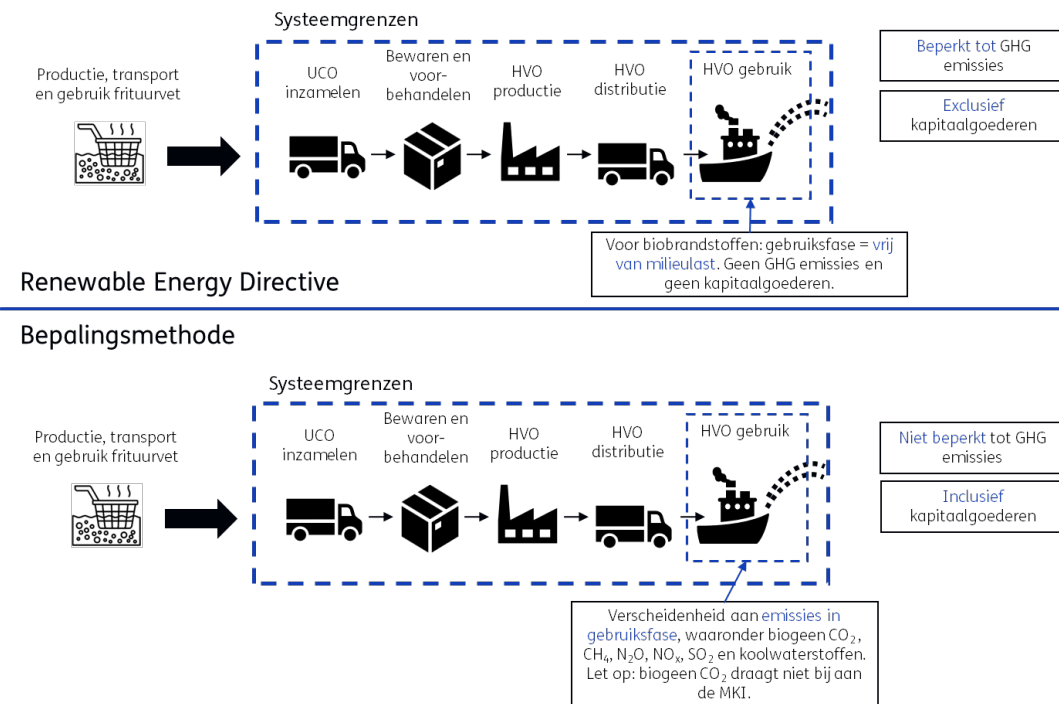
Voor de inzet van biobrandstoffen is er Europees beleid (Renewable Energy Directive II, ook wel REDII). De uitgangspunten van dit beleid zijn naast de Bepalingsmethode gelegd om te zien of dit aanleiding geeft eerdere uitgangspunten te herzien. Er is geprobeerd om maximaal te uniformeren, om zoveel mogelijk recht te doen aan de REDII en de Bepalingsmethode. De uitgangspunten en de methodiek zijn afgestemd met een externe klankbordgroep, bestaande uit experts op het gebied van de Bepalingsmethode en de REDII.

De methodiek zoals vastgesteld door de klankbordgroep wordt samengevat in Figuur 0.1 waar de scope van zowel de Bepalingsmethode als de REDII weergegeven is voor HVO op basis van afgewerkt frituurvet (ook wel Used Cooking Oil, ofwel UCO genoemd).

Samenvattend zijn er verschillen op de onderwerpen kapitaalgoederen, emissies en systeemgrenzen. De REDII beschouwt uitsluitend GHG-emissies (broeikasgasemissies), terwijl de Bepalingsmethode een breed scala aan emissies beschouwt. Daarnaast beschouwt de Bepalingsmethode kapitaalgoederen, waar de REDII deze buiten beschouwing laat. De REDII en de Bepalingsmethode kennen verschillen en overeenkomsten op het onderwerp systeemgrenzen.

Bij beide methodieken valt de productie, het transport en gebruik van frituurvet buiten deze systeemgrenzen. Wel worden meegenomen:

- inzamelen van afgewerkt frituurvet
- bewaren en voorbehandelen van afgewerkt frituurvet
- HVO productieprocessen
- HVO distributie
- HVO gebruik



Figuur 0.1: Overzicht van de scope volgens de Bepalingsmethode en de REDII, uitgewerkt voor HVO op basis van afgewerkt frituurvet (UCO = Used Cooking Oil).

De verschillen in resultaten tussen de REDII en de Bepalingsmethode kunnen verklaard worden door het verschil in uitgangspunten voor de beschouwing van kapitaalgoederen en emissies. In de Bepalingsmethode vallen de kapitaalgoederen binnen de scope en bij de REDII niet. En voor de Bepalingsmethode wordt een breed scala aan emissies in alle levensfasen beschouwd, terwijl voor de REDII CO₂, CH₄ en N₂O worden beschouwd. Bovendien worden in de REDII geen emissies in de gebruiksfase beschouwd.

Een ander verschil tussen de twee methodes is dat voor de Bepalingsmethode baten en lasten buiten het systeem worden beschouwd (module D) en voor REDII niet.

Door de wijziging de Bepalingsmethode is de bijdrage van module D beperkt en zorgt dit niet voor een groot verschil tussen de twee methodes. De wijziging in de Bepalingsmethode heeft wel hele grote gevolgen gehad voor de huidige resultaten. De resultaten berekend volgens de vorige Bepalingsmethode (versie 1.1) werden namelijk gedomineerd door module D.

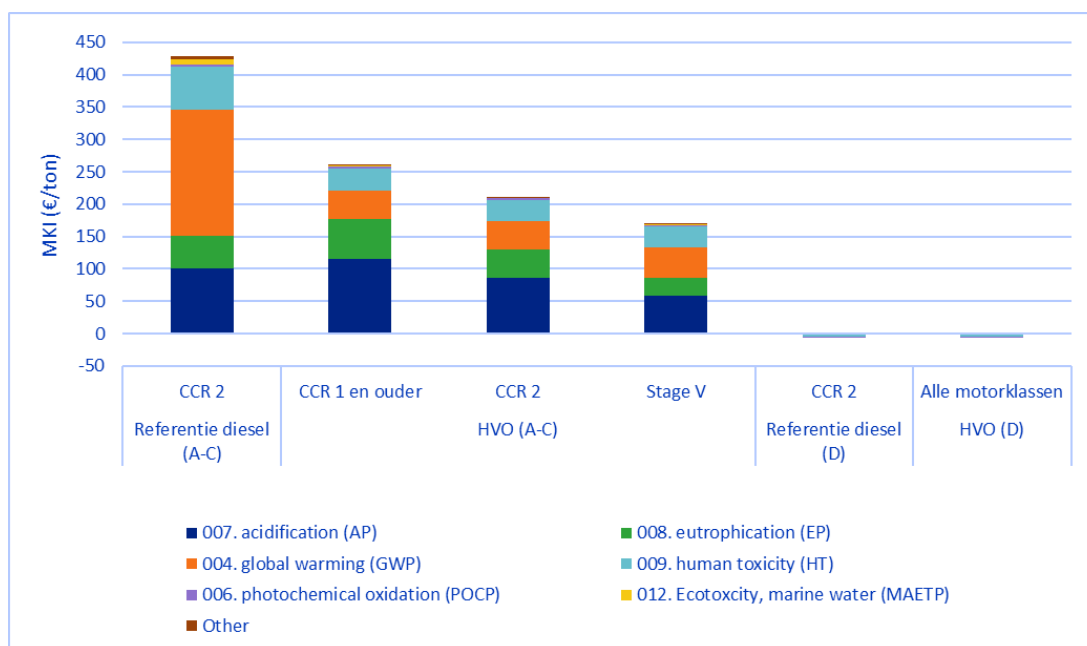
Omdat de milieu-impact bij de inzet van een brandstof verschilt, afhankelijk van verbranding in een ouder of nieuwer motortype, zijn er drie typerende motoren gekozen om het verschil te illustreren. Er is hierbij onderscheid gemaakt tussen verschillende motortypen die typisch op binnenvaartschepen worden ingezet, namelijk één die voldoet aan CCR⁸ 1 (vanaf 2003), één die voldoet aan CCR 2 (vanaf 2007, vergelijkbaar met emissieklasse stage⁹ IIIA), en tot slot een moderner schip, dat voldoet aan stage V emissienormen (vanaf 2019).

⁸ Emissienorm van de Centrale Commissie voor de Rijnvaart

⁹ Europese emissienorm voor motoren gebruikt in non-road mobile machinery

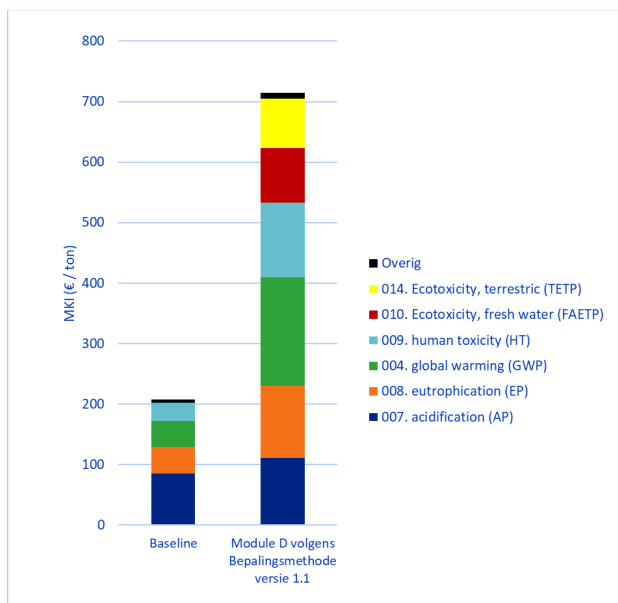
De resultaten worden vervolgens voor de drie verschillende motortypen die zijn onderzocht weergegeven in Figuur 0.2 **en vergeleken met de fossiele referentie diesel voor het motortype CCR 2**. De milieu-impact wordt hierbij uitgedrukt in de milieukostenindicator (MKI) per ton brandstof. Een vergelijking op energie-inhoud (per MJ) levert geen andere inzichten op, omdat de energiedichtheden van de twee brandstoffen dicht bij elkaar liggen.

De MKI van HVO (motortype CCR2, MKI = 211) is 51% lager dan van de fossiele referentie (motortype CCR2, MKI = 428). Module D bestaat uit de milieubaten ten gevolge van het recyclen van het staal uit de schepen. Hierdoor is module D voor alle situaties -4 euro MKI.



Figuur 0.2: Uitsplitsing MKI per milieueffect ton brandstof.

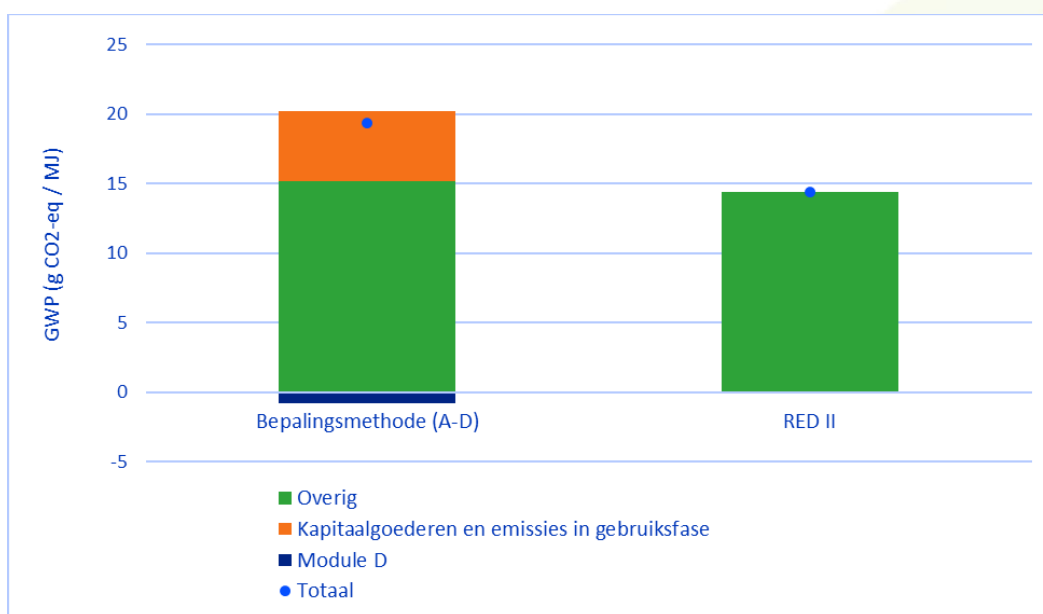
Het apart weergeven van module D lijkt onzinnig, omdat de bijdrage aan het totaal klein is. In de vorige versie was de bijdrage van module D echter significant. Het verschil in resultaten tussen de uitgangspunten van Bepalingsmethode versie 1.1 en versie 1.2 zijn weergegeven in een gevoeligheidsanalyse.



Figuur 0.3: Gevoeligsanalyse over hele levenscyclus van 1 ton HVO, waarbij de invloed module D op de MKI onderzocht is.

Het milieuprofiel van HVO volgens de Bepalingsmethode is vergeleken met de uitkomsten volgens de REDII. Hierbij kan er vanwege de scope van de REDII alleen een vergelijking op de Global Warming Potential (GWP) plaatsvinden, en dus niet op de overige milieueffecten waar de MKI uit opgebouwd is. In **Figuur 0.4** wordt de GWP (in g CO₂-eq per MJ HVO) bepaald volgens de Bepalingsmethode en de REDII met elkaar vergeleken. Hierbij wordt module D separaat weergegeven.

De invloed van module D en de emissies en kapitaalgoederen uit de gebruiksfase vallen buiten scope onder de REDII. Wanneer deze buiten beschouwing worden gelaten zijn de verschillen tussen de REDII en de Bepalingsmethode beperkt: de resultaten onder de Bepalingsmethode komen dan nog ongeveer 5% hoger uit dan onder de REDII. Deze verschillen ontstaan in module A2 en A4, vanwege een verschil in bepaling van de impact van transport.



Figuur 0.4: Vergelijking van de Global Warming Potential (GWP) van de profielen volgens de Bepalingsmethode en de REDII in g CO₂-eq per MJ HVO.

2 Methodologie voor de bepaling van het milieuprofiel van HVO

2.1 Achtergrond Renewable Energy Directive

De Renewable Energy Directive II (REDII) is in 2018 geïntroduceerd en stelt het kader vast om de acceptatie van hernieuwbare energie in de EU te waarborgen voor de periode 2021-2030. REDII stelt de doelstellingen, gemeenschappelijke beginselen en regels vast voor de ontwikkeling van hernieuwbare energie en daarmee gepaarde CO₂-reductie in alle sectoren van de Europese economie en ondersteunt samenwerking tussen EU-landen (European Commission, 2018). Het belangrijkste doel van REDII is om tegen 2030 'ten minste 32%' van hernieuwbare energiebronnen (Renewable Energy Supply, ofwel RES) in de algehele energiemix te bewerkstelligen. Daarnaast kent de REDII een eigen methode voor het berekenen van de CO₂-reductie van biobrandstoffen.

2.1.1 Implementatie RED

In het kader van de implementatie van deze richtlijn en het Klimaatakkoord heeft de Nederlandse regering in december 2021 een Verordening uitgevaardigd om de verplichtingen voor hernieuwbare energie van Nederland vast te stellen tot 2030 (De Staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat, 2020). Onlangs is als onderdeel van het 'Fit for 55'-pakket om de Europese Green Deal te realiseren, een herziening van REDII gestart en zijn verschillende wijzigingen voorgesteld. Dit voorstel (RED III) is uitgebreid besproken tussen de Europese Commissie, het Parlement en de EU-lidstaten. Zodra de definitieve versie officieel is aangenomen, zal de Nederlandse regering de procedures starten om deze in nationale wet- en regelgeving om te zetten. Daarbij worden ook voorschriften voor de transportsector geïntroduceerd (relevant voor dit rapport). De belangrijkste verschillen tussen REDII, REDIII en de Nederlandse regelgeving voor de transportsector zijn te vinden in **Tabel 0.1** en zijn daarna verder toegelicht in paragraaf 2.1.1.1 t/m 2.1.1.5.2.1.1.1.

Tabel 0.1: Vergelijking tussen REDII, Nederlandse regelgeving en REDIII (Uslu, 2022)

	REDII	Nederlandse regelgeving	REDIII
Eindgebruikers die onder de verplichting vallen	Totale energie die wordt gebruikt in het weg- en spoorvervoer.	Diesel, benzine en zware stookolie geleverd aan: - Weg- en spoorvervoer - Mobiele machines die niet op de weg rijden - Landbouwtractoren en bosbouwmachines - Recreatievaartuigen (wanneer niet op zee).	Totale energie die wordt gebruikt in alle transportmodi: - Weg- en spoorvervoer - Binnenvaart - Luchtvaart- en maritieme sector.

	REDII	Nederlandse regelgeving	REDIII
Type en hoogte van doelstelling	Het aandeel van hernieuwbare energie in transport moet tegen 2030 ten minste 14% bedragen (energie-inhoud en inclusief meervoudige telling ¹⁰).	Algeheel doel voor hernieuwbare energie van ten minste 17,9% in 2022, stijgend naar 28% in 2030 (energie-inhoud inclusief meervoudige telling ¹⁰).	Algemeen doel voor vermindering van de intensiteit van broeikasgasemissies: 14.5% reductie tegen 2030, vergeleken met de berekende basislijn (geen meervoudige telling ¹⁰) Dit komt overeen met een op energie gebaseerd doel van 29%
Doelstelling voor geavanceerde biobrandstoffen uit Annex IX-A	Ten minste 0,2% in 2022, 1% in 2025 en 3,5% in 2030 inclusief dubbeltelling ¹⁰ .	Lineaire groei van 1,8% in 2022 naar 7% in 2030 inclusief dubbeltelling ¹⁰ .	5,5% voor bijlage IX-A en RFNBO samen met dubbeltelling. RFNBO moet minimaal 1% zijn. Daarom een fysieke bijdrage van 2,25% bijlage IX-A en 0,5% RFNBO.
Doelstelling voor “Renewable Fuels of Non-Biological Origin” (RFNBOs)”	-	-	5,5% voor bijlage IX-A en RFNBO samen met dubbeltelling. RFNBO moet minimaal 1% zijn. Daarom een fysieke bijdrage van 2,25% bijlage IX-A en 0,5% RFNBO.
Limiet op biobrandstoffen uit gewassen voor voedsel- en voederproductie	Niet meer dan 1 procentpunt hoger dan het aandeel van 2020 in het weg- en spoorvervoer, met een maximum van 7%. Lidstaten mogen een lagere limiet instellen en mogen onderscheid maken tussen verschillende biobrandstoffen uit voedsel- of voedergewassen.	Beperkt tot het niveau van 2020, wat neerkomt op 1,4% van de totale diesel- en benzineverbruik in transport. Het gebruik van palm- en sojaolie als grondstof is niet toegestaan vanwege het risico op verandering in indirect landgebruik (iLUC).	De limiet is hetzelfde als dat van REDII, met als verschil dat de transportsector is uitgebreid om ook de luchtvaart- en maritieme sector te omvatten. Als een lidstaat besluit om het aandeel verder te beperken, kan die lidstaat het doel voor vermindering van de intensiteit van broeikasgasemissies verlagen.

¹⁰ Let op dat dubbel (of meervoudig) tellen betekent dat de bijdrage van de energiebron aan het doel van hernieuwbare energiebronnen in de transportsector dubbel (of meervoudig) kan worden geteld vanuit de fysieke bijdrage. Als bijvoorbeeld de fysieke bijdrage van biobrandstoffen in het energieverbruik van de transportsector overeenkomt met 1%, kan dit afhankelijk van de REDII-criteria als 2% worden geteld voor het doel.

	REDII	Nederlandse regelgeving	REDIII
Limiet op biobrandstoffen uit grondstoffen uit Annex IX-B (vooral dierlijk vet en afgewerkt frituurvet)	Beperkt tot 1,7% van de energie-inhoud van transportbrandstoffen in 2030.	Beperkt tot het niveau van 2020	Net als REDII, met het verschil dat de transportsector wordt uitgebreid om ook luchtvaart en scheepvaart te omvatten.
Dubbeltelling¹⁰	Biobrandstoffen en biogas van bijlage IX-A en B kunnen dubbel worden geteld Hernieuwbare elektriciteit kan 4 keer worden geteld wanneer deze wordt geleverd aan wegvoertuigen en 1,5 keer wanneer deze wordt geleverd aan railvervoer. Geavanceerde biobrandstoffen en andere hernieuwbare brandstoffen in de luchtvaart en scheepvaart kunnen 1,2 keer hun energie-inhoud worden geteld.	Biobrandstoffen en biogas van bijlage IX-A en B kunnen dubbel worden geteld. Hernieuwbare elektriciteit in wegvervoer wordt geteld als 4 keer de energie-inhoud. Hernieuwbare elektriciteit in railvervoer wordt niet meegeteld. RFNBO telt 2,5 keer mee voor het algemene doel. Geavanceerde biobrandstoffen en andere hernieuwbare brandstoffen voor de luchtvaart en scheepvaart kunnen tot 1 januari 2025 worden meegeteld voor het doel. Daarna tellen ze niet meer mee.	5,5% voor bijlage IX-A en RFNBO samen met dubbeltelling. RFNBO moet minimaal 1% zijn.
Drempelwaarde voor CO₂-reductie	Vanaf 1 januari 2021 geldt een minimale reductie van 65% voor installaties die biobrandstoffen produceren en ten minste 70% voor installaties die RFNBO produceren.	Identiek aan REDII	Identiek aan REDII

	REDII	Nederlandse regelgeving	REDIII
Hernieuwbaarheid van RFNBO	Het gemiddelde aandeel van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen, gemeten twee jaar voor het betreffende jaar, wordt gebruikt om het aandeel van hernieuwbare energie te bepalen.	Identiek aan REDII	RFNBO's tellen alleen mee voor de EU-doelstelling voor hernieuwbare energie als ze meer dan 70% minder broeikasgassen uitstoten in vergelijking met fossiele brandstoffen
Overige biobrandstoffen	Niet genoemd	Vloeibare biobrandstoffen geproduceerd uit gewassen die geen risico inhouden op uitbreiding van landbouwgrond (bijvoorbeeld vanggewassen en dekkingsgewassen) kunnen worden meegerekend voor het doel.	Niet genoemd

2.1.1.1 Doelstellingen

De Nederlandse Verordening stelt een verplicht aandeel van hernieuwbare energie vast dat geleidelijk toeneemt tot 28,0% in 2030. Dit is strenger in vergelijking met 14% van het aandeel hernieuwbare energie tegen 2030 (REDII). Beide doelstellingen omvatten echter dubbeltelling³. REDIII heeft een doelstelling van een vermindering van de GHG-intensiteit van 14.5% voor transport tegen 2030, wat gelijk is aan een energiegerichte doelstelling van 29% met behulp van de methodologie in de huidige richtlijn REDII. Door een doelstelling voor de vermindering van de GHG-intensiteit vast te stellen, vervallen bij de REDIII bijna alle multipliers die verband houden met hernieuwbare brandstoffen en hernieuwbare elektriciteit die in transport worden gebruikt. De dubbeltelling is echter alleen van toepassing op geavanceerde biobrandstoffen (bijlage IX-A) en RFNBO.

2.1.1.2 Dekking van sectoren

De Nederlandse Verordening geldt voor diesel, benzine en zware stookolie geleverd aan weg- en spoorvervoer, mobiele machines en recreatievaart (wanneer niet op zee). Het sluit brandstoffen uit die worden geleverd aan bunkering voor de scheepvaart en de luchtvaart. REDIII stelt voor om de omvang van de brandstofpool uit te breiden en alle soorten brandstoffen en energie uit de transportsectoren, inclusief lucht- en scheepvaart, te omvatten. Dit betekent dat zowel het GHG-intensiteitsreductiedoel als de subdoelen voor sommige hernieuwbare brandstoffen die in REDIII worden geïntroduceerd, waarschijnlijk groter zullen zijn dan de doelen die zijn vastgesteld in de Verordening. Volgens Eurostat omvat de transportsector vijf belangrijke transportmodi: luchtvaart, binnenvaart, spoor, weg en maritiem (zee).

2.1.1.3 Subdoelstelling voor geavanceerde biobrandstoffen (Annex IX A)

De Nederlandse verordening stelt het subdoel voor geavanceerde biobrandstoffen op 7% in 2030 (inclusief dubbeltelling³). Dit betekent dat de fysieke bijdrage 3,5% van de energie-inhoud van geleverde brandstoffen aan weg- en spoorvervoer, niet-weggebonden machines en recreatievaartuigen moet zijn. REDIII stelt een gecombineerd subdoel voor van 5,5% voor bijlage IX A en RFNBO samen met dubbeltelling. RFNBO moet minimaal 1% zijn. Daarom een fysieke bijdrage van 2,25% bijlage IX a en 0,5% RFNBO.

2.1.1.4 Limiet op biobrandstoffen Annex IX B

De Nederlandse Verordening stelt een limiet aan de biobrandstoffen geproduceerd uit grondstoffen die vermeld staan in Bijlage IX, Deel B. Het gebruik van biobrandstoffen is beperkt tot het niveau van 2020, wat 5% was van het nationale transport zonder dubbeltelling en 10% met dubbeltelling. Deze aandelen gelden voor de energie-inhoud van de brandstofleveringen die onder de scope van de jaarlijkse verplichting voor definitief verbruik in Nederland vallen. REDIII verandert de limiet niet, wat 1,7% is van de energie die in 2030 aan de transportsector wordt geleverd.

2.1.1.5 Subdoelstelling voor RFNBO

Noch REDII, noch de Nederlandse verordening omvat een subdoelstelling voor RFNBO. REDIII stelt een gecombineerd subdoel voor van 5,5% voor bijlage IX A en RFNBO samen met dubbeltelling. RFNBO moet minimaal 1% zijn. Daarom een fysieke bijdrage van 2,25% bijlage IX a en 0,5% RFNBO. Voor de berekening van het aandeel RFNBO kunnen lidstaten ook RFNBO opnemen wanneer ze worden gebruikt als tussenproducten om conventionele brandstoffen te produceren. Voor Nederland werd het REDII (en RED) doel vertaald naar jaarlijkse verplichtingen voor brandstofleveranciers. Bedrijven die meer dan 500.000 liter benzine en diesel leveren aan bepaalde bestemmingen moeten een toenemend jaarlijks aandeel van hernieuwbare energie leveren. Hoewel de verplichting niet werd opgelegd aan bunkering, omvatte de Nederlandse implementatie van REDII de optie vanaf 2018 (met de inwerkingtreding van de update van titel 9.7 van de Milieuwet). Brandstofleveranciers aan wegtransport met een jaarlijkse verplichting kregen de optie om hernieuwbare energie te gebruiken in de maritieme scheepvaart, om zogenaamde hernieuwbare brandstofeenheden (hierna HBEs¹¹) te verkrijgen, of om deze HBE's via het handelssysteem te kopen. Dit werd gecreëerd om de acceptatie van biobrandstoffen in de maritieme transportsector te vergroten. Bovendien was het ook bedoeld om internationale ervaring op te doen met toekomstige duurzaamheidsafspraken voor maritiem transport. Als gevolg hiervan namen de biobrandstofleveringen aan de scheepvaartsector aanzienlijk toe in 2020. Ondanks deze positieve ontwikkeling voor de maritieme sector konden deze biobrandstoffen niet meetellen voor de Europese transportdoelstellingen vanwege het verschil in sectordekking. Hierdoor ging de grote bijdrage van biobrandstoffen aan de scheepvaart ten koste van hun gebruik in het wegtransport. Er zijn nog steeds lopende discussies over de wijzigingen in REDIII ten opzichte van REDII tussen de Europese Commissie, het Parlement en de EU-lidstaten. Zodra de definitieve versie van REDIII officieel wordt aangenomen, zullen alle lidstaten de procedures starten om dit in hun nationale wet- en regelgeving op te nemen. Het is nog steeds onzeker wat de gevolgen van REDIII zal zijn voor de verschillende transportsectoren. REDIII stelt echter voor de omvang van het brandstofaanbod uit te breiden en alle soorten brandstoffen en energie uit de transportsectoren, inclusief de luchtvaart en de scheepvaart, te omvatten. Bovendien worden alle meervoudige tellingen afgeschaft, behalve voor Annex IX-A-biobrandstoffen en RFNBO's. Voor sommige landen, zoals Nederland, is de Annex IX-B-bi capaciteit voor brandstoffen in de wegvervoersector al gehaald, maar de uitbreiding van het brandstofaanbod kan leiden tot extra gebruik van deze brandstoftypen als buffer. Sommige

¹¹ One gigajoule of energy content of renewable energy represents one HBE

voorspellingen verwachten echter dat er een verschuiving zal plaatsvinden van Annex IX-B-biobrandstoffen naar de luchtvaartsector, wat resulteert in een aanzienlijk deel van de limiet dat wordt besteed aan de luchtvaartsector (Uslu, 2022) en (reeds in) wegtransport. Gezien deze overwegingen voor de algehele vervoerssector, wordt verwacht dat de vraag naar Annex IX-A-biobrandstoffen zal toenemen met nieuwe doelstellingen.

Lidstaten kunnen ambitieuzer zijn bij het instellen van een limiet op specifieke hernieuwbare energiebronnen, maar ze mogen niet minder streng zijn dan REDII. Ter illustratie, voor Annex IX-B biobrandstoffen is het voor geen enkele lidstaat toegestaan om de 1,7% limiet van het finale energieverbruik te overschrijden. Dit is duidelijk geworden met de inwerkingtreding van REDII in 2021 en de gevolgen hiervan voor de Nederlandse transportsector. De Annex IX-B limiet leidde tot een afname van de hernieuwbare energiebronnen in de Nederlandse transportsector van 12% naar 9%. In 2021 kwam het gebruik van biobrandstoffen in Nederlandse transportsector overeen met 26,3 PJ, waarvan 15 PJ Annex IX-B biobrandstoffen waren (enkelvoudig geteld) (Eurostat, 2022). De 1,7% limiet op Annex IX-B biobrandstoffen in Nederland voor 2021 komt overeen met 6,7 PJ. Daarom konden van de 15 PJ Annex IX-B biobrandstoffen die werden gebruikt in de transportsector slechts 6,7 bijdragen aan de hernieuwbare energiedoelen; dus 8,3 mochten niet bijdragen. Omdat het grootste deel van de biobrandstoffen die in de Nederlandse transportsector worden gebruikt afkomstig is van annex IX deel-b, daalde hierdoor de hernieuwbare energiebronnen. Merk op dat de hernieuwbare energiebronnen in de transportsector van REDII momenteel de maritieme en luchtvaartbrandstoffen uitsluiten van de totale brandstofpools.

2.1.2 Certificering

Om in de REDII mee te mogen tellen als hernieuwbare brandstof is certificatie van o.a. de soort grondstof, de herkomst van de grondstof en de emissie per ketenstap een vereiste. Op het 'bewijs van duurzaamheid' dat de NEa ontvangt staat o.a. uit welke grondstof de brandstof gemaakt is en waar deze vandaan komt. Samen met de vereiste 'non-modificatie verklaring' uitgegeven door het certificeringsschema aan het begin van de keten dient dit als bewijs dat het daadwerkelijk om de aangegeven grondstof gaat. Als de bijgevoegde informatie niet voldoet aan de gestelde eisen, dan wordt de partij brandstof niet gezien als "duurzaam" en niet geregistreerd als hernieuwbaar. Alleen wanneer er voldaan is aan de certificering kan een grondstof uit Annex IX (en dus afgewerkt frituurvet) volgens de REDII gezien worden als afval en kan de productie (upstream) van de grondstof buitenbeschouwing gelaten worden.

Op de website van NEA is de certificering nader toegelicht. Deze wordt voor de volledigheid hieronder geciteerd (Nederlandse Emissieautoriteit, n.d.):

"Duurzaamheid biobrandstoffen

De wet- en regelgeving voor Energie voor Vervoer staat alleen de inzet van biobrandstoffen toe als die duurzaam zijn. Bedrijven mogen alleen biobrandstoffen inboeken in het Register Energie voor Vervoer (REV) als zij voldoen aan de Europese emissiereductie- en duurzaamheidseisen. Deze eisen gelden voor vloeibare en gasvormige biobrandstoffen.

Certificering van de productieketen

Certificering is een belangrijke voorwaarde voor het aantonen dat geleverde biobrandstoffen voldoen aan de eisen. De gehele productieketen van biobrandstoffen moet gecertificeerd zijn volgens een duurzaamheidssysteem. Dat begint bij de teelt van gewassen en eindigt bij de bedrijven die de biobrandstoffen inboeken leveren aan de Nederlandse markt voor vervoer en inboeken in het REV. De certificering van de inboekende moet betrekking hebben op de specifieke locatie waarvan geleverd

wordt. Per gecertificeerde locatie moeten bedrijven een afzonderlijke massabalans van biobrandstoffen bijhouden.

Bedrijven mogen alleen duurzaamheidssystemen (voluntary schemes) gebruiken die zijn erkend door de Europese Commissie.

Duurzaamheidsclaim bij inboeken

Eenmaal ingeboekte biobrandstof mag niet als duurzame biobrandstof worden doorgeleverd aan een afnemer; de duurzaamheidsclaim vervalt namelijk bij het inboeken. Hierdoor kan de duurzaamheid slechts door één partij verzilverd worden met Hernieuwbare Brandstofeenheden (HBE's). Dit wordt geborgd doordat de inboeker in de massabalans de ingeboekte bio-brandstoffen afboekt en de bestemming 'NEa' geeft.

Als een bedrijf de duurzaamheid van biobrandstoffen niet kan aantonen, dan kan het deze brandstoffen niet inboeken in het REV. Hiervoor ontvangt het bedrijf dus geen HBE's.

Duurzaamheidseisen

Biobrandstoffen tellen alleen mee voor het voldoen aan de verplichtingen Energie voor Vervoer als ze duurzaam zijn. De duurzaamheidseisen zijn op Europees niveau uitgewerkt in de Richtlijn hernieuwbare energie.

In Nederland is het aantonen van duurzaamheid van biobrandstoffen alleen mogelijk met door de Europese Commissie erkende duurzaamheidssystemen. Deze duurzaamheidssystemen moeten aantonen dat aan de hieronder genoemde vereisten voldaan is."

2.1.3 REDII kaders voor biobrandstoffen

Volgens REDII-berekeningen moeten biobrandstoffen, biogas dat in de transportsector worden verbruikt en biovloeistoffen geproduceerd in installaties die vanaf 1 januari 2021 in bedrijf zijn genomen, voldoen aan ten minste 65% broeikasgasemissiereductie (van teelt van gewassen tot en gebruik) in vergelijking met de referentie voor fossiele brandstoffen. Voor biobrandstoffen is de referentie voor fossiele brandstoffen 94 g CO₂eq/MJ. Dit betekent dat de broeikasgasemissies van biobrandstoffen vanaf de teelt van gewassen (of verzameling, afhankelijk van het type grondstof) tot en met gebruik gelijk of lager moeten zijn dan 33 g CO₂eq/MJ om aan de huidige richtlijn te voldoen. REDII bepaalt dat broeikasgasemissies van de fabricage van machines en apparatuur niet worden meegerekend. Bovendien houdt REDII slechts rekening met broeikasgasemissies (CO₂, CH₄ en N₂O) en beperkt de REDII zich tot het milieueffect klimaatverandering.

De CO₂-prestaties van biobrandstoffen volgens REDII-methoden kunnen aanzienlijk variëren afhankelijk van of de gebruikte grondstof wordt gecategoriseerd als residu/afval. De REDII classificeert "residu" als een stof die niet het eindproduct is van dat een productieproces dat als primair doel heeft een bepaald eindproduct te produceren en dit proces mag niet opzettelijk zijn aangepast om het residu te produceren (European Commission, 2018).

Deze criteria zijn van cruciaal belang voor biobrandstoffen die afkomstig zijn van reststoffen, omdat voor deze grondstofftypen geen broeikasgasemissies over de levenscyclus worden toegewezen tot aan het proces van verzameling van die materialen, ongeacht of ze worden verwerkt tot tussenproducten voordat ze worden omgezet in het eindproduct (European Commission, 2018). Daarom zijn broeikasgasemissies gerelateerd aan processen zoals gewasteelt en Land Use Changes (LUC) gelijk aan 0.

De broeikasgasemissies van biobrandstoffen worden berekend volgens de volgende formule (European Commission, 2018):

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr}$$

Waarvoor geldt:

E: Totale emissies van het gebruik van de brandstof, g CO₂-eq / MJ

e_{ec}: emissies van extractie of teelt van grondstoffen, g CO₂-eq / MJ

e_l: jaarlijkse emissies van koolstofvoorraadwijzigingen door land-use change, g CO₂-eq / MJ

e_p: emissies van verwerking, g CO₂-eq / MJ

e_{td}: emissies van transport en distributie, g CO₂-eq / MJ

e_u: emissies van brandstofgebruik, g CO₂-eq / MJ

e_{sca}: emissiesreductie van koolstofopslag uit de bodem ten gevolge van verbeterde landbouwpraktijken, g CO₂-eq / MJ

e_{ccs}: emissiereductie van afvangst van CO₂ en geologische opslag, g CO₂-eq / MJ

e_{ccr}: emissiereductie van afvangst van CO₂ en vervanging, g CO₂-eq / MJ

De factoren e_{ec}, e_l en e_p zijn gelijk aan nul voor brandstoffen uit residuen. Verder zijn de broeikasgasemissies in gebruik (e_u) gelijk aan nul voor biobrandstoffen, in overeenstemming met de REDII-rekenregels in Bijlage V. Broeikasgasemissiebesparingen als gevolg van bodemkoolstofaccumulatie via verbeterd landbouwbeheer (e_{sca}), CO₂-opvang en geologische opslag (e_{ccs}), en CO₂-opvang en vervanging (e_{ccr}) vallen buiten de reikwijdte van de beoordeelde toeleveringsketen. Daarom zijn de broeikasgasemissies voor HVO op basis van afgewerkt frituurvet beperkt tot emissies van verwerking (e_p) en transporten distributie (etc).

2.2 Achtergrond Bepalingsmethode

De vigerende versie (versie 1.1) van de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken bevat de rekenregels die gelden voor het opstellen van LCA's in de bouwsector en wordt beheerd door stichting Nationale Milieudatabase. Deze norm is van toepassing op bouwwerken, bouwproducten en bouwprocessen, waardoor de Bepalingsmethode ook van toepassing is op brandstoffen met een toepassing in de bouwsector. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de Europese norm EN15804:2012+A2:2019, met de titel "Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products". De Bepalingsmethode geeft nadere in- en aanvulling aan deze norm voor de toepassing in de Nederlandse context. Het doel van de Bepalingsmethode is om de milieuprestatie (uitgedrukt in milieukostenindicator - MKI) van bouwwerken, bouwprocessen en bouwproducten eenduidig, controleerbaar en reproduceerbaar te berekenen. Het creëert hiermee een gelijk speelveld voor alle betrokken partijen (Milieudatabase, n.d.). De MKI wordt verder gebruikt in MPG (milieuprestatie gebouwen) berekeningen (verankerd in het bouwbesluit) en is verankerd in het inkoopbeleid van o.a. Rijkswaterstaat.

De voor deze studie belangrijkste rekenregels van de Bepalingsmethode worden in deze paragraaf toegelicht. De volledige inhoud is na te lezen in de Bepalingsmethode zelf (Stichting Nationale Milieudatabase, 2022b).

De Bepalingsmethode verdeelt de volledige levenscyclus van een bouwwerk in vier modules: A t/m D. Hierbij omvat A de productiefase- en bouwphase, B de gebruiksfase, C de Sloop- en verwerkingsfase en D de Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen. Deze worden modules verder onderverdeeld in fasen, zoals te zien in **Figuur 0.4**.



Figuur 0.1: Levenscyclusfasen volgens de Bepalingsmethode

Fase A1 en module D bevatten rekenregels die van toepassing zijn op de milieu-impact van secundaire materialen. Deze twee modules worden apart besproken in paragraaf 2.2.1 en 2.2.2. De overige methodologische punten die in het kader van deze studie van belang zijn worden hieronder toegelicht:

- Onder de Bepalingsmethode worden de verschillende milieueffecten in kaart gebracht die onder twee voorgeschreven sets impactcategorieën vallen. Voor set 1 is de EN 15804+A1:2013 van kracht, waaraan vier impactcategorieën voor toxiciteit zijn toegevoegd. Voor set 2 is de EN 15804:2012+A2:2019 van kracht. Een volledig overzicht van alle impactcategorieën is opgenomen in paragraaf 3.5. Dit betekent onder andere dat een grote groep emissies wordt meegenomen in de LCA studie, waaronder broeikasgasemissies, maar ook emissies die aan andere milieueffecten bijdragen. Voorbeelden hiervan zijn stikstofoxiden, fijnstof of zwaveldioxide.
- Onder de Bepalingsmethode worden alle kapitaalgoederen en infrastructuur meegenomen in de berekeningen in achtergronddata, via de proceskaarten van ecoinvent. Voor voorgronddata geldt dat alle kapitaalgoederen worden meegenomen die meer dan 5% bijdragen aan de milieu-impact per module of meer dan 1% van de massa en energie input zijn. Dit wordt nader toegelicht in de Bepalingsmethode in 2.6.3.6. Emissies ten gevolge van antifouling zijn niet meegenomen omdat de bijdrage aan de milieu-impact naar verwachting zeer gering is.
- Additionele middelen; bij het verbranden van brandstof in motoren wordt smeerolie gebruikt, deze is inbegrepen in deze studie. Smeerolie is een hulpmiddel dat nodig is om de motor te laten draaien, en is daarmee nodig in de gebruiksphase van HVO (net als bij diesel). De gebruikte hoeveelheid is gekoppeld aan de geleverde hoeveelheid arbeid van de motor, en omdat de energiedichtheid van de brandstof verschilt zorgt dit voor minimale verschillen tussen diesel en HVO. Ook het gebruik van koelmiddelen voor de airconditioning om de binnenruimte van baggerschepen te koelen is toegerekend aan de (scheeps-)brandstoffen, omdat dit benodigd is in de gebruiksphase (ook bij diesel).
- Allocatie voor de verschillende hoofd- en bijproducten bij brandstofproductie vindt plaats op basis van energiedichtheid. De Bepalingsmethode verwijst namelijk voor allocatieprocedures naar de EN15804, welke in paragraaf 6.4.3.2 stelt dat in principe fysieke eigenschappen de voorkeur hebben (mits de economische waarde van de hoofd- en bijproducten niet te sterk uiteen loopt), en dat het hoofddoel van de processen in de studie meegenomen moet worden in de keuze (Stichting Nationale Milieudatabase, 2022a) (Nederlands Normalisatie-instituut (NEN), 2019). Aangezien het hoofddoel energiedragers produceren is, volgt hieruit dat voor verschillende outputstromen van HVO-productie allocatie plaats moet vinden op basis van energiedichtheid. Hierbij geldt dit zowel voor hoofd- en bijproducten als voor

eventuele afvalstromen die hun afvalstatus verliezen. De Bepalingsmethode zegt over deze laatste categorie: “Stromen die hun afvalstatus verliezen en de productiefase (A1-A3) verlaten moeten worden gealloceerd als bijproducten”.

- Voor alle achtergrondprocessen wordt de database ecoinvent v3.6 of de NMD v3.6 gebruikt.

2.2.1 Fase A1

In de Bepalingsmethode wordt er gewerkt met het begrip “secundair materiaal”.

Hierover zegt de Bepalingsmethode: *“Secundair materiaal is afkomstig uit eerder gebruik of uit afval en het is bedoeld om primaire grondstoffen te vervangen. Secundair materiaal wordt gemeten op het punt waar het secundaire materiaal het systeem binnenkomt vanuit een ander systeem. Materialen afkomstig uit eerder gebruik of uit afval van het ene productsysteem en gebruikt als input in een ander productsysteem zijn secundaire materialen. Voorbeelden van secundaire materialen (te meten op de systeemgrens) zijn gerecycled schroot, gebroken beton, glasscherven, gerecyclede houtspaanders, gerecycled plastic. Doordat de systeemgrens van afvalstromen ligt op het moment dat ‘einde afval’ is bereikt, komt secundair materiaal vrij van milieubelasting een productsysteem als input binnen.”*

Om te bepalen wanneer de einde afval status bereikt wordt, en daarmee op welk punt een materiaal of afval uit een vorig productsysteem als vrij van milieulast (d.w.z.: heeft geen milieu-impact) wordt beschouwd, schrijft de Bepalingsmethode voor dat het Stappenplan bepaling einde afval gevolgd wordt uit bijlage IV van de Bepalingsmethode (Stichting Nationale Milieudatabase, 2022b). Dit stappenplan wordt weergegeven in **Figuur 0.5**.

Bijlage IV. stappenplan bepaling einde afval

Stappenplan bepaling einde afval

1. Schat in of er geen sprake (meer) is van afval aan de hand van de algemene criteria, zoals ook genoemd onder de EN 15804 6.3.4.5 einde afval status¹⁷:
 - het voorwerp¹⁸ wordt gebruikelijk toegepast voor specifieke doelen
 - er is een markt voor of er is vraag naar de stof of het voorwerp
 - de stof of het voorwerp voldoet aan de technische voorschriften voor de specifieke doelen en aan de voor producten geldende wetgeving en normen
 - het gebruik van de stof of het voorwerp heeft over het geheel genomen geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid.

Als er overduidelijk geen sprake (meer) is van afval, dan stopt het hier. Anders:
2. Ga na of voor de betreffende stroom al einde afval (end-of-waste) criteria zijn uitgewerkt (in zogeheten Technical proposals, door JRC via <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC53238>¹⁹. Als dat niet het geval is:
3. Ga na of er op nationaal niveau criteria zijn uitgewerkt. In Nederland is dat momenteel alleen het geval voor “Recyclinggranulaten uit steenachtige afvalstoffen: Regeling nr. IENM/BSK-2015/18222 van 5 februari 2015.”
4. Kijk of er product category rules (c-PCR) bestaan voor het product.
Zo ja, ga na of de betreffende (afval)stroom wordt genoemd en of wordt aangegeven hoe daar mee om te gaan. Als dat niet het geval is:
5. Ga aan de hand van de 4 hoofdcriteria (zie onder 1) zo nauwkeurig mogelijk na of sprake is van waste. Wanneer het praktisch niet mogelijk is om het aan de hand van deze vier criteria te bepalen kan het principe van economisch allocatie worden gehanteerd. De systeemgrens wordt bepaald door het economische omslagpunt. Het verwerkingsproces waarin het economische omslagpunt bereikt wordt zal hiermee nog steeds volledig toegekend moeten worden aan het productsysteem waarin het afval ontstaat. De verkregen secundaire grondstof kan hierdoor vrij van enige milieulasten toegepast worden in de productiefase van een nieuwe productsysteem.

Figuur 0.2: Stappenplan bepaling einde afvalstatus volgens de Bepalingsmethode

Het schema wordt van boven naar onder doorlopen. Wanneer een stap een duidelijk antwoord geeft, hoeven de stappen erna niet meer te worden doorlopen. Wanneer blijkt dat de einde afvalstatus bereikt is, wordt de afvalstroom gezien als secundair materiaal en is deze vrij van milieulast in module A1. Alle vervolgstappen (bijvoorbeeld verdere verwerking en transport) in de modules A t/m D dienen wél te worden meegenomen in de LCA van het nieuwe productsysteem.

Tot slot worden er nog twee verduidelijkende opmerkingen gemaakt bij stap 1 uit het schema:

- Bij stap 1 geldt dat er aan alle vier de voorwaarden moet zijn voldaan om een materiaal de einde afvalstatus te geven, zoals expliciet benoemd in de EN15804+A2 norm paragraaf 6.3.5.5 (Nederlands Normalisatie-instituut (NEN), 2019).
- Aan het vierde punt onder stap 1 moet nog een verduidelijking worden toegevoegd afkomstig uit de EN 15804+A2, paragraaf 6.3.5.5. Hier wordt vermeld dat er voor het bepalen van “over het geheel genomen geen ongunstige milieueffecten” moet worden gekeken naar de vastgestelde emissie-limieten in wetgeving. Worden deze niet overschreden, dan wordt er aan dit criterium voldaan.

2.2.2 Module D

In module D worden alle baten en lasten buiten de systeemgrenzen gedeclareerd. Er wordt via deze module rekening gehouden met de voor- en nadelen van het doorgegeven van een netto hoeveelheid secundair materiaal aan een volgend productsysteem. Volgens de Bepalingsmethode vindt er in het geval van netto verlies van secundair materiaal een milieulast plaats, in het geval van netto winst juist baten. In de Bepalingsmethode is dit als volgt verwoord:

- a. *Indien de netto output negatief is dan zal dit in module D (buiten de systeemgrenzen) resulteren in een toename van milieulast.*
N.B. een verlies van secundaire grondstoffen kan enkel vanuit een primair systeem worden aangevuld;
- b. *Indien de netto output positief is dan zal dit in module D (buiten de systeemgrenzen) resulteren in een vermindering van milieulast."*

Punt a lijkt echter tegenstrijdig aan de EN15804:2012+A2:2019, waarvan een potentiële interpretatie is dat alleen stromen die doorgegeven worden aan een volgend productsysteem een netto outputstroom kennen. Stromen die verloren gaan zouden daarbij dus geen netto negatieve outputstroom kennen. Er is op het moment van schrijven een discussie gaande binnen de Technisch Inhoudelijke Commissie (TIC) van de NMD of de norm geïnterpreteerd moet worden als: *"Module D gaat alleen over het doorgeven van secundair materiaal aan een volgend productsysteem"*. De volgende passages uit de EN15804:2012+A2:2019 zijn daarbij relevant:

"Information module D aims at transparency for the environmental benefits or loads resulting from reusable products, recyclable materials and/or useful energy carriers leaving a product system e.g. as secondary materials or fuels."

"Where relevant (see #6.3.5.5\$ and #6.3.5.6\$), information module D declares potential loads and benefits of secondary material, secondary fuel or recovered energy leaving the product system."

"Where a secondary material or fuel crosses the system boundary e.g. at the end-of-waste state and if it substitutes another material or fuel in the following product system, the potential benefits or avoided loads can be calculated based on a specified scenario which is consistent with any other scenario for waste processing and is based on current average technology or practice."

"Module D recognises the "design for reuse, recycling and recovery" concept for buildings by indicating the potential benefits of avoided future use of primary materials and fuels while taking into account the loads associated with the recycling and recovery processes beyond the system boundary."

Omdat de Bepalingsmethode gevolgd dient te worden voor het doel van deze studie, wordt er in deze studie gewerkt met de aanpak waarbij er in het geval van een netto verlies van secundair materiaal een milieulast plaatsvindt. De meest voor de hand liggende interpretatie van de EN15804:2012+A2:2019 wordt daarmee niet gevolgd.

Om module D te bepalen dienen de volgende stappen te worden gevolgd:

- Bereken de netto outputstroom van de afzonderlijke secundaire materialen die aan het volgende productsysteem worden doorgegeven. Hiervoor worden per secundair materiaal de ingaande stromen van de uitgaande afgetrokken.
- Bepaal vervolgens het grondstoffenequivalent. Het grondstoffenequivalent geeft aan hoeveel en welk primaire productieproces (in module A1-3 van een ander productsysteem) een secundair materiaal kan uitsparen, omdat ze technisch gezien gelijkwaardig zijn. Dit grondstoffenequivalent

bepaalt welke milieu-impact er aan de netto outputstroom van het secundaire materiaal wordt toegekend en dus de netto milieulasten of baten.

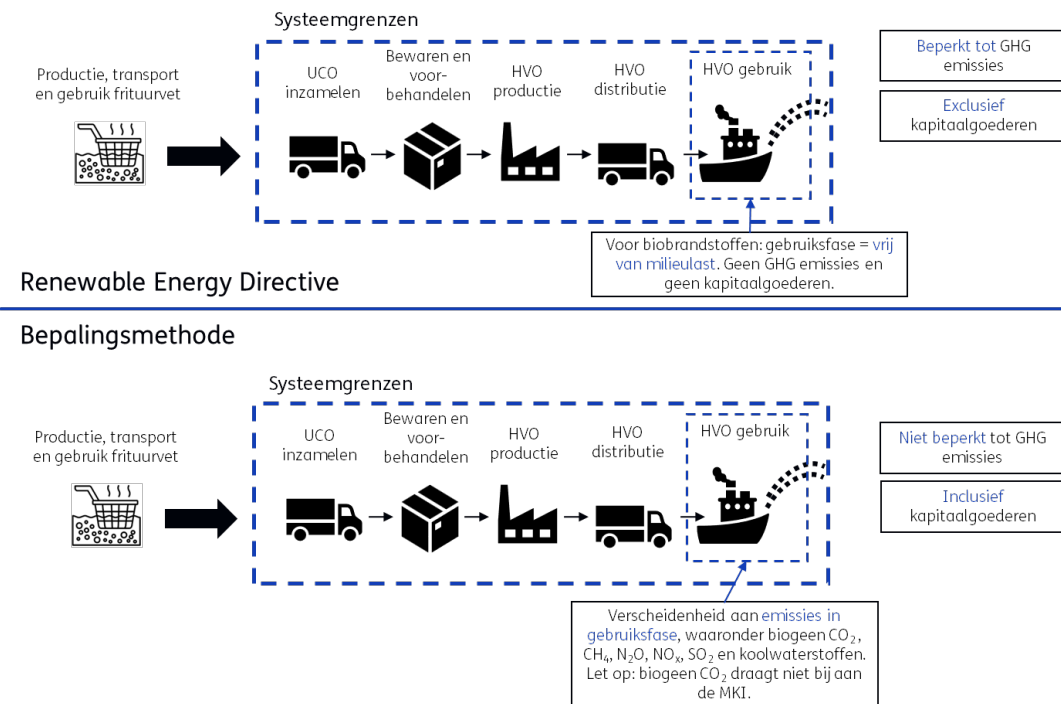
- Pas tot slot een waarde-gecorrigeerde factor toe. Hierover zegt de Bepalingsmethode *“Een verantwoorde/onderbouwde ‘waarde-gecorrigeerde factor’ die het verschil representeert tussen de verschillen in functionele gelijkheid indien de outputstromen niet de functionele gelijkheid bereikt van de primaire productie die is uitgespaard”*. Er is niet vastgelegd hoe “functionele gelijkheid” en een daaruit af te leiden factor bepaald zou moeten worden.

Vervolgens wordt module D berekend door de netto outputstroom van ieder secundair materiaal te vermenigvuldigen met de milieu-impacts gerelateerd aan het bijbehorende grondstofequivalent en te vermenigvuldigen met de waarde-gecorrigeerde factor.

2.3 Uitwerking methodologie voor de biobrandstoffen

In deze paragraaf wordt de methodologie uitgewerkt voor het opstellen van milieuprofielen voor biobrandstoffen op basis van afgewerkt frituurvet volgens de Bepalingsmethode, waarbij zoveel mogelijk geüniformeerd is met de REDII, de huidige geldende versie van de Renewable Energy Directive. Hierbij maakt het in principe niet uit naar welke versie van de RED er gekeken wordt, omdat de rekenregels voor de LCA's gelijk zijn. Er is inzichtelijk gemaakt waar de Bepalingsmethode en de REDII overeenkomen en verschillen. Onder afgewerkt frituurvet wordt verstaan: gebruikt frituurvet, zoals het beschikbaar komt direct na het frituren. Dit is nog niet ingezameld of verder verbouwd. Een extra voorwaarde aan het begrip afgewerkt frituurvet zoals in deze studie gehanteerd is dat het dat aan alle controles van de REDII voldaan heeft en als afgewerkt frituurvet wordt gecertificeerd, zoals uitgewerkt in paragraaf 2.1.2.

In **Figuur 0.6** is de scope van zowel de Bepalingsmethode als de REDII weergegeven voor HVO op basis van afgewerkt frituurvet (ook wel Used Cooking Oil, ofwel UCO genoemd). Samenvattend zijn er verschillen op de onderwerpen kapitaalgoederen, emissies en systeemgrenzen die afzonderlijk worden toegelicht in paragraaf 2.3.1, 2.3.2 en 2.3.4.



Figuur 0.3: Overzicht van de scope volgens de Bepalingsmethode en de REDII, uitgewerkt voor HVO op basis van afgewerkt frituurvet (UCO = Used Cooking Oil). De belangrijkste verschillen op de onderwerpen kapitaalgoederen, emissies en systeemgrenzen worden nader toegelicht in paragraaf Error! Reference source not found., Error! Reference source not found. en Error! Reference source not found..

Overeenkomsten in de systeemgrenzen zijn ook duidelijk zichtbaar: In beide gevallen valt de productie, het transport en gebruik van frituurvet buiten de systeemgrenzen. Wel worden meegenomen:

- inzamelen van afgewerkt frituurvet
- bewaren en voorbehandelen van afgewerkt frituurvet
- HVO productieprocessen
- HVO distributie
- HVO gebruik

In

Tabel 0.2 zijn de overeenkomsten en verschillen samengevat, waarbij in de laatste kolom is weergegeven of de REDII en de Bepalingsmethode dezelfde aanpak vormen en daarmee uniform zijn of niet.

Tabel 0.2: Overzicht overeenkomsten en verschillen tussen de REDII en de Bepalingsmethode.

Onderwerp	Onderdeel	REDII	Bepalingsmethode	Uniform?
Kapitaalgoederen	Kapitaalgoederen	Buiten scope	In scope	Nee
Emissies	Welke emissies	Alleen GHG emissies, en daarvan alleen CO ₂ , CH ₄ en N ₂ O	Breed scala aan emissies die aan verschillende milieueffecten bijdragen	Nee

	Gebruiksfase	Geen emissies in gebruiksfase voor biobrandstoffen	Verscheidenheid aan emissies in gebruiksfase, waaronder biogeen CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , SO ₂ en koolwaterstoffen. Let op: biogeen CO ₂ draagt niet bij aan de MKI.	Nee
Allocatie	HVO-productie	o.b.v. energiedichtheid	o.b.v. energiedichtheid	Ja
Systeemgrenzen	Milieulast van afgewerkt frituurvet in module A1	Vrij van milieulast	Vrij van milieulast	Ja
	Inzamelen van afgewerkt frituurvet	Binnen systeemgrenzen	Binnen systeemgrenzen	Ja
	Bewaren en voorbehandelen van afgewerkt frituurvet	Binnen systeemgrenzen	Binnen systeemgrenzen	Ja
	HVO productieprocessen	Binnen systeemgrenzen	Binnen systeemgrenzen	Ja
	HVO distributie	Binnen systeemgrenzen	Binnen systeemgrenzen	Ja
	HVO gebruik	Binnen systeemgrenzen	Binnen systeemgrenzen	Ja
	Module D	Buiten systeemgrenzen	Buiten systeemgrenzen maar moet wel worden meegenomen	Nee

2.3.1 Kapitaalgoederen

Onder kapitaalgoederen wordt de volgende definitie verstaan, afkomstig uit de Bepalingsmethode: “middelen, zoals hulpgoederen, materieel en gebouwen, die nodig zijn om een activiteit uit te voeren, die meermaals worden gebruikt en waarvan de afschrijving over verschillende producten plaatsvindt”. Hieronder vallen in het geval van brandstoffen o.a. fabrieken en machines voor productie en schepen, machines, havens en vaargeulen voor het gebruik van de brandstof. Onder de REDII wordt de impact van kapitaalgoederen niet meegenomen. De Bepalingsmethode stelt deze verplicht, onder de voorwaarden beschreven in paragraaf 2.1. Kapitaalgoederen dragen in sommige gevallen in hoge mate bij aan de milieu-impact over de hele levenscyclus. Voor bijvoorbeeld elektrisch transport dragen de benodigde accu's meer dan 5% bij aan de totale MKI, en de afschrijving van het wegdek zelfs meer dan 30%¹². Voor de profielen uit deze studie is de bijdrage aan de totale milieu-impact relatief beperkt (ongeveer 6%), zoals later wordt toegelicht in paragraaf 6.1.2. Omdat de kapitaalgoederen in het geval van biobrandstoffen meer dan 5% bijdragen aan de milieu-impact binnen module B1, mogen deze volgens de Bepalingsmethode niet buiten beschouwing gelaten worden. Uniformeren tussen de twee methodieken is dus niet mogelijk. De verschillen tussen de twee methodieken zijn niet van invloed op de uitkomsten van vergelijking tussen fossiele brandstoffen en biobrandstoffen, omdat de bijdrage van kapitaalgoederen voor beiden op dezelfde manier bepaald wordt en daarom vergelijkbaar zijn.

Volgens de Bepalingsmethode worden de kapitaalgoederen als volgt uitgewerkt. De milieu-impact van de productie en afvalverwerking na afschrijving van schepen en het gebruik van havens en kanalen over de levenscyclus vallen binnen de systeemgrenzen van brandstofgebruik. De milieu-impact van kapitaalgoederen voor het HVO-productieproces wordt niet meegenomen, omdat de bijdrage aan de totale milieu-impact kleiner dan 0,1% is in het geval van diesel-raffinage¹³ en wordt aangenomen dat dit vergelijkbaar is voor HVO. Kapitaalgaalgoederen die in de upstream processen van ecoinvent verwerkt zijn worden wél meegenomen. Voor kapitaalgoederen die significant bijdragen aan de totale MKI (alleen de schepen) wordt een end of life scenario toegevoegd, waarbij er door recycling van metalen in module D een deel van de productie van kapitaalgoederen weer uitgespaard wordt.

2.3.2 Emissies

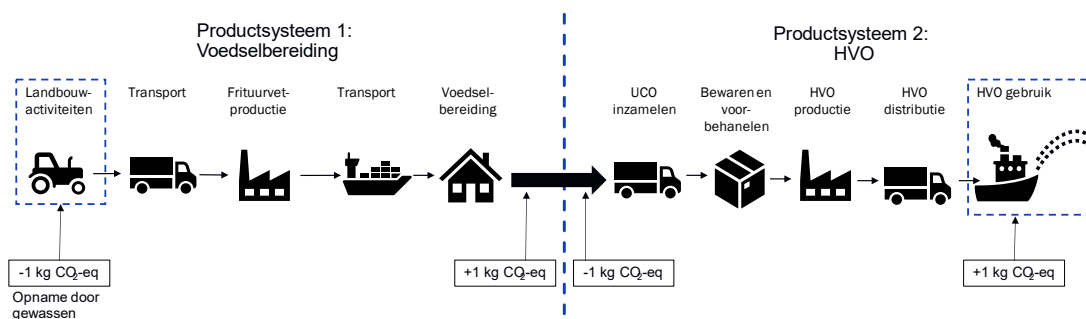
De REDII neemt uitsluitend drie broeikasgasemissies mee: koolstofdioxide (CO₂), distikstofoxide (N₂O) en methaan (CH₄). De Bepalingsmethode neemt in aanvulling daarop een groot aantal andere broeikasgasemissies mee. Daarnaast worden ook emissies meegenomen die bijdragen aan andere milieueffecten. Deze milieueffecten uit de Bepalingsmethode en de overige broeikasgasemissies vullen de REDII aan. In paragraaf 6.1.2 zal inzicht worden gegeven in de impact van het meenemen van de additionele broeikasgasemissies binnen de Bepalingsmethode.

Daarnaast geldt voor biobrandstoffen onder de REDII dat de emissies in de gebruiksfase niet worden meegenomen, waar de Bepalingsmethode wél emissies meeneemt. Hierbij worden de emissies van koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄) en koolstofmonoxide (CO) aangemerkt als biogeen. De emissie (én opname) van biogeen CO₂ wordt niet meegenomen in de indicatoren van set 1 (en daarmee de MKI), maar wel in set 2. Biogeen methaan en koolstofmonoxide worden in zowel set 1 als set 2 meegenomen. Deze verschillen tussen de REDII en de Bepalingsmethode kunnen niet worden overbrugd en daarmee is uniformeren niet mogelijk.

¹² Gebaseerd op de NMD proceskaart “0513-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), elektrisch, Grijze mix, per tkm”

¹³ Gebaseerd op de ecoinvent proceskaart “Diesel {Europe without Switzerland}| diesel production, petroleum refinery operation | Cut-off, U”, waarbinnen de kapitaalgoederen gerepresenteerd worden door de proceskaart “Petroleum refinery {RER}| construction | Cut-off, U”.

Wanneer biogeen CO₂ niet in hetzelfde productsysteem wordt opgenomen uit de lucht door gewassen als wordt uitgestoten door verbranding moet volgens de EN15804 per productsysteem de balans sluitend worden gemaakt. Biogeen CO₂ volgt fysieke stromen, ook wanneer materialen systeemgrenzen passeren. In het geval van HVO uit afgewerkt frituurvet wil dit zeggen dat er in het eerste productsysteem van voedselbereiding een uitstoot van biogene CO₂ emissies gerekend wordt, ook al wordt deze pas uitgestoten in het tweede productsysteem bij de verbranding van HVO. In het tweede productsysteem van HVO moet er in het begin van de levenscyclus (module A1-A3) een opname van biogeen CO₂ worden gerekend, ook al is deze eigenlijk opgenomen uit de lucht in het eerste productsysteem, bij de productie van de plantaardige olie waarmee er gefrituurd is. In onderstaande figuur wordt schematisch weergegeven hoe de opname en uitstoot over de twee productsystemen dient te worden opgenomen in de LCA's van beiden productsystemen. Hierbij staat -1 voor een opname van CO₂ en +1 voor een uitstoot.



Figuur 2.4: Schematische weergave van de opname (-1) en uitstoot (+1) van biogeen CO₂ over twee productsystemen.

Voor de volledigheid wordt hieronder de toelichting zoals deze in de EN15804 Annex C.2.4 staat genoemd:

“Removals of biogenic CO₂ into biomass (with the exclusion of biomass of native forests) and transfers from previous product systems shall be characterised in the LCIA as –1 kg CO₂ eq./kg CO₂ when entering the product system. Emissions of biogenic CO₂ from biomass and transfers of biomass into subsequent product systems (with the exclusion of biomass of native forests) shall be characterized as +1 kg CO₂ eq./kg CO₂ of biogenic carbon, see EN ISO 14067:2018, 6.5.2.”

Tot slot moet de koolstofbalans nog sluitend worden gemaakt binnen de baten en lasten buiten de systeemgrenzen (module D). Wanneer er opname van biogeen CO₂ in het grondstofequivalent plaatsvindt, moet deze worden gecompenseerd met een extra uitstoot. De EN15804 benoemt dit niet expliciet, maar stichting Nationale Milieudatabase heeft hiervoor een notitie¹⁴ en een stappenplan¹⁵ gepubliceerd, waar de aanpak zoals weergegeven in Figuur 2.4 gevolgd wordt, waarbij de totale koolstofbalans sluitend is gemaakt.

¹⁴Notitie stappenplan biogene koolstof (Stichting Nationale Milieudatabase, 2024a)

¹⁵Stappen voor het rekenen met GWP_biogeen koolstof in LCA (Stichting Nationale Milieudatabase, 2024b)

2.3.3 Allocatie

Wanneer een productieproces meerdere hoofd- en/of bijproducten heeft en het productieproces niet kan worden gesplitst in deelprocessen, dan is er een verdeelsleutel nodig om de milieu-impact te verdelen over de verschillende hoofd- en bijproducten. Dit principe heet allocatie. Zowel volgens de REDII als de Bepalingsmethode vindt allocatie voor de verschillende hoofd- en bijproducten bij brandstofproductie plaats op basis van energiedichtheid. Hier zijn de twee methodieken dus met elkaar in overeenstemming. Dit is relevant voor deze studie, omdat het productieproces van HVO de bijproducten nafta en propaan oplevert (zie paragraaf 4.3).

2.3.4 Systeemgrenzen

Zowel de REDII als de Bepalingsmethode nemen in de beoordeling mee:

- Inzamelen van afgewerkt frituurvet
- Bewaren en voorbehandelen van afgewerkt frituurvet
- HVO productieprocessen
- HVO distributie
- HVO gebruik

Productie, transport en gebruik van frituurvet worden zowel in de REDII als in de voorgestelde methode volgens de Bepalingsmethode niet meegenomen en vallen onder het voorgaande productsysteem van voedselbereiding. Bij de REDII worden hier geen emissies aan toegewezen indien de herkomst bekend is middels certificering en voldoet aan de eisen. In de Bepalingsmethode gebeurt dit op basis van de einde afval stappenplan, zoals in de volgende paragraaf verder uitgewerkt.

Module D komt enkel in de Bepalingsmethode voor, de REDII kent deze niet. De uitwerking hiervan wordt beschreven in 2.3.4.2.

2.3.4.1 Fase A1

2.3.4.1.1 *Stappenplan bepaling einde afval*

Om te bepalen waar de systeemgrenzen liggen voor afgewerkt frituurvet, en dus of afgewerkt frituurvet vrij van milieulast het productsysteem van HVO binnenkomt in module A1 of niet, wordt het Stappenplan bepaling einde afval gevolgd, zoals beschreven in paragraaf 2.2.1.

Als stap 1 uit het stappenplan doorlopen wordt voor afgewerkt frituurvet, volgt daaruit

- Afgewerkt frituurvet wordt veelvuldig toegepast als grondstof voor biodieselproductie. Daarnaast zijn er nog verscheidene andere toepassingen mogelijk, waaronder zeepproductie, hoewel niet duidelijk is in welke mate deze toepassingen in de praktijk plaatsvinden (Panadare & Rathod, 2015). Afgewerkt frituurvet wordt dus gebruikelijk toegepast voor specifieke doelen.
- Er is duidelijk een markt voor en een vraag naar afgewerkt frituurvet. De marktprijzen voor afgewerkt frituurvet schommelen om en na bij de prijzen voor één van de belangrijkste basis-ingrediënten voor frituurvet (ruwe palmolie) en er wordt grootschalig geïmporteerd uit China, blijkt uit figuur 6 uit een rapport van de NNFCC (NNFCC, 2019a). Afgewerkt frituurvet is al geld waard meteen na het frituren.
- De technische voorschriften, wetgeving en normen zijn vastgelegd in EU-wetgeving over dierlijke producten en bijproducten, waarbij afgewerkt frituurvet onder categorie III dierlijk materiaal valt, omdat het vaak in contact is geweest met dierlijke producten (The European commission, n.d.) (European Parliament and Council, 2009). Specifieke technische details over de verwerking van afgewerkt frituurvet tot biodiesel zijn niet onderzocht, maar omdat HVO-productie uit afgewerkt frituurvet vrij standaard is, mag worden aangenomen dat dit technisch ook goed is ontwikkeld. Hiermee voldoet afgewerkt frituurvet aan de derde eis.

- HVO heeft vergelijkbare (of zelfs iets schonere) verbrandingsemissies als de fossiele brandstof diesel en dieseltoeepassing in binnenvaartschepen voldoet aan vastgestelde emissie-limieten. Hiermee wordt er voldaan aan het laatste criterium.

Omdat uit alle vier de bovenstaande punten wordt voldaan, kunnen we concluderen dat afgewerkt frituurvet geen afvalstroom (meer) is en vrij van milieulast het productsysteem binnenkomt in module A1. Alle vervolgstappen, waaronder transport, voorbehandelen, verwerking tot HVO, de gebruiksfase en module D dienen wel te worden meegenomen in de LCA van de brandstof, zoals ook weergegeven in **figuur 2.3**.

Omdat deze conclusie al getrokken kan worden in stap 1, hoeft de rest van het stappenplan niet meer te worden nagelopen. Om de conclusie dat afgewerkt frituurvet vrij van milieulast het productsysteem binnenkomt in A1 toch verder te ondersteunen worden hieronder de overige stappen doorlopen.

- In stap 2 wordt er verwezen naar de end-of-waste criteria van JRC. Hierin wordt er geen end-of-waste criterium uitgewerkt voor afgewerkt frituurvet (Delgado et al., 2008).
- Stap 3 geeft geen eenduidig antwoord, omdat er op nationaal niveau geen criteria zijn uitgewerkt. De Bepalingsmethode zegt “In Nederland is dat momenteel alleen het geval voor “Recyclinggranulaten uit steenachtige afvalstoffen: Regeling nr. IENM/BSK-2015/18222 van 5 februari 2015.”
- Stap 4 geeft geen eenduidig antwoord, omdat er geen product category rules (c-PCR) bestaat voor afgewerkt frituurvet.
- In stap 5 wordt in eerste instantie opnieuw verwezen naar stap 1, waardoor er wederom niets verandert de uitkomsten van het stappenplan. Wanneer het praktisch niet mogelijk is om stap 1 te volgen dan kan als laatste optie nog het economisch omslagpunt worden gehanteerd. Dit omslagpunt bestaat echter niet: frituurvet is op elk moment in de keten geld waard, meteen voor en meteen na het frituren. Hieruit kan dus geen conclusie getrokken worden.

Samenvattend geeft geen enkele stap van het Stappenplan bepaling einde afval aanleiding tot een andere uitkomst dan dat afgewerkt frituurvet vrij van milieulast het productsysteem binnenkomt in module A1.

2.3.4.1.2 Alternatieve benadering: Afgewerkt frituurvet als co-product

Het is mogelijk om een andere aanpak dan hierboven beschreven te hanteren voor het bepalen van de milieu-impact van afgewerkt frituurvet. Afgewerkt frituurvet kan namelijk ook gezien worden als co-product van voedselbereiding. In dat geval kan de milieu-impact bepaald worden door allocatie van de milieu-impact van voedselbereiding over de twee co-producten: afgewerkt frituurvet en bereid voedsel. De EN15804 zegt hierover in paragraaf 6.3.5.2, die module A1-A3 beschrijft:

“The output of waste during this life cycle stage may reach the end-of-waste state when it complies with the conditions described in 6.3.5.5, end-of-life stage. They are then allocated as co-products as 6.4.3.2”.

Wanneer je het bereiden van voedsel als een productieproces (A1-A3) beschouwt onder de Bepalingsmethode zou je daarmee kunnen stellen dat afgewerkt frituurvet als co-product beschouwd moet worden, omdat het meteen de einde afvalstatus bereikt heeft, zoals uitgewerkt in paragraaf 2.3.4.1.1.

Deze alternatieve benadering heeft niet de voorkeur, omdat deze afwijkt van de REDII, terwijl de aanpak beschreven in de vorige paragraaf wél in overeenstemming is met de REDII en een duidelijke en eenduidige uitwerking van de Bepalingsmethode is.

Een bijkomend nadeel aan deze aanpak is dat de allocatiefactoren niet eenduidig te bepalen zijn. Allocatie kan op verschillende manieren plaatsvinden, waarbij economische waarde de meest voor de hand liggende is, vanwege de verschillende functies die de twee co-producten vervullen: voedsel en grondstof voor biobrandstoffen. Omdat de economische waarde van verschillende typen voedsel, de hoeveelheid frituurvet per hoeveelheid bereid voedsel en de milieu-impact van verschillende soorten te bereiden voedsel sterk kan variëren, is er daarmee een grote spreiding in allocatiefactoren mogelijk.

Daarnaast wordt de economische waarde van afgewerkt frituurvet sterk beïnvloed door het REDII beleid waardoor het de vraag is of economische waarde een zinvolle indicator is. Wanneer de vraag naar afgewerkt frituurvet voor brandstofproductie wegvalt, zullen de prijzen ook sterk dalen. Wellicht ligt het voor de hand om te kijken naar een fictieve prijs waarbij prijsvorming als gevolg van REDII buitenbeschouwing wordt gelaten. Deze optie wordt echter niet expliciet genoemd in de Bepalingsmethode, en een dergelijke ruimte interpretatie van de Bepalingsmethode mogelijk voor precedentwerking zorgt bij sectoren van andere bouwmaterialen.

Tot slot ligt het niet zo voor de hand om het bereiden van voedsel te zien als een productieproces in module A1-A3 onder de Bepalingsmethode, die bedoeld is voor bouwmaterialen- en processen.

Vanwege bovengenoemde nadelen wordt er niet de voorkeur aan bovengenoemde benadering gegeven.

2.3.4.2 Module D

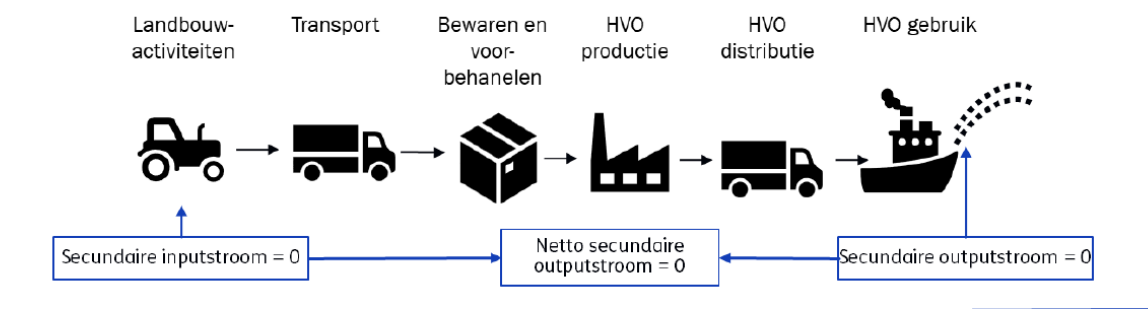
De baten en lasten buiten de systeemgrenzen worden bepaald conform paragraaf 2.2.2 en hieronder verder uitgewerkt.

De netto secundaire outputstroom wordt berekend aan de hand van de netto secundaire input- en outputstroom. De secundaire inputstroom is gelijk aan de hoeveelheid afgewerkt frituurvet die in fase A1 het systeem binnenkomt. De secundaire outputstroom is 0 ton, omdat HVO volledig verbrandt in module B1. De netto outputstroom is dus negatief. Dit wil zeggen dat er netto een negatieve hoeveelheid secundair materiaal aan het volgende productsysteem doorgegeven wordt, en is anders dan in de vorige versie van dit rapport waarin de milieulast gelijkgesteld wordt aan 0 (zie Figuur 2.5 – situatie 2).

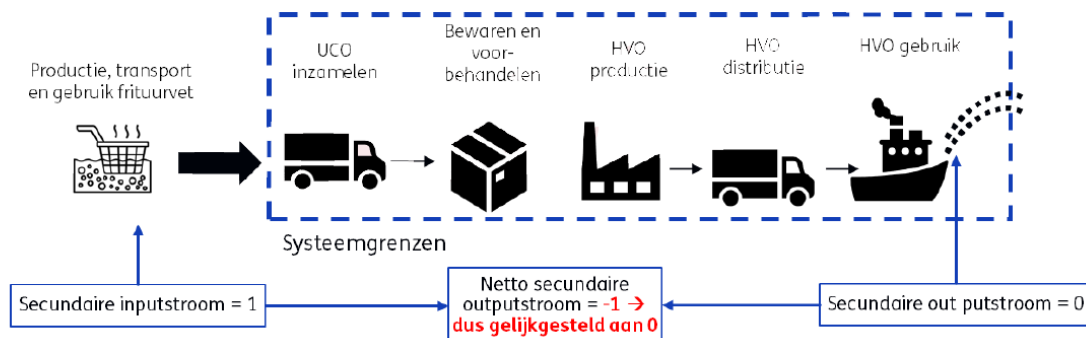
Voor biobrandstoffen uit primaire grondstoffen (oliegewassen) of voor fossiele brandstoffen is de netto secundaire outputstroom gelijk aan 0, omdat er geen secundaire materialen gebruikt worden. De secundaire inputstroom is dan gelijk aan nul, en de secundaire outputstroom blijft ook gelijk aan 0 vanwege de verbranding. Daardoor bestaat er dus geen module D voor biobrandstoffen uit primaire grondstoffen of fossiele brandstoffen.

In onderstaande figuur zijn beide situaties schematisch weergegeven.

Situatie 1: brandstoffen uit primaire grondstoffen



Herziene Situatie 2: brandstoffen uit secundaire grondstoffen



Figuur 2.5: Secundaire input- en outputstromen en resulterende netto secundaire outputstroom (en daaruit volgende module D) weergegeven voor twee situaties: brandstoffen uit primaire grondstoffen en brandstoffen uit secundaire grondstoffen.

3.2 Omschrijving Brandstof

Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) wordt geproduceerd door plantaardige of dierlijke oliën en vetten te behandelen met waterstof. Er is een grote verscheidenheid aan grondstoffen die ingezet kunnen worden om HVO te produceren, met als resultaat dat er ook een grote variatie is in het milieuprofiel van HVO. Voor HVO op de Nederlandse markt geldt echter dat op dit moment het grootste deel wordt vervaardigd uit afgewerkt frituurvet (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022b). Daarom wordt er één milieuprofiel opgesteld, op basis van afgewerkt frituurvet. Omdat dit een secundaire grondstof is, betreft dit type HVO daarmee een tweede generatie biobrandstof. Dit onderscheidt zich van een eerste generatie biobrandstof, die alleen uit primaire materialen vervaardigd wordt.

Verder gaan we ervan uit dat de voorbewerking van afgewerkt frituurvet en de uiteindelijk productie van HVO in Nederland plaatsvinden. Op dit moment is er een HVO-productie- installatie in Nederland. De huidige stand van zaken is dat het merendeel van de tweede generatie HVO die in Nederland wordt ingezet, gefabriceerd wordt in Rotterdam.

Aangezien HVO een biobrandstof is, gelden de CO₂, CO- en methaanemissies uit verbranding als biogeen. Er worden drie profielen gepresenteerd in deze studie: één voor oudere motoren die voldoen aan CCR-1 norm (of nog ouder zijn), één voor een nieuwere CCR-2 motor en één voor een moderne motor die aan de stage[®] V emissie normen voldoet. Voor de motoren die onder CCR-1 en ouder vallen wordt één profiel opgesteld. Het is daarmee in principe mogelijk dat er in de praktijk schepen ingezet worden die vervuilender zijn dan dit profiel, maar toch met dit profiel rekenen. In de praktijk zal dit amper voorkomen en ook steeds minder worden in de loop van de tijd, omdat motoren van binnenvaartschepen relatief aan zeegaande schepen sneller vervangen worden.

Het milieuprofiel per ton is gebaseerd op HVO met een energie-inhoud (LHV) van 44 MJ/kg en een dichtheid van 0,780 kg/liter.