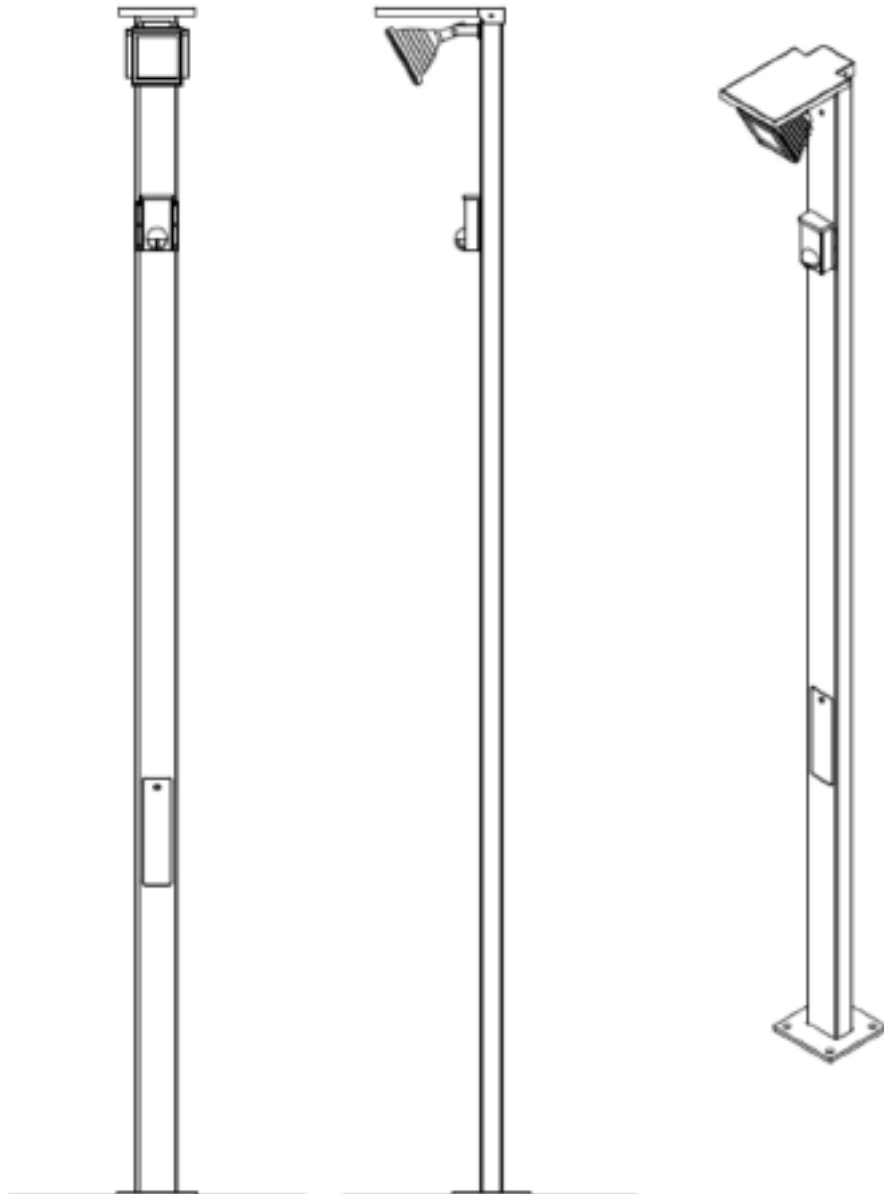


## Rapportage

### CO<sub>2eq</sub> vergelijking anti-suicide verlichting Autonoom vs Conventioneel



## Colofon Rapportage

### Onderzoeksgegevens

Naam onderzoek CO<sub>2</sub> eq. emissie vergelijking verlichting  
Soort onderzoek Cradle-to-grave CO<sub>2</sub> eq. emissie ketenanalyse van verlichting  
Projectnummer 414025.0  
Looptijd project Mei 2014

### Opdrachtgever

Organisatie Acon B.V.  
Contactpersoon M. van Thulden  
Adres Handelsweg 8  
Postcode en plaats 8152 BN Lemelerveld  
Telefoonnummer 0572-372378  
E-mail [martin@acon.nl](mailto:martin@acon.nl)

### Ingenieursbureau

Organisatie Search Consultancy B.V.  
Contactpersoon Gert-Jan Vroege  
Adres Petroleumhavenweg 8  
Postcode en plaats 1041 AC Amsterdam  
Telefoonnummer 020-5061616  
E-mail [consultancy@searchbv.nl](mailto:consultancy@searchbv.nl)

### Versie beheer

Nummer	Datum	Fase	Door
1.0	14 mei 2014	Concept	Martijn Weening
2.0	20 mei 2014	Concept	Martijn Weening
3.0	20 mei 2014	Controle	Gert-Jan Vroege

Opgesteld door Drs. Ing. Martijn Weening  
Controle Ir. Gert-Jan Vroege

# INHOUD

<b>INHOUD .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Inleiding.....</b>	<b>4</b>
1.1. Algemeen.....	4
1.2. Opdrachtformulering.....	4
1.3. Doelstelling van het onderzoek.....	4
1.4. Uitgangspunten.....	4
1.5. Functionele eenheid.....	4
1.6. Projectafbakening.....	4
<b>2. BESCHRIJVING product.....</b>	<b>7</b>
2.1. Conventioneel.....	7
2.2. Autonoom.....	7
<b>3. PROCESBESCHRIJVING.....</b>	<b>8</b>
3.1. Procesbomen.....	8
3.2. Procesbeschrijving conventioneel.....	10
3.3. Procesbeschrijving autonoom.....	12
<b>4. BEREKENING CO2EQ EMISSIES.....</b>	<b>14</b>
4.1. Totaaloverzicht.....	14
4.2. Berekening CO2eq conventioneel.....	15
4.3. Berekening CO2eq autonoom.....	17
<b>5. Conclusies en aanbevelingen.....</b>	<b>19</b>
5.1. Conclusies.....	19
5.2. Aanbevelingen.....	19
5.3. Vergelijking met inbegrip van lichtmasten.....	20
<b>6. Bronvermelding .....</b>	<b>21</b>

# 1. INLEIDING

## 1.1. Algemeen

Acon is momenteel bezig met een opdracht voor ProRail voor het plaatsen van anti-suïcide verlichting bij overwegen omgeving Eindhoven. Er is keuze uit twee opties, te weten:

- a) Het plaatsen van conventionele lichtmasten met bewegingssensoren (hierna: conventioneel).
- b) Het plaatsen van lichtmasten met bewegingssensoren die aangestuurd worden via zonne-energie (hierna: autonoom).

In dit document wordt een weergave gegeven van het verschil aan CO<sub>2</sub> eq. emissie voor de conventionele uitvoering en de uitvoering gevoed door PV panelen.

## 1.2. Opdrachtformulering

De opdracht is om een CO<sub>2</sub> eq. emissie ketenanalyse op te stellen voor de optie conventioneel en de optie autonoom en de uitkomst hiervan met elkaar te vergelijken.

## 1.3. Doelstelling van het onderzoek

Deze ketenanalyse geeft een weergave van het verschil tussen CO<sub>2</sub>eq emissie als gevolg van de keuze voor optie autonoom ten opzichte van optie conventioneel.

## 1.4. Uitgangspunten

Het gaat om de 'cradle-to-grave' emissie van de productiefase, transportfase, bouwfase, gebruiksfase en fase sloop & verwerking van de verlichting. De gehanteerde norm is NEN-EN15804, alle *product stages*. De uitkomst van de berekening betreft de GWP (Global Warming Potential). Of wel CO<sub>2</sub> eq. emissie.

## 1.5. Functionele eenheid

De opdracht is om het CO<sub>2</sub> eq. -emissie verschil te berekenen tussen de autonome en conventionele optie bij één overgang bij een dubbelspoor met vier lichtmasten, ieder voorzien van twee lampen.

## 1.6. Projectafbakening

Gezien de doelstelling van het onderzoek zijn alleen die onderdelen meegenomen die een emissie veroorzaken én verschillend zijn tussen de opties conventioneel en autonoom.

Voor beide opties zijn de volgende onderdelen identiek en vallen daartoe buiten het onderzoek:

- Lichtmasten en fundering lichtmasten;
- Armaturen;
- Bekabeling in masten;
- Schakelpaneel in masten;
- Lampen.

Conform opgave van de opdrachtgever vallen de volgende onderdelen binnen de scope van dit onderzoek:

#### **Productiefase conventioneel**

De productie van grondstoffen, het transport van de grondstoffen naar de fabrikant en de productie van het product:

- Schakelkast
- Fundering schakelkast
- Electriciteitskabel (hierna: kabel)

#### **Productiefase autonoom**

De productie van grondstoffen, het transport van de grondstoffen naar de fabrikant en de productie van het product:

- PV panelen (hierna: PV)
- Montageplaat PV panelen (hierna: montageplaat)
- Batterij

#### **Constructiefase conventioneel**

Transport van de leverancier naar de projectlocatie van:

- Personeel
- Kabel
- Schakelkast
- Fundering
- Kraan
- Boor

Activiteiten tijdens aanleggen lichtmasten:

- Gebruik kraan
- Gebruik boor

#### **Constructiefase autonoom**

Transport van de leverancier naar de projectlocatie van:

- Personeel
- PV panelen
- Montageplaat
- Batterij

#### **Gebruiksfase conventioneel**

Energieverbruik gedurende de levensduur door:

- Energieverbruik verlichting

#### **Gebruiksfase autonoom**

Energieverbruik gedurende de levensduur door:

- Onderhoud PV panelen
- Vervanging batterij

### **Sloop & verwerkingsfase conventioneel**

Energieverbruik als gevolg van de volgende activiteiten tijdens sloop & verwerking:

- Transport naar projectlocatie
- Energieverbruik tijdens sloop
- Transport naar verwerkingslocatie
- Verwerking van de materialen van:
  - Fundering
  - Kabel
  - Schakelkast

### **Sloop & verwerkingsfase autonoom**

Energieverbruik als gevolg van de volgende activiteiten tijdens sloop & verwerking:

- Transport naar projectlocatie
- Energieverbruik tijdens sloop
- Transport naar verwerkingslocatie
- Verwerking van de materialen van:
  - PV panelen
  - Batterij

## 2. BESCHRIJVING PRODUCT

Voor deze ketenanalyses zijn twee lichtmast systemen geanalyseerd en vergeleken. Hierbij zijn alleen die onderdelen meegenomen die verschillende emissie (kunnen) veroorzaken als gevolg van de twee opties.

Voor de producten zijn de volgende gegevens als uitgangspunt gehanteerd:

### 2.1. Conventioneel

#### Kabel

Type: YmvKas 3x4mm<sup>2</sup>  
Lengte: 200 m

#### Verdeelkast

Specificatie: OVS00211

#### Fundering verdeelkast

Materiaal: Beton  
Gewicht: 600 kg

### 2.2. Autonoom

#### PV panelen

Type: Polycrystalline PV 50W 21V

#### Houder PV panelen

Materiaal: RVS  
Gewicht: 1,5 kg

#### Batterij

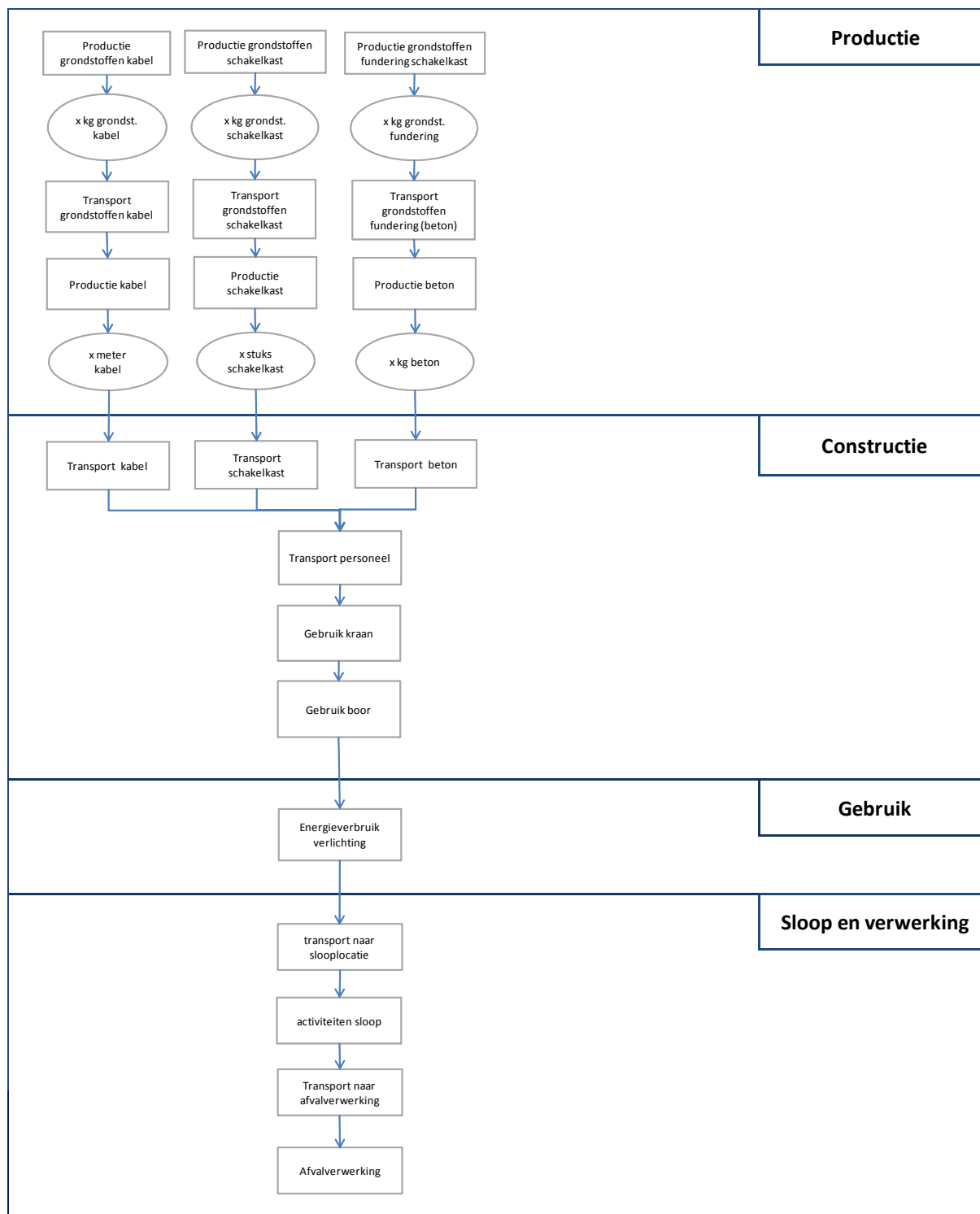
Type: 1 li-Po batterij HT  
Capaciteit: 10.000 mA

### 3. PROCESBESCHRIJVING

In dit hoofdstuk zijn de processen beschreven. Direct bij het proces staan de gehanteerde hoeveelheden vermeld.

#### 3.1. Procesbomen

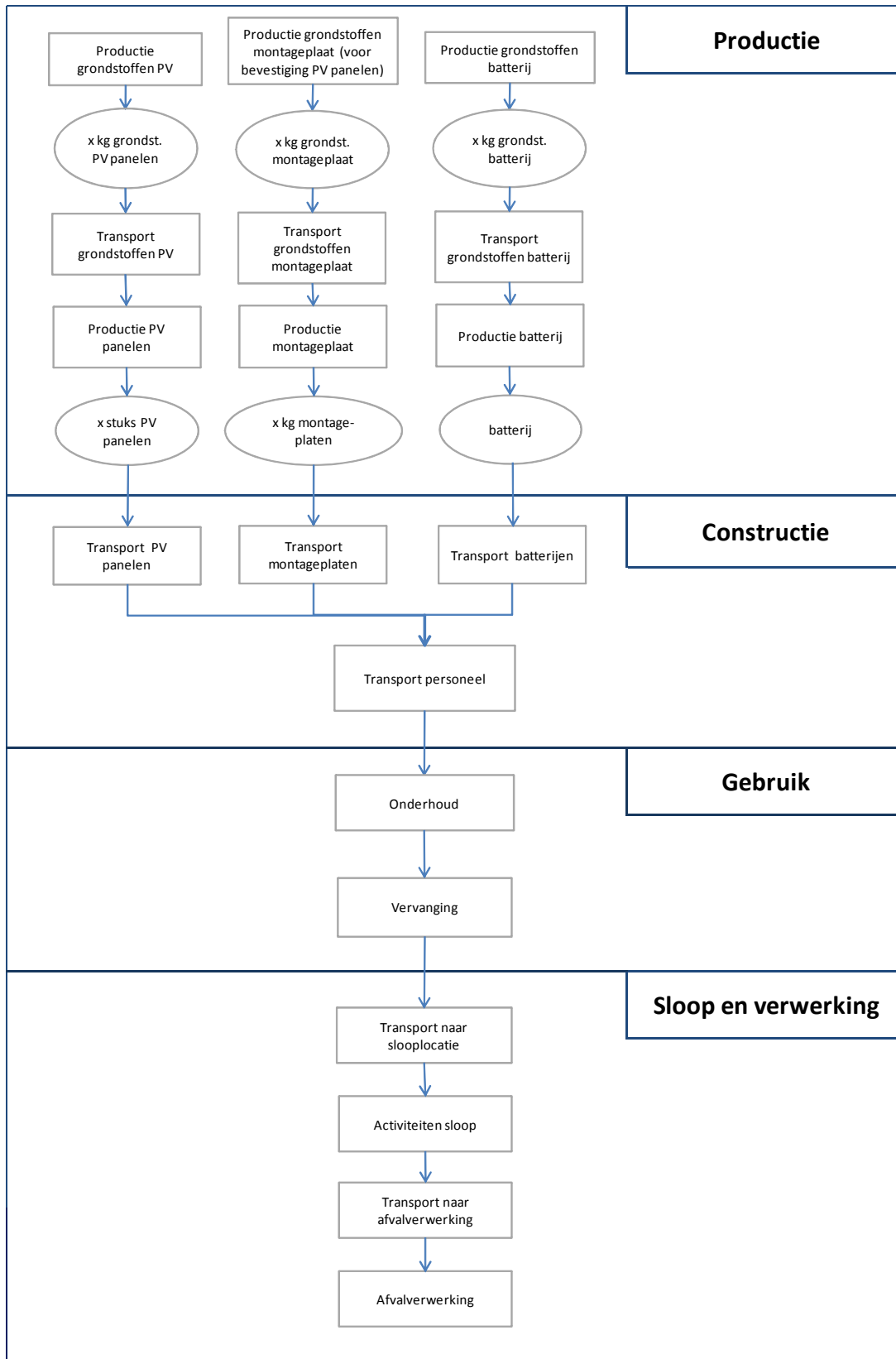
In figuur 2 staat de procesboom van de optie conventioneel weergegeven:



Figuur 1 Procesboom optie conventioneel



In figuur 3 staat de procesboom van de optie autonoom weergegeven:



Figuur 2 Procesboom optie autonoom

## 3.2. Procesbeschrijving conventioneel

### Productiefase conventioneel

In de berekening wordt gebruikgemaakt van conversiefactoren uit de Nationale Milieudatabase (NMD). Daartoe zijn de ketens binnen het proces 'productie' niet uitgewerkt. De afzonderlijke processen (productie grondstoffen, transport en productie halffabrikaat) zijn reeds meegenomen in de conversiefactoren van de NMD.

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de verschillende onderdelen van de producten.

Product	Onderdeel	Materiaal	Eenheid	Gewicht / Eenheid	Aantal	Totaal gewicht (kg)	Bron
Kabel	Geleider	Koper	meter	0,132	200	26	opgave leverancier Eupen
	Isolatie	Polyethyleen	meter	0,018	200	4	opgave leverancier Eupen
	Binnen en buitenmantel	PVC	meter	0,184	200	37	opgave leverancier Eupen
	Omvlechting	Verzinkt staal	meter	0,068	200	14	opgave leverancier Eupen
Schakelkast	Buitenzijde	Polyethyleen	stuks	30	1	30	opgave Acon
	Electra	Koper	stuks	1	1	1	Inschatting Search
fundering		Beton	stuks	600	1	600	opgave Acon

Tabel 1 Overzicht productiefase optie conventioneel

### Constructiefase conventioneel

Voor het transport is gerekend met een retourafstand van 200 km. De materialen en de kraan worden door het uitvoerend personeel van Acon in één transport meegenomen. De boor wordt door een onderaannemer aangeleverd en bediend. Het dieselverbruik van de boor is door de onderaannemer in de praktijk gemeten, het dieselverbruik van de kraan is een inschatting van een verhuurmaatschappij van dergelijk type kranen.

Onderdeel	Afstand retour	Type vervoersmiddel	Bron
Personeel, materiaal en kraan	200	bus met aanhanger	Acon
Transport boor	200	bus met aanhanger	Acon

Tabel 2 Overzicht constructiefase optie conventioneel (1)

Werkzaamheden	Tijd per project (uur)	Verbruik diesel per uur (l/uur)	Totaal diesel (l)	Bron
Gebruik kraan	8	15	40	De Boer Burgum
Gebruik boor	4	8,4	34	Moll Gestuurde Boringen B.V.

Tabel 3 Overzicht constructiefase optie conventioneel (2)

### Gebruiksphase conventioneel

Het verbruik van de verlichting is gebaseerd op een inschatting van Acon. Hierbij is de aanname gedaan dat de verlichting iedere nacht 10 minuten aan staan.

Het energieverbruik door de verwarming in de verdeelkast is gebaseerd op het gemiddeld aantal vorstdagen (dagen met een minimum temperatuur onder nul graden) te vermenigvuldigen met 12 uur per dag (inschatting) en het aantal ijsdagen per jaar (dagen met een minimum temperatuur onder nul graden) te vermenigvuldigen met 24 uur. Het aantal ijsdagen en vorstdagen kan per jaar erg verschillen.

Onderdeel	Vermogen per lamp (Kw)	Aantal lampen	Tijd gebruik per nacht (uur)	Aantal nachten	Aantal jaar	Totaalverbruik (Kwh)	Bron
Verbruik lampen	0,15	8	0,17	365	10	745	Acon

Tabel 4 Overzicht gebruiksfase optie conventioneel (1)

Onderdeel	Vermogen (Kw)	Gem. aantal vorstdagen per jaar	Gem. aantal ijsdagen per jaar	Gem. aantal vorsturen per jaar	Tijd aan per vorstuur	Aantal jaar	Totaalverbruik (Kwh)	Bron
Verwarming verdeelkast	0,2	50	9	816	0,5	10	816	knmi

Tabel 5 Overzicht gebruiksfase optie conventioneel (2)

### Sloop en verwerkingsfase conventioneel

Voor de sloop en verwerkingsfase zijn de forfaitaire waarden aangehouden uit de NEN 8006:2004<sup>1</sup> vwb verwerkingsmethode en transportafstand. In de praktijk kan dit afwijken als gevolg van afspraken met afvalverwerkers.

Onderdeel	Materiaal	Manier van verwerken	Afstand	Gewicht (kg)	Bron
Schakelkast	kunststof	20% stort 80% verbranding	50 km stort 100 km verbranding	30	NEN 8006:2004
Schakelkast	koper	85% recycling 5% verbranding 10% stort	100 km recycling 50 km stort 100 km verbranding	1	NEN 8006:2004

Tabel 6 Overzicht sloop en verwerkingsfase optie conventioneel

<sup>1</sup> De NEN8006 is vervallen, echter heeft als enige nog bruikbare forfaitaire waarden

### 3.3. Procesbeschrijving autonoom

#### Productiefase autonoom

De gewichten van de PV panelen is niet meegenomen in de vergelijking. De CO<sub>2</sub>eq emissie veroorzaakt door de productie van deze panelen is bepaald uit een Cradle-to-Grave LCA van ECN. Hierbij is een gemiddelde aangehouden voor dit type panelen.

Het gewicht van de accu is een inschatting door Search op basis van vergelijkbare accus op internet. Deze is vermenigvuldigd met 10/7 aangezien de accu na 7 jaar vervangen zal worden.

Het gewicht van de houder is bepaald door de leverancier.

Product	Materiaal	Gewicht per stuk (kg)	Aantal	Vervanging tijdens levensduur	Totaal Gewicht (kg)	Bron
PV panelen	Polycrystalline	niet relevant	4	nvt	niet relevant	Voest Alpine (type)
Batterij	Lithium-Salt, polyethylene oxide or polyacrylonitrile a.o.	0,5	4	na 7 jaar	3	Voest Alpine (type) Inschatting Conrad (gewicht)
Houder panelen	RVS	1,5	4	nvt	6	Voest Alpine

Tabel 7 Overzicht productiefase optie autonoom

#### Constructiefase autonoom

Voor het aanleggen van de verlichting bij de optie autonoom hoeft niet gegraven of geboord te worden. De enige emissiebron komt door het transport van het personeel en materiaal. Omdat het aanleggen van dit type verlichting t.o.v. optie conventioneel een stuk sneller zal gaan is ervan uitgegaan dat er minimaal twee projecten per dag gedaan kunnen worden. In de praktijk zal dit vermoedelijk nog meer zijn.

Onderdeel	Afstand retour (km)	Projecten per dag	Afstand per project	Type vervoersmiddel	Bron
Personeel en materiaal	200	2	100	Transportbus	Acon

Tabel 8 Tabel 7 Overzicht constructiefase optie autonoom

#### Gebruiksfase autonoom

Aangezien de verlichting bij deze optie zelfvoorzienend is zal door het gebruik van de verlichting geen CO<sub>2</sub>eq emissie ontstaan. De PV panelen dienen echter wel jaarlijks onderhouden (schoongemaakt) te worden en gedurende de levensduur van 10 jaar zal de batterij eenmalig vervangen worden. De aanname is dat er op één dag 10 kruispunten aangedaan zullen worden om de PV panelen schoon te maken. Ter afstand voor één dag is bepaald op 300 i.p.v. 200 km aangezien de kruispunten op enige afstand van elkaar liggen.

Onderdeel	Afstand retour (km)	Aantal kruispunten per dag	Aantal keer per 10 jaar	Type vervoersmiddel	Totale afstand (km)	Bron
Schoonmaken PV panelen	300	10	10	Transportbus	300	Voestalpine
Vervangen batterij	300	10	1	Transportbus	30	Voestalpine

Tabel 9 Overzicht gebruiksfase optie autonoom

### Sloop en verwerkingsfase autonoom

De CO<sub>2</sub>eq emissie ten gevolge van de sloop en verwerking van de PV panelen is reeds meegenomen in de omrekeningsfactor in de productiefase. Voor de verwerking van de accu is de omrekeningsfactor aangehouden van het recyclen van plastic. Deze omrekeningsfactor kan in de praktijk verschillen, betere informatie was echter niet voorhanden. De leverancier heeft wel verklaart dat alle onderdelen ter recycling worden aangeboden.

Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Omrekeningsfactor (kg CO <sub>2</sub> eq / eenheid)	Bron omrekeningsfactor	Referentie	CO <sub>2</sub> emissie (kg CO <sub>2</sub> eq)
recycling Batterij	3	kg	0,825	NMD	SBK Recycling plastics (150km)	2,4
recycling houder	6	kg	-0,268	NMD	SBK 023-3 recycling metalen (via restmateriaal)	-1,6
<b>Totaal</b>						<b>0,7</b>

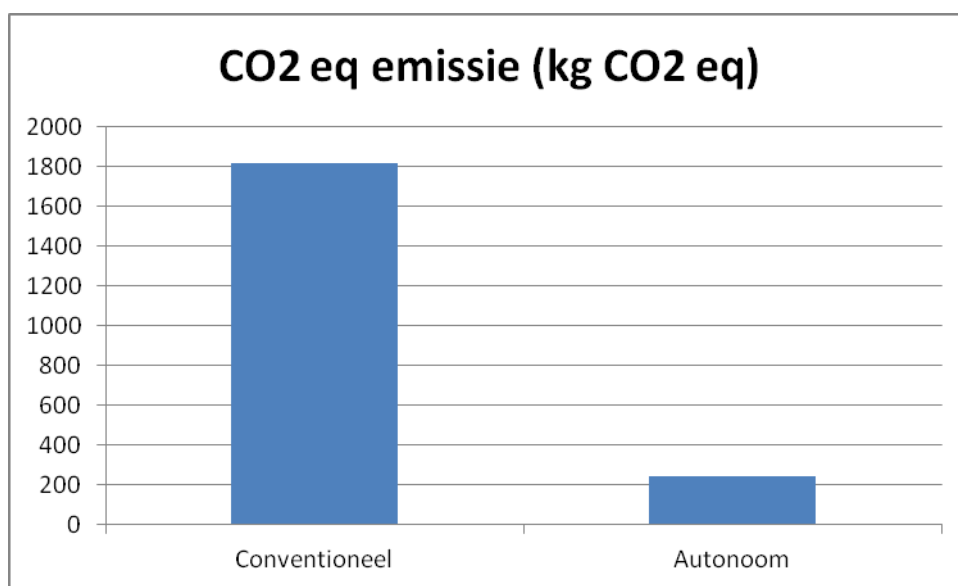
Tabel 10 Overzicht sloop en verwerkingsfase optie autonoom

## 4. BEREKENING CO2EQ EMISSIES

In dit hoofdstuk staan de berekeningen van de CO<sub>2</sub>eq emissies. De berekeningen zijn per fase in tabellen weergegeven. Deze vergelijking gaat alleen over die onderdelen die voor beide opties verschillend zijn. Armaturen en masten zijn niet meegenomen in de vergelijking.

### 4.1. Totaaloverzicht

Het verschil in CO<sub>2</sub>eq emissie tussen de optie conventioneel en autonoom voor een periode van 10 jaar bedraagt 1.570 kg CO<sub>2</sub>eq in het voordeel van de optie autonoom. Dit wordt weergegeven in figuur 3.



Figuur 3 CO<sub>2</sub> eq emissie autonoom vs conventioneel

### Totale CO<sub>2</sub>eq emissie productiefase conventioneel

De totale CO<sub>2</sub>eq emissie als gevolg van de Cradle-to-Grave levenscyclus voor de optie conventioneel bedraagt 1.815 kg CO<sub>2</sub>eq. Het grootste deel hiervan wordt veroorzaakt binnen de gebruiksfase (61%).

Procesfase	CO <sub>2</sub> emissie (kg CO <sub>2</sub> eq)	Percentage t.o.v. totaal conventioneel
Productie	271	15%
Constructie	340	19%
Gebruik	1113	61%
Sloop & verwerking	92	5%
<b>Totaal conventioneel</b>	<b>1815</b>	<b>100%</b>

Tabel 11 Totaaloverzicht CO<sub>2</sub>eq emissie conventioneel

### Totale CO2eq emissie productiefase autonoom

De totale CO2eq emissie als gevolg van de Cradle-to-Grave levenscyclus voor de optie autonoom bedraagt 245 kg CO2eq. Ook bij deze optie wordt grootste emissie veroorzaakt binnen de gebruiksfase (46%).

Procesfase	CO2 emissie (kg CO2 eq)	Percentage t.o.v. totaal autonoom
Productie	98	40%
Constructie	34	14%
Gebruik	112	46%
Sloop & verwerking	1	0,3%
<b>Totaal autonoom</b>	<b>245</b>	<b>100%</b>

Tabel 12 Totaaloverzicht CO2eq emissie conventioneel

## 4.2. Berekening CO2eq conventioneel

### CO2eq emissie productiefase conventioneel

De CO<sub>2</sub> eq. emissie ten gevolge van de productie van de benodigde materialen is weergegeven in tabel 13.

Product	Onderdeel	Materiaal	Gewicht (kg)	Omrekenings-factor (kg CO2eq/kg)	Bron omrekenings-factor	Referentie	CO2 emissie (kg CO2 eq)
Kabel	Geleider	Koper	26	1,73	NMD	SBK koper	45,7
	Isolatie	PE	4	1,47	NMD	SBK 196 Polyetheen, HDPE	5,3
	Omvlechting	Staal	37	2,62	NMD	SBK Staal (verzinkt)	96,4
	Buiten en buitenmantel	PVC	14	3,33	NMD	SBK PVC (gemiddeld)	45,3
Schakelkast	Buitenzijde	PE	30	1,47	NMD	SBK 196 Polyetheen, HDPE	44,1
	Electra	Koper	1	1,73	NMD	SBK koper	1,7
fundering		beton	600	0,054	NMD	SBK Betonmortel B35 (CEMIII)	32,4
<b>Totaal</b>							<b>270,9</b>

Tabel 13 CO2eq emissie productiefase conventioneel

### CO2eq emissie constructiefase conventioneel

De CO2eq emissie ten gevolge van constructie van de verlichting is weergegeven in tabel 14.

Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Omrekeningsfactor (kg CO2 eq/ eenheid)	Bron omrekenings-factor	Referentie	CO2 emissie (kg CO2 eq)
Transport personeel, materiaal en kraan	200	km	0,287	EcoInvent	Operation, van < 3,5t/RER S	57,4
Transport boor	200	km	0,287	EcoInvent	Operation, van < 3,5t/RER S	57,4
Gebruik kraan	40	liter	3,06	NDM	SBK diesel, gebruik, gemiddeld GWW	122,4
Gebruik boor	33,6	liter	3,06	NDM	SBK diesel, gebruik, gemiddeld GWW	102,8
<b>Totaal</b>						<b>340,0</b>

Tabel 14 CO2eq emissie constructiefase conventioneel

### CO2eq emissie gebruiksfase conventioneel

De CO2 eq. emissie ten gevolge van het gebruik van de verlichting op de locatie is weergegeven in tabel 15.

Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Omrekeningsfactor (kg CO2eq / eenheid)	Bron omrekenings-factor	Referentie	CO2 emissie (kg CO2 eq)
Verbruik lampen	745	Kwh	0,713	NMD	SBK elektriciteit, gemiddeld	530,9
Verbruik verwarming verdeelkast	816	Kwh	0,713	NMD	SBK elektriciteit, gemiddeld	581,8
<b>Totaal</b>						<b>1112,7</b>

Tabel 15 CO2eq emissie gebruiksfase conventioneel

### CO2eq emissie sloop en verwerkingsfase autonoom

De CO2eq. emissie ten gevolge van de sloop en verwerkingsfase is weergegeven in tabel 16.

Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Omrekeningsfactor (kg CO2eq / eenheid)	Bron omrekenings-factor	Referentie	CO2 emissie (kg CO2 eq)
Transport montageploeg	200	km	0,339	EcoInvent	Operation, van < 3,5t/CH S	67,8
Verwerking kunststof schakelkast	30	kg	0,79	NDM	SBK Stort plastics SBK Verbranding plastics	23,7
Verwerking koper schakelkast	1	kg	0,04	NDM	SBK 019-3 recycling koper (o.a. platen, leidingen) SBK 019-1 stort koper (o.a. profielen, platen, leidingen) SBK Verbranden overig (100km)	0,04
<b>Totaal</b>						<b>91,5</b>

Tabel 16 CO2eq emissie sloop en verwerkingsfase conventioneel



### 4.3. Berekening CO2eq autonoom

#### CO2eq emissie productiefase autonoom

De CO<sub>2</sub> eq. emissie ten gevolge van de productie van de benodigde materialen is weergegeven in tabel 17 en 18. In de CO<sub>2</sub> emissie als gevolg van de productie van de PV panelen is de sloop en verwerking ook meegenomen.

Product	CO2eq emissie (kg CO <sub>2</sub> / Kwh)	kWh productie tijdens levensduur (10 jaar)	Bron omrekenings-factor	CO2 emissie (kg CO <sub>2</sub> eq)
PV panelen	0,030	745	o.a. ECN	22,3

Tabel 17 CO2eq emissie productiefase autonoom (1)

Product	Gewicht (kg)	Omrekenings-factor (kg CO2eq/kg)	Bron omrekenings-factor	Referentie	CO2 emissie (kg CO <sub>2</sub> eq)
Batterij	3	17,50	EcoInvent	SBK 312 NiMH accu	50,0
Houder	6	4,36	NMD	SBK 248 Staal, RVS	26,2
<b>Totaal</b>					<b>76,2</b>

Tabel 18 CO2eq emissie productiefase autonoom (2)

#### CO2eq emissie constructiefase autonoom

De CO<sub>2</sub>eq. emissie ten gevolge van het gebruik van de verlichting op de locatie is weergegeven in tabel 19.

Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Omrekeningsfactor (kg CO <sub>2</sub> eq / eenheid)	Bron omrekenings-factor	Referentie	CO2 emissie (kg CO <sub>2</sub> eq)
Transport personeel en materiaal	100	km	0,339	Ecoinvent	Operation, van < 3,5t/CH S	33,9

Tabel 19 CO2eq emissie constructiefase autonoom

#### CO<sub>2</sub> emissie gebruiksfase autonoom

De CO<sub>2</sub>eq. emissie ten gevolge van het gebruik van de verlichting op de locatie is weergegeven in tabel 20.

Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Omrekeningsfactor (kg CO2eq / eenheid)	Bron omrekenings-factor	Referentie	CO2 emissie (kg CO <sub>2</sub> eq)
Schoonmaken PV panelen	300	km	0,339	NDM	Operation, van < 3,5t/CH S	101,7
Vervangen batterij	30	km	0,339	NDM	Operation, van < 3,5t/CH S	10,2
<b>Totaal</b>						<b>111,9</b>

Tabel 20 CO2eq emissie gebruiksfase autonoom

### CO<sub>2</sub>eq emissie sloop en verwerkingsfase autonoom

De CO<sub>2</sub> eq. emissie ten gevolge van de sloop en verwerkingsfase is weergegeven in tabel 21.

Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Omrekenings factor (kg CO <sub>2</sub> eq / eenheid)	Bron omrekenings-factor	Referentie	CO <sub>2</sub> emissie (kg CO <sub>2</sub> eq)
recycling PV panelen	24	kg	reeds meegenomen in fase productie	ECD	nvt	nvt
recycling Batterij	3	kg	0,825	NMD	SBK Recycling plastics (150km)	2,4
recycling houder	6	kg	-0,268	NMD	SBK 023-3 recycling metalen (via restmateriaal)	-1,6
<b>Totaal</b>						<b>0,7</b>

Tabel 21 CO<sub>2</sub>eq emissie sloop en verwerkingsfase autonoom

## 5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 5.1. Conclusies

Het verschil in CO<sub>2</sub>eq emissie tussen de optie conventioneel en autonoom bedraagt 1.570 kg CO<sub>2</sub>eq in het voordeel van de optie autonoom

De CO<sub>2</sub>eq. emissie van optie conventioneel bedraagt 1815 kg CO<sub>2</sub>eq.

De belangrijkste emissiebronnen binnen de optie conventioneel zijn:

- Energieverbruik verdeelkast 32%
- Energieverbruik verlichting 29%
- Gebruik kraan 7%
- Gebruik boor 6%

De CO<sub>2</sub>eq. emissie van optie autonoom bedraagt 245 kg CO<sub>2</sub>eq.

De belangrijkste emissiebronnen binnen de optie autonoom zijn:

- Schoonmaken PV 42%
- Productie batterij 20%
- Transport personeel en materiaal (constructie) 14%
- Productie houder 11%

### 5.2. Aanbevelingen

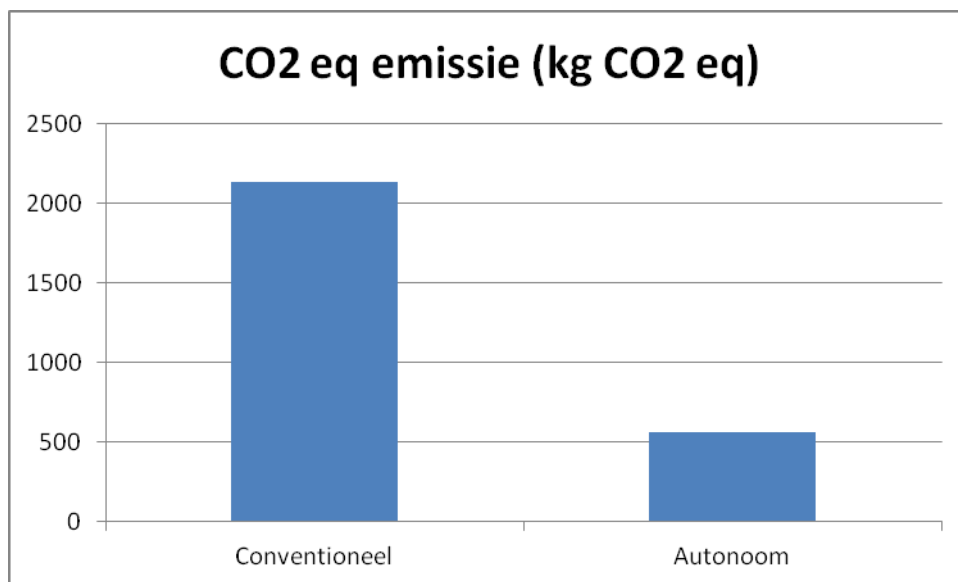
Gezien de uitkomst van het onderzoek is uit emissie oogpunt aan te bevelen om te kiezen voor de optie autonoom. Binnen deze optie is het wel van belang om het onderhoud van de masten zo effectief mogelijk in te richten aangezien deze de grootste emissie veroorzaken.

### 5.3. Vergelijking met inbegrip van lichtmasten

In dit onderzoek is de CO<sub>2</sub>eq emissie als gevolg van de productie, transport en verwerking van de masten niet meegenomen. Dit heeft tot gevolg dat de uitkomst van deze vergelijking alleen iets zegt over de absolute besparing van de hoeveelheid CO<sub>2</sub>eq indien gekozen wordt voor de optie autonoom. Niet over de relatieve besparing van de twee opties ten opzichte van elkaar. Een indicatie hiervan kan gegeven worden door gebruik te maken van een eerder onderzoek (Search Consultancy, 2013) waar de CO<sub>2</sub>eq emissie berekend is van een stalen lichtmast met een lichtpunthoogte van 6 meter (Cradle-to-Grave). Deze emissie bedroeg ongeveer 80 kg CO<sub>2</sub>eq per lichtmast. Dit is exclusief armaturen, aangenomen mag worden dat deze een relatief kleine bijdrage zullen leveren aan de emissie.

Hieruit valt op te maken dat de keuze van de optie autonoom ook relatief een grote besparing oplevert (autonoom 26% t.o.v. conventioneel).

Deze uitkomst wordt weergegeven in figuur 4.



Figuur 4 CO<sub>2</sub> eq emissie autonoom vs conventioneel inclusief de lichtmasten

## 6. BRONVERMELDING

- Verstrekte gegevens:
  - Acon
  - Leverancier voestalpine
  - Moll Gestuurde Boringen
  - ECN
  - Leverancier Eupen
  - De Boer Burgum
- ProRail (2012), Ontwerpvoorschrift, Verlichting langs de baan ten behoeve van suicidebestrijding, OVS00211, 1-08-2012
- SBK Nationale Milieu Database versie 1.5
- EcoInvent Database versie 3.0
- Search Consultancy (2013), LCA Conische Stalen Lichtmasten, 2-12-2013