

LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase

Hoofdstuk 42 Betonconstructies

Prefab betonliggers

Datum rapportage: 20 december 2022
Versie rapportage: 1.0

Versie Bepalingsmethode: 1.1 maart 2022
Versie NMD 3.5
Versie Ecoinvent database: 3.6

Opdrachtgever: Stichting Nationale Milieudatabase, Rijkswaterstaat
Opdrachtnemer(s): Royal Haskoning DHV (Haskoning Nederland B.V.)

Auteur(s): Jasper Roosendaal, Royal HaskoningDHV
Rob Vergoossen, Royal HaskoningDHV
Michiel Wolbers, Royal HaskoningDHV

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
1 Inleiding	3
Doelstelling en doelgroep	3
Verantwoording	4
Leeswijzer	4
2 Methode	5
Aanpak	5
Scope	5
Productbeschrijving	5
Functionele eenheid	5
Systeemgrenzen	6
3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)	7
Dataverzameling	7
Decompositie in materialen en processen	7
Prefab beton ligger: Volstort	8
Prefab betonligger: Railbalk	15
Prefab betonligger: Koker	21
4 Resultaten	27
4.1 Berekening milieuprofiel	27
4.2 Gekarakteriseerde resultaten	28
4.3 Gewogen resultaten	31
4.4 Schaling	32
4.5 Zwaartepuntanalyse	35
4.6 Gevoeligheidsanalyse	36
4.6.1 Gevoeligheid betonmortel	37
4.6.2 Gevoeligheid wapening- en voorspanstaal	40
5 Referenties	42
Bijlage A Gekarakteriseerde resultaten – Volstort Liggers	43
Bijlage B Gekarakteriseerde resultaten – Railbalk Liggers	45
Bijlage C Gekarakteriseerde resultaten – Koker Liggers	47

1 Inleiding

Deze LCA¹-rapportage beschrijft de uitgangspunten en resultaten voor de categorie 3 data in GWW RAW Hoofdstuk 42 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 Bouwwerken'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 product (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 Achtergrondprocessendatabase actualiseert, als gevolg van een update van de Ecoinvent database. Dit kan betekenen dat de waarden die in deze rapportage zijn beschreven, zullen verouderen. In dit rapport staat beschreven welke versies van de Ecoinvent 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

In deze studie zijn milieuprofielen opgesteld van prefab beton liggers op basis van hoofdstuk 42 betonconstructies 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).

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

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/>

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.

Verantwoording

De LCA is uitgevoerd conform de eisen en richtlijnen uit de *Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.0 (juli 2020) inclusief het wijzigingsbladen d.d. oktober 2020, februari 2021 en oktober 2021* en het *NMD-toetsingsprotocol (versie 1.0, juli 2020)*. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de *ISO 14040 - ISO14044* en de *NEN-EN 15804:2012 + A1 (2013) + A2 (2019)*⁶.

De LCA is uitgevoerd in samenwerking met Rijkswaterstaat, Stichting Bouwkwiteit, LBP|SIGHT en Royal HaskoningDHV. De gegevensverzameling heeft plaatsgevonden in de periode van september 2021 tot en met november 2021 waarna aansluitend de berekeningen zijn uitgevoerd en het LCA-dossier is opgesteld. Deze LCA is uitgevoerd door Royal HaskoningDHV.

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.

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.

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

2 Methode

Aanpak

Dit rapport beschrijft verschillende deelproducten, maar het rapport bevat geen hoofdproduct. Voor deze deelproducten wordt de volledige levenscyclus beschreven. Voor alle deelproducten geldt dat niet alle componenten tot in detail beschreven zijn. Voor ieder product zijn de belangrijkste componenten geïnterpreteerd. Het doel hierbij is om de producten te inventariseren die samen tenminste 80% van de milieu-impact bepalen.

Tenslotte, niet alle alternatieve deelproducten 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 v9.2 software. De toegepaste referentiedatabases zijn:

- Processendatabase Nationale Milieudatabase (NMD) versie 3.5
- Ecoinvent database versie 3.6

Scope

De studie is gericht op Hoofdstuk 42 (betonconstructies) 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 onderdelen meegenomen in deze studie:

- Prefab beton ligger: Volstort
- Prefab beton ligger: Railbalk
- Prefab beton ligger: Koker

Productbeschrijving

Functionele eenheid

In deze studie wordt geen hoofdproduct beschouwd, enkel deelproducten.

De functionele eenheid van de deelproducten is per stuk, met opties voor schaling per m1.

De volgende deelproducten zijn uitgewerkt in dit LCA-rapport.

- Prefab beton ligger: Volstort, 7m1 overspanning, schaalbaar tot 10m1 overspanning (per stuk);
- Prefab beton ligger: Volstort, 12 m1 overspanning, schaalbaar tot 20m1 overspanning (per stuk);
- Prefab beton ligger: Railbalk, 10m1 overspanning, schaalbaar tot 25 m1 overspanning (per stuk);
- Prefab beton ligger: Railbalk, 10m1 overspanning, schaalbaar tot 25 m1 overspanning (per stuk);
- Prefab beton ligger: Koker, 20 m1 overspanning, schaalbaar tot 30 m1 overspanning (per stuk);
- Prefab beton ligger: Koker, 35 m1 overspanning, schaalbaar tot 50 m1 overspanning (per stuk).

Systeemgrenzen

De processen die binnen de LCA worden bekeken zijn afgebakend met zogenaamde systeemgrenzen. De systeemgrenzen bepalen welke fasen en processen van de levenscyclus worden meegenomen in de LCA. In tabel 1, 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 1: Systeemgrenzen (X: Module meegenomen in LCA-studie, ND: module niet gedeclareerd)

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 grondstoffen	Transport	Productie	Transport	Bouw- en installatie	Gebruik	Onderhoud	Reparatie	Vervangingen	Verbouwingen	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Finaleafvalverwerking	Mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling
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 (NO₂ en NO), SO₂, C_xH_y en fijnstof (PM10 deeltjes < 10µm);
- emissies naar water van CZV, BZV, P-totaal, N-totaal en vaste stoffen (PM10: deeltjes < 10µm);
- emissies naar bodem van PAK en zware metalen.

3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

In dit hoofdstuk worden de productbeschrijving, productsamenstelling en de decompositie besproken van de onderdelen die horen bij H28 hoofdconstructies – prefab betonliggers.

Dataverzameling

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

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*, *completeheid*, *representativiteit*, *consistentie* en *reproduceerbaarheid* van de gegevens.

Vanuit deze 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.

PM: door stakeholders ter beschikking gestelde gegevens c.q. gegevens literatuur aanvullend.

Decompositie in materialen en processen

Voor de beschouwde deelproducten zijn de input- en output stromen per levensfase/module geïventariseerd. De berekende LCI is opgenomen in deze paragraaf waarbij is beschreven welke uitgangspunten hiertoe zijn gehanteerd. In tabel 2 t/m 10 wordt per deelproduct aangegeven welke materialen, processen en referenties gehanteerd zijn.

Prefab beton ligger: Volstort

Prefab volstort liggers zijn voorgespannen liggers die toegepast worden in constructies met verkeersbelasting zoals brugdekken, parkeerdekken en overkluizingen op stations. Volstort liggers hebben een typische overspanning van 7 tot 20 meter en een gemiddelde liggerhoogte tussen de 300 en 800 mm. Prefab volstort liggers zijn gewapend met Y1860S7 voorspanstaal en B500B betonstaal en voorzien van een in situ gestorte druklaag van gemiddeld 120 mm dik, gewapend met B500A betonstaal. Deze uitgangspunten zijn gelijk aan een interne analyse van Rijkswaterstaat uit 2021.

Tabel 2 geeft een overzicht van de overspanningslengten die zijn uitgewerkt voor prefab volstort liggers. Voor de liggerbreedte en overspanningslengte zijn gemiddelde waarden genomen van diverse type volstort liggers. De totale liggerlengte kan variëren tussen een extra lengte van minimaal 500 mm en maximaal 1500 mm per kant ten opzichte van het hart van oplegging. De extra lengte op de overspanningslengte is gemiddeld gezien echter 800 mm (400 mm aan weerszijde). De input voor tabel 2 is afkomstig uit een algemeen leidende bron voor deze studie: *Rijkswaterstaat (2021): Matrix prefab betonliggers*. De matrix prefab betonliggers is aangevuld door Royal HaskoningDHV, met onder andere input van ligger en beton expert Rob Vergoossen (RHDHV, 2021)

Tabel 2. Varianten uitgewerkt voor Prefab volstort liggers met schaling.

Overspanning (m1)	Totale liggerlengte (m1)	Liggerbreedte (m1)	Liggerhoogte (m1)	Gemiddelde oppervlakte beton, doorsnede ligger (m2)	Inhoud beton in prefab ligger (m3)	Inhoud 'in-situ' druklaag (m3) - 120mm dik
7	7,50	1,00	0,3	0,157	1,177	1,973
10	10,65	1,00	0,4	0,239	2,225	2,993
12	12,80	1,20	0,5	0,280	3,468	5,939
15	15,80	1,20	0,6	0,326	5,150	8,500
17	18,00	1,20	0,7	0,376	6,840	10,944
20	21,25	1,20	0,8	0,430	9,137	14,323

* De grijs gearceerde varianten zijn enkel berekend ten behoeve van schaling, resultaten van deze varianten zijn niet als losse variant opgenomen in deze rapportage. Niet-gearceerde regels betreft de schaalbare varianten.

De volumens beton van de liggers zijn bepaald aan de hand van het gemiddelde betonoppervlakte van de diverse liggervormen. Het gemiddelde oppervlakte is bepaald aan de hand van leveranciersinformatie uit de 'matrix prefab betonliggers' (RWS, 2021) aangevuld met expert input door ligger expert Rob Vergoossen, RHDHV (2021). Voor de opgestelde varianten gelden verder de volgende uitgangspunten:

- Voor de prefab volstort liggers is enkel uitgegaan van hoofdliggers.
- Sparingen door wapeningstaal in het totale volume van het beton zijn niet meegenomen.
- Kopbalken en hamerstukken, indien van toepassing, zijn zo goed mogelijk geschat door experts.
- Voegvullingen zijn niet meegerekend.

Productiefase (A1-A3)

Voor de productiefase van de prefab volstort liggers zijn diverse uitgangspunten gehanteerd. Tabel 3 geeft een overzicht van de betonmortel dat is toegepast voor de prefab volstort liggers op basis van expert input verstrekt door Rob Vergoossen, RHDHV, 2021. De betonmortel dat wordt gehanteerd voor de prefab volstort liggers is betonmortel C60/75 (o.b.v. 50% CEM III/A 52.5 en 50% CEM I 52.5), 2363 kg / m³. Voor de druklaag wordt uitgegaan van betonmortel C30/37 (o.b.v. CEM III), 2395 kg / m³. Betonmortel C30/37 is niet verder uitgelicht aangezien dit mortel reeds in de NMD processendatabase staat. Betonmortel C60/75 is handmatig uitgewerkt voor deze LCA studie.

Tabel 3. Samenstelling betonmortel C60/75 voor Prefab volstort liggers (A1)

Samenstelling betonmortel C60/75	Gewicht (kg)	Referentieproces NMD processendatabase (A1)
Hoogovencement CEM III / A 52.5	230 kg	0349-fab&Cement, CEMIII/A (o.b.v. CEM III/A 52,5 N)
Portlandcement CEM I 52.5	230 kg	0172-fab&Cement, CEM I (o.b.v. CEM I 52.5 R)
Waterbehoefte	150 kg	Tap water {RER} market group for Cut-off, U
Superplastificeerder (hulpstof)	3,0 kg	Plasticiser, for concrete, based on sulfonated melamine formaldehyde {GLO} market for Cut-off, U
Grind 4/16	900 kg	0193-fab&Grind (o.b.v. Gravel, round {RoW}) market for gravel, round Cut-off, U
Zand 0/4	850 kg	0168-fab&Zand, industriezand, ophoogzand, betonzand, drainagezand (o.b.v. Sand {GLO}) market for Cut-off, U
Totaal	2363 kg	0483-fab&Betonmortel C60/75 (o.b.v. 50% CEM III/A 52.5 en 50% CEM I 52.5), 2363 kg / m³

In de procesopbouw van de betonmortel voor de liggers worden diverse processen toegepast waarvan de meeste (market for) al transport toegekend hebben voor fase A2 (transport naar de producent). Voor de cementprocessen moeten nog transportbewegingen worden toegevoegd. Tabel 4 weergeeft de toegepaste transport processen voor de cementprocessen.

Tabel 4. Transport naar producent (A2), voor cement

Materiaal	Transportafstand (km)	Tonkilometer (tkm)	Uitgangspunt afstand	Referentieproces NMD processendatabase (A2)
Hoogovencement CEM III / A 52.5	100	23 (0,23*100)	Hoogovens, Nederland	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market for Cut-off, U)
Portlandcement CEM I 52.5	300	69 (0,23*300)	Gemiddelde, Duitsland (o.b.v. bekende productielocaties zoals Heidelberg, Geseke & Lengerich)	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market for Cut-off, U)

Tabel 5 weergeeft welke energie- en brandstof input nodig is voor het produceren van de betonmortel. De data is gebaseerd op het gewogen gemiddelde van gegevens van verschillende producenten verkregen via het Betonhuis (2018). De hoeveelheden genoemd in tabel 5 zijn per m³ beton.

Tabel 5. Productie betonmortel (A3) per m3 beton

Proces	Hoeveelheid / m3 beton	Eenheid	Referentieproces NMD processendatabase (A3)
Elektriciteit	3,63	kWh	Electricity, medium voltage {NL} market for Cut-off, U
Diesel	4,43	Mj	Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U
Aardgas	4,96	Mj	Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} market for heat, district or industrial, natural gas Cut-off, U

Data en uitgangspunten voor tabel 4 en 5 zijn gebaseerd op de volgende bron: SGS Search Consultancy, Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems, 2018, en aangepast op basis van de context van deze studie. De informatie uit tabel 3 (A1), 4 (A2) en 5 (A3) is verwerkt tot een nieuw NMD proces (categorie 3, ongetoetst): 0483-fab&Betonmortel C60/75 (o.b.v. 50% CEM III/A 52.5 en 50% CEM I 52.5), 2363 kg / m3.

Voor het voorspanstaal van de ligger wordt gerekend met 70 kg / m3 beton, voor het wapeningstaal B500B met 50 kg / m3 beton. Voor de druklaag wordt gerekend met 30 kg wapeningstaal B500A per m2. Dit op basis van kentallen aangereikt in het bronbestand *Matrix Prefab Betonliggers, Rijkswaterstaat, 2021*. Voor het wapening- en voorspanstaal wordt uitgegaan van het volgende proces: 0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO}| market for | Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair).

Transport naar de bouwplaats (A4)

Voor het transport van de prefab ligger naar de bouwplaats wordt rekening gehouden met 150 km transport op basis van de forfaitaire waarde van de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (Maart 2022). Voor het transport van de materialen van de druklaag wordt rekening gehouden met 50 km bulk transport (forfaitaire waarde NMD). De verwachting is dat de materialen voor de druklaag in bulk verkrijgbaar en daarmee op korte afstand van de bouwplaats te leveren zijn.

Constructiefase: aanleg, bouw- en installatieproces (A5)

Voor het plaatsen van de prefab volstort liggers wordt een hydraulische kraan gebruikt. Het dieserverbruik voor de kraan is gebaseerd op data uit een eerder uitgewerkt LCA rapport van SGS Search voor het plaatsen van prefab liggers (SGS Search Consultancy, Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems, 2018). Het verbruik van de hydraulische kraan wordt vastgesteld op 3 liter diesel per m3 beton. Het NMD proces dat gehanteerd wordt voor de verbranding van diesel is 0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}| processing | Cut-off, U). Voor de druklaag wordt uitgegaan van de inzet van een betonpomp, per m3 beton (0099-pro&Betonpomp, incl. voertuig, per m3 (o.b.v. data uit 1995; gemiddelde van giekpomp, leidingpomp en mixerpomp), een graafmachine, 25 m3 / uur (0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}| market for | Cut-off, U)) en een trilnaald, ingezet per ton, voor het verdichten van het gestorte beton (0113-pro&Verdichten beton, trilnaald, per ton (o.b.v. 0,33 kWh/m3 Electricity, low voltage {NL}| market for | Cut-off, U; data uit 1995)). Het wapeningstaal voor de druklaag wordt in het werk geplaatst middels een hydraulische kraan, gelijk aan de kraan die toegepast wordt voor het verplaatsen van de ligger. De productienorm

voor de hydraulische kraan wordt uitgedrukt per m3 beton, het wapeningstaal per ton. Voor de berekening wordt daarom uitgegaan van 2,4 ton per m3 beton, waarmee de productienorm van de kraan gelijk staat aan 1,25 liter diesel per ton.

Voor de prefab liggers wordt volgens de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (Maart 2022) standaard 3% installatieverlies gerekend. Voor de in situ druklaag wordt 5% installatieverlies berekend. De percentages worden berekend op de impact van fase A1-A4, C1-4 en D.

Gebruik en onderhoud (B1-B7)

Tijdens de levensduur van de volstort ligger hoeven er geen onderdelen vervangen te worden en is geen onderhoud noodzakelijk.

Sloopfase (C1)

Voor het slopen van de prefab volstort liggers wordt uitgegaan van het energieverbruik van een kraan (60 ton) met breekhamer. Het energieverbruik van de kraan is gebaseerd op eerdere LCA studies gedaan naar het slopen van beton, gemiddelde verbruik waarden uit de praktijk en productienormen afkomstig van diverse slopers (SGS Search Consultancy, Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems, 2018). De productienorm van de sloopkraan betreft 12,5 m3 per uur met een dieselverbruik van 65 liter per uur. Voor het dieselverbruik wordt hetzelfde proces aangehouden als voor de kraan in fase A5. Voor het laden van puin is uitgegaan van een graafmachine (0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}| market for | Cut-off, U) met een productienorm van 30 m3 per uur op basis van kentallen uit GWW prijzenboeken (2021) van Royal HaskoningDHV.

Transport naar afvalverwerking (C2)

Voor de verwerking van materialen bij einde leven is uitgegaan van 50 km forfaitair transport volgens de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (Maart 2022). Sorteren en eindverwerking worden aangenomen op dezelfde locatie plaats te vinden.

Einde levensduur, verwerking, baten en lasten buiten systeemgrenzen (C3, C4 en D)

Voor de prefab volstort liggers inclusief druklaag wordt uitgegaan van het forfaitaire verwerking scenario einde leven van de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (Maart 2022). 99% Van het beton wordt gerecycled en 1% wordt gestort. Ter voorbereiding van het recycling proces zal het beton eerst gebroken worden. Hierbij wordt uitgegaan van een standaard breek proces uit de NMD processendatabase: 0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI). Na het breken wordt het wapenings- en voorspanstaal dat in de producten verwerkt zit gesorteerd uit het puin en wordt het staal voor 95% gerecycled en 5% gestort.

Het recycelaat dat vrijkomt uit het beton breken is betongranulaat, wat wordt toegepast als funderingsmateriaal voor wegen of als toeslag in beton. Hierbij kan zand en grind worden uitgespaard. Voor het wapenings- en voorspanstaal wordt 95% gerecycled, echter bevat het staal van oorsprong al een deel

gerecycled materiaal, dit wordt niet meegerekend. Op deze manier is er enkel sprake van baten voor het recyclen van het primaire staal aanwezig in het wapenings- en voorspanstaal. Voor de lasten en baten van het recyclen van beton wordt gerekend met 0271-reD&Module D, grind, per kg netto geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW}| gravel and sand quarry operation | Cut-off, U). Voor de lasten en baten van het recyclen van staal wordt gerekend met 0282-reD&Module D, staal, per kg netto geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO}| production | Cut-off, U). Er wordt vanuit gegaan dat al het staal dat vrijkomt uit het beton ook wordt gesorteerd en samengeperst bij de breekinstallatie.

Levensduur

De prefab volstort liggers hebben een levensduur van 100 jaar.

Tabel 6 bevat een volledige decompositie van een prefab volstort ligger ingevuld voor een overspanning van 20 m1. Hoofdstuk 4 Resultaten, bevat de MKI resultaten voor alle varianten overspanning. Op basis van het verschil in hoeveelheden en totale MKI (€) per variant kan een formule voor schaling worden opgesteld die gebruikt kan worden om de MKI per strekkende meter te berekenen.

Tabel 6. Decompositie van prefab beton liggers: Volstort, per ligger – overspanning 20 meter.

Materiaal of proces	Fase	Milieuprofiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Productiefase– Beton ligger	A1-A3	0483-fab&Betonmortel C60/75 (o.b.v. 50% CEM III/A 52.5 en 50% CEM I 52.5), 2363 kg / m3	NMD 3.5	9,137	m3	Profiel voor C60/75 opgesteld door RHDHV o.b.v. expert input R.Vergoossen, 2021 en data uit de volgende bron: SGS Search Consultancy, Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems, 2018. Zie tabel 3, 4 en 5.
Productiefase– Voorspanstaal ligger	A1-A3	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair)	NMD 3.5	0,639	ton	Voorspanstaal Y1860S7 70 kg / m3 betonmortel
Productiefase– Wapeningstaal ligger	A1-A3	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair)	NMD 3.5	0,456	ton	Wapeningstaal B500B 50 kg / m3 betonmortel
Productiefase– Beton druklaag	A1-A3	0163-fab&Betonmortel C30/37 (o.b.v. CEM III), 2395 kg / m3	NMD 3.5	14,32	m3	Betonmortel C30/37 (druklaag), zie fase A1-A3 voor verdere toelichting.
Productiefase– Wapening druklaag	A1-A3	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair)	NMD 3.5	0,765	ton	Wapeningstaal B500A 30 kg / m2 (oppervlakte druklaag = lengte x breedte ligger)
Transport naar bouwplaats - ligger	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U) (NMD 3.0).	NMD 3.5	3403	tkm	Transport ligger: (9,137*2,363)+0,639+0,456 ton = 22,7 ton

Materiaal of proces	Fase	Milieuprofiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
						22,7 ton * 150 km = 3403 tkm
Transport naar bouwplaats – materialen druklaag	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U) (NMD 3.0).	NMD 3.5	1753	tkm	Transport materialen druklaag: (14,32*2,395)+0,765 = 35,06 ton 35,06 * 50 km = 1753 tkm
Constructie – Hydraulische kraan (ligger)	A5	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U)	NMD 3.5	27,41	Liter	3 L diesel / m3 beton, 9,137 m3 beton. 9,137 * 3 = 27,41 Liter per ligger (20m1 overspanning)
Constructie – Hydraulische kraan (wapening druklaag)	A5	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U)	NMD 3.5	0,956	Liter	3 L diesel / m3 beton ~3 L / 2,4 ton. Wapeningstaal druklaag = 0,429 ton. 0,765/2,4 * 3 = 0,956 liter diesel
Constructie – Betonpomp (druklaag)	A5	0099-pro&Betonpomp, incl. voertuig, per m3 (o.b.v. data uit 1995; gemiddelde van giekpomp, leidingpomp en mixerpomp)	NMD 3.5	14,32	m3	Per m3 beton
Constructie – Graafmachine (druklaag)	A5	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.5	0,57	uur	25 m3 / uur, 14,32 m3 beton
Constructie – Verdichten (druklaag)	A5	0113-pro&Verdichten beton, trilnaald, per ton (o.b.v. 0,33 kWh/m3 Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U; data uit 1995))	NMD 3.5	34,27	Ton	Productienorm per ton, 14,32 m3, 2395 kg / m3 = 14,32*2395 ton = 34,27 ton
Installatieverlies - Prefab	-	3% installatieverlies prefab materialen	NMD 3.5	+ 0,03*(A1-A4, C1-C4, D)	MKI	3% installatieverlies prefab materialen
Installatieverlies Insitu	-	5% installatieverlies insitu materialen	NMD 3.5	+ 0,05*(A1-A4, C1-C4, D)	MKI	5% installatieverlies insitu materialen
Gebuiksfasen & onderhoud	B1-B7	-	-	-	-	Geen onderhoud of vervangingen binnen product levensduur
Sloop - Kraan met breekhamer	C1	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U)	NMD 3.5	121,99	Liter	12,5 m3 / uur, 65 liter diesel per uur. Totale hoeveelheid beton (m3) = 14,32+9,137 = 23,457 m3. 23,457/12,5*65 = 121,97 liter diesel
Sloop – Puinladen	C1	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.5	0,78	uur	30 m3 / uur. 23,457/30 = 0,78 uur
Transport naar verwerking eindeleven	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U) (NMD 3.0).	NMD 3.5	2887,8	tkm	Transport naar afvalverwerking: (9,137*2,363)+0,639+0,456 +(14,32*2,395) +0,765 ton) = 57,76 ton 57,76 ton * 50 km = 2887,8 tkm
Afvalverwerking – Breken ligger	C3	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI).	NMD 3.5	55335	kg	99% recycling

Materiaal of proces	Fase	Milieu profiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Afvalverwerking – Stort Beton	C4	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}) treatment of waste concrete, inert material landfill Cut-off, U)	NMD 3.5	559	kg	1 % stort
Afvalverwerking – Stort Staal	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	NMD 3.5	93	kg	5% stort
Baten en lasten buiten systeemgrenzen – Recycling beton	D	0271-reD&Module D, grind, per kg netto geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW}) gravel and sand quarry operation Cut-off, U)	NMD 3.5	55335	kg	99%
Baten en lasten buiten systeemgrenzen – Recycling staal	D	0282-reD&Module D, staal, per kg netto geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO}) production Cut-off, U)	NMD 3.5	1471	kg	95% - 16% reeds secundair in staal = 79%

Prefab betonligger: Railbalk

Railbalken, ook wel railbalkliggers, zijn liggers van voorgespannen prefab beton. Railbalkliggers worden naast elkaar gelegd in het werk en voorzien van een druklaag en vormen zo een dekconstructie met diverse doeleinden. Railbalkliggers worden in het algemeen toegepast voor bruggen met een lagere verkeersklasse en waar constructiehoogte geen beperking is. Prefab railbalkliggers hebben een typische overspanning van 10 tot 50 meter en een gemiddelde liggerhoogte tussen de 500 en 2000 mm. Prefab railbalk liggers zijn gewapend met Y1860S7 voorspanstaal en B500B betonstaal en voorzien van een in-situ gestorte druklaag van gemiddeld 230 mm dik, gewapend met B500A betonstaal.

Tabel 7 geeft een overzicht van de varianten die zijn uitgewerkt voor prefab railbalk liggers in deze LCA studie. Voor de liggerbreedte en overspanningslengte zijn gemiddelde waarden genomen van diverse type railbalk liggers. De totale liggerlengte kan variëren tussen een extra lengte van minimaal 500 mm en maximaal 1500 mm per kant ten opzichte van het hart van oplegging. De extra lengte op de overspanningslengte is gemiddeld gezien echter 800 mm (400 mm aan weerszijde). De input voor tabel 7 is afkomstig uit een algemeen leidende bron voor deze studie: *Rijkswaterstaat (2021): Matrix prefab betonliggers*. De matrix prefab betonliggers is aangevuld door Royal HaskoningDHV, met onder andere input van ligger en beton expert Rob Vergoossen (RHDHV, 2021)

Tabel 7. Varianten uitgewerkt voor Prefab railbalk liggers met schaling.

Overspanning (m1)	Totale liggerlengte (m1)	Liggerbreedte (m1)	Liggerhoogte (m1)	Gemiddelde oppervlakte beton, doorsnede ligger (m2)	Inhoud beton in prefab ligger (m3)	Inhoud 'in-situ' druklaag (m3) – 230 mm dik
10	10,50	1,20	0,5	0,3255	3,4178	3,335
15	15,50	1,20	0,6	0,3555	5,5103	4,820
20	20,65	1,20	0,7	0,4110	8,4872	6,334
25	25,80	1,20	0,9	0,4555	11,7519	7,973
30	30,80	1,50	1,1	0,6200	19,0960	11,966
35	35,80	1,50	1,3	0,6950	24,8810	13,954
40	41,50	1,50	1,6	0,7700	31,9550	16,333
50	51,50	1,50	2,0	0,9970	51,3455	20,269

* De grijs gearceerde varianten zijn enkel berekend ten behoeve van schaling, resultaten van deze varianten zijn niet als losse variant opgenomen in deze rapportage. Niet-gearceerde regels betreft de schaalbare varianten.

Algemene bron toegepast voor de profielen en ligger specificaties: Rijkswaterstaat (2021): Matrix prefab betonliggers.

De volumens beton van de liggers zijn bepaald aan de hand van het gemiddelde betonoppervlakte van de diverse liggervormen. Het gemiddelde oppervlakte is bepaald aan de hand van leveranciersinformatie uit de 'matrix prefab betonliggers' (RWS, 2021) aangevuld met expert input door ligger expert Rob Vergoossen, RHDHV (2021).

Voor de opgestelde varianten gelden verder de volgende uitgangspunten:

- Voor de prefab railbalk liggers is enkel uitgegaan van hoofdliggers.
- Sparingen door wapeningstaal in het totale volume van het beton zijn niet meegenomen.
- Kopbalken en hamerstukken zijn zo goed mogelijk geschat door experts.
- Voegvulligen zijn niet meegerekend.

Productiefase (A1-A3)

Voor de productiefase van de prefab railbalk liggers zijn diverse uitgangspunten gehanteerd. De betonmortel dat wordt toegepast voor de prefab railbalk is gelijk aan die voor prefab volstort liggers: Betonmortel C60/75. Zie ook tabel 3, 4 en 5 voor de opbouw van de betonmortel en de bijbehorende A1-A3 processen. Voor het voorspanstaal van de ligger wordt gerekend met 80 kg / m³ beton, voor het wapeningstaal B500B met 100 kg / m³ beton voor liggers met een van hoogte 500-1000 mm en met 80 kg / m³ voor grotere liggerhoogten dan 1000 mm. Voor de druklaag wordt gerekend met 35 kg wapeningstaal B500A per m². Dit op basis van kentallen aangereikt in het bronbestand *Matrix Prefab Betonliggers, Rijkswaterstaat, 2021*. Voor het wapening- en voorspanstaal wordt uitgegaan van het volgende proces: 0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO}| market for | Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair).

Transport naar de bouwplaats (A4)

Voor het transport van de prefab ligger naar de bouwplaats wordt rekening gehouden met 150 km transport op basis van de forfaitaire waarde van de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (NMD, Maart 2022). Voor het transport van de materialen van de druklaag wordt rekening gehouden met 50 km bulk transport (forfaitaire waarde NMD). De verwachting is dat de materialen voor de druklaag in bulk verkrijgbaar en daarmee op korte afstand van de bouwplaats te leveren zijn.

Constructiefase: aanleg, bouw- en installatieproces (A5)

Voor het plaatsen van de prefab railbalk liggers wordt een hydraulische kraan gebruikt. Het dieserverbruik voor de kraan is gebaseerd op data uit een eerder uitgewerkt LCA rapport van SGS Search voor het plaatsen van prefab liggers (SGS Search Consultancy, Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems, 2018). Het verbruik van de hydraulische kraan wordt vastgesteld op 3 liter diesel per m³ beton. Het NMD proces dat gehanteerd wordt voor de verbranding van diesel is 0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}| processing | Cut-off, U).

Voor de druklaag wordt uitgegaan van de inzet van een betonpomp, per m³ beton (0099-pro&Betonpomp, incl. voertuig, per m³ (o.b.v. data uit 1995; gemiddelde van giekpomp, leidingpomp en mixerpomp), een graafmachine, 25 m³ / uur (0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}| market for | Cut-off, U)) en een trilnaald, ingezet per ton, voor het verdichten van het gestorte beton (0113-pro&Verdichten beton, trilnaald, per ton (o.b.v. 0,33 kWh/m³ Electricity, low voltage {NL}| market for | Cut-off, U; data uit 1995)). Het wapeningstaal voor de druklaag wordt in het werk geplaatst middels een hydraulische kraan, gelijk aan de kraan die toegepast wordt voor het verplaatsen van de ligger. De productienorm

voor de hydraulische kraan wordt uitgedrukt per m3 beton, het wapeningstaal per ton. Voor de berekening wordt daarom uitgegaan van 2,4 ton per m3 beton, waarmee de productienorm van de kraan gelijk staat aan 1,25 liter diesel per ton.

Voor de prefab liggers wordt volgens de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (Maart 2022) standaard 3% installatieverlies gerekend. Voor de in situ druklaag wordt 5% installatieverlies berekend. De percentages worden berekend op de impact van fase A1-A4, C1-4 en D.

Gebruik en onderhoud (B1-B7)

Tijdens de levensduur van de railbalk ligger hoeven er geen onderdelen vervangen te worden en is geen onderhoud noodzakelijk.

Sloopfase (C1)

Voor het slopen van de prefab railbalk liggers wordt uitgegaan van het energieverbruik van een kraan (60 ton) met breekhamer. Het energieverbruik van de kraan is gebaseerd op eerdere LCA studies gedaan naar het slopen van beton, gemiddelde verbruik waarden uit de praktijk en productienormen afkomstig van diverse slopers (SGS Search Consultancy, Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems, 2018). De productienorm van de sloopkraan betreft 12,5 m3 per uur met een dieselverbruik van 65 liter per uur. Voor het dieselverbruik wordt hetzelfde proces aangehouden als voor de kraan in fase A5. Voor het laden van puin is uitgegaan van een graafmachine (0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for | Cut-off, U) met een productienorm van 30 m3 per uur op basis van kentallen uit GWW prijzenboeken (2021) van Royal HaskoningDHV.

Transport naar afvalverwerking (C2)

Voor de verwerking van materialen bij einde leven is uitgegaan van 50 km forfaitair transport volgens de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (Maart 2022). Sorteren en eindverwerking worden aangenomen op dezelfde locatie plaats te vinden.

Einde levensduur, verwerking, baten en lasten buiten systeemgrenzen (C3, C4 en D)

Voor de prefab railbalk liggers inclusief druklaag wordt uitgegaan van het forfaitaire verwerkingsscenario einde leven van de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (Maart 2022). 99% Van het beton wordt gerecycled en 1% wordt gestort. Ter voorbereiding van het recycling proces zal het beton eerst gebroken worden. Hierbij wordt uitgegaan van een standaard breek proces uit de NMD processendatabase: 0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI). Na het breken wordt het wapenings- en voorspanstaal dat in de producten verwerkt zit gesorteerd uit het puin en wordt het staal voor 95% gerecycled en 5% gestort.

Het recyclaat dat vrijkomt uit het beton breken is betongranulaat, wat wordt toegepast als funderingsmateriaal voor wegen of als toeslag in beton. Hierbij kan zand en grind worden uitgespaard. Voor het wapenings- en voorspanstaal wordt 95% gerecycled, echter bevat het staal van oorsprong al een deel gerecycled materiaal, dit wordt niet meegerekend. Op deze manier is er enkel sprake van baten voor het recyclen van het primaire staal aanwezig in het

wapenings- en voorspanstaal. Voor de lasten en baten van het recyclen van beton wordt gerekend met 0271-reD&Module D, grind, per kg netto geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW}| gravel and sand quarry operation | Cut-off, U). Voor de lasten en baten van het recyclen van staal wordt gerekend met 0282-reD&Module D, staal, per kg netto geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO}| production | Cut-off, U). Er wordt vanuit gegaan dat al het staal dat vrijkomt uit het beton ook wordt gesorteerd en samengeperst bij de breekinstallatie.

Levensduur

De prefab railbalk liggers hebben een levensduur van 100 jaar.

Tabel 8 bevat een volledige decompositie van een prefab railbalk ligger ingevuld voor een overspanning van 20 m1. Hoofdstuk 4 Resultaten, bevat de MKI resultaten voor alle varianten overspanning. Op basis van het verschil in hoeveelheden en totale MKI (€) per variant kan een formule voor schaling worden opgesteld die gebruikt kan worden om de MKI per strekkende meter te berekenen.

Tabel 8. Decompositie van prefab beton liggers: Railbalk, per ligger – overspanning 20 meter.

Materiaal of proces	Fase	Milieuprofiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Productiefase– Beton ligger	A1-A3	0483-fab&Betonmortel C60/75 (o.b.v. 50% CEM III/A 52.5 en 50% CEM I 52.5), 2363 kg / m3	NMD 3.5	8,487	m3	Profiel voor C60/75 opgesteld door RHDHV o.b.v. expert input R.Vergoossen, 2021 en data uit de volgende bron: SGS Search Consultancy, Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems, 2018. Zie tabel 3, 4 en 5.
Productiefase– Voorspanstaal ligger	A1-A3	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair)	NMD 3.5	0,679	ton	Voorspanstaal Y1860S7 80 kg / m3 betonmortel
Productiefase– Wapeningstaal ligger	A1-A3	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair)	NMD 3.5	0,849	ton	Wapeningstaal B500B 100 kg / m3 betonmortel
Productiefase– Beton druklaag	A1-A3	0163-fab&Betonmortel C30/37 (o.b.v. CEM III), 2395 kg / m3	NMD 3.5	6,334	m3	Betonmortel C30/37 (druklaag), zie fase A1-A3 voor verdere toelichting.
Productiefase– Wapening druklaag	A1-A3	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair)	NMD 3.5	0,867	ton	Wapeningstaal B500A 35 kg / m2 (oppervlakte druklaag = lengte x breedte ligger)
Transport naar bouwplaats - ligger	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U) (NMD 3.0).	NMD 3.5	3237	tkm	Transport ligger: (8,487*2,363)+0,679+0,849 = 21,58 ton 21,58 ton * 150 km = 3237 tkm

Material of proces	Fase	Milieuoprofiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Transport naar bouwplaats – materialen druklaag	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U) (NMD 3.0).	NMD 3.5	802	tkm	Transport materialen druklaag: (6,334*2,395)+0,87 = 16,04 ton 16,04 ton * 50 km = 802 tkm
Constructie – Hydraulische kraan (ligger)	A5	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U)	NMD 3.5	25,46	Liter	3 L diesel / m3 beton, 8,487 m3 beton. 8,487* 3 = 25,46 Liter per ligger (20m1 overspanning)
Constructie – Hydraulische kraan (wapening druklaag)	A5	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U)	NMD 3.5	1,08	Liter	1,25 l diesel / ton o.b.v. 3 liter per 2,4 ton. Wapeningstaal druklaag = 0,867 ton. 0,867*1,25= 0,55 liter diesel
Constructie – Betonpomp (druklaag)	A5	0099-pro&Betonpomp, incl. voertuig, per m3 (o.b.v. data uit 1995; gemiddelde van giekpomp, leidingpomp en mixerpomp)	NMD 3.5	6,334	m3	Per m3 beton
Constructie – Graafmachine (druklaag)	A5	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.5	0,25	uur	25 m3 / uur, 6,334 m3 beton
Constructie – Verdichten (druklaag)	A5	0113-pro&Verdichten beton, trilnaald, per ton (o.b.v. 0,33 kWh/m3 Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U; data uit 1995))	NMD 3.5	15,17	Ton	Productienorm per ton, 6,334 m3 * 2395 kg / m3 = 15,17 ton
Installatieverlies - Prefab	-	3% installatieverlies prefab materialen	NMD 3.5	+ 0,03*(A1-A4, C1-C4, D)	MKI	3% installatieverlies prefab materialen
Installatieverlies Insitu	-	5% installatieverlies insitu materialen	NMD 3.5	+ 0,05*(A1-A4, C1-C4, D)	MKI	5% installatieverlies insitu materialen
Gebuiksfasen & onderhoud	B1-B7	-	-	-	-	Geen onderhoud of vervangingen binnen product levensduur
Sloop - Kraan met breekhamer	C1	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U)	NMD 3.5	77,07	Liter	12,5 m3 / uur, 65 liter diesel per uur. Totale hoeveelheid beton (m3) = 6,33+8,487 m3 /12,5*65 = 77,07 liter diesel
Sloop – Puinladen	C1	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.5	0,49	uur	30 m3 / uur. 6,33+8,487 m3 /30 = 0,49 uur
Transport naar verwerking eindeleven	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U) (NMD 3.0).	NMD 3.5	1881	tkm	Transport naar afvalverwerking: (9,137*2,363)+0,639+0,456 +(14,32*2,395) +0,765 = 37,72 ton 37,72 ton * 50 km = 1881 tkm
Afvalverwerking – Breken ligger	C3	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI).	NMD 3.5	34873	kg	99% recycling
Afvalverwerking – Stort beton	C4	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland} treatment of waste	NMD 3.5	352	kg	1 % stort

Materiaal of proces	Fase	Milieu profiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
		concrete, inert material landfill Cut-off, U)				
Afvalverwerking – Stort staal	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	NMD 3.5	120	kg	5% stort
Baten en lasten buiten systeemgrenzen – Recycling beton	D	0271-reD&Module D, grind, per kg netto geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW} gravel and sand quarry operation Cut-off, U)	NMD 3.5	34873	kg	99%
Baten en lasten buiten systeemgrenzen – Recycling staal	D	0282-reD&Module D, staal, per kg netto geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO} production Cut-off, U)	NMD 3.5	1892	kg	95% - 16% reeds secundair in staal = 79%

Prefab betonligger: Koker

Prefab koker liggers, ook wel kokerbalken, zijn rechthoekige voorgespannen liggers met een holle ruimte en massieve balkeinden. Kokerliggers worden in het algemeen toegepast voor bruggen en andere zware constructies vanwege de grote draagkracht. Prefab koker liggers worden middels een dwarskoppeling tot een dek gevormd. Voor de dwarskoppeling wordt uitgegaan van Y1850S7 voorspanstaal, een druklaag is daarbij niet van toepassing. Prefab koker liggers hebben een typische overspanning van 20 tot 50 meter en een gemiddelde liggerhoogte tussen de 700 en 1800 mm. De rechthoekige holle ruimte, waaraan kokerliggers hun naam danken, is gevuld met een verloren bekisting van polystyreen. De massieve balkeinden zijn gemiddeld 5 meter lang (2,5 meter aan weerszijde). Het beton van de prefab koker liggers is gewapend met Y1860S7 voorspanstaal en B500B betonstaal.

Tabel 9 geeft een overzicht van de varianten die zijn uitgewerkt voor prefab koker liggers in deze LCA studie. Voor de liggerbreedte en overspanningslengte zijn gemiddelde waarden genomen van diverse type koker liggers. De totale liggerlengte kan variëren tussen een extra lengte van minimaal 500 mm en maximaal 1500 mm per kant ten opzichte van het hart van oplegging. De extra lengte op de overspanningslengte is gemiddeld gezien echter 800 mm (400 mm aan weerszijde). De input voor tabel 9 is afkomstig uit een algemeen leidende bron voor deze studie: *Rijkswaterstaat (2021): Matrix prefab betonliggers*. De matrix prefab betonliggers is aangevuld door Royal HaskoningDHV, met onder andere input van ligger en beton expert Rob Vergoossen (RHDHV, 2021).

Tabel 9. Varianten uitgewerkt voor Prefab koker liggers met schaling.

Overspanning (m1)	Totale liggerlengte (m1)	Liggerbreedte (m1)	Liggerhoogte (m1)	Gemiddelde oppervlakte beton, doorsnede ligger (m2) ⁷	Inhoud beton prefab ligger (m3)	Inhoud polystyreen in ligger (m3)
20	20,5	1,50	0,80	0,829	17,06	7,595
25	25,65	1,50	0,90	0,860	22,14	13,163
30	30,80	1,50	1,00	0,891	27,57	18,731
35	35,80	1,50	1,10	0,947	34,01	28,697
40	40,80	1,50	1,30	1,002	41,00	38,664
45	46,00	1,50	1,50	1,075	49,63	55,416
50	51,50	1,50	1,70	1,148	59,38	72,168

^{*} De grijs gearceerde varianten zijn enkel berekend ten behoeve van schaling, resultaten van deze varianten zijn niet als losse variant opgenomen in deze rapportage. Niet-gearceerde regels betreft de schaalbare varianten.

Algemene bron toegepast voor de profielen en ligger specificaties: Rijkswaterstaat (2021): Matrix prefab betonliggers.

⁷ 5 Meter massieve balkeinden verwerkt in gemiddelde oppervlakte beton, doorsnede ligger (m2), holle oppervlakte doorsnede vermenigvuldigd met holle lengte voor volume polystyreen.

De volumen beton van de liggers zijn bepaald aan de hand van het gemiddelde betonoppervlakte van de diverse liggervormen. Het gemiddelde oppervlakte is bepaald aan de hand van leveranciersinformatie uit de 'matrix prefab betonliggers' (RWS, 2021) aangevuld met expert input door ligger expert Rob Vergoossen, RHDHV (2021).

Voor de opgestelde varianten gelden verder de volgende uitgangspunten:

- Voor de prefab koker liggers is enkel uitgegaan van hoofdliggers.
- Sparingen door wapeningstaal in het totale volume van het beton zijn niet meegenomen.
- Kopbalken en hamerstukken zijn zo goed mogelijk geschat door experts.
- Voegvulligen zijn niet meegerekend.

Productiefase (A1-A3)

Voor de productiefase van de prefab koker liggers zijn diverse uitgangspunten gehanteerd. De betonmortel dat wordt toegepast voor de prefab koker is gelijk aan die voor prefab volstort liggers en prefab railbalk liggers: Betonmortel C60/75. Zie ook tabel 3, 4 en 5 voor de opbouw van de betonmortel en de bijbehorende A1-A3 processen. Voor het polystyreen wordt uitgegaan van 0007-fab&Polystyreen, EPS (o.b.v Polystyrene foam slab {GLO}| market for | Cut-off, U) met een soortelijk gewicht van 24 kg / m³ bij liggers met een hoogte van 1000 mm of meer en 18 kg / m³ bij liggers met een liggerhoogte kleiner dan 1000 mm. Input voor het soortelijke gewicht is geleverd door betonligger expert Rob Vergoossen (RHDHV, 2021), de data is een gemiddelde van informatie afkomstig van diverse leveranciers van prefab betonliggers.

Voor het voorspanstaal van de ligger wordt gerekend met 70 kg / m³ beton, voor het wapeningstaal B500B met 90 kg / m³ beton voor liggers met een hoogte van 800-1200 mm en met 60 kg / m³ voor grotere liggerhoogten dan 1200 mm. Voor de dwarskoppeling wordt gerekend met 15 kg voorspanstaal Y1850S7 per m² voor liggers met een hoogte van 800-1200 mm en 10 kg / m² voor grotere liggerhoogten dan 1200 mm. Dit op basis van kentallen aangereikt in het bronbestand *Matrix Prefab Betonliggers, Rijkswaterstaat, 2021*. Voor het wapening- en voorspanstaal wordt uitgegaan van het volgende proces: 0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO}| market for | Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair).

Transport naar de bouwplaats (A4)

Voor het transport van de prefab koker ligger naar de bouwplaats wordt rekening gehouden met 150 km transport op basis van de forfaitaire waarde van de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (Maart 2022).

Constructiefase: aanleg, bouw- en installatieproces (A5)

Voor het plaatsen van de prefab koker liggers wordt een hydraulische kraan gebruikt. Het diesilverbruik voor de kraan is gebaseerd op data uit een eerder uitgewerkt LCA rapport van SGS Search voor het plaatsen van prefab liggers (SGS Search Consultancy, Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems, 2018). Het verbruik van de hydraulische kraan wordt vastgesteld op 3 liter diesel per m³ beton. Het NMD proces dat gehanteerd wordt voor de verbranding van diesel is 0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}| processing | Cut-off, U). Voor de prefab liggers wordt volgens de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (Maart 2022) standaard 3% installatieverlies gerekend. Het percentage verlies wordt berekend op de impact van fase A1-A4, C1-4 en D.

Gebruik en onderhoud (B1-B7)

Tijdens de levensduur van de koker ligger hoeven er geen onderdelen vervangen te worden en is geen onderhoud noodzakelijk.

Sloopfase (C1)

Voor het slopen van de prefab koker liggers wordt uitgegaan van het energieverbruik van een kraan (60 ton) met breekhamer. Het energieverbruik van de kraan is gebaseerd op eerdere LCA studies gedaan naar het slopen van beton, gemiddelde verbruik waarden uit de praktijk en productienormen afkomstig van diverse slopers (SGS Search Consultancy, Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems, 2018). De productienorm van de sloopkraan betreft 12,5 m³ per uur met een diesilverbruik van 65 liter per uur. Voor het diesilverbruik wordt hetzelfde proces aangehouden als voor de kraan in fase A5. Voor het laden van puin is uitgegaan van een graafmachine (0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}| market for | Cut-off, U) met een productienorm van 30 m³ per uur op basis van kentallen uit GWW prijzenboeken (2021) van Royal HaskoningDHV. Voor het breken van het polystyreen wordt geen extra brandstof berekend voor de kraan met breekhamer. Wel wordt het volume meegerekend bij het laden van puin.

Transport naar afvalverwerking (C2)

Voor de verwerking van materialen bij einde leven is uitgegaan van 50 km forfaitair transport volgens de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (Maart 2022). Sorteren en eindverwerking worden aangenomen op dezelfde locatie plaats te vinden.

Einde levensduur, verwerking, baten en lasten buiten systeemgrenzen (C3, C4 en D)

Voor de prefab koker liggers wordt uitgegaan van het forfaitaire verwerkingsscenario einde leven van de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (Maart 2022). 99% Van het beton wordt gerecycled en 1% wordt gestort. Ter voorbereiding van het recycling proces zal het beton eerst gebroken worden. Hierbij wordt uitgegaan van een standaard breekproces uit de NMD processendatabase: 0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI). Na het breken wordt het wapeningstaal, voorspanstaal en polystyreen dat in het puin verwerkt zit gesorteerd uit het puin.

Het staal wordt voor 95% gerecycled en 5% gestort, het polystyreen wordt voor 90% verbrand in een AVI met energierugwinning, 5% wordt gerecycled en 5% wordt gestort.

Het recyclaat dat vrijkomt uit het beton breken is betongranulaat, wat wordt toegepast als funderingsmateriaal voor wegen of als toeslag in beton. Hierbij kan zand en grind worden uitgespaard. Voor het wapenings- en voorspanstaal wordt 95% gerecycled, echter bevat het staal van oorsprong al een deel gerecycled materiaal, dit wordt niet meegerekend. Op deze manier is er enkel sprake van baten voor het recyclen van het primaire staal aanwezig in het wapenings- en voorspanstaal. Voor de lasten en baten van het recyclen van beton wordt gerekend met 0271-reD&Module D, grind, per kg netto geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW}| gravel and sand quarry operation | Cut-off, U). Voor de lasten en baten van het recyclen van staal wordt gerekend met 0282-reD&Module D, staal, per kg netto geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO}| production | Cut-off, U). Er wordt vanuit gegaan dat al het staal dat vrijkomt uit het beton ook wordt gesorteerd en samengeperst bij de breekinstallatie.

Bij het verbranden van polystyreen wordt energie teruggewonnen (32,2 MJ / kg), op basis van 0261- avC&Verbranden EPS (32,2 MJ/kg) (o.b.v. Waste expanded Polystyrene {CH}| treatment of, municipal incineration | Cut-off, U). Het proces voor terugwinning van energie is 0267-avD&Vermeden energieproductie AVI o.b.v. fossiele grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV). Voor het recyclen van polystyreen wordt uitgegaan van 0309-reD&Module D, EPS, per kg netto geleverd EPS (o.b.v. vermeden Polystyrene, expandable {RER}| production | Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,9).

Levensduur

De prefab koker liggers hebben een levensduur van 100 jaar.

Tabel 10 bevat een volledige decompositie van een prefab koker ligger ingevuld voor een overspanning van 20 m1. Hoofdstuk 4 Resultaten, bevat de MKI resultaten voor alle varianten overspanning. Op basis van het verschil in hoeveelheden en totale MKI (€) per variant kan een formule voor schaling worden opgesteld die gebruikt kan worden om de MKI per strekkende meter te berekenen.

Tabel 10. Decompositie van prefab beton liggers: Koker, per ligger – overspanning 20 meter.

Materiaal of proces	Fase	Milieuprofiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Productiefase– Beton ligger	A1-A3	0483-fab&Betonmortel C60/75 (o.b.v. 50% CEM III/A 52.5 en 50% CEM I 52.5), 2363 kg / m3	NMD 3.5	17,005	m3	Profiel voor C60/75 opgesteld door RHDHV o.b.v. expert input R.Vergoossen, 2021 en data uit de volgende bron: SGS Search Consultancy, Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems, 2018.

Material of proces	Fase	Milieu-profiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
						Zie tabel 3, 4 en 5.
Productiefase– Voorspanstaal ligger	A1-A3	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO}) market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair	NMD 3.5	1,19	ton	Voorspanstaal Y1860S7 70 kg / m3 betonmortel
Productiefase– Wapeningstaal ligger	A1-A3	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO}) market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair	NMD 3.5	1,53	ton	Wapeningstaal B500B 90 kg / m3 betonmortel
Productiefase– Dwarskoppeling ligger	A1-A3	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO}) market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair	NMD 3.5	0,461	ton	Voorspanstaal Y1860S7 15 kg / m2
Productiefase– Polystyreen	A1-A3	0007-fab&Polystyreen, EPS (o.b.v. Polystyrene foam slab {GLO}) market for Cut-off, U) met een soortelijk gewicht van 1005 kg / m3.	NMD 3.5	7,595	m3	Inhoud afgeleid op basis oppervlakte, holle doorsnede in ligger.
Transport naar bouwplaats - ligger	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market for Cut-off, U) (NMD 3.0).	NMD 3.5	6525,24	tkm	Transport ligger: (17,005*2,363)+1,19+1,53 + (7,595*0,018) + 0,461 = 43,5 ton 43,5 ton * 150 km = 6525,24 tkm
Constructie – Hydraulische kraan (ligger)	A5	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) processing Cut-off, U)	NMD 3.5	51,02	liter	3 L diesel / m3 beton, 17,005 m3 beton * 3 = 51,02 liter per ligger (20m1 overspanning)
Installatieverlies - Prefab	-	3% installatieverlies prefab materialen	NMD 3.5	+ 0,03*(A1-A4, C1-C4, D)	MKI	3% installatieverlies prefab materialen
Gebruiksfase & onderhoud	B1-B7	-	-	-	-	Geen onderhoud of vervangingen binnen product levensduur
Sloop - Kraan met breekhamer	C1	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) processing Cut-off, U)	NMD 3.5	88,43	liter	12,5 m3 / uur, 65 liter diesel per uur. Totale hoeveelheid beton (m3) = 17,005 m3 /12,5*65 = 88,43 liter diesel
Sloop – Puinladen	C1	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	NMD 3.5	0,82	uur	30 m3 / uur. 17,005+7,595 m3 /30 = 0,82 uur
Transport naar verwerking einde- leven	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market for Cut-off, U) (NMD 3.0).	NMD 3.5	2175,08	tkm	Transport naar afvalverwerking: (17,005*2,363)+1,19+1,53+(7,595*0,018) +0,461 = 51,33 ton 43,5 ton * 50 km = 2175,08 tkm
Afvalverwerking – Breken ligger	C3	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI).	NMD 3.5	39780,99	kg	99% recycling

Material of proces	Fase	Milieuprofiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Afvalverwerking – AVI polystyreen	C3	0261- avC&Verbranden EPS (32,2 MJ/kg) (o.b.v. Waste expanded Polystyrene {CH}) treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	NMD 3.5	123,04	kg	90% AVI
Afvalverwerking – Stort beton	C4	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}) treatment of waste concrete, inert material landfill Cut-off, U)	NMD 3.5	401,83	kg	1 % stort
Afvalverwerking – Stort staal	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	NMD 3.5	159,10	kg	5% stort
Afvalverwerking – Stort polystyreen	C4	0242-sto&Stort EPS, XPS (o.b.v. Waste polystyrene (Europe without Switzerland}) treatment of waste polystyrene, sanitary landfill Cut-off, U)	NMD 3.5	6,84	kg	5% stort
Baten en lasten buiten systeemgrenzen – Recycling beton	D	0271-reD&Module D, grind, per kg netto geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW}) gravel and sand quarry operation Cut-off, U)	NMD 3.5	39780,99	kg	99%
Baten en lasten buiten systeemgrenzen – Recycling staal	D	0282-reD&Module D, staal, per kg netto geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO}) production Cut-off, U)	NMD 3.5	2513,82	kg	95% - 16% reeds secundair in staal = 79%
Baten en lasten buiten systeemgrenzen – Energieterugwinning AVI EPS	D	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI o.b.v. fossiele grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV).	NMD 3.5	3962	MJ	LHV EPS: 32,2 MJ/ kg
Baten en lasten buiten systeemgrenzen – Recycling EPS	D	0309-reD&Module D, EPS, per kg netto geleverd EPS (o.b.v. vermeden Polystyrene, expandable {RER}) production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,9).	NMD 3.5	6,84	kg	5% recycling

4 Resultaten

4.1 Berekening milieuprofiel

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 Bouwwerken.
- De milieu-ingrepen zijn berekend met de methoden die zijn omschreven in NEN-EN 15804 aangevuld met karakterisatiefactoren uit de CML-VLCA-rekenmethode (versie juli 2020 met wijzigingsbladen d.d. oktober 2020, februari 2021 en oktober 2021, NMD 3.5).
- 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 9.2.1
- 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.

4.2 Gekarakteriseerde resultaten

Gekarakteriseerde resultaten zijn in Tabel 11, 12 en 13 weergegeven per deelproduct, per functionele eenheid en per variant. De uitgebreide gekarakteriseerde resultaten per levenscyclusfase zijn opgenomen in bijlage A.

Tabel 1 Gekarakteriseerde resultaten – Prefab Volstort Liggers: per stuk, 2 varianten, schaalbaar

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Prefab betonligger: Volstort, 7 m1, <i>Schaalbaar tot 10 m1</i>	Prefab betonligger: Volstort 12 m1, <i>Schaalbaar tot 20 m1</i>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	0,07	0,15
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	4,84	8,77
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	1102,55	2070,52
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	0,00	0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	-0,02	0,00
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	3,53	6,33
8 eutrophication (EP)	kg PO4 ⁻⁻⁻ eq	0,75	1,35
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	168,24	304,03
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	15,36	26,63
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	37879,69	67710,10
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	42,19	72,03
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	366,18	649,03
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	359,42	637,50
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,73	9,77
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,03	1,75
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	0,00	0,00
107 Waste, radioactive (kg)	kg	3,14	5,50

Tabel 12 Gekarakteriseerde resultaten – Prefab Railbalk Liggers: per stuk, 2 varianten, schaalbaar

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Prefab betonligger: Railbalk, 10 m1, Schaalbaar tot 25 m1	Prefab betonligger: Railbalk, 30 m1, Schaalbaar tot 50 m1
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	0,20	1,12
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	11,45	54,36
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	2637,14	13058,22
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	0,00	0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	-0,30	-1,03
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	8,10	38,05
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	1,73	8,19
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	378,99	1800,47
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	41,73	187,63
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	100061,11	465145,75
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	120,52	533,27
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	813,33	3773,61
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	794,26	3689,41
104. Water, fresh water use (m3)	m3	16,25	71,81
106 Waste, hazardous (kg)	kg	2,81	12,39
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	0,00	0,00
107 Waste, radioactive (kg)	kg	7,05	32,14

Tabel 13 Gekarakteriseerde resultaten – Prefab Koker Ligger, 20 m1, per stuk, schaalbaar tot 50 m1

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Prefab betonligger: Koker, 20 m1, <i>Schaalbaar tot 30 m1</i>	Prefab betonligger: Koker, 35 m1, <i>Schaalbaar tot 50 m1</i>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	0,97	1,93
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	33,56	62,10
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	9274,21	19210,41
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	0,00	0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	-0,89	-1,62
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	23,43	46,59
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	5,13	10,23
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1125,18	2286,72
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	125,36	248,19
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	320280,43	639919,62
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	359,84	704,90
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	2447,56	5594,88
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2391,37	5484,83
104. Water, fresh water use (m3)	m3	48,19	94,36
106 Waste, hazardous (kg)	kg	8,00	15,69
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	0,00	0,00
107 Waste, radioactive (kg)	Kg	18,33	36,44

4.3 Gewogen resultaten

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 bepalingmethode milieuprestatie gebouwen en GWW werken, gebruikgemaakt van de Milieu Kosten Indicator (MKI) om de verschillende effectcategorieën te wegen tot één eindpunt. In de volgende twee sub-paragrafen worden de gewogen resultaten per deelproduct per functionele eenheid en in de hoeveelheden waarin de deelproducten in het hoofdproduct toegepast worden.

Onderstaande tabel laat de gewogen resultaten zien per deelproduct, functionele eenheid en variant.

Tabel 14 Gewogen resultaten – Prefab betonliggers

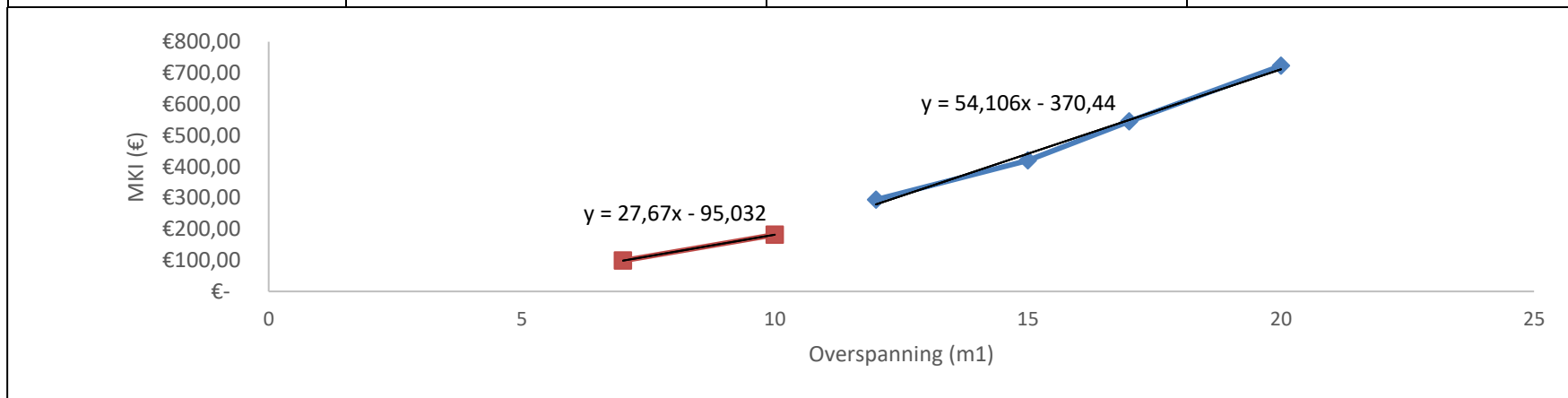
Effectcategorie	Eenheid	Prefab betonligger: Volstort, 7 m1	Prefab betonligger: Volstort, 12 m1	Prefab betonligger: Railbalk 10 m1	Prefab betonligger: Railbalk, 30 m1	Prefab betonligger: Koker, 20 m1	Prefab betonligger: Koker, 35 m1
Totaal	euro	€ 98,65	€ 294,03	€ 233,72	€ 1.131,82	€ 766,00	€ 1.565,53
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	euro	€ 0,01	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,18	€ 0,16	€ 0,31
2 abiotic depletion, fuel (AD)	euro	€ 0,78	€ 2,28	€ 1,83	€ 8,70	€ 5,37	€ 9,94
4 global warming (GWP)	euro	€ 55,13	€ 166,16	€ 131,86	€ 652,91	€ 463,71	€ 960,52
5 ozone layer depletion (ODP)	euro	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,03	€ 0,02	€ 0,03
6 photochemical oxidation (POCP)	euro	€ -0,05	€ 0,33	€ -0,60	€ -2,06	€ -1,78	€ -3,24
7 acidification (AP)	euro	€ 14,12	€ 41,87	€ 32,38	€ 152,18	€ 93,71	€ 186,35
8 eutrophication (EP)	euro	€ 6,75	€ 19,97	€ 15,61	€ 73,70	€ 46,17	€ 92,09
9 human toxicity (HT)	euro	€ 15,14	€ 45,69	€ 34,11	€ 162,04	€ 101,27	€ 205,80
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	euro	€ 0,46	€ 1,19	€ 1,25	€ 5,63	€ 3,76	€ 7,45
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	euro	€ 3,79	€ 10,28	€ 10,01	€ 46,51	€ 32,03	€ 63,99
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	Euro	€ 2,53	€ 6,20	€ 7,23	€ 32,00	€ 21,59	€ 42,29

4.4 Schaling

Op basis van de gewogen resultaten per type ligger, overspanningslengte en liggerbreedte zijn schalingsformules opgesteld om tot een MKI per strekkende meter overspanning en aangegeven liggerbreedte te komen. De volgende figuren geven een overzicht van de totale MKI per m1 overspanningslengte, type prefab ligger en liggerbreedte. Op basis van de trendlijn per figuur is een lineaire schalingsformule opgesteld van het volgende format: $y=ax+b$. Waarbij y gelijk staat aan totale MKI [€], a & b constanten zijn en x gelijk staat aan een ingevoerde lengte voor overspanning in strekkende meter. Per schalingsformule geldt verder dat slechts één liggerbreedte kan worden aangehouden.

Schaling: Prefab Volstort Liggers

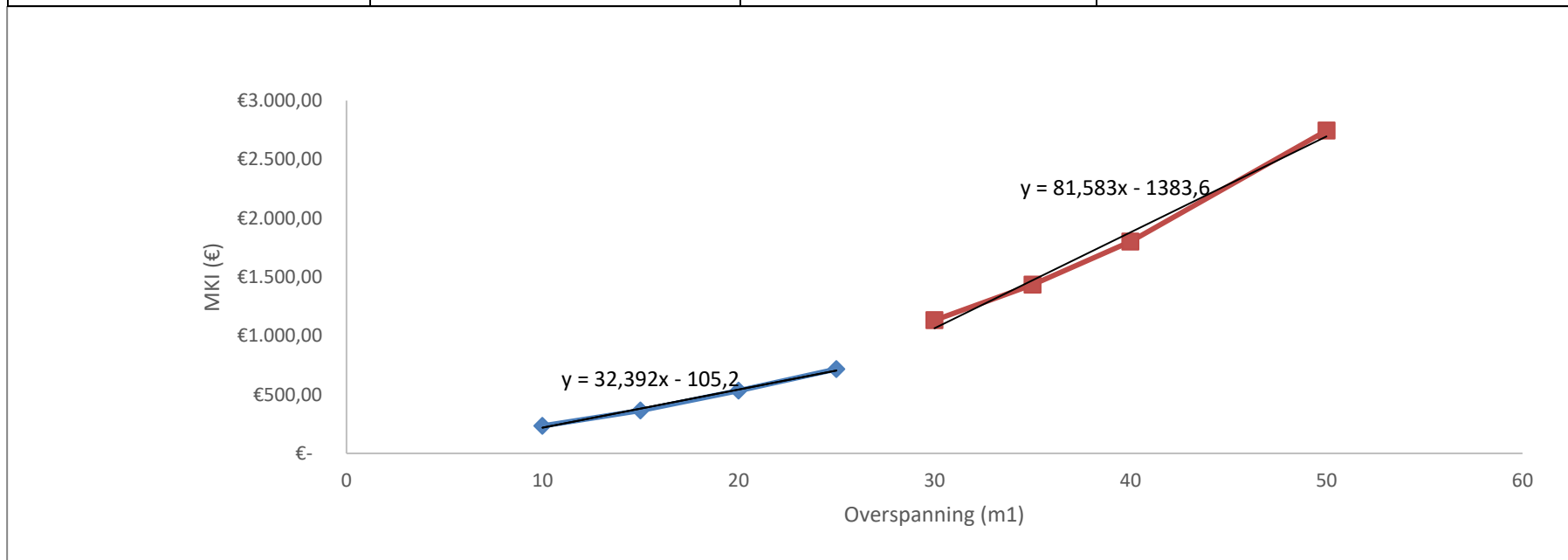
Volstort liggers			
Overspanningslengte	MKI (€)	Overspanningslengte	MKI (€)
7m1 (1,00 m1 liggerbreedte)	€ 98,65	12 m1 (1,20 m1 liggerbreedte)	€294,03
Formule voor schaling:	$Y = 27,67 * m1 - 95,032$	Formule voor schaling:	$Y = 54,106 * m1 - 370,44$
Schaalbaar tot	10 m1 overspanning.	Schaalbaar tot:	20 m1 overspanning



Figuur 1. Schaling prefab volstort liggers, 1,00 m1 en 1,20 m1 breedte

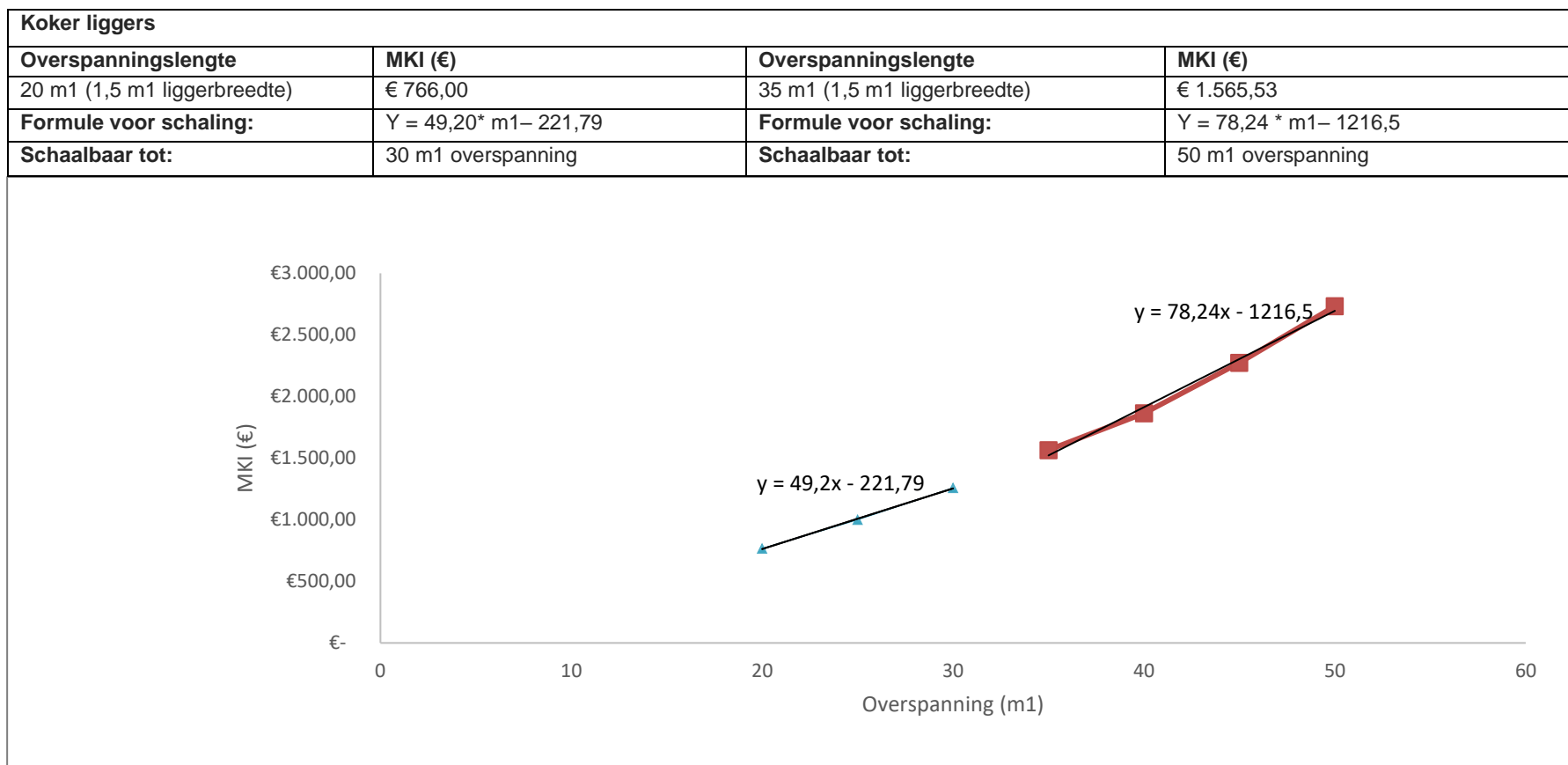
Schaling: Prefab Railbalk liggers

Railbalk liggers			
Overspanningslengte	MKI (€)	Overspanningslengte	MKI (€)
10 m1 (1,2 m1 liggerbreedte)	€ 233,72	30 m1 (1,5 m1 liggerbreedte)	€ 1.131,82
Formule voor schaling:	$Y = 32,392 * m1 - 105,20$	Formule voor schaling:	$Y = 81,583 * m1 - 1383,6$
Schaalbaar tot:	25 m1 overspanning	Schaalbaar tot:	50 m1 overspanning



Figuur 2. Schaling prefab volstort liggers, 1,20 m1 en 1,50 m1 breedte

Schaling: Prefab Koker Liggers

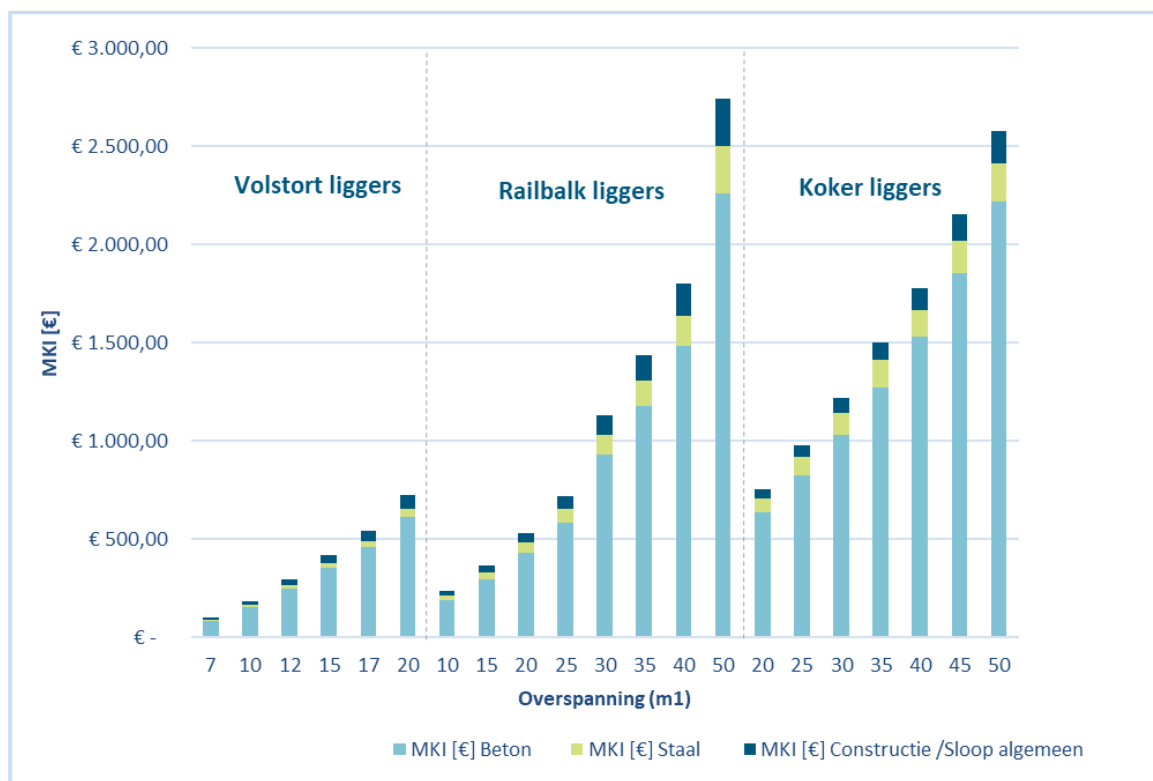


Figuur 5. Schaling prefab koker liggers, 1,50 m1 breedte

4.5 Zwaartepuntanalyse

Figuur 6 geeft een overzicht van de totaal gewogen resultaten in MKI [€] per deelproduct. Als onderdeel van een zwaartepuntanalyse voor de liggers wordt de totale MKI-bijdrage van alle processen gerelateerd aan staal en alle processen gerelateerd aan beton ten opzichte van het totaal benadrukt. Uit de zwaartepunt analyse volgt dat beton verreweg het meest bijdraagt aan de totale MKI. Dit komt onder meer door de hoge recycling credits van staal en het qua massa significant grotere aandeel beton wat resulteert in hogere MKI bij transport en constructie (A4-A5). Figuur 7 en tabel 18 gaan dieper in op de impact per levenscyclusfase en het aandeel beton versus staal op de totale MKI. Hierbij is uitgegaan van een railbalkligger, met overspanning 25 m1. De verhouding in tabel 17 voor beton en staal op de totale MKI laat zien dat deze voor elk type prefab ligger en overspanningslengte van gelijke orde grootte is.

Figuur 6. Zwaartepuntanalyse, bijdrage MKI [€] staal en beton op totale MKI van prefab liggers, per type en overspanningslengte (m1).

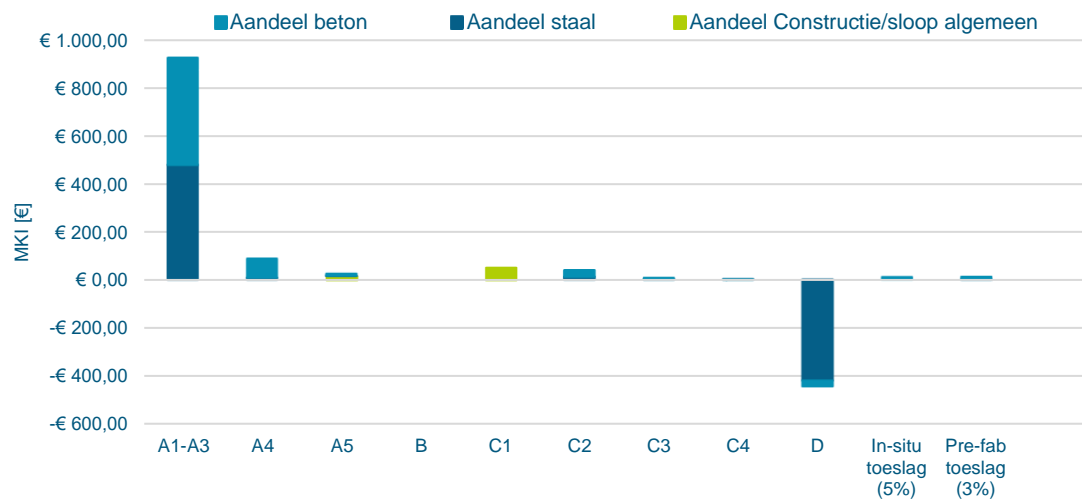


Tabel 17 MKI per deelproduct, met bijdrage van staal en beton ten opzichte van het totaal.

Prefab ligger	Overspanning (m1)	MKI totaal [€]	MKI [€] Beton	% Beton	MKI [€] Staal	% Staal	MKI [€] Constructie/Sloop algemeen (A5/C1)	%
Volstort liggers	7	€ 98,65	€ 81,47	83%	€ 7,80	9%	€ 9,38	10%
	12	€ 294,03	€ 246,69	84%	€ 18,94	7%	€ 28,40	10%
Railbalk liggers	10	€ 233,72	€ 189,77	81%	€ 22,68	11%	€ 21,28	9%
	30	€ 1.131,82	€ 928,34	82%	€ 101,19	10%	€ 102,29	9%
Koker liggers*	20	€ 766,00	€ 636,11	83%	€ 72,22	10%	€ 44,42	9%
	35	€ 1.565,53	€ 1.269,76	81%	€ 141,53	9%	€ 91,71	9%

* Koker liggers bevat nog een significant deel lichtgewicht EPS (18 kg/ m3) dat 2% (20m1) tot 6% (50m1) bijdraagt van de totale MKI van koker liggers*

Figuur 7. MKI per levenscyclusfase voor een railbalk ligger, 25 m1, met nadruk op de bijdrage van beton en staal op het totaal.



Tabel 18. MKI per levenscyclusfase voor een railbalk ligger, 25 m1, met nadruk op de bijdrage van beton en staal op het totaal.

Railbalk 25 m1	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	In-situ toeslag (5%)	Prefab toeslag (3%)	Totaal
Totaal	€ 1.777,04	€ 0,18	€ 49,97	€ -	€ 96,76	€ 0,08	€ 15,17	€ 0,89	€ -815,28	€ 19,34	€ 20,64	€ 717,17
Aandeel staal	€ 477,70	€ 8,88	€ 0,59	€ -	€ -	€ 12,75	€ 1,08	€ 0,12	€ -418,75	€ -	€ 2,05	€ 84,42
Aandeel beton	€ 445,71	€ 79,69	€ 9,43	€ -	€ -	€ 27,62	€ 6,63	€ 0,34	€ -24,46	€ 11,94	€ 11,38	€ 568,29
Aandeel Constructie/sloop algemeen	€ -	€ -	€ 15,32	€ -	€ 49,15	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 64,47

4.6 Gevoeligheidsanalyse

Een gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd op twee belangrijke uitgangspunten:

- 1) Het type betonmortel;
- 2) Het percentage wapening- en voorspanstaal aanwezig in het prefab beton van de ligger.

4.6.1 Gevoeligheid betonmortel

Het gehanteerde uitgangspunt voor het type betonmortel voor de prefab liggers is in de basis betonmortel C60/75 o.b.v 50% CEM III/A 52.5 en 50% CEM I 52.5), 2363. Voor de gevoeligheidsanalyse wordt gekeken wat de impact is wanneer het gehalte cement van de mortel varieert tussen 100% CEM I en 100% CEM III. Tabel 19 en 20 geven een overzicht van de samenstelling van twee nieuwe typen betonmortel C60/75 waarbij het cement varieert tussen 100% CEM I en 100% CEM III.

Tabel 19. Samenstelling - betonmortel C60/75 100% CEM I

Betonmortel C60/75 (o.b.v. 100% CEM I 52.5), 2338 kg/m3		
Samenstelling (A1*)	Gewicht (kg)	Referentieproces NMD processendatabase (A1)
Portlandcement CEM I 52.5	435 kg	0172-fab&Cement, CEM I (o.b.v. CEM I 52.5 R)
Waterbehoefte	150 kg	Tap water {RER} market group for Cut-off, U

Superplastificeerder (hulpstof)	2,6 kg	Plasticiser, for concrete, based on sulfonated melamine formaldehyde {GLO} market for Cut-off, U
Grind 4/16	900 kg	0193-fab&Grind (o.b.v. Gravel, round {RoW}) market for gravel, round Cut-off, U
Zand 0/4	850 kg	0168-fab&Zand, industriezand, ophoogzand, betonzand, drainagezand (o.b.v. Sand {GLO}) market for Cut-off, U
Totaal	2338 kg	0483-fab&Betonmortel C60/75 (o.b.v. 100 % CEM I 52.5), 2338 kg / m3

* A2: 130,5 tkm transport o.b.v. 300 km afstand, Portland cement uit Duitsland; A3: Geen verandering voor produceren mortel.

Tabel 20. Samenstelling - betonmortel C60/75 100% CEM III/A

Betonmortel C60/75 (o.b.v. 100% CEM III/A 52.5), 2373 kg/m3		
Samenstelling (A1*)	Gewicht (kg)	Referentieproces NMD processendatabase (A1)
Hoogovencement CEM III/A 52.5	545 kg	0349-fab&Cement, CEMIII/A (o.b.v. CEM III/A 52,5 N)
Waterbehoefte	150 kg	Tap water {RER} market group for Cut-off, U
Superplastificeerder (hulpstof)	3,3 kg	Plasticiser, for concrete, based on sulfonated melamine formaldehyde {GLO} market for Cut-off, U
Grind 4/16	850 kg	0193-fab&Grind (o.b.v. Gravel, round {RoW}) market for gravel, round Cut-off, U
Zand 0/4	825 kg	0168-fab&Zand, industriezand, ophoogzand, betonzand, drainagezand (o.b.v. Sand {GLO}) market for Cut-off, U
Totaal	2373 kg	0483-fab&Betonmortel C60/75 (o.b.v. 100 % CEM I 52.5), 2373 kg / m3

* A2: 54,5 tkm transport o.b.v. 100 km afstand, Hoogovencement uit Nederland; A3: Geen verandering voor produceren mortel.

De gewogen resultaten per m3 betonmortel zijn als volgt:

Tabel 21. Gewogen resultaten - per m3 betonmortel

Effectcategorie	Eenheid	Betonmortel C60/75 50% CEM I, 50% CEMIII	Betonmortel C60/75 100% CEM I	Betonmortel C60/75 100% CEM III
		Per m3	Per m3	Per m3
Totaal	Euro	€ 28,25	€ 37,60	€ 26,77
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	Euro	€ 0,16	€ 0,27	€ 0,22

4 global warming (GWP)	Euro	€ 20,68	€ 27,44	€ 18,03
5 ozone layer depletion (ODP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	Euro	€ 0,16	€ 0,23	€ 0,17
7 acidification (AP)	Euro	€ 2,80	€ 3,59	€ 3,25
8 eutrophication (EP)	Euro	€ 1,37	€ 2,00	€ 1,45
9 human toxicity (HT)	Euro	€ 2,49	€ 3,82	€ 3,44
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro	€ 0,02	€ 0,04	€ 0,03
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro	€ 0,52	€ 0,19	€ 0,16
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	Euro	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,02

Ten opzichte van Betonmortel C60/75, (o.b.v. 50% CEM I en 50% CEM III) is de MKI per m3 met 100% CEMIII 5% lager (€-1,48) en met 100% CEM I 33% hoger (+ € 9,35). De gevoeligheid op de totale MKI per prefab ligger en overspanning is vervolgens doorberekend. Tabel 22 geeft een overzicht van de gemiddelde gevoeligheid per type prefab ligger.

Tabel 22. Gevoeligheid op totale MKI per type ligger – Betonmortel 100% CEM I/100% CEM III/A

Deelproduct	Gevoeligheid 100% CEM I	Gevoeligheid 100% CEM III/A
Prefab volstort liggers	+12% totale MKI	-2% totale MKI
Prefab railbalk liggers	+16% totale MKI	-3% totale MKI
Prefab koker liggers	+21% totale MKI	-3% totale MKI

Het variëren van cement in de betonmortel zorgt voor volstort en railbalk liggers gemiddeld gezien voor een maximale gevoeligheid in MKI van +12% tot -2% voor volstort liggers, +16% tot -3% voor railbalk liggers en +21% tot -3% voor kokerliggers. Door uit te gaan van 50% CEM I en 50% CEMIII wordt een mortelmengsel gepakt dat representatief is voor gemiddelde waarden uit de markt.

4.6.2 Gevoeligheid wapening- en voorspanstaal

De huidige percentages wapening- en voorspanstaal zijn gebaseerd op leveranciersinformatie en gemiddelde waarden voor een maximale overspanning en liggerhoogte per type ligger. Met name het verschil in liggerhoogte kan resulteren in een significante variatie voor het percentage wapening- en voorspanstaal dat in een ligger zit.

Om een bandbreedte gevoeligheid vast te stellen voor prefab liggers wordt gekeken naar het verschil in wapening en voorspanning met een gelijke overspanning van 25 m1 maar verschillende liggerhoogten. De hoeveelheid wapening- en voorspanstaal per m3 beton en de m3 beton per variant wordt gevarieerd op basis van leveranciersdata gebruikt om tot gemiddelde profielen te komen zoals uitgewerkt in hoofdstuk 3 en 4.1 t/m 4.5. Op deze manier kan een bandbreedte gevoeligheid worden vastgesteld voor afwijking van de gemiddelde waarden bij maximale overspanning voor het wapening- en voorspanstaal.

Op basis van expert input⁸ en leveranciersdata zijn de volgende variaties in wapening- en voorspanstaal vastgesteld voor verschillende liggerhoogten bij een lengte van 25m1. De variaties gelden voor een railbalk ligger. De aanname wordt gemaakt dat de gevoeligheid voor wapening- en voorspanstaal in railbalk liggers ook geldt voor volstort en koker liggers. Variatie in de hoeveelheid beton wordt op basis van dezelfde leveranciersdata meegenomen.

Tabel 23. Variatie wapening- en voorspanstaal bij 25 m1 overspanning, o.b.v. een Railbalk ligger

Prefab Railbalk Ligger, 25 m1 overspanning				
Liggerhoogte (mm)	Liggerbreedte (mm)	Inhoud beton (m3)	Wapeningstaal (kg/m3)	Voorspanstaal (kg/m3)
800	1200	10,6	110	100
900	1200	11,4	100	80
1000	1200	12,1	92	67
1100	1200	12,9	86	58

Op basis van bovenstaande liggerprofielen zijn nieuwe MKI-waarden uitgewerkt. Tabel 24 geeft een overzicht van de totale gewogen resultaten in MKI [€] voor overspanningslengte 25 m1, met de aangegeven variatie voor wapening- en voorspanstaal en m3 beton.

⁸ Expert input door Rob Vergoossen, Royal HaskoningDHV, 2021

Tabel 24. Totale MKI met variaties in wapening- en voorspanstaal bij overspanning 25 m1

Liggerhoogte (mm)	Ligger breedte (mm)	Inhoud beton (m3)	Wapeningstaal (kg/m3)	Voorspanstaal (kg/m3)	Totale MKI ligger [€]
800	1200	10,6	110	100	€ 671,40
900	1200	11,75	100	80	€ 717,09
1000	1200	12,1	92	67	€ 729,31
1100	1200	12,9	86	58	€ 762,15
Gemiddelde					€ 719,99

Op basis van de resultaten uit tabel 24 wordt in tabel 25 een bepaalde gevoeligheid vastgesteld. Aanvullend wordt het gemiddelde marktprofiel van hoofdstuk 3 en 4.1 t/m 4.5 voor 25 m1 overspanning (railbalk) meegenomen in tabel 24 alsmede het gemiddelde van tabel 23.

Tabel 25. Gevoeligheid wapening- en voorspanstaal op totale MKI ten opzichte van gewogen resultaat.

Profiel	Liggerhoogte (mm)	Liggerbreedte (mm)	Variatie in wapening- en voorspanstaal (kg/m3)	MKI [€]	Gevoeligheid
Varianten gevoeligheidsanalyse (tabel 23)	800 - 1100	1200	Wapeningstaal: 110-86 Voorspanstaal: 100-58	€ 671,40– € 762,15	+6% <-> -6% Gemiddelde 0,4%
Gewogen resultaat LCA studie ⁹ (tabel 15)	900	1200	Wapeningstaal: 80 Voorspanstaal: 100	€ 717,17	-

Op basis van de gevoeligheid voor wapeningstaal kan geconstateerd worden dat variatie in liggerhoogte bij gelijke overspanningen een klein maar merkbaar effect heeft op de totale MKI van prefab liggers. Bij gelijke overspanningen met variërende liggerhoogten kan de MKI maximaal 6% lager of hoger zijn dan het gemiddelde op basis van de gehanteerde uitgangspunten. Het gehanteerde uitgangspunt voor de gemiddelde hoeveelheid wapening- en voorspanstaal wordt op basis van de gevoeligheidsanalyse als goed bevonden.

⁹ Wapening- en voorspanstaal op basis van gemiddelde waarden bij maximale overspanning per liggertype, rekening gehouden met variatie in liggerbreedte.

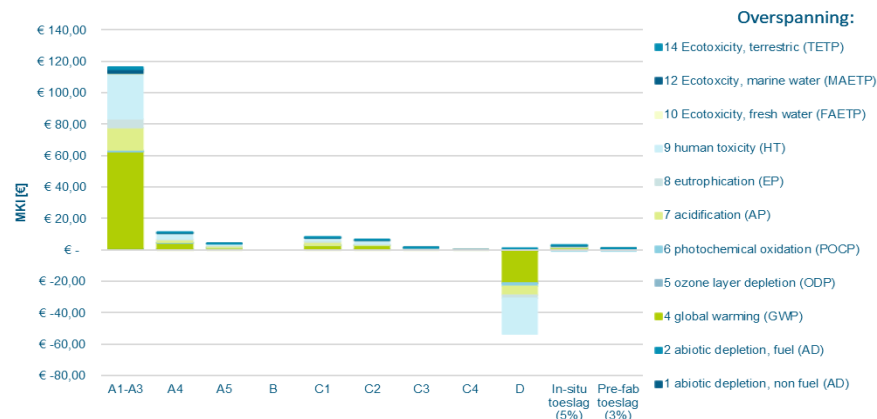
5 Referenties

Bronnenlijst

- Cat 3 LCA Betonconstructies, ongetoetst, Betonmortels v1.3, 2019, SGS Search.
- Cat 3 LCA Betonitems, ongetoetst, prefab omgekeerde T-liggers en druklaag, 2020, SGS Search.
- Expert input, Rob Vergoossens, Betontechnoloog Royal HaskoningDHV, 2021.
- GWW Prijzenboeken, Royal HaskoningDHV, 2021.
- Matrix prefab betonliggers, Rijkswaterstaat, 2021.

Bijlage A Gekarakteriseerde resultaten – Volstort Liggers

Prefab volstort ligger: Overspanning 7 m1



SimaPro 9.4.0.2
Project

Methode:
Indicator:

Skip categories:

Sluit infrastructuurprocessen uit:

Sluit lange termijnemissies uit:

Sorted on item:

Sort order:

Effectbeoordeling

Nationale Milieudatabase versie 3.5 (ecoinvent 3.6) MRT 2022

Bepalingsmethode 'set 1', 'set2' & param (NMD 3.4) V1.00 / MKI-

SBK emissions

Karakterisatie

Nooit

Nee

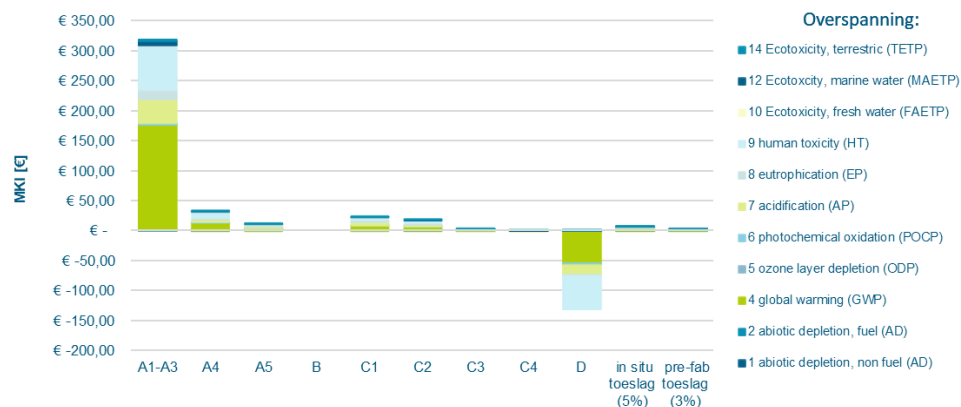
Ja

Effectcategorie

Oplopend

Overspanningslengte		7m1													
Effectcategorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	in situ toesla pre-fab toeslag (: MKI)			
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,18E-02	6,68E-02	2,35E-03	4,75E-05	-	9,08E-05	1,35E-03	3,41E-05	3,62E-06	-1,83E-03	2,16E-03	7,67E-04	€ 0,01	
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	4,84E+00	5,50E+00	6,75E-01	1,98E-01	-	3,86E-01	3,87E-01	8,46E-02	5,28E-03	-2,58E+00	1,40E-01	4,97E-02	€ 0,78	
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,10E+03	1,23E+03	9,18E+01	3,00E+01	-	5,86E+01	5,27E+01	1,20E+01	3,88E-01	-4,15E+02	3,23E+01	1,15E+01	€ 55,13	
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	8,61E-05	5,65E-05	1,63E-05	5,14E-06	-	1,01E-05	9,35E-06	1,31E-06	1,29E-07	-1,60E-05	2,44E-06	8,65E-07	€ 0,00	
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	-2,30E-02	6,53E-01	5,54E-02	3,02E-02	-	5,96E-02	3,18E-02	6,83E-03	4,13E-04	-8,58E-01	-1,60E-03	-5,69E-04	€ -0,05	
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	3,53E+00	3,51E+00	4,04E-01	2,24E-01	-	4,42E-01	2,32E-01	5,53E-02	2,84E-03	-1,47E+00	9,97E-02	3,53E-02	€ 14,12	
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	7,49E-01	6,15E-01	7,93E-02	5,08E-02	-	1,00E-01	4,55E-02	1,23E-02	5,47E-04	-1,83E-01	2,11E-02	7,47E-03	€ 6,75	
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,68E+02	3,20E+02	3,87E+01	1,10E+01	-	2,17E+01	2,22E+01	2,84E+00	1,75E-01	-2,54E+02	4,74E+00	1,68E+00	€ 15,14	
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,54E+01	9,69E+00	1,13E+00	1,54E-01	-	3,02E-01	6,47E-01	4,90E-02	4,16E-03	2,76E+00	4,58E-01	1,62E-01	€ 0,46	
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,79E+04	2,66E+04	4,06E+03	5,35E+02	-	1,05E+03	2,33E+03	1,85E+02	1,49E+01	1,58E+03	1,13E+03	3,99E+02	€ 3,79	
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,22E+01	2,02E+01	1,37E-01	2,02E-02	-	3,57E-02	7,84E-02	3,49E-02	4,40E-04	2,00E+01	1,27E+00	4,51E-01	€ 2,53	
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,66E+02	5,43E+02	9,27E+01	3,03E+01	-	5,92E+01	5,32E+01	1,22E+01	3,96E-01	-4,39E+02	1,01E+01	3,59E+00	€ -	
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	3,59E+02	5,42E+02	9,26E+01	3,03E+01	-	5,92E+01	5,31E+01	1,21E+01	3,95E-01	-4,43E+02	9,92E+00	3,52E+00	€ -	
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,73E+00	1,19E+00	4,28E-02	1,30E-02	-	1,65E-02	2,46E-02	7,00E-02	7,84E-04	4,15E+00	1,72E-01	6,11E-02	€ -	
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,03E+00	6,56E-01	3,39E-02	2,48E-03	-	4,67E-03	1,95E-02	2,30E-03	1,10E-04	2,71E-01	3,10E-02	1,10E-02	€ -	
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	9,31E-05	4,95E-05	2,04E-05	6,47E-06	-	1,28E-05	1,17E-05	1,57E-06	1,63E-07	-1,32E-05	2,61E-06	9,25E-07	€ -	
107 Waste, radioactive (kg)	kg	3,14E+00	2,99E+00	5,37E-01	3,13E-01	-	6,19E-01	3,08E-01	7,59E-02	3,75E-03	-1,82E+00	8,54E-02	3,03E-02	€ -	
MKI	Euro	€	98,65	€ 116,10	€ 11,06	€ 3,99	€ -	€ 7,85	€ 6,35	€ 1,23	€ 0,07	€ -51,87	€ 2,85	€ 1,01	€ 98,65

Prefab volstort ligger: Overspanning 12 m1



SimaPro 9.4.0.2
Project

Methode:

Indicator:

Skip categories:

Sluit infrastructuurprocessen uit:

Sluit lange termijnemissies uit:

Sorted on item:

Sort order:

Effectbeoordeling

Nationale Milieudatabase versie 3.5 (ecoinvent 3.6) MRT 2022

Bepalingsmethode 'set 1', 'set2' & param (NMD 3.4) V1.00 / MKI-

SBK emissions

Karakterisatie

Nooit

Nee

Ja

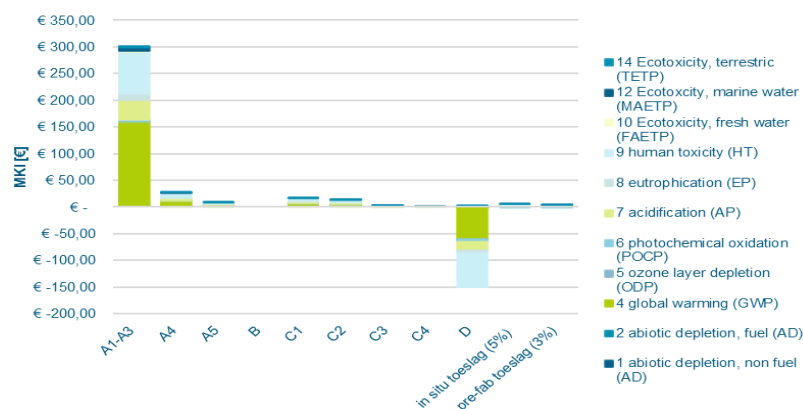
Effectcategorie

Oplopend

Overspanningslengte		12 m1													
Effectcategorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	in situ toeslag	pre-fab toeslag	(: MKI)	
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	2,16E-01	2,01E-01	7,08E-03	1,42E-04	-	2,74E-04	4,03E-03	1,03E-04	1,09E-05	-5,38E-03	6,46E-03	2,35E-03	€	0,03
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,43E+01	1,49E+01	2,04E+00	5,93E-01	-	1,17E+00	1,16E+00	2,56E-01	1,60E-02	-6,39E+00	4,08E-01	1,48E-01	€	2,28
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,32E+03	3,48E+03	2,77E+02	8,98E+01	-	1,77E+02	1,58E+02	3,61E+01	1,17E+00	-1,03E+03	9,66E+01	3,51E+01	€	166,16
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,51E-04	1,54E-04	4,91E-05	1,54E-05	-	3,07E-05	2,80E-05	3,96E-06	3,91E-07	-4,06E-05	7,02E-06	2,55E-06	€	0,01
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,65E-01	1,71E+00	1,67E-01	9,03E-02	-	1,80E-01	9,52E-02	2,06E-02	1,25E-03	-2,10E+00	2,24E-03	8,13E-04	€	0,33
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	1,05E+01	9,66E+00	1,22E+00	6,69E-01	-	1,33E+00	6,94E-01	1,67E-01	8,58E-03	-3,69E+00	2,93E-01	1,06E-01	€	41,87
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	2,22E+00	1,73E+00	2,39E-01	1,52E-01	-	3,03E-01	1,36E-01	3,72E-02	1,65E-03	-4,61E-01	6,17E-02	2,24E-02	€	19,97
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	5,08E+02	8,25E+02	1,17E+02	3,29E+01	-	6,56E+01	6,64E+01	8,59E+00	5,30E-01	-6,27E+02	1,42E+01	5,16E+00	€	45,69
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	3,97E+01	2,47E+01	3,40E+00	4,60E-01	-	9,13E-01	1,94E+00	1,48E-01	1,26E-02	6,59E+00	1,17E+00	4,27E-01	€	1,19
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,03E+05	7,08E+04	1,22E+04	1,60E+03	-	3,17E+03	6,98E+03	5,58E+02	4,50E+01	3,31E+03	3,02E+03	1,10E+03	€	10,28
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,03E+02	4,96E+01	4,12E-01	6,05E-02	-	1,08E-01	2,35E-01	1,05E-01	1,33E-03	4,86E+01	3,09E+00	1,12E+00	€	6,20
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,10E+03	1,39E+03	2,79E+02	9,07E+01	-	1,79E+02	1,59E+02	3,68E+01	1,20E+00	-1,09E+03	3,00E+01	1,09E+01	€	-
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,08E+03	1,39E+03	2,79E+02	9,07E+01	-	1,79E+02	1,59E+02	3,66E+01	1,19E+00	-1,10E+03	2,95E+01	1,07E+01	€	-
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,41E+01	3,03E+00	1,29E-01	3,91E-02	-	4,98E-02	7,36E-02	2,12E-01	2,37E-03	1,00E+01	4,20E-01	1,53E-01	€	-
106 Waste, hazardous (kg)	kg	2,61E+00	1,68E+00	1,02E-01	7,43E-03	-	1,41E-02	5,83E-02	6,96E-03	3,33E-04	6,39E-01	7,77E-02	2,83E-02	€	-
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	2,69E+04	1,32E-04	6,16E-05	1,94E-05	-	3,86E-05	3,51E-05	4,74E-06	4,92E-07	-3,39E-05	7,44E-06	2,71E-06	€	-
107 Waste, radioactive (kg)	kg	9,25E+00	7,87E+00	1,62E+00	9,38E-01	-	1,87E+00	9,23E-01	2,30E-01	1,13E-02	-4,55E+00	2,48E-01	9,03E-02	€	-
MKI	Euro	€	294,03	€ 319,00	€ 33,37	€ 11,95	€ -	€ 23,73	€ 19,02	€ 3,73	€ 0,20	€ -128,46	€ 8,42	€ 3,06	294,03

Bijlage B Gekarakteriseerde resultaten – Railbalk Liggers

Prefab Railbalk Ligger: Overspanning 10 m1



SimaPro 9.4.0.2
Project

Methode:

Indicator:

Skip categories:

Sluit infrastructuurprocessen uit:

Sluit lange termijnemissies uit:

Sorted on item:

Sort order:

Effectbeoordeling

Nationale Milieudatabase versie 3.5 (ecoinvent 3.6) MRT 2022

Bepalingsmethode 'set 1', 'set2' & param (NMD 3.4) V1.00 / MKI-

SBK emissies

Karakterisatie

Nooit

Nee

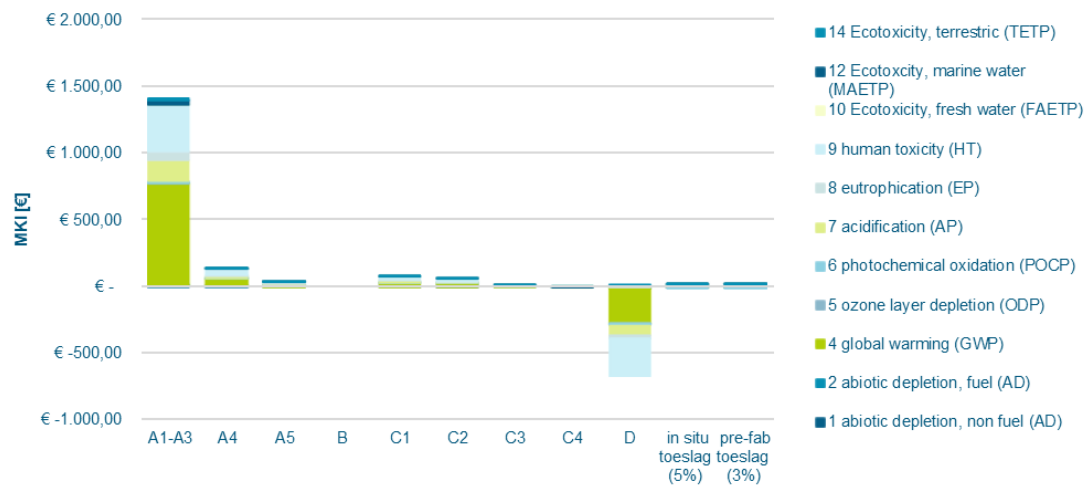
Ja

Effectcategorie

Opend

Overspanningslengte		10 m1													
Effectcategorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	in situ toeslag pre-fab toeslag (: MKI)			
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	2,05E-01	1,92E-01	5,90E-03	1,02E-04	-	1,95E-04	2,93E-03	7,30E-05	7,74E-06	-4,13E-03	4,84E-03	3,00E-03	€ 0,03	
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,15E+01	1,43E+01	1,70E+00	4,28E-01	-	8,28E-01	8,42E-01	1,81E-01	1,13E-02	-7,28E+00	2,61E-01	1,61E-01	€ 1,83	
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	2,64E+03	3,15E+03	2,31E+02	6,48E+01	-	1,26E+02	1,15E+02	2,56E+01	8,30E-01	-1,17E+03	6,09E+01	3,77E+01	€ 131,86	
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,01E-04	1,41E-04	4,10E-05	1,11E-05	-	2,17E-05	2,03E-05	2,80E-06	2,77E-07	-4,43E-05	4,50E-06	2,79E-06	€ 0,01	
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	-3,00E-01	1,75E+00	1,39E-01	6,54E-02	-	1,28E-01	6,91E-02	1,46E-02	8,84E-04	-2,46E+00	-8,66E-03	-5,36E-03	€ -0,60	
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	8,10E+00	8,85E+00	1,02E+00	4,84E-01	-	9,47E-01	5,04E-01	1,18E-01	6,07E-03	-4,12E+00	1,80E-01	1,11E-01	€ 32,38	
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	1,73E+00	1,53E+00	1,99E-01	1,10E-01	-	2,15E-01	9,90E-02	2,64E-02	1,17E-03	-5,06E-01	3,85E-02	2,38E-02	€ 15,61	
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	3,79E+02	8,66E+02	9,72E+01	2,38E+01	-	4,65E+01	4,82E+01	6,08E+00	3,75E-01	-7,23E+02	8,41E+00	5,20E+00	€ 34,11	
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	4,17E+01	2,67E+01	2,84E+00	3,33E-01	-	6,47E-01	1,41E+00	1,05E-01	8,91E-03	8,13E+00	9,80E-01	6,06E-01	€ 1,25	
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,00E+05	7,19E+04	1,02E+04	1,16E+01	-	2,25E+03	5,06E+03	3,95E+02	3,18E+01	5,24E+03	2,34E+03	1,45E+03	€ 10,01	
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,21E+02	5,74E+01	3,44E-01	4,27E-02	-	7,65E-02	1,70E-01	7,46E-02	9,42E-04	5,77E+01	2,85E+00	1,76E+00	€ 7,23	
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	8,13E+02	1,46E+03	2,33E+02	6,55E+01	-	1,27E+02	1,16E+02	2,60E+01	8,48E-01	-1,24E+03	1,77E+01	1,10E+01	€ -	
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	7,94E+02	1,45E+03	2,33E+02	6,55E+01	-	1,27E+02	1,16E+02	2,59E+01	8,46E-01	-1,26E+03	1,73E+01	1,07E+01	€ -	
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,63E+01	3,20E+00	1,08E-01	2,60E-02	-	3,53E-02	5,34E-02	1,50E-01	1,68E-03	1,21E+01	3,84E-01	2,38E-01	€ -	
106 Waste, hazardous (kg)	kg	2,81E+00	1,75E+00	8,53E-02	5,32E-03	-	1,00E-02	4,23E-02	4,92E-03	2,36E-04	8,06E-01	6,65E-02	4,12E-02	€ -	
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	2,19E-04	1,25E-04	5,14E-05	1,40E-05	-	2,74E-05	2,55E-05	3,36E-06	3,48E-07	-3,57E-05	4,86E-06	3,00E-06	€ -	
107 Waste, radioactive (kg)	kg	7,05E+00	7,68E+00	1,35E+00	6,79E-01	-	1,33E+00	6,70E-01	1,62E-01	8,03E-03	-5,07E+00	1,51E-01	9,33E-02	€ -	
MKI	Euro	€	233,72	€ 301,85	€ 27,83	€ 8,64	€ -	€ 16,83	€ 13,81	€ 2,64	€ 0,16	€ -146,64	€ 5,33	€ 3,30	€ 233,72

Prefab Railbalk Ligger: Overspanning 30 m1



SimaPro 9.4.0.2
Project

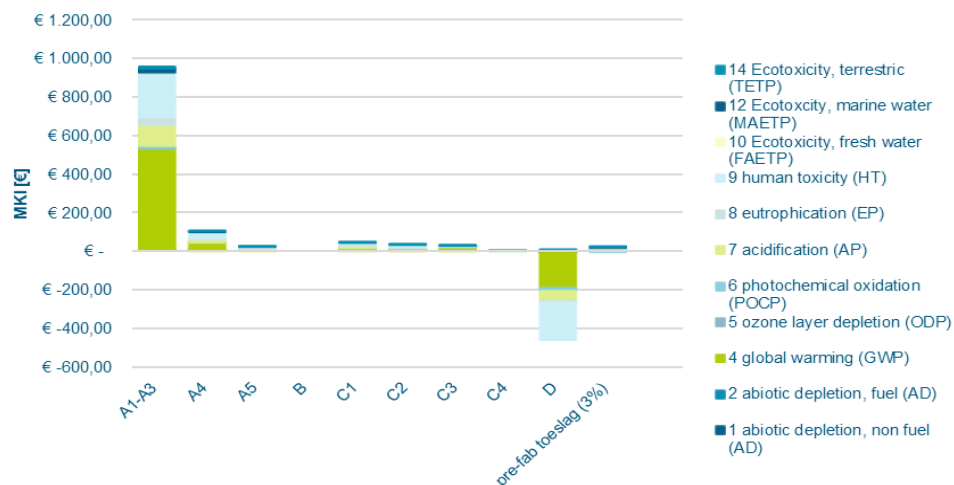
Methode:
Indicator:
Skip categories:
Sluit infrastructuurprocessen uit:
Sluit lange termijnemissies uit:
Sorted on item:
Sort order:

Effectbeoordeling
Nationale Milieudatabase versie 3.5 (ecoinvent 3.6) MRT 2022
Bepalingsmethode 'set 1', 'set2' & param (NMD 3.4) V1.00 / MKI-
SBK emissions
Karakterisatie
Nooit
Nee
Ja
Effectcategorie
Oplopend

Overspanningslengte		30 m1													
Effectcategorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	in situ toesla	pre-fab toeslag	toeslag (: MKI)	
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,12E+00	1,05E+00	2,99E-02	4,70E-04	-	8,95E-04	1,34E-02	3,35E-04	3,56E-05	-1,88E-02	2,08E-02	1,99E-02	€	
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	5,44E+01	6,56E+01	8,60E+00	1,98E+00	-	3,81E+00	3,86E+00	8,31E-01	5,19E-02	-3,23E+01	9,74E-01	9,30E-01	€ 2.000,00	
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,31E+04	1,51E+04	1,17E+03	2,99E+02	-	5,78E+02	5,25E+02	1,18E+02	3,81E+00	-5,20E+03	2,37E+02	2,27E+02	€	
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,33E-04	6,31E-04	2,08E-04	5,15E-05	-	1,00E-04	9,31E-05	1,29E-05	1,27E-06	-1,97E-04	1,64E-05	1,56E-05	€ 1.500,00	
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	-1,03E+00	7,91E+00	7,06E-01	3,02E-01	-	5,88E-01	3,17E-01	6,71E-02	4,06E-03	-1,09E+01	-2,48E-02	-2,36E-02	€	
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	3,80E+01	4,04E+01	5,14E+00	2,24E+00	-	4,35E+00	2,31E+00	5,43E-01	2,79E-02	-1,83E+01	6,66E-01	6,36E-01	€ 1.000,00	
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	8,19E+00	7,07E+00	1,01E+00	5,09E-01	-	9,90E-01	4,53E-01	1,21E-01	5,38E-03	-2,25E+00	1,43E-01	1,36E-01	€	
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,80E+03	3,87E+03	4,92E+02	1,10E+02	-	2,14E+02	2,21E+02	2,79E+01	1,72E+00	-3,20E+03	3,14E+01	3,00E+01	€ 500,00	
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,88E+02	1,19E+02	1,44E+01	1,54E+00	-	2,98E+00	6,45E+00	4,82E-01	4,09E-02	3,59E+01	3,46E+00	3,30E+00	€	
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	4,65E+05	3,33E+05	5,17E+04	5,35E+03	-	1,04E+04	2,32E+04	1,81E+03	1,46E+02	2,28E+04	8,55E+03	8,16E+03	€	
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	5,33E+02	2,55E+02	1,74E+00	1,94E-01	-	3,52E-01	7,81E-01	3,43E-01	4,33E-03	2,55E+02	9,91E+00	9,46E+00	€	
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,77E+03	6,43E+03	1,18E+03	3,02E+02	-	5,84E+02	5,30E+02	1,20E+02	3,89E+00	-5,51E+03	6,45E+01	6,16E+01	€	
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	3,69E+03	6,41E+03	1,18E+03	3,02E+02	-	5,84E+02	5,29E+02	1,19E+02	3,89E+00	-5,57E+03	6,30E+01	6,01E+01	€ -500,00	
104. Water, fresh water use (m3)	m3	7,18E+01	1,41E+01	5,45E-01	1,12E-01	-	1,62E-01	2,45E-01	6,88E-01	7,70E-03	5,33E+01	1,33E+00	1,27E+00	€	
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,24E+01	7,67E+00	4,32E-01	2,44E-02	-	4,60E-02	1,94E-01	2,26E-02	1,08E-03	3,55E+00	2,30E-01	2,20E-01	€ -1.000,00	
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	1,01E-03	5,47E-04	2,60E-04	6,49E-05	-	1,26E-04	1,17E-04	1,54E-05	1,60E-06	-1,59E-04	1,75E-05	1,68E-05	€	
107 Waste, radioactive (kg)	kg	3,21E+01	3,36E+01	6,84E+00	3,14E+00	-	6,11E+00	3,07E+00	7,46E-01	3,69E-02	-2,25E+01	5,39E-01	5,15E-01	€	
MKI	Euro	€	1.131,82	€ 1.407,85	€ 140,98	€ 39,93	€ -	€ 77,39	€ 63,27	€ 12,13	€ 0,71	€ -650,13	€ 20,30	€ 19,38	€ 1.131,82

Bijlage C Gekarakteriseerde resultaten – Koker Liggers

Prefab Koker Ligger: Overspanning 20 m1



SimaPro 9.4.0.2

Project

Methode:

Indicator:

Skip categories:

Sluit infrastructuurprocessen uit:

Sluit lange termijnemissies uit:

Sorted on item:

Sort order:

Effectbeoordeling

Nationale Milieudatabase versie 3.5 (ecoinvent 3.6) MRT 2022

Bepalingsmethode 'set 1', 'set2' & param (NMD 3.4) V1.00 / MKI-

SBK emissies

Karakterisatie

Nooit

Nee

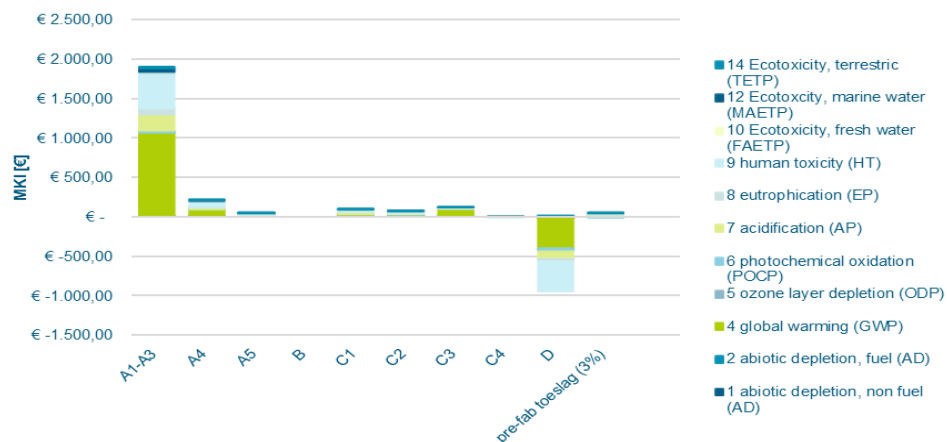
Ja

Effectcategorie

Oplopend

Overspanningslengte	20 m1													
Effectcategorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	pre-fab toesl	MKI	
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	9,69E-01	9,21E-01	2,23E-02	2,56E-04	5,10E-04	7,44E-03	1,95E-04	2,78E-05	-1,08E-02	2,82E-02	€	0,16	
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,36E+01	4,37E+01	6,42E+00	1,09E+00	2,17E+00	2,14E+00	4,62E-01	4,03E-02	-2,35E+01	9,46E-01	€	5,37	
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	9,27E+03	1,06E+04	8,73E+02	1,66E+02	3,29E+02	2,91E+02	4,51E+02	3,81E+00	-3,69E+03	2,65E+02	€	463,71	
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	5,53E-04	3,88E-04	1,55E-04	2,87E-05	5,70E-05	5,16E-05	7,26E-06	9,83E-07	-1,50E-04	1,53E-05	€	0,02	
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	-8,90E-01	5,31E+00	5,27E-01	1,69E-01	3,35E-01	1,76E-01	4,17E-02	3,29E-03	-7,42E+00	-3,08E-02	€	-1,78	
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	2,34E+01	2,60E+01	3,84E+00	1,25E+00	2,48E+00	1,28E+00	3,26E-01	2,17E-02	-1,24E+01	6,46E-01	€	93,71	
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	5,13E+00	4,57E+00	7,54E-01	2,84E-01	5,64E-01	2,51E-01	7,38E-02	4,32E-03	-1,51E+00	1,41E-01	€	46,17	
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,13E+03	2,56E+03	3,68E+02	6,13E+01	1,22E+02	1,23E+02	3,22E+01	1,36E+00	-2,17E+03	3,10E+01	€	101,27	
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,25E+02	7,94E+01	1,07E+01	8,53E-01	1,70E+00	3,58E+00	8,00E-01	4,30E-02	2,46E+01	3,63E+00	€	3,76	
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,20E+05	2,31E+05	3,86E+04	2,97E+03	5,90E+03	1,29E+04	3,41E+03	1,26E+02	1,62E+04	9,24E+03	€	32,03	
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	3,60E+02	1,73E+02	1,30E+00	1,01E-01	2,01E-01	4,33E-01	1,92E-01	3,46E-03	1,74E+02	1,05E+01	€	21,59	
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	2,45E+03	4,15E+03	8,81E+02	1,67E+02	3,33E+02	2,94E+02	4,52E+02	4,03E+00	-3,90E+03	6,64E+01	€	-	
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,39E+03	4,13E+03	8,81E+02	1,67E+02	3,33E+02	2,94E+02	4,52E+02	4,02E+00	-3,94E+03	6,48E+01	€	-	
104. Water, fresh water use (m3)	m3	4,82E+01	9,45E+00	4,07E-01	4,65E-02	9,26E-02	1,36E-01	4,02E-01	6,64E-03	3,62E+01	1,40E+00	€	-	
106 Waste, hazardous (kg)	kg	8,00E+00	4,82E+00	3,23E-01	1,32E-02	2,62E-02	1,08E-01	1,29E-02	8,60E-04	2,46E+00	2,33E-01	€	-	
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	5,96E-04	3,28E-04	1,94E-04	3,61E-05	7,19E-05	6,48E-05	8,66E-06	1,24E-06	-1,26E-04	1,63E-05	€	-	
107 Waste, radioactive (kg)	kg	1,83E+01	2,06E+01	5,11E+00	1,75E+00	3,48E+00	1,70E+00	4,50E-01	2,87E-02	-1,52E+01	4,83E-01	€	-	
MKI	Euro	€	766,00 €	958,28 €	105,25 €	22,17 €	-	€ 44,13	€ 35,08	€ 27,95	€ 0,47	€ -448,99	€ 21,66	€ 766,00

Prefab Koker Ligger: Overspanning 35 m1



SimaPro 9.4.0.2
Project

Methode:
Indicator:

Skip categories:

Sluit infrastructuurprocessen uit:

Sluit lange termijnemissies uit:

Sorted on item:

Sort order:

Effectbeoordeling

Nationale Milieudatabase versie 3.5 (ecoinvent 3.6) MRT 2022

Bepalingsmethode 'set 1', 'set2' & param (NMD 3.4) V1.00 / MKI-

SBK emissies

Karakterisatie

Nooit

Nee

Ja

Effectcategorie

Oplpend

Overspanningslengte		35 m1																						
Effectcategorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	pre-fab toesl MKI												
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,93E+00	1,84E+00	4,46E-02	5,11E-04	1,05E-03	1,49E-02	4,26E-04	5,75E-05	-2,16E-02	5,62E-02	€	0,31											
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	6,21E+01	8,69E+01	1,28E+01	2,18E+00	4,49E+00	4,28E+00	9,47E-01	8,25E-02	-5,13E+01	1,75E+00	€	9,94											
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,92E+04	2,10E+04	1,75E+03	3,30E+02	6,80E+02	5,82E+02	2,08E+03	1,03E+01	-7,80E+03	5,50E+02	€	960,52											
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,05E-03	7,65E-04	3,10E-04	5,71E-05	1,18E-04	1,03E-04	1,52E-05	2,01E-06	-3,53E-04	2,88E-05	€	0,03											
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	-1,62E+00	1,06E+01	1,05E+00	3,36E-01	6,93E-01	3,51E-01	9,90E-02	7,15E-03	-1,47E+01	-5,70E-02	€	-3,24											
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	4,66E+01	5,15E+01	7,68E+00	2,49E+00	5,13E+00	2,56E+00	7,41E-01	4,45E-02	-2,48E+01	1,28E+00	€	186,35											
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	1,02E+01	9,06E+00	1,51E+00	5,65E-01	1,17E+00	5,03E-01	1,71E-01	9,29E-03	-3,03E+00	2,82E-01	€	92,09											
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	2,29E+03	5,04E+03	7,36E+02	1,22E+02	2,52E+02	2,45E+02	1,16E+02	2,85E+00	-4,29E+03	6,30E+01	€	205,80											
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,48E+02	1,56E+02	2,15E+01	1,70E+00	3,51E+00	7,16E+00	3,23E+00	1,21E-01	4,76E+01	7,18E+00	€	7,45											
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,40E+05	4,56E+05	7,72E+04	5,91E+03	1,22E+04	2,57E+04	1,42E+04	2,95E+02	2,98E+04	1,85E+04	€	63,99											
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	7,05E+02	3,39E+02	2,60E+00	2,01E-01	4,15E-01	8,67E-01	3,97E-01	7,37E-03	3,41E+02	2,05E+01	€	42,29											
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,59E+03	8,20E+03	1,76E+03	3,34E+02	6,88E+02	5,88E+02	2,08E+03	1,12E+01	-8,22E+03	1,53E+02	€	-											
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,48E+03	8,17E+03	1,76E+03	3,33E+02	6,87E+02	5,87E+02	2,08E+03	1,12E+01	-8,29E+03	1,50E+02	€	-											
104. Water, fresh water use (m3)	m3	9,44E+01	1,92E+01	8,15E-01	9,28E-02	1,91E-01	2,72E-01	8,85E-01	1,56E-02	7,02E+01	2,75E+00	€	-											
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,57E+01	9,47E+00	6,46E-01	2,63E-02	5,42E-02	2,15E-01	2,76E-02	1,82E-03	4,80E+00	4,56E-01	€	-											
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	1,12E-03	6,46E-04	3,89E-04	7,20E-05	1,48E-04	1,30E-04	1,81E-05	2,53E-06	-3,14E-04	3,06E-05	€	-											
107 Waste, radioactive (kg)	kg	3,64E+01	4,06E+01	1,02E+01	3,49E+00	7,19E+00	3,41E+00	1,03E+00	5,88E-02	-3,05E+01	9,60E-01	€	-											
MKI	Euro	€	1.565,53	€ 1.898,57	€	210,58	€	44,21	€	-	€	91,12	€	70,19	€	120,69	€	1,10	€	-915,25	€	44,31	€	1.565,53