



# Ongetoetst LCA-rapport voor duiker van beton, cat. 3

Achtergrondinformatie



**CE Delft**

*Committed to the Environment*

# Ongetoetst LCA-rapport voor duiker van beton, cat.3

## Achtergrondinformatie

Het rapport en de analyse zijn opgesteld door: Maarten Bruinsma  
Interne review door: Marijn Bijleveld

Delft, CE Delft, mei 2021

Publicatienummer: 21.200194.076a

Levenscyclusanalyse / Waterschappen / Metaalproducten / Staal / Kunststoffen  
VT: Bouwelementen / Nationale Milieudatabase / Dubocalc / Categorie 3

Opdrachtgever: Unie van Waterschappen

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Marijn Bijleveld (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

### **CE Delft**

Committed to the Environment

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

# Colofon LCA-rapport

## Onderzoeksgegevens

Naam onderzoek	(Ongetoetst) LCA-rapport voor Unie van Waterschappen
Versie	1.0
Project	DuboCalc bij Waterschappen
Projectnummer	200194
SimaPro-versie	9.0.0.49
NMD-versie	3.2
Ecoinvent-versie	3.5
Impactanalysemethode	MKI single-score set (Bepalingsmethode, juli 2020 (na NMD 3.2) v3.04)
Looptijd project	Augustus 2020-december 2020

## Opdrachtgever

Organisatie	Unie van Waterschappen
Contactpersoon	Meinke Schouten
Adres	Koningskade 40 2596 AA Den Haag
Telefoonnummer	070-3519751
E-mail	<a href="mailto:info@uvw.nl">info@uvw.nl</a>

## Uitvoerende organisatie

Organisatie	CE Delft
Contactpersoon	Marijn Bijleveld
Adres	Oude Delft 180, 2611 HH Delft
Telefoonnummer	015-2150150
E-mail	<a href="mailto:ce@ce.nl">ce@ce.nl</a>



# Inhoud

	Colofon LCA-rapport	3
1	Inleiding	5
	1.1 Project	5
	1.2 Korte productomschrijving	5
	1.3 Methodologie en materialen	6
	1.4 Doel en reikwijdte	7
2	Inventarisatie en modellering	10
	2.1 Inventarisatie productgegevens	10
	A1: Grondstoffen	14
	A2: Transport naar producent	14
	A3: Productie	14
	2.2 Datakwaliteit en representativiteit	18
3	LCA-resultaten	19
	3.1 MKI-scores (gewogen milieuprofiel)	19
	3.2 Gekarakteriseerde waarden (ongewogen milieuprofiel)	21
	Bronvermelding	22
A	Milieuprofielen	23
	A.1 MKI	23
	A.2 Milieueffectcategorieën	25



# 1 Inleiding

## 1.1 Project

In het kader van het project 'LCA-ondersteuning waterschappen 2020' (projectnummer 200194) voert CE Delft een aantal levenscyclusanalyses (LCA) uit voor de Unie van Waterschappen. Het doel is om enkele producten die waterschappen veel gebruiken toe te voegen aan de Nationale Milieudatabase (NMD) en aan de rekeninstrumenten die gebruiken hiervan, zoals DuboCalc.

Het gaat hier om Categorie 3 (cat.3) LCA's. Een cat.3-LCA wordt opgesteld op basis van generieke milieukundige (achtergrond)informatie en op basis van representatieve samenstelling van het product, zoals in gebruik door Waterschappen. Deze zijn niet getoetst volgens het NMD-toetsingsprotocol en daarom is bij de toepassing van deze data een ophoging van 30% van toepassing op de milieueffectresultaten, die door NMD in de rekenregels wordt doorgevoerd (Nationale Milieudatabase, 2020).

## 1.2 Korte productomschrijving

Duikers van beton hebben als hoofdfunctie het verbinden van twee wateren, ten behoeve van waterdoorstroming onder bijvoorbeeld een weg, spoorlijn of gronddam. Ze bestaan uit één of meerdere duikerelementen, met aan beide zijden een talud. Het talud bestaat uit een kopbalk (ten behoeve van het taludstuk), taludwanden en een taludvloer.

Sommige duikers omvatten een stootplaat. De stootplaat van beton is een overgangsconstructie die als hoofdfunctie heeft om eventueel na- of verzakken van de duikers van beton op te vangen. Deze plaat kan worden toegevoegd aan duikers die beschikken over een speciaal daarvoor ontworpen console.

De duikers zijn in de database ingevoerd in RAW GWW hoofdstuk 47 'kleine kunstwerken'.

In deze rapportage worden negen varianten beschreven, waarvan vier varianten zijn voorzien kunnen worden van een stootplaat:

1. Duiker; beton, rechthoekig (1.250 x 750 mm inw), incl. console t.b.v. stootplaat.
2. Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 750 mm inw), incl. console t.b.v. stootplaat.
3. Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 1000 mm inw), incl. console t.b.v. stootplaat.
4. Duiker; beton, vierkant (1.000 x 1.000 mm inw), incl. console t.b.v. stootplaat.
5. Duiker; beton, rechthoekig (1.250 x 750 mm inw), excl. console t.b.v. stootplaat.
6. Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 750 mm inw), excl. console t.b.v. stootplaat.
7. Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 1.000 mm inw), excl. console t.b.v. stootplaat.
8. Duiker; beton, rechthoekig (2.000 x 1.500 mm inw), excl. console t.b.v. stootplaat.
9. Duiker; beton, vierkant (1.000 x 1.000 mm inw), excl. console t.b.v. stootplaat.

Daarnaast wordt ook een stootplaat gedefinieerd:

- Duiker; beton, stootplaat.

## 1.3 Methodologie en materialen

### Methodologie

Deze cat.3-LCA is opgesteld volgens de regels van de ‘Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken’ versie 1.0 (Nationale Milieudatabase, 2020). Deze methode is gebaseerd om de norm NEN-EN 15804 (NEN 2013), welke op haar beurt weer gebaseerd is op NEN-EN-ISO 14044:2006 (NEN 2006), NEN-EN-ISO 14025:2010 (NEN 2010), en NEN-EN 15978:2011 (NEN 2011).

### Software, databases en milieueffectbepaling

De gebruikte software voor het LCA-model is SimaPro 9.1.0.8. De gebruikte achtergrond-databases zijn de Nationale Milieudatabase (NMD) 3.2<sup>1</sup> en Ecoinvent v.3.6<sup>2</sup>. Voor de milieueffectbepaling is de selectie van milieueffectcategorieën en karakterisatiefactoren gemaakt op basis van de ‘Bepalingsmethode, juli 2020 (na NMD 3.2) v3.04’, geïntegreerd in SimaPro. Deze methode is gebaseerd op de CML-IA-database<sup>3</sup>. Weging vindt plaats op basis van de ‘MKI single-score’-set, ook geïntegreerd in SimaPro. Deze weging is gebaseerd op een rapportage over de schaduwprijsmethode (van Harmelen et al., 2004).

### Lasten en baten van hergebruik, recycling en verbranding in AVI

De lasten en baten van hergebruik, recycling en energierugwinning (thermisch en elektrisch) na verbranding in een afvalenergiecentrale (AVI) zijn gemodelleerd volgens de methodologie beschreven in de Bepalingsmethode (Paragraaf 2.6.4.3. voor hergebruik en recycling en Paragraaf 2.6.3.6. voor verbranding). De verwerkingsrichtingen worden per materiaal bepaald op basis van forfaitaire waarden (Bijlage V van de Bepalingsmethode).

De productie van secundair materiaal levert milieubaten op die verrekend worden in de eindresultaten. De baten komen voort uit de vermeden (primaire) productie van datzelfde materiaal. Lasten komen voort uit het verlies van secundair materiaal dat in module A gebruikt is, maar in module C niet gerecycled of hergebruikt wordt. In het geval van recycling schrijft NMD voor dat deze baten gecorrigeerd worden voor het aandeel secundair materiaal dat al in het product aanwezig was. In het geval van hergebruik mag worden aangenomen dat het secundaire materiaal of product de (primaire) productie van dat materiaal of product voor 100% uitspaart.

Verbranding in een AVI levert zowel milieubaten als -lasten op. De lasten (emissies van verbranding) vallen onder Fase C3, de baten (vermeden productie van elektriciteit en warmte) vallen onder Fase D.

---

<sup>1</sup> <https://milieudatabase.nl/>

<sup>2</sup> <https://www.ecoinvent.org/>

<sup>3</sup> <https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-output/science/cml-ia-characterisation-factors>



## MKI-scores (gewogen milieuprofiel)

Om alle milieueffecten bij elkaar op te kunnen tellen is het nodig deze te vertalen naar een waarde met één enkele eenheid, in dit geval de Milieu Kosten Indicator (MKI)-score met eenheid Euro (€). In deze vertaalslag wordt een economische waarde toegekend aan een fysiek milieueffect. Daarmee worden de effecten onderling impliciet gewogen, omdat het ene milieueffect economisch schadelijker wordt geacht dan het andere. Om deze reden spreken we bij MKI-scores van een gewogen milieuprofiel.

## Gekarakteriseerde waarden (ongewogen milieuprofiel)

Gekarakteriseerde waarden zijn de resultaten van de milieueffectcategorieën in de oorspronkelijke eenheid, op emissieniveau, en zonder weging door middel van MKI-waarden. Voor de milieueffectcategorie klimaatverandering is deze eenheid bijvoorbeeld kilogram CO<sub>2</sub>-equivalenten (waarin alle broeikasgassen vertaald zijn naar hun relatieve sterkte ten opzichte van CO<sub>2</sub>). Aangezien de verschillende milieueffecten op deze manier niet met elkaar vergeleken kunnen worden (en ook niet opgeteld kunnen worden), spreken we van een ongewogen milieuprofiel.

## 1.4 Doel en reikwijdte

### Doel en doelgroep

Het doel van deze studie is om een LCA op te stellen die voldoet aan de eisen voor cat.3-data zoals die gesteld zijn in de Bepalingsmethode, teneinde de MKI-score en gekarakteriseerde waarden van een duiker van beton toe te kunnen voegen aan de Nationale Milieudatabase (en uiteindelijk in DuboCalc kunnen worden gebruikt).

De doelgroepen voor deze LCA zijn NMD, de beheerders van DuboCalc, medewerkers van de Waterschappen die met DuboCalc werken, aannemers en producenten.

### Functionele eenheid

De functionele eenheid van de duiker van beton (branchegemiddeld) is één stuk, met een levensduur van 50 jaar. Dit basisproduct bestaat uit een duikerelement, een set taluds en een stootplaat. Elke duiker heeft één set taluds nodig. Het duikerelement is schaalbaar per strekkende meter. De dikte van de stootplaat is ook schaalbaar in millimeters dikte. De stootplaat is in Dubocalc toegevoegd als apart onderdeel per stuk, waarbij één stuk stootplaat gelijk staat aan één vierkante meter stootplaat.

De producten zijn opgedeeld in elementen volgens de CUAS-systematiek (Constructie, Uitwerking, Afwerking, Schilderwerk). Deze zijn weergegeven in Tabel 1 en Tabel 2.

Tabel 1 - Productonderdelen van één stuk duiker van beton volgens de CUAS-systematiek

CUAS-categorie	Element	Eenheid
C (constructie)	Duikerelement	m
U (uitrusting)	Kopbalk	stuk
U (uitrusting)	Taludwand	stuk
U (uitrusting)	Taludvloer	stuk

Tabel 2 - Productonderdelen van één stuk stootplaat van beton volgens de CUAS-systematiek

CUAS-categorie	Element	Eenheid
U (uitrusting)	Stootplaat van beton	Stuk (m <sup>2</sup> )

## Productstelsel

Alle levenscyclusfasen uit de Bepalingsmethode zijn van toepassing op deze LCA. Figuur 1 toont de fasen en belangrijkste processtappen van de levenscyclus van het basisproduct, de duiker van beton. De in- en outputs van deze processtappen zijn in detail beschreven bij de inventarisatie productgegevens (Paragraaf 2.1).

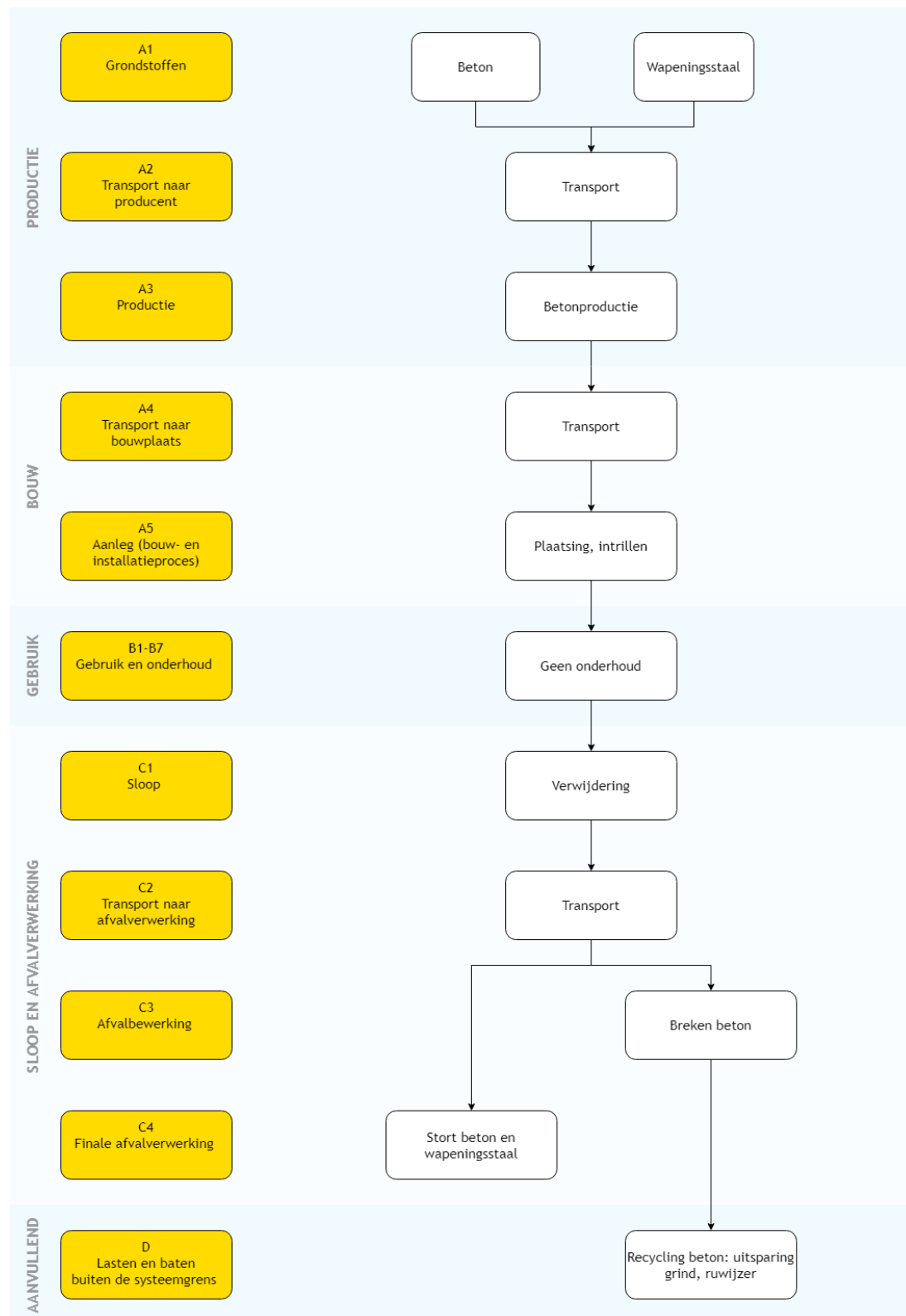
## Systeemgrenzen en cut-offs

Selectie van processen en bepaling van cut-offs vindt plaats op basis van de beschrijving van systeemgrenzen (Paragraaf 2.6.3.4. en Bijlage III) en cut-off-criteria (Paragraaf 2.6.3.5.) in de Bepalingsmethode. Er is geen vermoeden dat relevante in- en outputs zijn weggelaten.

De vereiste emissies zoals gesteld in Paragraaf 2.6.4.1. van de Bepalingsmethode zijn meegenomen, aangezien deze LCA gebruikmaakt van basisprocessen uit de NMD en Ecoinvent. Wanneer tijdelijke opslag van biogene koolstof in biomassa is gemodelleerd, dan is tevens de emissie hiervan aan het eind van de levenscyclus gemodelleerd.



Figuur 1 - Levenscyclusfasen en belangrijkste processtappen van een duiker van beton (inclusief taluds en stootplaat)



## 2 Inventarisatie en modellering

### 2.1 Inventarisatie productgegevens

Hierna volgt een kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van de in- en outputs per levenscyclusfase. Daarbij wordt beschreven welke berekeningen zijn gemaakt en welke proceskaarten zijn gebruikt voor het LCA-model.

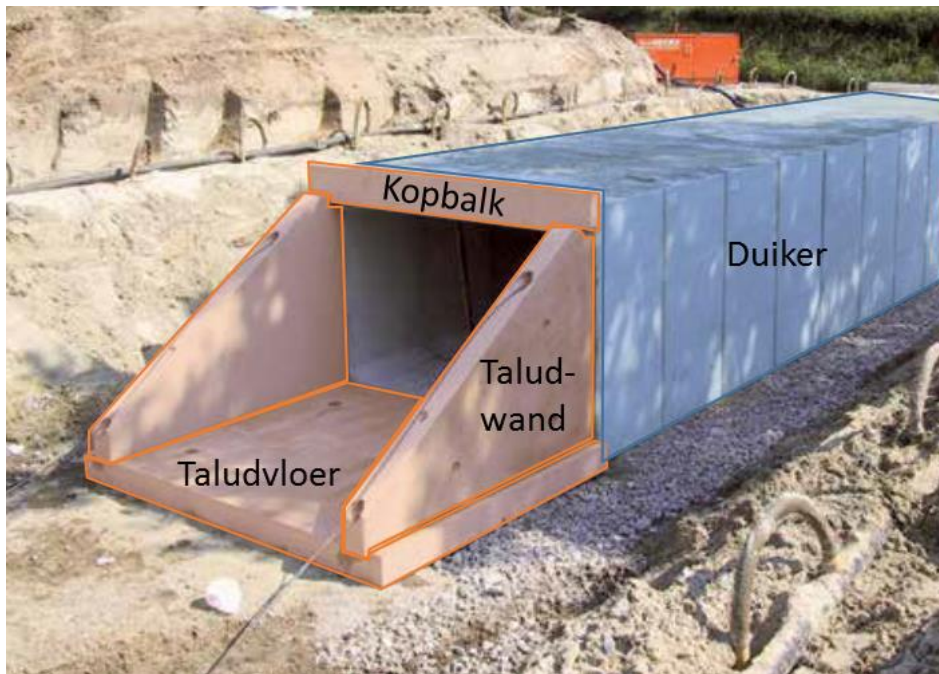
De data over productsamenstelling, aanleg en sloop zijn afkomstig van Waterschap Rivierenland. Aanvullende gegevens over afmetingen en materialen zijn verkregen op basis van gemiddelde waarden van verschillende websites van de gespecificeerde producten en materialen. Hierbij zijn door Waterschap Rivierenland de producten van Romein en van Kijlstra aangegeven als marktvoorbeeld voor de duikers, taluds en de stootplaat. Transportafstanden en afvalscenario's zijn gebaseerd op forfaitaire waarden uit de Bepalingsmethode.

#### 2.1.1 Beschrijving product

Zoals genoemd in Paragraaf 1.4 is het basisproduct opgebouwd uit drie aparte onderdelen:

1. Duikerelement (blauw in Figuur 2).
2. Taluds (oranje in Figuur 2).
3. Stootplaat (Figuur 3).

Figuur 2 - Duiker van beton met talud



Bron: Romein Beton B.V. (<https://www.romein.nl/producten/duikers/>), bewerkt door CE Delft.

Het duikerelement vormt de basis van de duiker. Dit is een vierkant of rechthoekig civieltechnisch kunstwerk dat is gelegen onder een weg of toegangsdam.

Aan de uiteinden van de duiker worden taludwanden en -vloeren geplaatst, voorzien van een kopbalk. Ongeacht de lengte van de duiker zijn er altijd twee taluds aanwezig, één voor en één achter de duikerelementen.

Figuur 3 - Stootplaat van beton



Bron: Waterschap Rivierenland.

Een stootplaat is een overgangsconstructie bij civiele/burgerlijke kunstwerken (bruggen, duikers of viaducten). Een stootplaat kan bovenop duikers die over een console beschikken worden geplaatst.

Het doel van stootplaten is het tegengaan van de negatieve effecten bij eventuele verzakking van de weg ten opzichte van het aansluitende wegdek of spoorlijn. Een kunstwerk verzakt namelijk meestal niet, dit in tegenstelling tot de opritten.

De stootplaat in deze studie is geprefabriceerd en standaard 250 mm dik, 1 meter lang en 1 meter breed. Eén stootplaat staat dus gelijk aan één vierkante meter. In Dubocalc is de stootplaat in dikte schaalbaar.

### 2.1.2 Uitgangswaarden

De resultaten (MKI-scores en gekarakteriseerde waarden) in dit rapport zijn gebaseerd op de uitgangswaarden in Tabel 3 voor de duikerelementen, Tabel 4 voor de taluds en Tabel 5 voor de stootplaat.

Tabel 3 - Uitgangswaarden materiaalgebruik voor één stuk duiker van één strekkende meterelement van beton

Type materiaal/ onderdeel	Type duiker	Hoeveelheid per FU	Eenheid	Toelichting
Beton (C55/67)	Duiker; beton, rechthoekig (1.250 x 750 mm inw), incl. console t.b.v. stootplaat	2.621	kg	Cement: CEM III/A
	Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 750 mm inw), duikerelement incl. console t.b.v. stootplaat	2.856		
	Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 1.000 mm inw), duikerelement incl. console t.b.v. stootplaat	3.092		
	Duiker; beton, vierkant (1.000 x 1.000 mm inw), duikerelement incl. console t.b.v. stootplaat	3.271		
	Duiker; beton, rechthoekig (1.250 x 750 mm inw), duikerelement excl. console t.b.v. stootplaat	2.378		
	Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 750 mm inw), duikerelement excl. console t.b.v. stootplaat	2.577		
	Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 1.000 mm inw), duikerelement excl. console t.b.v. stootplaat	2.854		
	Duiker; beton, rechthoekig (2.000 x 1.500 mm inw), duikerelement excl. console t.b.v. stootplaat	3.793		
	Duiker; beton, vierkant (1.000 x 1.000 mm inw), duikerelement excl. console t.b.v. stootplaat	2.968		
	Wapeningsstaal	Duiker; beton, rechthoekig (1.250 x 750 mm inw), duikerelement incl. console t.b.v. stootplaat		
Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 750 mm inw), duikerelement incl. console t.b.v. stootplaat		94		
Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 1.000 mm inw), duikerelement incl. console t.b.v. stootplaat		105		
Duiker; beton, vierkant (1.000 x 1.000 mm inw), duikerelement incl. console t.b.v. stootplaat		109		
Duiker; beton, rechthoekig (1.250 x 750 mm inw), duikerelement excl. stootplaat		61		
Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 750 mm inw), duikerelement excl. stootplaat		87		
Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 1.000 mm inw), duikerelement excl. console t.b.v. stootplaat		78		
Duiker; beton, rechthoekig (2.000 x 1.500 mm inw), duikerelement excl. console t.b.v. stootplaat		124		
Duiker; beton, vierkant (1.000 x 1.000 mm inw), duikerelement excl. console t.b.v. stootplaat		73		

Tabel 4 - Uitgangswaarden materiaalgebruik voor één set taluds (twee stuks) voor duikers van beton

Type materiaal/ onderdeel	Type talud	Onderdeel	Hoeveelheid per FU	Eenheid	Toelichting
Beton (C55/67)	Duiker; beton, rechthoekig (1.250 x 750 mm inw), taluds	Kopbalken	691	kg	Cement: CEM III/A
		Taludwanden	2.154		
		Taludvloeren	1.735		
	Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 750 mm inw), taluds	Kopbalken	814		
		Taludwanden	2.296		
		Taludvloeren	2.042		
	Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 1.000 mm inw), taluds	Kopbalken	790		
		Taludwanden	3.084		
		Taludvloeren	1.996		
	Duiker; beton, rechthoekig (2.000 x 1.500 mm inw), taluds	Kopbalken	987		
		Taludwanden	6.260		
		Taludvloeren	3.731		
	Duiker; beton, vierkant (1.000 x 1.000 mm inw), taluds	Kopbalken	593		
		Taludwanden	3.084		
		Taludvloeren	1.516		
Wapeningsstaal	Duiker; beton, rechthoekig (1.250 x 750 mm inw), taluds	Kopbalken	21	kg	Rond 8, 10, 12, 16 mm betonstaal B500A-B
		Taludwanden	142		
		Taludvloeren	61		
	Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 750 mm inw), taluds	Kopbalken	245		
		Taludwanden	140		
		Taludvloeren	68		
	Duiker; beton, rechthoekig (1.500 x 1.000 mm inw), taluds	Kopbalken	24		
		Taludwanden	156		
		Taludvloeren	56		
	Duiker; beton, rechthoekig (2.000 x 1.500 mm inw), taluds	Kopbalken	29		
		Taludwanden	284		
		Taludvloeren	105		
	Duiker; beton, vierkant (1.000 x 1.000 mm inw), taluds	Kopbalken	19		
		Taludwanden	156		
		Taludvloeren	46		

Tabel 5 - Uitgangswaarden materiaalgebruik voor één vierkante meter stootplaat van beton  
(1.250 x 3.000 mm)

Type materiaal/onderdeel	Hoeveelheid per FU	Eenheid	Toelichting
Beton (C55/67)	579	kg	Cement: CEM III/A
Wapeningsstaal	29	kg	Rond 8, 10, 12, 16 mm betonstaal B500A-B

## A1: Grondstoffen

De gebruikte proceskaarten voor de materialen die gebruikt worden in de verschillende producten zijn weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 - Materialen en proceskaartkeuze voor materialen van de duikeronderdelen en al hun varianten (Fase A1: Grondstoffen)

Onderdeel/activiteit	Materiaal	Proceskaart	Database	Toelichting
Beton (C55/67)	Beton	0165-fab&Betonmortel C55/67 (o.b.v. 75% CEM III en 25% CEM I), 2.437 kg/m <sup>3</sup>	NMD 3.2	Identieke sterkteklasse. Beste match, ondanks dat de proceskaart ook 25% CEM I bevat.
Wapeningsstaal	Staal	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO}  market for   Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair)	NMD 3.2	

## A2: Transport naar producent

Alle materialen worden 150 km over de weg getransporteerd naar de producent, volgens de forfaitaire waarde volgens de Bepalingsmethode. Hiervoor wordt de proceskaart '0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}| market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U)' van de NMD 3.2 toegepast.

## A3: Productie

De benodigde processen voor de productie van zowel het beton als het wapeningsstaal zijn al meegenomen in de geselecteerde proceskaart in Module A1. Er hoeft hier dus geen extra proces toegevoegd te worden.

#### A4: Transport naar bouwplaats

Alle producten en hun onderdelen worden 150 km over de weg getransporteerd naar de bouwplaats, volgens de forfaitaire waarde volgens de Bepalingsmethode. Hiervoor wordt de proceskaart '0001-transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}| market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U)' van de NMD 3.2 toegepast.

#### A5: Aanleg (bouw- en installatieproces)

De benodigde activiteiten voor het plaatsen van één stuk duiker van één strekkende meter element en één set duikertaluds zijn weergegeven in respectievelijk Tabel 7 en Tabel 8.

Om de gemiddelde materiaalverliezen tijdens transport, bouw en installatie mee te nemen in de resultaten wordt er een forfaitair toeslagpercentage gerekend voor de hoeveelheid verbruikt materiaal over alle inputs uit Fases A1-A4 en C2-C4. Het toeslagpercentage voor prefabproducten is 3%, wat inhoudt dat 3% van de materialen verloren gaat tijdens de aanleg. Alle producten in dit rapport zijn prefabproducten.

Tabel 7 - LCA-modelgegevens voor één stuk duiker van één strekkende meter van beton, alle varianten (Fase A5: Aanleg (bouw- en installatieproces))

Activiteit	Hoeveelheid	Eenheid	Proceskaart	Database	Toelichting
Graafmachine	10	Minuten	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD 3.2	Materieelkeuze naar inzicht aannemer
Hydraulische rupskraan	10	Minuten	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD 3.2	Materieelkeuze naar inzicht aannemer
Mobiele telekraan	10	Minuten	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD 3.2	Materieelkeuze naar inzicht aannemer

Tabel 8 - LCA-modelgegevens voor één set taluds (twee stuks) voor duiker van beton, alle varianten (Fase A5: Aanleg (bouw- en installatieproces))

Activiteit	Hoeveelheid	Eenheid	Proceskaart	Database	Toelichting
Graafmachine	20	Minuten	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD 3.2	Materieelkeuze naar inzicht aannemer. 10 minuten per talud. Gekoppeld aan kopbalk (10 min. per kopbalk, 20 min. in totaal).
Hydraulische rupskraan	20	Minuten	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD 3.2	Materieelkeuze naar inzicht aannemer. 10 minuten per talud. Gekoppeld aan kopbalk (10. min per kopbalk, 20. min in totaal).
Mobiele telekraan	20	Minuten	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD 3.2	Materieelkeuze naar inzicht aannemer. 10 minuten per talud. Gekoppeld aan kopbalk (10 min. per kopbalk, 20 min. in totaal).

## B1-B7: Gebruik en onderhoud

Tijdens de levenscyclus van de producten is er geen sprake van noemenswaardig onderhoud of vervanging van onderdelen.

## C1: Sloop

De benodigde activiteiten voor de demontage en sloop van één stuk duiker van één strekkende meter en één set duikertaluds zijn weer-gegeven in respectievelijk Tabel 9 en Tabel 10.

Tabel 9 - LCA-modelgegevens voor één stuk duiker van één strekkende meter van beton, alle varianten (Fase C1: Sloop)

Activiteit	Hoeveelheid	Eenheid	Proceskaart	Database	Toelichting
Graafmachine	10	Minuten	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD 3.2	Materieelkeuze naar inzicht aannemer
Hydraulische rupskraan	10	Minuten	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD 3.2	Materieelkeuze naar inzicht aannemer
Mobiele telekraan	10	Minuten	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD 3.2	Materieelkeuze naar inzicht aannemer



Tabel 10 - LCA-modelgegevens voor één set taluds (twee stuks) voor duiker van beton, alle varianten (Fase C1: Sloop)

Activiteit	Hoeveelheid	Eenheid	Proceskaart	Database	Toelichting
Graafmachine	20	Minuten	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD 3.2	Materieelkeuze naar inzicht aannemer. 10 minuten per talud. Toegevoegd aan kopbalk (10 min. per kopbalk, 20 min. in totaal).
Hydraulische rupskraan	20	Minuten	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD 3.2	Materieelkeuze naar inzicht aannemer. 10 minuten per talud. Toegevoegd aan kopbalk (10 min. per kopbalk, 20 min. in totaal).
Mobiele telekraan	20	Minuten	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD 3.2	Materieelkeuze naar inzicht aannemer. 10 minuten per talud. Toegevoegd aan kopbalk (10 min. per kopbalk, 20 min. in totaal).

## C2-C4: Afvalscenario's

De materialen worden volgens de forfaitaire afvalscenario's van de Bepalingsmethode verwerkt. Dit is voor de verschillende materialen weergegeven in Tabel 11. Al het transport vindt plaats over de weg, waardoor de proceskaart '0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}| market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U)' van de NMD 3.2 toegepast.

Tabel 11 - Transportafstanden en proceskaartkeuze voor materialen van de duikeronderdelen en al hun varianten (Fase C2: Transport naar afvalverwerker)

Onderdeel/materiaal	Afvalverwerking	Transport-afstand (km)	Proceskaart afvalverwerking	Database	Toelichting
Beton (C55/67)	Stort (1%)	50	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}  treatment of waste concrete, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.2	Forfaitair afvalverwerkingsscenario voor beton
	Recycling (99%)	50	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)		
Wapeningsstaal	Stort (5%)	50	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}  treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.2	Forfaitair afvalverwerkingsscenario voor wapeningsstaal
	Recycling (95%)	50	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}  sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)		

## D: Lasten en baten buiten de systeemgrens

De lasten en baten buiten de systeemgrens van de materialen van alle producten zijn weergegeven in Tabel 12.

Tabel 12 - Module D en proceskaartkeuze voor materialen van de duikeronderdelen en al hun varianten (Fase D: Lasten en baten buiten de systeemgrens)

Onderdeel/materiaal	Afvalbewerking	Proceskaart	Database	Toelichting
Beton (C55/67)	Recycling (99%)	0271-reD&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW}  gravel and sand quarry operation   Cut-off, U)	NMD 3.2	Grind wordt uitgespaard, in de vorm van betongranulaat.
Wapeningsstaal	Recycling (84% van 99%)	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode o.b.v. Steel, low-alloyed {RER&RoW}  steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}  steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.2	Ruwijzer wordt uitgespaard, in de vorm van secundair staal. 84% van het staal in Module A is van primaire afkomst (via blast furnace oven), volgens Ecoinvent. 16% wordt dus niet uitgespaard.

## 2.2 Datakwaliteit en representativiteit

De gegevens zijn gebaseerd op regels voor cat.3-LCA zoals beschreven in de Bepalingsmethode (Nationale Milieudatabase, 2020). Het gaat hier om branchegemiddelde waarden die alleen representatief zijn voor respectievelijk van één stuk duiker van één strekkende meter, één set duikertaluds en één stuk stootplaat. De waarden zijn niet representatief voor specifiek merken of varianten die niet in dit rapport genoemd zijn.

## 3 LCA-resultaten

### 3.1 MKI-scores (gewogen milieuprofiel)

De MKI-score van de verschillende producten zoals berekend zijn voor alle productonderdelen is weergegeven in Tabel 13.

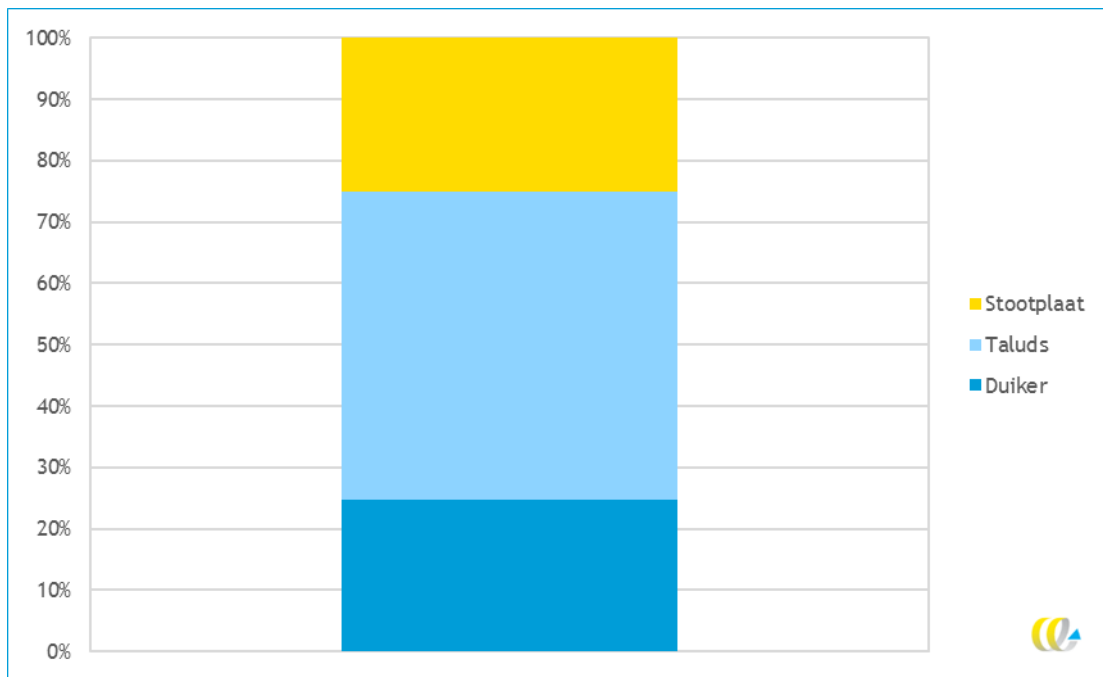
Tabel 13 - MKI-scores van alle producten

Product	MKI
Duikerelement + taluds, 1.250 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	223
Duikerelement + taluds, 1.250 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	246
Duikerelement + taluds, 1.250 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	259
Duikerelement + taluds, 1.250 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	424
Duikerelement + taluds, 1.250 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	243
Duikerelement + taluds, 1.250 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	234
Duikerelement + taluds, 1.250 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	253
Duikerelement + taluds, 1.250 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	271
Duikerelement + taluds, 1.250 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	260
Stootplaat	18

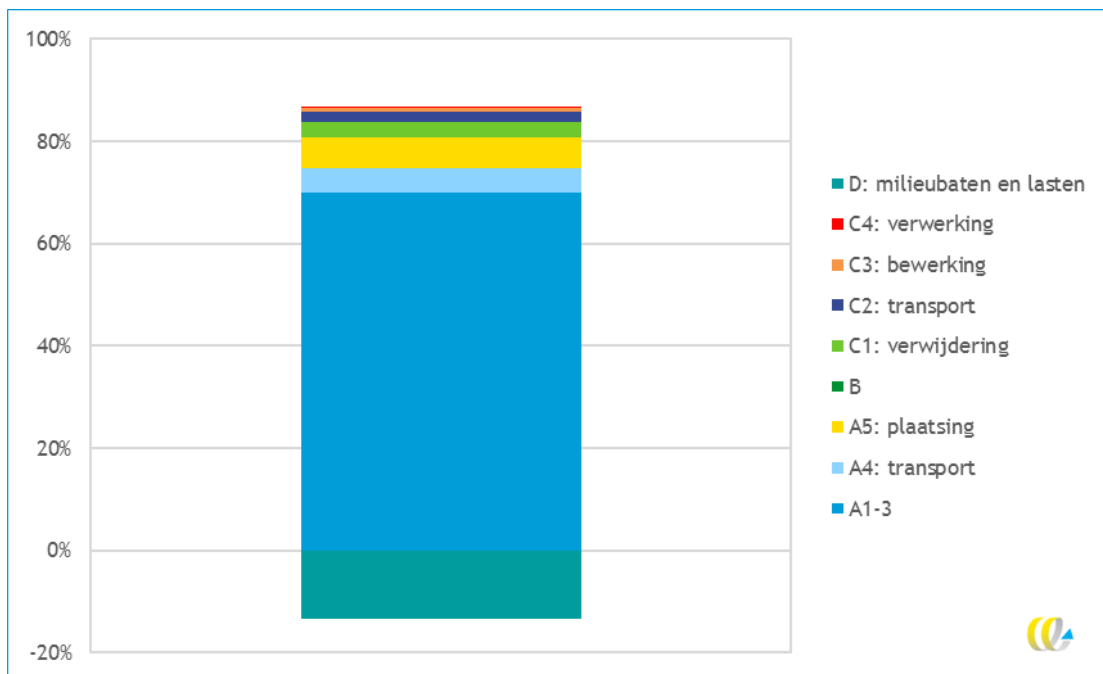
Als voorbeeld voor alle duikers is de bijdrage aan de MKI-score van de verschillende onderdelen van een duiker; beton, rechthoekig (1.250 x 750 mm inw), incl. console t.b.v. stootplaat weergegeven in Figuur 4 en de bijdrage van de verschillende modules van alle onderdelen in Figuur 5. Met name de materialen en productie (A1-A3) dragen bij aan de MKI-score. In Module D wordt ook een zichtbare hoeveelheid van de MKI-score vermeden.

Belangrijk om hierbij op te merken is dat de MKI-score van de duikers per strekkende meter is opgegeven en dus hoger wordt bij een langere duiker. De MKI-score van de stootplaat wordt ook hoger bij een langere duiker, aangezien deze geschaald wordt om bij het type duiker en diens lengte te passen. De MKI-score van de taluds is voor elke lengte van de duiker gelijk. Figuur 4 en Figuur 5 geven daarmee alleen de verhouding voor een duiker; beton, rechthoekig (1.250 x 750 mm inw), incl. console t.b.v. stootplaat weer.

**Figuur 4 - Bijdrage aan de MKI-score van één stuk duiker; beton, rechthoekig (1.250 x 750 mm inw), incl. console t.b.v. stootplaat, met één strekkende meter duikerelement, één stootplaat en een set taluds**



**Figuur 5 - Bijdrage per module aan MKI-score één stuk duiker; beton, rechthoekig (1.250 x 750 mm inw), incl. console t.b.v. stootplaat, met één strekkende meter duikerelement, één stootplaat en een set taluds**



### **3.2 Gekarakteriseerde waarden (ongewogen milieuprofiel)**

Omdat de invoermodule geen inzicht geeft in de gekarakteriseerde waarden van de producten voor alle milieueffectcategorieën en alle levenscyclusfasen, zijn deze gegevens niet beschikbaar in dit rapport.

# Bronvermelding

NEN (2006): NEN-EN-ISO 14044:2006 en - Milieumanagement - Levenscyclusanalyse - Eisen en richtlijnen. NEN, Delft

NEN (2010): NEN-EN-ISO 14025:2010 en - Milieu-etiketteringen en -verklaringen - Type III milieuverklaringen - Principes en procedures. NEN, Delft

NEN (2011): NEN-EN 15978:2011 en - Duurzaamheid van constructies - Beoordeling van milieuprestaties van gebouwen - Rekenmethode. NEN, Delft

NEN (2013): NEN-EN 15804:2012+A1:2013 en - Duurzaamheid van bouwwerken - Milieuverklaringen van producten - Basisregels voor de productgroep bouwproducten. NEN, Delft

SBK 2019: Bepalingsmethode 'Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken' versie 3.0, januari 2019, met wijzigingsblad d.d. 1 juli 2019, Stichting Bouwkwiteit, Rijswijk

van Harmelen AK, Broers JW, Duijsens LJE, Korentromp RHJ, Ligthart TN 2004: Toxiciteit heeft z'n prijs: schaduwrijzen voor (eco-)toxiciteit en uitputting van abiotische grondstoffen binnen DuboCalc. 9036955688, RWS DWW, Delft

# A Milieuprofielen

## A.1 MKI

De volgende tabellen tonen het gewogen milieuresultaat, de milieukostenindicator (MKI) in Euro's per functionele eenheid. De resultaten van het duikerelement en de taluds zijn gecombineerd weergegeven, zoals dat in Dubocalc ook het geval is.

Tabel 14 - Gewogen milieuprofiel (gekaracteriseerde waarden) van één stuk duiker (duikerelement + taluds) met console t.b.v. stootplaat

Impactcategorie	Eenheid	Duikerelement + taluds, 1.250 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 1.500 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 1.500 x 1.000 mm zonder console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 2.000 x 1.500 mm zonder console t.b.v. stootplaat
<b>Totaal</b>	<b>Euro MKI</b>	<b>234</b>	<b>253</b>	<b>271</b>	<b>260</b>
1 Abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro MKI	4,74E-03	5,24E-03	5,83E-03	5,52E-03
2 Abiotic depletion, fuel (AD)	Euro MKI	1,5	1,6	1,8	1,7
4 Global warming (GWP)	Euro MKI	86	94	103	98
5 Ozone layer depletion (ODP)	Euro MKI	4,96E-03	5,36E-03	5,80E-03	5,56E-03
6 Photochemical oxidation (POCP)	Euro MKI	1,7	1,8	1,9	1,9
7 Acidification (AP)	Euro MKI	27	29	31	30
8 Eutrophication (EP)	Euro MKI	13	14	15	14
9 Human toxicity (HT)	Euro MKI	98	105	111	107
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro MKI	0,48	0,51	0,55	0,53
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro MKI	4,8	5,2	5,6	5,3
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	Euro MKI	1,4	1,5	1,6	1,6

Tabel 15 - Gewogen milieuprofiel (gekaracteriseerde waarden) van één stuk duiker (duikerelement + taluds) zonder console t.b.v. stootplaat

Impactcategorie	Eenheid	Duikerelement + taluds, 1.250 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 1.500 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 1.500 x 1.000 mm zonder console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 2.000 x 1.500 mm zonder console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 1.000 x 1.000 mm zonder console t.b.v. stootplaat
<b>Totaal</b>	<b>Euro MKI</b>	<b>223</b>	<b>246</b>	<b>259</b>	<b>424</b>	<b>243</b>
1 Abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro MKI	4,56E-03	5,07E-03	5,64E-03	9,56E-03	5,28E-03
2 Abiotic depletion, fuel (AD)	Euro MKI	1,5	1,6	1,7	2,8	1,6
4 Global warming (GWP)	Euro MKI	83	91	99	162	93
5 Ozone layer depletion (ODP)	Euro MKI	4,80E-03	5,22E-03	5,62E-03	8,82E-03	5,32E-03
6 Photochemical oxidation (POCP)	Euro MKI	1,6	1,8	1,9	2,9	1,8
7 Acidification (AP)	Euro MKI	26	28	30	47	29
8 Eutrophication (EP)	Euro MKI	12	14	14	22	14
9 Human toxicity (HT)	Euro MKI	92	102	104	174	98
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro MKI	0,45	0,50	0,52	0,87	0,49
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro MKI	4,5	5,0	5,3	8,8	5,0
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	Euro MKI	1,3	1,5	1,5	2,6	1,4



Tabel 16 - Gewogen milieuprofiel (gekaracteriseerde waarden) één vierkante meter stootplaat

Impactcategorie	Eenheid	Stootplaat
<b>Totaal</b>	<b>Euro MKI</b>	<b>18</b>
1 Abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro MKI	3,87E-04
2 Abiotic depletion, fuel (AD)	Euro MKI	0
4 Global warming (GWP)	Euro MKI	6,42
5 Ozone layer depletion (ODP)	Euro MKI	3,27E-04
6 Photochemical oxidation (POCP)	Euro MKI	1,10E-01
7 Acidification (AP)	Euro MKI	1,80
8 Eutrophication (EP)	Euro MKI	0,85
9 Human toxicity (HT)	Euro MKI	8,3
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro MKI	0
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro MKI	0,38
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	Euro MKI	1,32E-01

## A.2 Milieueffectcategorieën

De volgende tabellen tonen het ongewogen milieuresultaat, de milieukostenindicator (MKI) in Euro's per functionele eenheid. De resultaten van het duikerelement en de taluds zijn gecombineerd weergegeven, zoals dat in Dubocalc ook het geval is. Deze milieuresultaten zijn weergegeven als gekarakteriseerde waarden per impactcategorie.

Tabel 17 - Ongewogen milieuprofiel (gekaracteriseerde waarden) van één stuk duiker (duikerelement + taluds) met console t.b.v. stootplaat

Impactcategorie	Eenheid	Duikerelement + taluds, 1.250 x 750 m met console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 1.500 x 750 m met console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 1.500 x 1.000 m met console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 1.000 x 1.000 m met console t.b.v. stootplaat
1 Abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb-eq.	2,96E-02	3,28E-02	3,64E-02	3,45E-02
2 Abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb-eq.	9,47	10,24	11,08	10,61
4 Global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> -eq.	1.729	1.882	2.054	1.960
5 Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11-eq.	0,00	0,00	0,00	0,00
6 Photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,84	0,90	0,97	0,93
7 Acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> -eq	6,8	7,3	7,8	7,5
8 Eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> eq.	1,4	1,5	1,7	1,6
9 Human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq.	1.090	1.165	1.234	1.188
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq.	16	17	18	18
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq.	47.608	51.547	55.702	53.278
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq.	24	26	27	26

Tabel 18 - Ongewogen milieuprofiel (gekaracteriseerde waarden) van één stuk duiker (duikerelement + taluds) zonder console t.b.v. stootplaat

Impactcategorie	Eenheid	Duikerelement + taluds, 1.250 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 1.500 x 750 mm zonder console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 1.500 x 1.000 mm zonder console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 2.000 x 1.500 mm zonder console t.b.v. stootplaat	Duikerelement + taluds, 1.000 x 1.000 mm zonder console t.b.v. stootplaat
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb-eq.	2,85E-02	3,17E-02	3,53E-02	5,98E-02	3,30E-02
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb-eq.	9,09	9,97	10,66	17,21	10,04
4 global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> -eq.	1.663	1.828	1.983	3.236	1.866
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11-eq.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,81	0,88	0,94	1,46	0,89
7 acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> -eq.	6,5	7,1	7,5	11,8	7,1
8 eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> eq.	1,4	1,5	1,6	2,5	1,5
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq.	1.026	1.137	1.157	1.936	1.084
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq.	15	17	17	29	16
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq.	45.349	50.144	53.128	88.336	49.833
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq.	22	25	25	43	23

Tabel 19 - Ongewogen milieuprofiel (gekaracteriseerde waarden) één vierkante meter stootplaat

Impactcategorie	Eenheid	Stootplaat
1 Abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb-eq.	2,42E-03
2 Abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb-eq.	0,69
4 Global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> -eq.	128
5 Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11-eq.	1,09E-05
6 Photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,06
7 Acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> -eq.	0,45
8 Eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> eq.	0,09
9 Human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq.	92
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq.	1,3
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq.	3.832
14 Ecotoxicity, terrestric (TETP)	kg 1,4-DB eq.	2,2