

# KETENANALYSE LEDVERLICHTING

CO<sub>2</sub>-prestatieladder

Croonwolter&dros

17-10-2024

## Interne goedkeuring

	Naam	Functie	Paraaf	Datum
<b>Opgesteld</b>	Benjamin van Olfen	Duurzaamheidscoördinator (Croonwolter&dros)	N.v.t.	10-08-2023
<b>Opgesteld</b>	Marie Ernst	Senior projectleider en adviseur Energie & Duurzaamheid (Arcadis)	N.v.t.	15-08-2023
<b>Tweede lezer</b>	Olle de Geest	Programmamanager duurzaamheid	N.v.t.	31-08-2023
<b>Controle</b>	Thijs Meulen	Make-Energy-Smart	N.v.t.	11-09-2023
<b>Vrijgave</b>	Isa Bours	Manager QHSE	Zie voorgaande versie	05-10-2023

## Interne goedkeuring wijziging document december 2023

	Naam	Functie	Paraaf	Datum
<b>Opgesteld</b>	Youri Blom	Duurzaamheidscoördinator (Croonwolter&dros)	N.v.t.	8-12-2023
<b>Controle</b>	Olle de Geest	Programmamanager duurzaamheid	N.v.t.	11-12-2023
<b>Vrijgave</b>	Isa Bours	Manager QHSE		14-12-2023

## Versiebeheer

Versie	Auteur	Functie	Datum
<b>1.0</b>	Benjamin van Olfen / Marie Ernst	Duurzaamheidscoördinator / Senior projectleider en adviseur Energie & Duurzaamheid (Arcadis)	5-10-2023
<b>2.0</b>	Youri Blom	Duurzaamheidscoördinator	14-12-2023
<b>3.0</b>	Youri Blom	Duurzaamheidscoördinator	17-10-2024

## Laatste wijzigingen t.o.v. vorige versie

In de update van 17-10-2024 zijn de volgende zaken gewijzigd en/of toegevoegd:

- In hoofdstuk 6.3 de gemeten energiereductie op het verlichting systeem van de Westerscheldetunnel toegevoegd.
- Bronvermelding toegevoegd in hoofdstuk 2 en 6
- Additionele doelstelling toegevoegd m.b.t. het meten van de energiereductie door ledverlichting in de Sijtwendetunnel.

## Gebruikte afkortingen en begrippen

Begrip	Omschrijving
EPD	Met de EPD wordt hier 'Environmental Product Declaration' bedoeld die is opgesteld door de leverancier van de ledverlichting.
Opdrachtgever	Met de opdrachtgever in dit document wordt de Westerscheldetunnel N.V. bedoeld. Dit is een samenwerkingsverband tussen Rijkswaterstaat en de Provincie Zeeland.
Opdrachtnemer	De opdrachtnemer in dit document duidt de Westerscheldetunnel Maintenance V.O.F. Dit is een samenwerkingsverband tussen Croonwolter&dros, Mobilis en BAM Civiel.

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>UITLEG KETEN</b> .....	<b>2</b>
2.1	Bepaling relevante scope 3 emissie categorieën.....	2
2.2	Keuze van het onderwerp .....	2
2.3	Ketenmodel .....	3
Algemeen.....		3
Specifieke ketenstappen .....		4
Winning grondstoffen en materialen (A1), transport productielocatie (A2), productie (A3) .....		4
Transport naar aanleglocatie (A4) en aanleg (A5).....		5
Gebruiksfase (B1) .....		7
Onderhoudsfase (B2-B5) .....		8
Einde levensduur (C1-C4) .....		8
Hergebruik, terugwinning en recycling (D).....		9
<b>3</b>	<b>KETENPARTNERS</b> .....	<b>10</b>
3.1	Definitie ketenpartners .....	10
3.2	Ketenpartners project .....	10
<b>4</b>	<b>KWANTIFICEREN EMISSIES</b> .....	<b>14</b>
4.1	Dataverzameling.....	14
4.2	Functionele eenheid .....	14
Uitsluitingen.....		16
Invloedsfactoren .....		16
4.3	Berekende CO <sub>2</sub> -emissies.....	17
<b>5</b>	<b>CONCLUSIE</b> .....	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>DOELSTELLING</b> .....	<b>19</b>
6.1	Doelstelling energiebesparing tunnelverlichting Westerscheldetunnel .....	19
6.2	Voortgang Q4 2023 .....	19
6.3	Gemeten resultaten .....	19
6.4	Aanvullende doelstelling: inzicht verkrijgen energiereductie andere ‘verlede’ tunnels .....	20
<b>7</b>	<b>REFLECTIE</b> .....	<b>21</b>
7.1	Dataverzameling.....	21
7.2	Representativiteit van functionele eenheid .....	21
7.3	Aanbevelingen voor verbeteringen ketenanalyse.....	21
7.4	Maatschappelijk voortschrijdend inzicht.....	22
<b>8</b>	<b>BIJLAGEN</b> .....	<b>23</b>
8.1	Bijlage 1 eisen en methodiek.....	23
Eisen vanuit CO <sub>2</sub> -prestatieladder .....		23
Methodiek ketenanalyse .....		23
8.2	Bijlage 2 bronnen.....	25
	Bron	25
	Inhoud .....	25

8.3	Bijlage 3 – Berekening resultaten energiereductie.....	26
9	<i>COLOFON</i> .....	26

## 1 INLEIDING

Een belangrijk onderdeel vanaf niveau 3 van de CO<sub>2</sub>-prestatieladder is het verkrijgen van inzicht in de Scope 3 emissies van de organisatie. In het document „Analyse Meest materiële emissies Croonwolter&dros 2022” zijn de meest materiële Scope 3 emissie categorieën reeds in kaart gebracht, volgens de stappen zoals beschreven in de Corporate Value Chain (Scope 3) standaard van het GHG-protocol, en zijn twee onderwerpen bepaald om een ketenanalyse op uit te voeren.

### Vaststellen onderwerpen ketenanalyses

Op basis van de vaststelling van de meest materiële emissie categorieën, is de keuze gemaakt om Infra –nieuwbouw/ transformatie te kiezen als één van de onderwerpen voor een ketenanalyse.

Dit document beschrijft de ketenanalyse van het vervangen van de traditionele SON-T verlichting door ledverlichting in tunnels.

### Leeswijzer

Dit document maakt deel uit van de implementatie van de CO<sub>2</sub>-Prestatieladder. Voorliggende rapportage beschrijft de aanpak en resultaten van de uitgevoerde ketenanalyse.

Bij het vaststellen welke emissiestromen in Scope 3 het meest relevant zijn wordt het GHG-protocol gevolgd waarin 4 stappen worden beschreven om tot een analyse te komen:

1. Beschrijven van de waardeketen;
2. Bepalen van de relevante scope 3 emissie categorieën;
3. Identificeren van partners in de waardeketen;
4. Kwantificeren van de emissies.

In deze rapportage worden deze stappen achtereenvolgens toegelicht:

- Hoofdstuk 2: Beschrijven van de waardeketen & bepalen van relevante scope 3 emissie categorieën. Hierin wordt het project behandeld dat als onderwerp voor de ketenanalyse is gekozen, de scope, beschrijving van de keten, de bijbehorende ketenstappen en de veroorzakers van CO<sub>2</sub>-uitstoot per ketenstap.
- Hoofdstuk 3: Identificeren van ketenpartners waarbij de ketenpartners en hun rol in de keten wordtoegelicht.
- Hoofdstuk 4: Kwantificeren van de emissies: de ketenanalyse: welke data is gebruikt, hoe zijn de CO<sub>2</sub>-emissies gecalculeerd en wat zijn de uitkomsten.
- Hoofdstuk 5: Geeft de conclusie weer: het bevat een samenvatting en een analyse van de uitkomsten.
- Hoofdstuk 6: Geeft een kritische reflectie op de uitgevoerde analyse en aanbevelingen voor de toekomst.

Informatie over de eisen die de CO<sub>2</sub>-prestatieladder stelt aan ketenanalyses, de gebruikte methodiek en de betrokkenen bij het opstellen van de analyse is te vinden in Bijlage 1. Bijlage 2 geeft de gebruikte bronnen weer.

## 2 UITLEG KETEN

De ketenanalyse is bepaald op de meest materiële scope 3 emissie categorieën. Deze analyse is terug te lezen in het bestand „Analyse Meest materiële emissies Croonwolter&dros 2022”. Hieronder is de analyse samengevat als inleiding op de keuze van het onderwerp van de voorliggende ketenanalyse.

### 2.1 Bepaling relevante scope 3 emissie categorieën

Het uitvoeren van deze analyses begint met het verkrijgen van inzicht in de Scope 3 emissies van de organisatie. In het document „Analyse Meest materiële emissies Croonwolter&dros 2022” zijn de meest materiële Scope 3 emissie categorieën reeds in kaart gebracht volgens de stappen zoals beschreven in de Corporate Value Chain (Scope 3) standaard van het GHG-protocol.

Uit de inventarisatie van de Scope 3 emissies komt naar voren dat de volgende categorieën de grootste CO<sub>2</sub>-uitstoot veroorzaken:

1. Utiliteit - Nieuwbouw/Transformatie
2. Utiliteit – Renovatie
3. Infra - Nieuwbouw/Transformatie

### 2.2 Keuze van het onderwerp

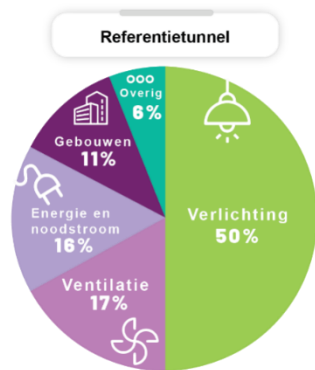
Rijkswaterstaat werkt de komende jaren aan vervanging en renovatie van de bestaande infrastructuur. Veel bruggen, tunnels, sluizen en viaducten zijn gebouwd in de jaren 50 en 60 van de 20e eeuw. Croonwolter&dros Infra bouwt, renoveert en onderhoudt een omvangrijk deel van de tunnels en sluizen van Rijkswaterstaat. De scope 3 downstream emissies (energieverbruik van assets) zijn materieel en hebben een groot reductiepotentieel.

Verlichting in tunnels brandt 24 uur per dag, 7 dagen per week. Het is dan ook verreweg de grootste energieverbruiker over de levensduur van een tunnel<sup>1</sup>, maar is ook belangrijk voor de veiligheid en beleving van de tunnel. *Figuur 1* laat zien dat dit ongeveer de helft is. Vandaar dat het belangrijk is om juist hier te kijken naar alternatieven. Op dit moment verbruikt de tunnelbuisverlichting (SON-T) in de Westerscheldetunnel 2.110 MWh<sup>2</sup> per jaar. Oftewel, de tunnelbuisverlichting veroorzaakt een uitstoot van 1.110 ton CO<sub>2</sub> per jaar. De komende 5 à 10 jaar zal de verlichting in tunnels, waar deze nog niet is ‘verLED’, vervangen worden voor ledverlichting. Naast een directe vermindering van het energieverbruik door een lager geïnstalleerd vermogen, biedt het plaatsen van een nieuw verlichtingssysteem mogelijkheden om gedurende de gebruiksfase van het systeem het energieverbruik verder te reduceren. Croonwolter&dros is één van de kennisdragers om het energieverbruik in de gebruiksfase te verminderen. Samenwerking met partijen in de keten is hiervoor essentieel.

Volgens de Trias Energetica is besparen beter dan duurzaam opwekken. Vanuit dit idee is Croonwolter&dros gaan nadenken over hoe op een veilige manier de hoeveelheid benodigde energie voor ingangsverlichting te verminderen is. Er is voor de Westerscheldetunnel besloten om dit te doen door middel van ledverlichting. Initieel wordt de energiebesparing door het energiezuinige LED, berekend op een besparing tussen de 20% en 35% , afhankelijk van in hoeverre de nieuwe ledverlichting gedimd kan worden. Dit is bepaald door de toekomstige verlichtingssituatie eerst digitaal te ontwerpen, te simuleren en te optimaliseren aan de hand van het 3D inscannen van de tunnelbuizen en het gebruik van innovatieve digitale technieken. Hierdoor zal het energieverbruik drastisch verminderen en wordt er tussen de 222 en 389 ton CO<sub>2</sub> per jaar bespaard.

<sup>1</sup> Bron: Plan Duurzaamheid TOPII

<sup>2</sup> Bron: Aanbiedingsdossier vervangen verlichting WST



Figuur 1: Referentietunnel<sup>3</sup>

### 2.3 Ketenmodel

Onderstaand is het ketenmodel van een regulier ketenproces toegevoegd. De blauwe onderdelen zijn de ketenstappen. De nummering is de uitleg van de stap volgens de „SBK Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW werken”.



Figuur 1 Ketenmodel volgens de 'SBK Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW werken'

Het ketenmodel zoals hierboven gepresenteerd is een globale en vereenvoudigde weergave van het ketenproces.

In de volgend paragrafen zal hier dieper op ingegaan worden.

Het ketenmodel van het project is een analyse waarbij wordt gekeken naar het vervangen van de originele tunnelverlichting (SON-T) door LED, en alle ketenstappen die daarvoor nodig zijn.

In eerste instantie zal deze ketenanalyse zich focussen op het materiaalverbruik, de gebruiksfase, de sloop- en verwerkingsfase en de mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning- en recycling. Kortom, de stappen A1-B1 en C1-D. Het is de bedoeling om dit de komende jaren verder uit te breiden met de andere stappen voor onderhoud en reparaties, en om meer eigen data te gebruiken in plaats van aangeleverde data door de leverancier.

### Algemeen

Hogedruk natriumlampen, ook wel SON-T verlichting genoemd, worden veel toegepast in openbare ruimtes zoals op luchthavens, als lantaarnpalen en dus ook in tunnels. SON-T wordt traditioneel vaak toegepast als tunnelverlichting, en dus ook hier in de Westerscheldetunnel. De tunnelverlichting bestaat uit meerdere armaturen, inclusief drivers en de benodigde bekabeling. In totaal waren er 1292 SON-T armaturen geïnstalleerd voor de tunnelverlichting in de Westerscheldetunnel. Het nieuwe alternatief, LED, is echter een veel zuinigere optie qua energieverbruik.

Voor het vervangen van de tunnelverlichting maken we gebruik van de TubePoint Gen2 LED-armaturen van Signify. Door de efficiëntie van de lampen zijn er significant minder armaturen nodig dan bij de traditionele SON-T verlichting<sup>4</sup>. Er zullen initieel 1091 LED armaturen geïnstalleerd worden om de huidige SON-T verlichting te vervangen.

<sup>3</sup> Bron: Plan Duurzaamheid TOPII

<sup>4</sup> Bron: Environmental Product Declaration TubePoint Gen2

## Specifieke ketenstappen

### Winning grondstoffen en materialen (A1), transport productielocatie (A2), productie (A3)

De belangrijkste materialen zijn voor LED per tunnelmond:

Systeem	Onderdeel	Hoeveelheid	A1	A2	A3
Ledverlichting	Philips TubePoint gen2	2.182 stuks (Er moet twee keer met het initieel te plaatsen aantal van 1.091 gerekend worden i.v.m. de vereiste levensduur van opdrachtgever) (opgave technisch specialist, EPD leverancier)	Zie A3	Zie A3	640 kg eq CO <sub>2</sub> per lamp (EPD leverancier)
	Signaalkabel	400m (Opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	6,0661 kg eq CO <sub>2</sub> per meter 2x2x0,8mm 400 m (Technisch specialist, Dubocalc)
	Grondkabel	200 meter (Opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	1,6981 kg eq CO <sub>2</sub> per meter 2X2,5 mm <sup>2</sup> 200m (Technisch specialist, Dubocalc)
	Voedingskabel	3145 meter (Opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	6,0661 kg eq CO <sub>2</sub> per meter 3x2,5 mm <sup>2</sup> 3145m (Technisch specialist, Dubocalc)
	DALI kabel	25782 meter (Opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	6,0661 kg eq CO <sub>2</sub> per meter 1,5x1,5 mm <sup>2</sup> 25782 m (Technisch specialist, Dubocalc)
	Besturingssysteem	2 stuks (1 per tunnelbuis) (Opgave technisch specialist)	Nog geen data	Nog geen data	Nog geen data
	Kabelgoot	6.600 meter (Opgave technisch specialist)	Nvt	Nvt	Nvt (huidige kabelgoot wordt hergebruikt) (Technisch specialist)

Bovenstaande tabel maakt duidelijk dat een standaardstelsel op dit moment niet volledig kan worden geanalyseerd met betrekking tot de ketenstappen A1 tot en met A3. Van de meeste onderdelen zijn ofwel primaire data beschikbaar (van de leverancier), of secundaire data (Simapro of Dubocalc) maar van de besturingssystemen hebben wij geen primaire data ontvangen en is geen secundaire data beschikbaar. Voor de ledverlichting is uitgegaan van de EPD die door de leverancier is aangeleverd, hierin zijn de waardes voor A1-A3 gebundeld in één getal, vandaar dat wij deze werkwijze hebben overgenomen. Voor de kabels zijn conversiefactoren uit Dubocalc gebruikt, ook deze getallen zijn gebundeld in één conversiefactor voor ketenstappen A1-A3.

Bovenstaande hoeveelheden hebben betrekking op de benodigde aantallen voor de gehele tunnelbuis, waarbij er wordt uitgegaan van de vereiste levensduur uit de landelijke tunnelstandaard (20 jaar). Dit betekent dat, gezien de levensduur zoals vermeldt in de EPD van de leverancier (11,4 jaar), elke armatuur één keer vervangen zal worden gedurende die 20 jaar.



## Transport naar aanleglocatie (A4) en aanleg (A5)

Systeem	Onderdeel	Hoeveelheid	A4	A5
Ledverlichting	Philips TubePoint gen2	2.182 stuks (Er moet twee keer met het initieel te plaatsen aantal van 1.091 gerekend worden i.v.m. de vereiste levensduur van opdrachtgever) (opgave technisch specialist, EPD leverancier)	Aanname: 2 vrachtwagens, afstand 1200 km (Valladolid-Pijnacker) + 1548 km (Pijnacker-Westerscheldetunnel) = 3948 km, gewicht 1 lamp incl. verpakking: 24,22 kg. 0,16285 kg eq CO <sub>2</sub> per tonkm (EPD leverancier, Simapro en technisch specialist)	800 uur hoogwerker inzet (technisch specialist) tegen 1.3 kWh verbruik en 0,337 kg eq CO <sub>2</sub> per kWh (leverancier hoogwerkers, co <sub>2</sub> emissiefactoren.nl)  17186 transportkilometers personeel met diesel personenauto's t.b.v. installatie, 0,203 kg eq CO <sub>2</sub> per km (Technisch specialist, co <sub>2</sub> emissiefactoren.nl)  3870 transportkilometers hoogwerkers met euro6 dieselvrachtwagens t.b.v. installatie, 0,5111 kg eq CO <sub>2</sub> per km  Verpakkingsmateriaal afval: 0,34 kg eq CO <sub>2</sub> per lamp (EPD leverancier)
	Signaalkabel	400m (Opgave technisch specialist)	Aanname: vrachtwagen, afstand 1200 km (Valladolid-Pijnacker), Gewicht kabel: 220 kg per km, 0,5111 kg eq CO <sub>2</sub> per tonkm  (EPD leverancier, Simapro en technisch specialist)	Nog geen data
	Grondkabel	200 meter (Opgave technisch specialist)	Aanname: vrachtwagen, afstand 1200 km (Valladolid-Pijnacker) Gewicht kabel: 220 kg per km 0,5111 kg eq CO <sub>2</sub> per tonkm  (EPD leverancier, Simapro en technisch specialist)	Nog geen data
	Voedingskabel	3.145 meter (Opgave technisch specialist)	Aanname: vrachtwagen, afstand 1200 km (Valladolid-Pijnacker) 0,5111 kg eq CO <sub>2</sub> per tonkm  (EPD leverancier, Simapro en technisch specialist)	Nog geen data
	DALI kabel	25.782 meter (Opgave technisch specialist)	Aanname: vrachtwagen, afstand 1200 km (Valladolid-Pijnacker), Gewicht kabel: 71kg per km 0,5111 kg eq CO <sub>2</sub> per tonkm  (EPD leverancier, Simapro en technisch specialist)	Nog geen data
	Besturingssysteem	2 stuks (1 per tunnelbuis) (Opgave technisch specialist)	Nog geen data	Nog geen data
	Kabelgoot	6.600 meter (Opgave technisch specialist)	Nvt (wordt hergebruikt)	Nvt (wordt hergebruikt)

#### Transport naar aanleglocatie (A4)

De LED-armaturen worden door Signify met twee vrachtwagens vanuit de productielocatie in Valladolid, Spanje geleverd in Pijnacker, op een locatie van onderaannemer VSVK. VSVK is het bedrijf dat wordt ingezet vanwege hun beschikbaarheid van elektrische hoogwerkers. Vanaf hier worden de armaturen in 6 keer met een vrachtwagen vanuit Pijnacker naar de Westerscheldetunnel gebracht. Deze vrachtwagen neemt de oude SON-T armaturen mee op de weg terug naar Pijnacker, waarna ze hier worden opgehaald door Wecycle om verder te worden verwerkt. Voor de ledverlichting zelf is er concrete primaire data beschikbaar uit de EPD van de leverancier. De overige onderdelen worden geleverd door dezelfde leverancier maar hier mist op dit moment nog primaire data voor ketenstappen A4 en A5. We hebben echter voor ketenstap A4 de aanneming gedaan dat de benodigde kabels ook met een vrachtwagen vanuit Valladolid, Spanje naar Nederland worden getransporteerd en zijn daarom uitgegaan van de afstand die in de EPD van de leverancier staat opgegeven als transportafstand.

#### Materialen

De materialen die initieel benodigd zijn voor het plaatsen van de tunnelverlichting zijn als volgt:

- 1.091 LED armaturen
- Signaalkabel voor L20 meters VO-JY(st)Y: 2x2x0,8mm 400 m
- Grondkabel voor L20 meters VO-YMvKas: 2X2,5 mm<sup>2</sup> 200m
- Voedingskabel voor armaturen: VMVK: 3 X 2,5 mm<sup>2</sup> 3145m
- DALI kabel voor armaturen: 1,5X1,5 mm<sup>2</sup> 25782 m
- 2 besturingssystemen

#### Aanleg (A5)

Het plaatsen van de LED-armaturen zal gebeuren d.m.v. elektrische hoogwerkers van VSVK. Er zullen 5 hoogwerkers worden ingezet die 20 dagen lang bezig zijn om de armaturen te vervangen. Omdat het elektrische hoogwerkers betreft, moeten deze worden opgeladen. Er lopen op dit moment gesprekken met de NV Westerscheldetunnel om de hoogwerkers bij dienstgebouw Zuid op te kunnen laden, hier zal volgend jaar een vervolg aan worden gegeven wat de aanpak hiervan is geweest. De hoogwerkers worden volgens de planning aan het begin van elke week op maandag vervoerd vanaf Pijnacker naar de Westerscheldetunnel, en worden op vrijdag weer van de Westerscheldetunnel naar Pijnacker gebracht. Voor de aanleg is er personeel van verschillende partijen aanwezig. Een deel daarvan verblijft in het Van der Valk hotel in Middelburg tijdens de werkzaamheden om zo reiskilometers, en dus CO<sub>2</sub> te besparen. Zoals te zien in de tabel hierboven is er voor de aanleg nog geen data m.b.t. kabels en besturingssystemen. Dit wordt volgend jaar als verbeterstap meegenomen om de ketenanalyse verder uit te breiden.

Onderstaand een overzicht van alle vervoersbewegingen van medewerkers en hoogwerkers t.b.v. het plaatsen van de armaturen. Er wordt uitgegaan dat medewerkers met een grote dieselauto rijden. Dit omdat sommigen met een dieselbus rijden en weer anderen met een benzineauto. Door uit te gaan van een grote dieselauto pogen wij rekening te houden met het 'worst-case-scenario'.

Partij	Aantal	Vervoersbewegingen	Type vervoer	Aantal vervoersmiddelen	Aantal km enkele reis	Totaal aantal km
Uitvoerder (BAM)	1	- 6 keer op en neer tussen Culemborg en Middelburg - 24 keer op en neer tussen Middelburg en Westerscheldetunnel	Dieselauto groot	1	Culemborg – Middelburg: 162 km Middelburg – Westerscheldetunnel: 15 km (Internet)	2.664 km
Werkvoorbereider (BAM)	1	- 3 keer op en neer tussen Zoetermeer en Middelburg - 12 keer op en neer tussen Middelburg en	Dieselauto groot	1	Zoetermeer – Middelburg: 127 km Middelburg – Westerscheldetunnel: 15 km (Internet)	1.122 km

		Westerscheldetunne 				
Monteur (BAM)	1	- 6 keer op en neer tussen Culemborg en Middelburg - 24 keer op en neer tussen Middelburg en Westerscheldetunne 	Dieselauto groot	1	Culemborg – Middelburg: 162 km  Middelburg – Westerscheldetunnel: 15 km (Internet)	2.664 km
Voorman (BAM)	1	- 24 keer op en neer tussen Culemborg en Westerscheldetunne 	Dieselauto groot	1	Culemborg – Middelburg: 162 km (Internet)	7.776 km
Monteurs (VSVK)	13	- 20 keer op en neer tussen Rilland en Westerscheldetunne 	Dieselauto groot	2	Rilland – Westerscheldetunnel: 37 km (Internet)	2.960 km
Hoogwerkers (VSVK)	5	- 5 keer op en neer tussen Pijnacker en de Westerscheldetunne 	Euro6 vrachtwagen	3	Pijnacker – Westerscheldetunnel: 129 km (Internet)	3.870 km
LED armaturen (VSVK)	1091	- 6 keer op en neer tussen Pijnacker en de Westerscheldetunne 	Euro6 vrachtwagen	1	Pijnacker – Westerscheldetunnel: 129 km (Internet)	1.548 km
LED-armaturen (Signify)	1091	- 1 keer van Valladolid, Spanje, naar Pijnacker	Euro6 vrachtwagen	2	Valladolid, Spanje – Pijnacker, Nederland 1200 km (EPD-leverancier)	2.400 km

## Gebruiksfase (B1)

De gebruiksfase is de meest cruciale fase met betrekking tot de verlichting omdat deze 24/7 aan staat en hier de grootste milieuwinst valt te behalen in de gehele keten. Hier wordt dan ook al een grote impact gemaakt op de uitstoot met het vervangen van de oude verlichting door LED. In de toekomst kan er nog meer impact gemaakt worden op dit onderdeel door de ledverlichting te optimaliseren en dimmen waar mogelijk.

Het verbruik van het besturingssysteem is ook meegenomen in deze ketenstap. De reden dat informatie over het besturingssysteem wel is meegenomen in de gebruiksfase (B1) en niet in de overige ketenstappen, is omdat we nog geen informatie hebben inzake de overige ketenstappen. Alleen het vermogen is op dit moment bekend. Buiten de verlichting en het besturingssysteem zijn er geen onderdelen van de tunnelverlichting die energie verbruiken.

System	Onderdeel	Hoeveelheid	B1
Ledverlichting	Philips TubePoint gen2	2.182 stuks (Het initieel te plaatsen aantal van 1.091 is aangepast op basis van levensduur) (opgave technisch specialist)	Totaal geïnstalleerd vermogen: 1019,8 kW, 24 uur per dag, 365 dagen per jaar, 20 jaar lang Tegen 0,337 kg eq CO <sub>2</sub> per kWh (CO <sub>2</sub> emissiefactoren.nl Opgave technisch specialist)
	Signaalkabel	400m (Opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase
	Grondkabel	200 meter (Opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase
	Voedingskabel	3145 meter	Geen verbruik in gebruiksfase

		(Opgave technisch specialist)	
	DALI kabel	25782 meter (Opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase
	Besturingssysteem	2 stuks (Opgave technisch specialist)	240 W vermogen per stuk, 24 uur per dag, 365 dagen per jaar, 20 jaar lang Tegen 0,337 kg eq CO <sub>2</sub> per kWh (gemixte stroommix) (CO <sub>2</sub> emissiefactoren.nl Opgave technisch specialist)
	Kabelgoot	6.600 meter (Opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase

### Onderhoudsfase (B2-B5)

Na het plaatsen van de verlichting, begint de onderhoudsfase ervan. In dit onderdeel volgt een beschrijving van het algemene onderhoud van de tunnel, waaronder ook de verlichting valt. De onderhoudsfase wordt op dit moment enkel kwalitatief beschreven omdat we nog te weinig weten over de daadwerkelijke inzet van materieel en mankracht om het onderhoud uit te voeren. Het onderhoud van een tunnel bestaat uit de volgende onderdelen:

- Preventief onderhoud: het preventieve onderhoud bestaat onder andere uit inspecties uitvoeren aan de tunnel en bijbehorende installaties, en het reinigen ervan.
- Correctief onderhoud: het correctief onderhoud bestaat uit het repareren en oplossen van problemen die uit de inspecties naar voren komen. Het kan hier bijvoorbeeld gaan om het vervangen van een armatuur of een ander onderdeel in de tunnel, zoals het herstellen van de kolken als deze niet meer werken.
- Storingen: Het storingsonderhoud houdt zich bezig met het oplossen van storingen en defecten aan de TTI's (tunnel technische installaties). Dit kan bijvoorbeeld de bedrading van een systeem zijn of een seinbord dat gerepareerd moet worden.

### Einde levensduur (C1-C4)

Als de armaturen einde levensduur zijn, zullen deze weer moeten worden vervangen. Dit onderdeel beschrijft hoe er met die armaturen wordt omgegaan aan het einde van de levensduur. Er wordt voor stap C1 (sloop) uitgegaan van dezelfde hoogwerker- en transport inzet als voor het plaatsen van de armaturen. Hiervoor maken we dus gebruik van de data aangeleverd door onze technische experts (zie stap A5 voor de uitwerking van deze ketenstap). Een verbetering voor een volgende ketenanalyse kan zijn om na te gaan hoe de daadwerkelijke sloop plaatsvindt en of het klopt dat de inzet van hoogwerkers en personeel ongeveer hiervoor gelijk is aan die van de installatie.

Voor ketenstappen C2-C4 van de ledverlichting zelf is primaire data beschikbaar in de EPD van de leverancier. Wij gaan daarom voor de berekening van onze ketenanalyse uit van deze data en lichten hieronder het proces kwalitatief toe. Alhoewel de gegevens uit de EPD van onze leverancier als primaire data gelden, streven wij ernaar om in de toekomst voor deze ketenstappen zelf data te verzamelen bij de afvalverwerker en andere relevante partijen. Zo kunnen we een nauwkeuriger en nog beter onderbouwd beeld neerzetten met betrekking tot de verwerking van oude armaturen.

In een toekomstige verbetering van de analyse kunnen we deze data zelf verzamelen. De kwalitatieve beschrijving van deze ketenstappen gaat als volgt: de armaturen worden in opdracht van Signify opgehaald door Wecycle op de locatie van VSVK in Pijnacker. Wecycle vervoert deze vervolgens naar de afvalverwerkingslocatie van HKS Metals in Amsterdam. Hier wordt depollutie toegepast om de schadelijke stoffen uit de armaturen te halen. Vervolgens worden alle materialen van elkaar gescheiden. Door hergebruik, recycling en energierecuperatie vindt 99% van de armaturen en de daarin verwerkte materialen een nuttige toepassing en worden grondstoffen herwonnen.

De data en kwalitatieve beschrijving inzage deze ketenstap hebben alleen betrekking op de ledverlichting zelf en niet op de overige onderdelen. Voor de kabels en het besturingssysteem hebben we op dit moment nog niet de juiste data om hier meer over te zeggen.

### **Hergebruik, terugwinning en recycling (D)**

Voor de ketenstap rondom hergebruik, terugwinning en recycling maken we op dit moment uitsluitend gebruik van data uit de EPD van de leverancier omdat we nog geen inzicht hebben in hoe dit proces er precies uit ziet. Wel wordt het hergebruik, terugwinning en recycling verzorgd door Signify en kunnen we er dus vanuit gaan dat de milieu impact die ze hebben opgenomen in de EPD accuraat is. Een verbetering voor de toekomst kan zijn om hier zelf inzicht in te verkrijgen en om uit te zoeken wat de milieu impact in deze ketenstap is voor de overige onderdelen. De EPD beperkt zich namelijk tot de milieu impact van de ledverlichting zelf.

### 3 KETENPARTNERS

Het identificeren van de ketenpartners is een onderdeel van de ketenanalyse. Zo wordt duidelijk gemaakt wat de rol is van de ketenpartners en bij wie welke informatie opgevraagd moet worden ten behoeve van het bepalen van de CO<sub>2</sub>-emissies in de keten.

Daarnaast is inzicht in de invloed van de diverse ketenpartners van belang. Om antwoord te kunnen geven op de vraag: „met wie kan Croonwolver&dros het beste samenwerken om CO<sub>2</sub>-reductie te bereiken?“ moeten de volgende vragen beantwoord worden:

- Wie zijn de ketenpartners?
- Waar binnen de keten zitten de grootste emissies?
- Welke ketenpartners zijn betrokken bij de ketenstappen met de grootste emissies?

Om te bepalen waar Croonwolver&dros de meeste invloed op de emissies heeft, is het van belang om te definiëren welke ketenpartners op welke manier betrokken zijn bij het project. Hier gaat onderhavig hoofdstuk op in. De grootste emissies worden behandeld in hoofdstuk 4.

Onderstaand wordt allereerst de definitie van de term ketenpartner beschreven. Hierna worden de ketenpartners in het project benoemd en toegelicht.

#### 3.1 Definitie ketenpartners

Ketenpartners zijn partijen zowel upstream als downstream in de keten(s) van het bedrijf, waar het bedrijf mee samenwerkt. Dit kunnen bijvoorbeeld klanten, distributeurs, leveranciers of opdrachtgevers zijn.

Bij het identificeren van ketenpartners moet onderscheid worden gemaakt tussen directe ketenpartners en indirecte ketenpartners. Directe ketenpartners zijn partijen in de keten waar Croonwolver&dros een contractuele relatie mee heeft, zoals toeleveranciers, afnemers, onderaannemers en opdrachtgevers. Indirecte ketenpartners zijn partijen waar Croonwolver&dros geen directe (contractuele) relatie heeft, zoals leveranciers van de onderaannemers.

Informatie over de CO<sub>2</sub>-gegevens van indirecte ketenpartners zijn voor Croonwolver&dros over het algemeen moeilijker om te verkrijgen vanwege de indirecte relatie.

#### 3.2 Ketenpartners project

Deze rapportage brengt de keten in kaart van het plaatsen van ledverlichting. Om mogelijke CO<sub>2</sub>-besparingen in de keten te verwezenlijken, is het van belang om te weten welke partners bij deze ketenfasen betrokken zijn. Deze zijn hieronder toegelicht.

Onderdeel keten	Ketenactiviteit	Ketenpartner	Uitleg	Invloed
Initiatiefase	Initiatie en definitie	<b>Snelwegbeheerder/opdrachtgever</b> Westerscheldetunnel N.V. (samenwerkingsverband tussen Rijkswaterstaat en Provincie Zeeland)	Stelt functionele eisen aan het ontwerp en kwaliteit van het materiaal en infrastructurele werk.	Direct
	Ontwerp	<b>Snelwegbeheerder/opdrachtgever</b> Westerscheldetunnel N.V.  <b>Opdrachtnemer</b> <u>Westerscheldetunnel Maintenance V.O.F.</u> Croonwolver&dros Mobilis BAM Civiel	Maakt (eventueel samen met de opdrachtnemer, Westerscheldetunnel Maintenance V.O.F.) het ontwerp van de tunnel of stelt functionele eisen op voor het ontwerp. Tegenwoordig kan dit in een breed scala van contractvormen gerealiseerd worden (van traditioneel tot DBFMO). Deze ketenpartner bepaalt	Direct

			welke ontwerpvariant gerealiseerd wordt. De uiteindelijke beslissing ligt ook bij deze ketenpartner (de opdrachtgever).	
<b>Winning grondstof, productie en aanleg</b>	Winning grondstof	<b>Producent grondstoffen</b>  Delven grondstoffen	Keuze waar grondstoffen worden gewonnen, en of deze van primaire of secundaire oorsprong zijn. Wij als opdrachtnemer (Westerscheldetunnel Maintenance V.O.F.) hebben op dit moment geen invloed op waar de grondstoffen vandaan komen en maken gebruik van de EPD van de leverancier als naslagwerk.	Indirect
	Transport materialen naar productielocatie	<b>Leverancier LED</b>  Signify	Keuze voor transportbedrijf indien logistiek bedrijf transport uitvoert. Indien dit niet het geval is, keuze in aanschaf eigen transportmiddelen. Invloed beperkt, afhankelijk van afspraken leverancier met diens toeleveranciers.	Indirect
	Productie materialen/producten	<b>Leverancier LED</b>  Signify	Dienen materialen/producten volgens bepaalde eisen aan het eindproduct te produceren. Als opdrachtnemer hebben wij op dit moment geen invloed op de productie van de materialen en maken wij gebruik van de EPD van de leverancier.	Indirect
	Transport naar bouwlocatie	<b>Leverancier LED</b>  Signify  <b>Onderaannemer</b>  VSVK	De invloed op het transport door Signify naar de afgesproken locatie in Nederland is indirect omdat zij gebruik maken van een transportbedrijf. De invloed op het vervoer naar de bouwlocatie door VSVK is direct omdat deze onderaannemer door onszelf gekozen is.	Indirect/Direct
	Aanleg/installatie producten	<b>Opdrachtnemer</b>  <u>Westerscheldetunnel Maintenance V.O.F.</u> Croonwolter&dros Mobilis BAM Civiel	Keuze voor manier van aanleggen tunnelverlichting.	Direct
<b>Gebruik</b>	Gebruik tunnelverlichting	<b>Opdrachtnemer</b>  <u>Westerscheldetunnel Maintenance V.O.F.</u> Croonwolter&dros Mobilis BAM Civiel	Het gebruik van de tunnelverlichting is niet afhankelijk van een externe partij. De verlichting is 24/7 in bedrijf, gedurende de donkere uren wordt ook gebruik gemaakt van de ledverlichting.  Efficiëntie van gebruik wordt tijdens ontwerp (keuze type verlichting) bepaald.	Direct
<b>Onderhoud &amp; reparatie</b>	Inspecties van verlichting	<b>Snelwegbeheerder/opdrachtgever</b>  Westerscheldetunnel N.V. (samenwerkingsverband tussen	Beheerder is verantwoordelijk voor kwaliteit en onderhoud van de verlichting en	Direct

		Rijkswaterstaat en Provincie Zeeland)	functioneren van de verlichting (o.a. reinigen lenzen).	
		<b>Opdrachtnemer</b>  <u>Westerscheldetunnel Maintenance V.O.F.</u> Croonwolver&dros Mobilis BAM Civiel	Voert onderhoud en inspecties uit. Hierin is de opdrachtnemer hoofdaannemer. Deze voert het onderhoud uit i.s.m. onderaannemers.	Direct
<b>Einde levensduur</b>		<b>Snelwegbeheerder/opdrachtgever</b>  Westerscheldetunnel N.V. (samenwerkingsverband tussen Rijkswaterstaat en Provincie Zeeland)  <b>Opdrachtnemer</b>  <u>Westerscheldetunnel Maintenance V.O.F.</u> Croonwolver&dros Mobilis BAM Civiel	De beheerder dient te beslissen of de verlichting wordt vernieuwd of gesloopt, waarbij eventueel vrijgekomen materiaal wordt gerecycled indien mogelijk. De opdrachtnemer is hiervoor verantwoordelijk.	Direct
		<b>Leverancier LED</b>  Signify  <b>Afvalverwerker</b>  Wecycle	Eventueel hergebruik van bepaalde onderdelen. De leverancier van de verlichting regelt de verwerking ervan einde levensduur. Het recycleproces wordt vervolgens verzorgd door de afvalverwerker.	Indirect

## Opdrachtgever

De opdrachtgever is in het geval van een tunnelbouw vaak een overheidslichaam, zoals het Rijk, de Provincie, de gemeente, Rijkswaterstaat of het Waterschap (of Hoogheemraadschap). Deze opdrachtgevers hebben een aspect gemeen, ze hebben de taak de beschikbaarheid van de infrastructuur te garanderen en Nederland te verduurzamen. Dit doet ze onder andere door het aanleggen en onderhouden van wegen. De opdrachtgever stelt functionele eisen op voor het ontwerp. In dit geval is de opdrachtgever de N.V. Westerscheldetunnel. Dit is een combinatie van de Nederlandse Staat en de Provincie Zeeland en is verantwoordelijk voor de bouw en exploitatie van de tunnel.

## Kennisinstellingen en adviesbureaus

Kennisinstellingen en adviesbureaus adviseren de opdrachtgever over (functionele) eisen die gesteld worden aan het verlichtingssysteem. Croonwolver&dros werkt nauw samen met deze partijen om emissies veroorzaakt door het energieverbruik van verlichtingssystemen van haar klanten te verminderen. De kennisinstellingen en adviesbureaus hebben veel invloed op de ontwikkeling van deze (functionele) eisen. De veiligheid van de tunnel-/ weggebruiker dient namelijk ten allen tijde gegarandeerd te blijven.

## Hoofdaannemer/Opdrachtnemer

Een benoemde hoofdaannemer is (vaak samen met onderaannemers) verantwoordelijk voor het uitvoeren van de werkzaamheden. De hoofdaannemer selecteert vaak zelf onderaannemers en leveranciers. Mede hierdoor oefent de hoofdaannemer grote invloed uit op de CO<sub>2</sub>-emissies van een tunnelaanleg. Zo bepaalt hij met de keuze van de leverancier- en onderaannemer de aan te voeren materialen, het te gebruiken materieel inclusief bijbehorende transportafstanden. De hoofdaannemer is hiermee een belangrijke partner in het implementeren van CO<sub>2</sub>-reducerende maatregelen. In dit geval is dit de Westerscheldetunnel Maintenance V.O.F. Deze V.O.F. bestaat uit de bedrijven Croonwolver&dros, Mobilis en BAM Civiel, en is sinds 2013 20 jaar lang verantwoordelijk voor het onderhoud van de Westerscheldetunnel.



## **Producenten verlichtingssysteem**

Een belangrijke ketenpartner in dit geval is Signify, onze leverancier van de ledverlichting. Signify produceert de verlichting in Valladolid, Spanje en vervoert deze vervolgens naar de verzamellocatie in Pijnacker, Nederland. De LCA waar deze ketenanalyse grotendeels op is gebaseerd is afkomstig van de leverancier. Zij hebben duurzaamheid hoog in het vaandel staan, wat een belangrijke reden is om voor deze ketenpartner te kiezen. De invloed van ons op de processen (zoals transport) die zich afspelen voordat wij de verlichting ontvangen is zeer beperkt en ligt grotendeels bij de leverancier. Een mogelijke vervolgstap kan zijn om hierover in gesprek te gaan met de leverancier om toch een bepaalde mate van invloed uit te oefenen.

## **Overige aannemers**

De belangrijkste onderaannemers zijn vaak verantwoordelijk voor benodigde specialistische machines, transport (logistiek bedrijf) en dergelijke. In dit project is VSVK een belangrijke onderaannemer. Zij leveren de elektrische hoogwerkers en het personeel die worden gebruikt om de verlichting te vervangen.

## **Overige leveranciers**

De leveranciers bestaan uit grondstoffenleveranciers voor de verlichting en kabels t.b.v. de aanleg van de tunnelverlichting. Maar ook de onderaannemer (VSVK) die de elektrische hoogwerkers voor dit project verzorgt, deze zijn afkomstig van het VSVK-terrein in Pijnacker. De hoogwerkers worden naar alle waarschijnlijkheid opgeladen op het tunnelareaal, waardoor de CO<sub>2</sub>-uitstoot die gepaard gaat met het transport ervan beperkt blijft.

## **Tunnelgebruikers**

De tunnelgebruikers (auto, vrachtauto, motor, fiets e.d.) gebruiken de infrastructuur, maar beïnvloeden met hun gedrag niet de energieverbruiken van de geïnstalleerde verlichting. De keuzes die zij maken ten aanzien van rijgedrag en kenmerken van het vervoermiddel zijn niet van invloed op de totale emissie van de verlichting.

## **Tunnelbeheerder**

De tunnelbeheerder is verantwoordelijk voor kwaliteit en onderhoud van verlichting. De opdrachtgever/eigenaar heeft het beheer uit handen gegeven aan de Westerscheldetunnel Maintenance V.O.F.

## **Onderhoudsaannemer**

De onderhoudsaannemer (Westerscheldetunnel Maintenance V.O.F.) heeft een meerjarig contract (20 jaar) voor het regelmatige onderhoud aan de verlichting en andere onderdelen in de tunnel. De mate waarin de onderhoudsaannemer invloed heeft op de CO<sub>2</sub>-uitstoot in het project wordt bepaald door de manier van aanbesteden van het onderhoudscontract. De invloed op de werkwijze van de aannemer is veelal beperkt. Een manier waarop wij hier invloed op kunnen uitoefenen is door in de beginfase de dialoog aan te gaan met de opdrachtgever.

## **Betrokkenheid ketenpartners**

De tunnelbeheerders hebben de grootste impact op de keuzes die het verbruik in aanleg, gebruik en onderhoud bepalen, en hieraan gelinkt de exploitatie beïnvloeden (mits het geen DBFMO-contract betreft). De hoofdaannemer aan de andere kant, beïnvloedt de wijze waarop de infrastructuur van de tunnel wordt gerealiseerd. Aangezien deze partijen de meeste invloed kunnen uitoefenen op de CO<sub>2</sub>-emissies, beschouwen we deze partijen als belangrijkste ketenpartners.

Croonwolter&dros heeft als opdrachtnemer/hoofdaannemer de grootste invloed in de ontwerpfase. Duidelijk is dat de meeste invloed om een emissiereductie te bereiken ook gedurende de ontwerpfase uitgeoefend kan worden.

Hierbij moet opgemerkt worden dat het bedrijf lang niet altijd als enige bepalend is in de uiteindelijke keuze van een meer of minder CO<sub>2</sub>-emissie beperkend ontwerp. Vanuit de ontwerpfase heeft men invloed op keuzes in de realisatie- en gebruiksfase.

Tijdens de gebruiksfase heeft men minder invloed op de emissies, gezien de meeste impact op emissiereductie tijdens de ontwerpfase gerealiseerd kan worden. Tijdens de instandhouding van de

tunnelverlichting kunnen bepaalde keuzes de levensduur positief beïnvloeden en een vermindering van de CO<sub>2</sub>-emissie ondersteunen.

Tijdens de sloop- en verwerkingsfase heeft het bedrijf een geringe invloed. Wel kunnen adviezen al tijdens het ontwerp geuit worden (afhankelijk van contracttype) om het afdankproces te optimaliseren. Dat wil zeggen dat Croonwolter&dros middels de gebruikte materialen recycling of downcycling kan faciliteren.

## 4 KWANTIFICEREN EMISSIES

Dit hoofdstuk beschrijft:

- De dataverzameling;
- De functionele eenheid van de analyse, incl. uitsluitingen en invloedsfactoren;
- De berekende CO<sub>2</sub>-emissies.

### 4.1 Dataverzameling

#### Eisen datakwaliteit CO<sub>2</sub>-Prestatieladder

In een ketenanalyse wordt onderscheid gemaakt tussen primaire data (data van de werkelijke leveranciers (up) en gebruikers (down)) en secundaire data (algemene cijfers en eigen schattingen). Primaire data is altijd beter dan secundaire data, echter het GHG-protocol Scope 3 Standard (eis 4.B.2) stelt dat het voor een ketenanalyse niet nodig is direct uitgebreid gegevens op te vragen bij allerlei leveranciers. Voor een eerste versie is het voldoende om enkel cruciale data op te vragen. Wanneer hiervoor primaire data niet beschikbaar blijkt, door onvoldoende medewerking vanuit ketenpartners, mag secundaire data worden gebruikt. Voor alle relevante secundaire data dient de ketenanalyse in passende follow up te worden voorzien om later alsnog primaire data te krijgen.

#### Dataverzameling voor de ketenanalyse

Croonwolter&dros heeft bij haar interne experts informatie opgevraagd. Samen met de experts is gezocht naar de gegevens die nodig zijn voor het berekenen van de CO<sub>2</sub>-emissies. De experts beschikken over kennis over gebruikte materialen en hoeveelheden, mede als verschillende eigenschappen van de materialen. Daarnaast is de EPD van de leverancier geraadpleegd en is er aanvullende informatie opgevraagd bij deze leverancier en relevante onderaannemers om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van alle emissies in de keten.

Verder zijn ook nog aanvullende bronnen geraadpleegd. De volledig lijst is te vinden in de bijlage.

### 4.2 Functionele eenheid

Om de CO<sub>2</sub>-emissies in Scope 3 te berekenen dient de functionele eenheid en bijbehorende systeemgrens voor de analyse bepaald te worden. Deze is in het tekstblok hieronder gedefinieerd.

De functionele eenheid (FE) is een beschrijving van de kernfunctie; het definieert de dienst van het product. Voor tunnelverlichting is de FE een combinatie van diensten, kwaliteitseisen en de dienstdoende periode. De functionele eenheid luidt:

De uitwerking van de ketenanalyse is gebaseerd op 1.914 stuks 100% ledverlichting, over een lengte van de totale tunnel (6.600 meter) over een periode van 20 jaar en een gemiddeld gebruikspatroon van de tunnel. Een gemiddeld gebruikspatroon houdt in dat de tunnelverlichting 24/7 aanstaat voor de volledige levensduur waarmee in dit geval gerekend wordt.

De periode in de uitwerking is gebaseerd op een eis van Rijkswaterstaat uit de basisspecificatie TTI Tunnelsysteem. Deze eis met eisnummer BSTTI#11369 stelt een functionele levensduur van 20 jaar voor LED armaturen in tunnels<sup>5</sup>. Dit houdt in dat gedurende deze functionele levensduur, de verwachting is dat een deel van de armaturen vervangen moet worden, uitgaande van de technische levensduur opgegeven door de leverancier.

---

<sup>5</sup> Bron: Basisspecificatie TTI RWS Tunnelsysteem

## Uitsluitingen

Voor deze ketenanalyse zijn de volgende uitsluitingen bepaald:

- De ketenstappen A1-A5, B1, C1-C4 en D zijn meegenomen in deze analyse, de overige ketenstappen worden in een vervolganalyse onderzocht.
- Het aanleggen van de tunnel zelf wordt niet meegenomen.
- De toevoer van stroom t.b.v. de tunnelverlichting (van gelijk- naar wisselstroom) en wat dit betekent voor het project en de emissieresultaten, wordt niet meegenomen.
- Het type en de kleur van het asfalt bij de ingangen van de tunnel beïnvloeden de sterkte van de benodigde verlichting. Des te lichter het asfalt, des te minder verlichting nodig is. Dit aspect wordt echter niet meegenomen in de analyse.
- De bijhorende dienstgebouwen in en boven de tunnel worden niet meegenomen in de analyse.
- Andere verlichting (exit-signalering, wegsignalering, stoplichten, etc.) wordt niet meegenomen in de analyse.
- Verschillende kabeltypes (voeding-, DALI-, signaalkabel) zijn meegenomen als laagspanningskabel gezien het feit dat het allemaal laagspanningskabels zijn en dit het meest passende beschikbare alternatief is in Dubocalc. Grondkabels zijn wel opgenomen in de Dubocalc database, vandaar dat hier wel precieze data voor kan worden gebruikt.
- De milieu impact van het besturingssysteem wordt alleen meegenomen bij ketenstap B1, de gebruiksfase. Dit omdat er nog geen data is betrekking hebbende op de overige ketenstappen.

## Invloedsfactoren

De CO<sub>2</sub>-emissie per functionele eenheid wordt ook beïnvloed door andere invloedsfactoren. Deze factoren worden hieronder toegelicht.

- Het ontwerp van de tunnel. Het ontwerp beïnvloedt de CO<sub>2</sub>-uitstoot en bepaalt hoeveel materiaal er ophoofdlijnen nodig is, afhankelijk van de breedte van de tunnel. Een voorbeeld: zijn er 2 of 3 rijbanen nodig? De keuze beïnvloedt de hoeveelheid benodigde verlichting.
- Oriëntatie van de tunnel: De oriëntatie van de tunnel ten opzichte van de zon heeft invloed op de sterkte van het licht dat benodigd is in de tunnel.
- Rijsnelheid. Hoe sneller, hoe langer de ingangsverlichting naar binnen moet worden gebracht.
- Omgevingswaarneming tunnelgebruiker: Het type verlichting heeft o.a. invloed op het luminantieniveau. Dit luminantieniveau maar ook de lichtkleur heeft invloed op de manier waarop de tunnelgebruiker de omgeving waarneemt. Een lager luminantieniveau zorgt voor een lager energieverbruik, en dus minder CO<sub>2</sub>-emissie tijdens de gebruiksfase van een LED-verlichtingssysteem. Er wordt op dit moment onderzocht in hoeverre dit kan worden afgestemd om het energieverbruik te verlagen.
- Afstand tussen de locaties. Hoe groter de afstand tot de producent/ leverancier, hoe meer brandstofverbruik door transport van en naar de producent/ leverancier, hoe meer CO<sub>2</sub>-uitstoot. Hoe groter de afstand tussen locatie winning grondstoffen en producent, hoe meer CO<sub>2</sub>-uitstoot. Enzovoort.
- Keuze transport. De keuze van het type transport bepaalt de emissie in deze categorie.
- Logistiek en schaalvoordelen. Hoe beter de logistiek verloopt, hoe beter er doorgewerkt kan worden, hoe lager het brandstofverbruik van het materieel. Bij grote projecten kan doorgaans sneller worden gewerkt, dus dit levert ook een voordeel op voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot.
- Beladingsgraad vrachtwagens. Hoe hoger de beladingsgraad, hoe lager de CO<sub>2</sub>-uitstoot van het transport.
- Onderhoud. Methode en frequentie van onderhoud heeft een belangrijke impact op de levensduur endaarnee de totale emissie binnen een bepaalde levensduur.

### 4.3 Berekende CO<sub>2</sub>-emissies

Deze paragraaf geeft de resultaten van de CO<sub>2</sub>-berekening weer. Het bijbehorende Excel document geeft een gedetailleerde beschrijving van de berekening van de CO<sub>2</sub>-emissies. Een gedetailleerde analyse van de resultaten vindt plaats in Hoofdstuk 5.

De onderstaande tabel laat een overzicht zien van de impact van de verschillende ketenstappen voor het plaatsen van LED. Hierbij is in het lichtgrijs aangegeven welke ketenstappen voor welke onderdelen momenteel nog ontbreekt.

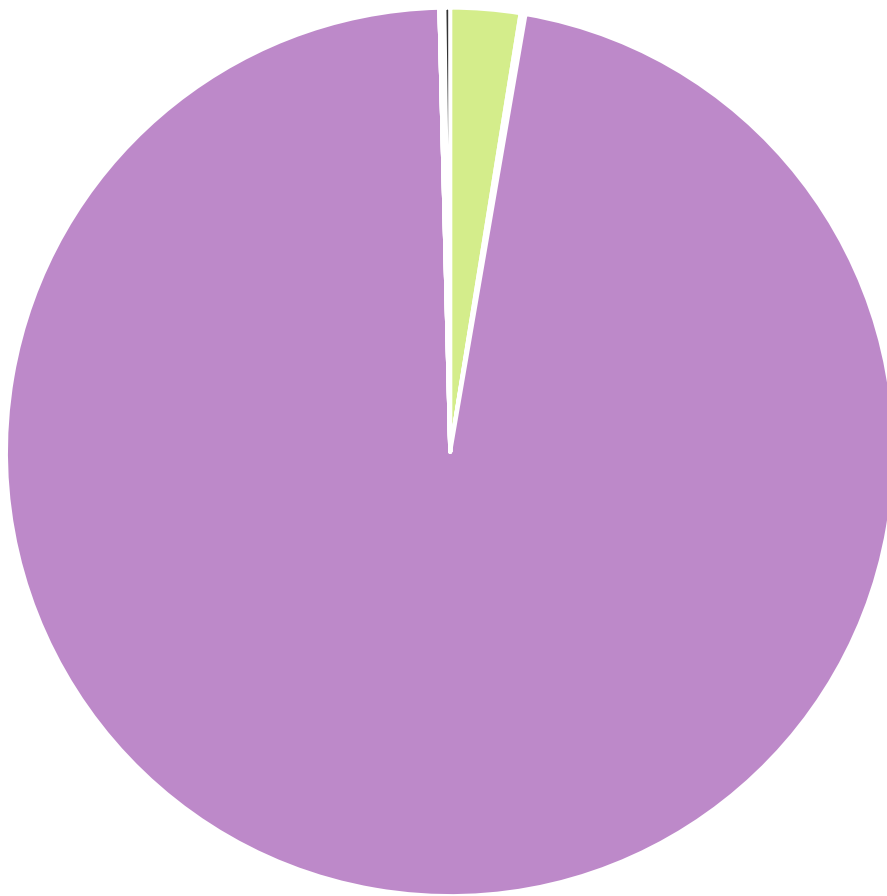
#### Uitstoot standaard systeem met ledverlichting in ton CO<sub>2</sub>

Onderdeel	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	C4	D	Totaal (Ton CO <sub>2</sub> )
LED	1.396,5	34,0	77,6	60.211,4	76,9	0,6	4,6	30,5	-128,7	61.703,4
Signaalkabel	2,4	0,1								2,5
Grondkabel	0,3	0,0								0,4
Voedingskabel	19,1	0,4								19,5
DALI kabel	156,4	1,1								157,5
Kabelgoot										-
Besturingssysteem				28,3						28,3
<b>Totaal (ton CO<sub>2</sub>)</b>	<b>1.574,7</b>	<b>35,6</b>	<b>77,6</b>	<b>60.239,8</b>	<b>76,9</b>	<b>0,6</b>	<b>4,6</b>	<b>30,5</b>	<b>-128,7</b>	<b>61.911,6</b>

## 5 CONCLUSIE

In bovenstaande tabel is duidelijk te zien dat een groot deel van de CO<sub>2</sub>-uitstoot, zoals verwacht, voor rekening komt van fase B1 (gebruiksfase) door het verbruik van de tunnelverlichting. Dat komt neer op 60.239,8 ton CO<sub>2</sub> op een totale uitstoot van 61.911,6 ton CO<sub>2</sub> over een levensduur van 20 jaar. Er mist echter nog een deel van de informatie voor de overige ketenstappen om meer te zeggen over de milieu-impact daarvan. Desalniettemin, is het duidelijk dat het verbruik de grootste impact heeft en hier dus een stap in de goede richting is gezet door de oude SON-T verlichting te vervangen door LED. De figuur hieronder illustreert dit gegeven nogmaals. De gebruiksfase van de ledverlichting heeft veruit de grootste impact op de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot. De overige onderdelen hebben maar een zeer beperkte impact in de totale keten, vandaar dat het vervangen van SON-T door LED, de grootst mogelijke verbetering in de keten is. Dit dient echter nog verder onderzocht en bevestigd te worden nadat voor alle ketenstappen de informatie en data beschikbaar zijn. Naar verwachting zal een verbeterd inzicht in de nu nog ontbrekende ketenstappen echter niet leiden tot een andere conclusie dan reeds hierboven vermeld. Op basis van de huidige gegevens leidt de implementatie van LED tot een aanzienlijke reductie in de keten.

## Uitstoot per ketenstap LED



- A1 Winning van grondstoffen (productiefase)
- A2 Transport (productiefase)
- A3 Productie (Productiefase)
- A4 Transport (Bouwfase)
- A5 Bouw- en installatieproces / aanleg (bouwfase)
- B1 Gebruik (gebruiksfasen)
- B2 Onderhoud (gebruiksfasen)
- B3 Reparaties (gebruiksfasen)
- B4 Vervangingen (gebruiksfasen)
- B5 Hernieuwing (gebruiksfasen)
- C1 Sloop (Sloop- en verwerkingsfase)
- C2 Transport (Sloop- en verwerkingsfase)
- C3 Afvalbewerking (Sloop- en verwerkingsfase)
- C4 Finale afvalverwerking (Sloop- en verwerkingsfase)
- D Finale afvalverwerking (Sloop- en verwerkingsfase)

## 6 DOELSTELLING

Uit de analyse is gebleken dat verlichting voor ongeveer de helft van het energieverbruik in tunnels zorgt. Ook is gebleken dat in de hele keten veruit het grootste deel van de uitstoot van de ledverlichting zich voordoet in de gebruiksfase. Deze informatie in acht nemend, is het een logische stap dat er ingezet gaat worden in het terugdringen van het energieverbruik van de verlichting in de Westerscheldetunnel. Hieronder volgt een Korte uiteenzetting van de doelstellingen, hoe we deze gaan meten en wat de gemeten resultaten zijn.

### 6.1 Doelstelling energiebesparing tunnelverlichting Westerscheldetunnel

De SON-T tunnelbuisverlichting in de Westerscheldetunnel verbruikt naar schatting 2.110 MWh<sup>6</sup> per jaar. De komende tijd zal de verlichting vervangen worden door ledverlichting. Door de overgang naar ledverlichting zal naar verwachting 20% minder energie verbruikt worden op het verlichtingssysteem. Dit is een besparing van 422 MWh per jaar. Met het optimaliseren van de verlichting in de tunnel door middel van het instellen van dimstanden kan de energiebesparing op het verlichtingssysteem nog hoger uitvallen, tot zo'n 35% per jaar. In potentie kan Croonwouter&dros 739 MWh per jaar besparen op het verlichtingssysteem van de Westerscheldetunnel.

Het doel is om in ieder 20% energiereductie in 2025 van de tunnelverlichting van de Westerscheldetunnel te bewerkstelligen.

Daarnaast onderzoekt Croonwouter&dros in 2024 de mogelijkheden om de verlichting zo af te stellen dat er nog meer gereduceerd wordt. Indien dit mogelijk is worden aanvullende doelstellingen voor deze ketenanalyse opgesteld.

Op basis van de energiemetingen van het totale verbruik van de tunnel wordt bepaald of we de beoogde doelstelling van 20% energiereductie van het verlichtingssysteem wordt behaald. Op basis van de gebruiksgegevens van de Westerscheldetunnel wordt nagegaan wat de behaalde energiereductie is (in MWh) in 2024 ten opzichte van 2022 en 2023. Indien ook andere systemen zijn vervangen of optimalisatie zijn uitgevoerd wordt in deze vergelijking rekening gehouden met andere energiebesparingen.

### 6.2 Voortgang Q4 2023

Zoals bovenstaand vermeld is Croonwouter&dros in Q3 2023 t/m Q1 2024 bezig met het vervangen van de oude SON-T tunnelbuisverlichting naar LED armaturen. In november 2023 is in de Oostbuis van de Westerscheldetunnel de oude verlichting al vervangen voor LED en de Westbuis zal snel volgen. Omdat deze vervanging aan het eind van 2023 en begin 2024 hebben plaatsgevonden en zullen plaatsvinden, is de verwachting dat we vanaf 2024 een beeld kunnen krijgen van hoeveel energie we daadwerkelijk besparen.

### 6.3 Gemeten resultaten

Op het moment van schrijven in Q3 2024 zijn de eerste effecten van het vervangen van de verlichting op het energieverbruik van de Westerscheldetunnel inzichtelijk gemaakt. Uit een analyse van de verbruiksdata van de oost en west buis van de Westerscheldetunnel blijkt dat een grote energiebesparing is gerealiseerd door het vervangen van de SON-T verlichting. Volgens de berekening is er een energiereductie van 53,4% gerealiseerd. Dit is mogelijk gemaakt door het direct toepassen van dimstanden op de verlichting.

Gezien de huidige resultaten valt te concluderen dat de bovengenoemde doelstelling is gehaald. Desalniettemin zullen de resultaten de komende tijd gemonitord blijven worden zodat op basis van meer data de resultaten inzichtelijk kunnen worden gemaakt.

<sup>6</sup> Bron: Aanbiedingsdossier vervangen verlichting WST

#### **6.4 Aanvullende doelstelling: inzicht verkrijgen energiereductie andere 'verlede' tunnels**

Nu inzicht is verkregen in de energiebesparing op het (led)verlichting systeem van de Westerscheldetunnel is het waardevol om ook voor andere 'verlede' tunnels dit inzicht te creëren. Om te beginnen zal bij de volgende update de Sijtwendetunnels onder de loep worden genomen. Hier is tussen 4 februari en 18 mei 2024 de verlichting vervangen door led armaturen. Hier is het projectdoel dat er in ieder geval 30% bespaard wordt ten opzichte van het energie verbruik in basisjaar 2019.



## 7 REFLECTIE

### 7.1 Dataverzameling

De analyse is voor een belangrijk deel gebaseerd op primaire data die aangeleverd is door Croonwolter&dros en leveranciers, zoals projectgegevens en technische specificaties. Daarnaast is gebruik gemaakt van secundaire data (algemene cijfers, aannames en expertkennis). In de bijlage zijn de verschillende bronnen weergegeven.

Op bepaalde vlakken is de ketenanalyse op aannames en secundaire data gebaseerd, dit omdat de werkelijke data niet beschikbaar is. Het gaat onder andere om het aantal gereden kilometers woon-werk verkeer (dit was niet voor elke medewerker te achterhalen), het aantal uren hoogwerker inzet (dit is gebaseerd op een voorcalculatie en kan dus afwijken), en het aantal dagen dat benodigd is voor de ombouw (dit is ook gebaseerd op een voorcalculatie). Na afloop van het daadwerkelijke plaatsen van de tunnelverlichting kan bepaald worden wat de daadwerkelijke inzet is geweest en wat de milieu impact hiervan is.

### 7.2 Representativiteit van functionele eenheid

De ketenanalyse is niet (geheel) representatief ten aanzien van:

- Transportafstanden. Afhankelijk van de locatie van de desbetreffende tunnel, variëren ook de transportafstanden naar de productielocatie en van daar naar de aanleglocatie. De gemaakte aannames voor transportafstanden uit de EPD van de leverancier en aannames voor transportafstanden van de kabels zijn daarom niet per sé representatief voor alle tunnels of voor de Westerscheldetunnel in dit geval. De transportafstanden voor materieel en personen t.b.v. de installatie van de verlichting zijn gebaseerd op daadwerkelijke afstanden tot het object. Voor andere tunnels kunnen deze afstanden echter weer verschillen.
- Secundaire data. De analyse is voor een belangrijk deel gebaseerd op secundaire data die aangeleverd is door experts en aannames. De gegevens zijn gebaseerd op ervaringsdeskundigheid. Op deze manier is geprobeerd een representatief beeld weer te geven.
- Gehele keten. In de ketenanalyse zijn nu (nog) niet alle ketenstappen meegenomen, maar is gefocust op de ketenstappen waarin de meeste emissies worden verwacht. De andere stappen zullen in een later stadium worden toegevoegd.

### 7.3 Aanbevelingen voor verbeteringen ketenanalyse

#### **Uitbreiden stappen tot een complete analyse**

Nu zijn slechts de stappen A1-A5, B1, C1-C4 en D uitgewerkt. In de volgende fase van de ketenanalyse zullen de andere stappen verder behandeld worden.

#### **Opvragen gegevens overige onderdelen**

Tot nu toe zijn niet alle onderdelen meegenomen in de uitgewerkte stappen. Zo is voor het besturingssysteem alleen het verbruik meegenomen en voor de kabels zijn aannames gedaan op basis van data uit DuboCalc (NMD). Bij een vervolgonderzoek zullen deze onderdelen verder uitgewerkt worden aan de hand van primaire data.

#### **Daadwerkelijke data opvragen**

De informatie is gebaseerd op een voorcalculatie met betrekking tot de materieelinzet en transportgegevens. Ook is er voor sommige onderdelen gebruik gemaakt van informatie uit de EPD van de leverancier. Verbeterstappen voor toekomstige versies van de ketenanalyses bestaan uit het verzamelen van gegevens over de daadwerkelijke materieelinzet en transportgegevens.

#### **Meet- en regelsysteem**

De hoeveelheid licht in een tunnel, en dus de emissies door het energieverbruik, wordt in grote mate bepaald door het meet- en regelsysteem. Belangrijk zijn bijvoorbeeld de sensoren die de lichtintensiteit buiten meten (L20-meters) en het dynamisch regelsysteem. Optimalisaties van de huidige én nog te realiseren LED-verlichtingssystemen zijn mogelijk om het energieverbruik te verminderen.

De huidige voorschriften voor verlichtingsniveaus zijn gebaseerd op oude lichttechnieken (gasontladingslampen). LED verlichting heeft door een andere techniek een afwijkende kleuropbouw. Hierdoor is er een andere licht- en omgevingsbeleving. Met een lager luminantieniveau kan mogelijk hetzelfde waarnemingsniveau worden bereikt als die van gasontladingslampen. Optimalisaties van huidige én nog te realiseren LED-verlichtingssystemen zijn mogelijk om het energieverbruik te verminderen.

#### 7.4 Maatschappelijk voortschrijdend inzicht

Croonwolter&dros werkt momenteel nauw samen met Opdrachtgevers, kennisinstellingen en producenten van ledverlichting om meer inzicht te creëren in de maatregelen die mogelijk zijn om het energieverbruik van verlichtingssystemen in tunnels te reduceren. Momenteel zijn er geen richtlijnen die een relatie leggen tussen het benodigde verlichtingsniveau en de lichtkleur. Die relatie lijkt er echter wel te zijn. De combinatie tussen lichtkleuren, Kelvin-waarden en de waarneembaarheid van het verkeer onder prettige lichtomstandigheden is iets wat verder onderzocht moet worden om het energieverbruik van ledverlichting te reduceren. Met dit voortschrijdend inzicht kan ook het energieverbruik zowel van bestaande als nieuwe systemen gereduceerd worden.

Daarnaast is er een toenemende maatschappelijke vraag naar duurzaam gebruik van materialen. De materiaal gebonden emissies van ledverlichting hebben een kleiner aandeel dan de emissies door het energieverbruik. Naarmate het energieverbruik verder gereduceerd wordt zal het gebruik van andere materialen en hergebruik van bestaande onderdelen van verlichtingssystemen steeds belangrijker worden. Croonwolter&dros vraagt momenteel actief aan producten op welke wijze gezamenlijk deze maatschappelijke meerwaarde geleverd kan worden.

## 8 BIJLAGEN

### 8.1 Bijlage 1 eisen en methodiek

#### Eisen vanuit CO<sub>2</sub>-prestatieladder

De ketenanalyse is opgesteld conform de eisen van de CO<sub>2</sub>-prestatieladder (handboek CO<sub>2</sub>-prestatieladder 3.1, 22 juni 2022).

De CO<sub>2</sub>-prestatieladder stelt de volgende (rand)voorwaarden:

De volgende nadere (rand)voorwaarden worden gesteld aan de ketenanalyses:

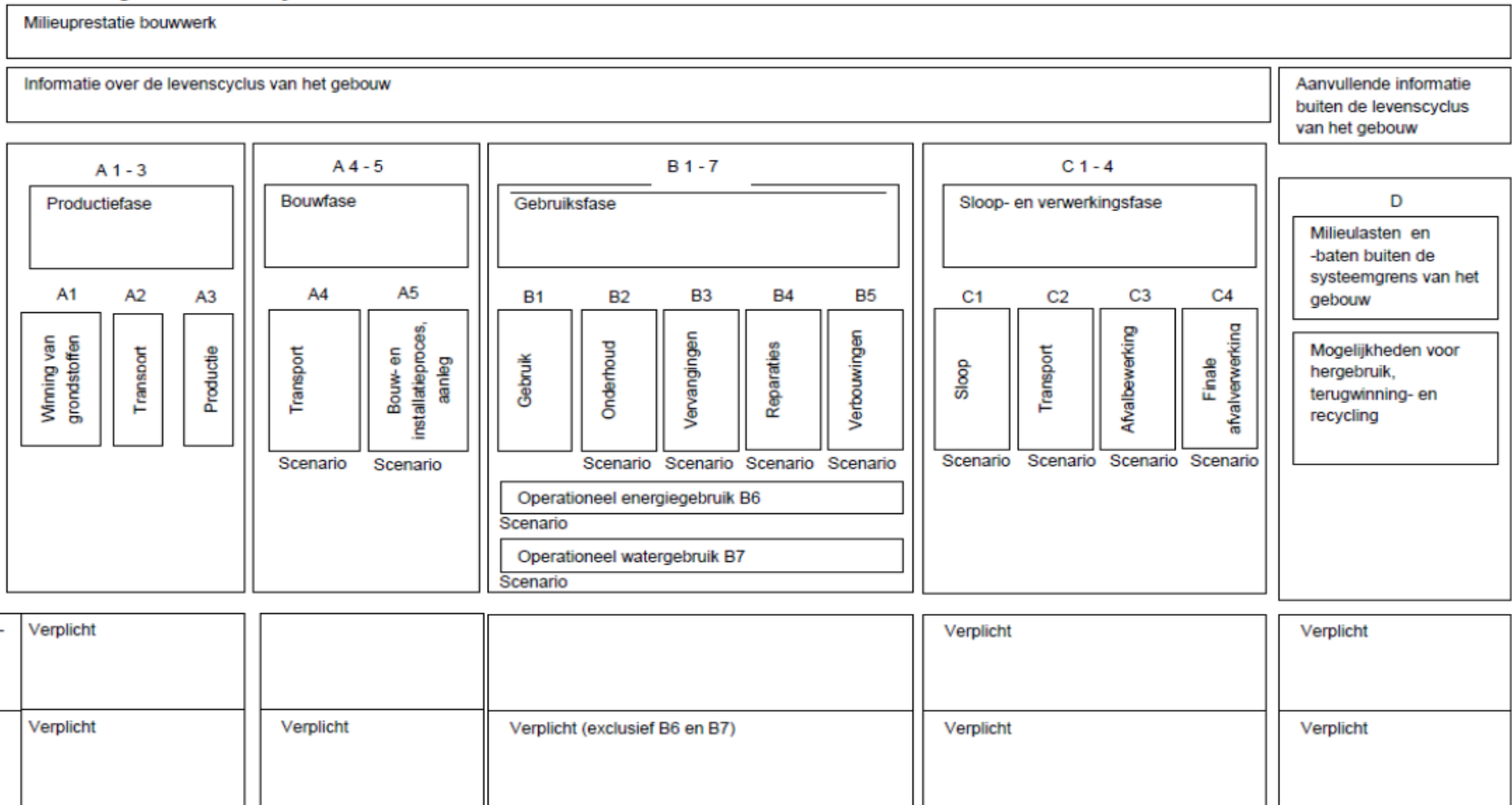
1. De ketenanalyses dienen betrekking te hebben op de projectenportefeuille.
2. Als een ketenanalyse niet (meer) uit de top 6 voortkomt, krijgt de organisatie één jaar respijt om dit te corrigeren.
3. De organisatie dient eigen analyses uit te (laten) voeren. Het meeliften bij de uitvoering van een betaalde opdracht van een klant is niet toegestaan.
4. Er dient 1 ketenanalyse te worden gemaakt voor een van de twee meest materiële emissies én 1 andere ketenanalyse voor een van de zes meest materiële emissies uit de rangorde.  
\*kleine organisaties dienen slechts 1 ketenanalyse voor een van de twee meest materiële emissies uit de rangorde te maken.
5. A Corporate Accounting and Reporting Standard (Hoofdstuk 4 Setting Operational Boundaries) geeft de herkenbare structuur van elke ketenanalyse:
  - a. Beschrijf de betreffende keten
  - b. Bepaal welke scope 3 categorieën relevant zijn
  - c. Identificeer de partners in de keten
  - d. Kwantificeer de scope 3 emissies
6. Het resultaat van de analyse dient een aanvulling te zijn op de bestaande (gepubliceerde) kennis en inzichten en dient bij te dragen aan het voortschrijdend maatschappelijk inzicht.

De GHG Protocol Scope 3 Standard geeft aan hoe in ketenanalyses en voortgangrapportages (zie eis 4.B.2) met de verschillende aspecten omgegaan dient te worden.

#### Methodiek ketenanalyse

De ketenanalyse is opgedeeld volgens de hoofdmodules van de Europese bepalingmethoden EN 15804 en de EN 159786 met inpassing van voor Nederland toepasselijke scenario's (2014). Toepassing van deze methoden is gebruikelijk voor bouwprojecten. Onderstaand figuur beschrijft de verschillende ketenfases die de methodiek onderscheidt.

**Figuur 2. Levenscyclusfasen EPD**



## 8.2 Bijlage 2 bronnen

Bron	Inhoud
Technische specialisten van door Croonwolter&dros (Rob Voogt - ontwerpleider, Martijn Bastiaanse - projectleider, Marcel Coemaet – lead engineer)	Gegevens en hoeveelheden over ledverlichting en bijbehorende onderdelen
CO <sub>2</sub> -projectplan TOPII perceel 2 WNZ door Croonwolter&dros (versie 2.1., d.d. 01-12-2022)	Informatie over de verdeling van energieverbruik in tunnels
Aanbiedingsdossier vervangen verlichting WST door Croonwolter&dros (versie 2, d.d. 15-12-2022)	Informatie over het energieverbruik van de Westerscheldetunnel
Signify (producent LED) Environmental Product Declaration (EPD) TubePoint Gen2 (geraadpleegd op 05-07-2023)	Gegevens en LCA-gegevens ledverlichting
SimaPro LCA-programma Versie 8.4.0.0	LCA gegevens over vervoer onderdelen en ledverlichting
Dubocalc LCA programma (versie 6.0) <a href="https://app6.dubocalc.nl/">https://app6.dubocalc.nl/</a>	LCA gegevens over benodigde kabels ledverlichting
CO <sub>2</sub> -emissiefactoren.nl (geraadpleegd op 09-08-2023) <a href="https://www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/">https://www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/</a>	CO <sub>2</sub> -emissiefactoren van transport kilometers personen t.b.v. installatie
Basisspecificatie TTI RWS Tunnelsysteem (v.1.2.) <a href="https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/bouwrichtlijnen-infrastructuur/aanleg-tunnels/landelijke-tunnelstandaard">https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/bouwrichtlijnen-infrastructuur/aanleg-tunnels/landelijke-tunnelstandaard</a>	Eisen m.b.t de vereiste levensduur van ledverlichting in de tunnel

### 8.3 Bijlage 3 – Berekening resultaten energiereductie

Om aan te tonen hoeveel procent besparing er gerealiseerd is op het verlichtingssysteem

## 9 COLOFON

KETENANALYSE LEDVERLICHTING  
CO<sub>2</sub>-PRESTATIELADDER

ORGANISATIE  
Croonwolter&dros

AUTEURS  
Benjamin van Olffen (Croonwolter&dros) en Marie Ernst (Arcadis)

DATUM  
05-10-2023

VRIJGEGEVEN DOOR

.....  
Isa Bours  
Manager QHSE  
Croonwolter&dros

**Croonwolter&dros B.V.**

Marten Meesweg 25  
3068 AV Rotterdam  
Nederland  
+31 (0)88 923 33 44

[www.croonwolterendros.nl](http://www.croonwolterendros.nl)