

## **Groen licht voor Led2-lampen**

Onderzoek naar het milieueffect  
van het gebruik van Led2-lampen  
in scheepvaart- en verkeer-  
regelininstallaties

### **Eindrapport**

Delft, december 2007

Opgesteld door: G.J. (Gerdien) van de Vreede  
H.J. (Harry) Croezen  
M.N. (Maartje) Sevenster



# Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

G.J. (Gerdien) van de Vreede, H.J. (Harry) Croezen, M.N. (Maartje) Sevenster  
Groen licht voor Led2-lampen  
Onderzoek naar het milieueffect van het gebruik van Led2-lampen in scheep-  
vaart- en verkeerregelinstanties  
Delft, CE, 2007

Verlichting / Verkeer / Lampen / Milieu / Effecten  
VT: LED

Publicatienummer: 07.3518.41

Alle CE-publicaties zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Opdrachtgever Bouwdienst RWS, afdeling SWI  
Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider  
Maartje Sevenster.

© copyright, CE, Delft

## **CE Delft**

### **Oplossingen voor milieu, economie en technologie**

CE Delft is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: [www.ce.nl](http://www.ce.nl).

Dit rapport is gedrukt op 100% kringlooppapier.

# Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	3
2 Onderzoeksopzet	5
2.1 Toegepaste methodiek	5
2.2 Beschouwde milieuthema's	6
2.3 Achtergrondgegevens	6
3 Levenscyclusanalyse	7
3.1 Grondstoffase	7
3.2 Gebruiksfase	8
3.3 Afvalfase	9
3.4 Totale milieubelasting	11
3.5 Overige voordelen van het gebruik van Led2-lampen	14
4 Conclusies	17
5 Literatuur	19
A Milieubelasting van grondstoffen en energie	23



# Samenvatting

In opdracht van het Programmabureau Energiebesparing van Rijkswaterstaat is onderzocht wat het voordeel is van het gebruik van Led2-lampen voor verkeerslichten en scheepvaartseinen in plaats van gloeilampen. Om het milieueffect van de lampen eerlijk te vergelijken, moet niet alleen naar de gebruiksfase worden gekeken, maar naar de hele levenscyclus van de lampen: de grondstoffen, de productie, het gebruik, en uiteindelijk de verwerking als afval.

Over een levensduur van 10 jaar beschouwd scoort de Led2-lamp op alle beschouwde milieuthema's beter dan de gloeilamp. In de grondstoffase veroorzaakt een Led2-lamp weliswaar wat meer milieubelasting dan een gloeilamp (met name als gevolg van de printplaat in de lamp), in de gebruiksfase wordt dit ruimschoots gecompenseerd. Daardoor is de milieubelasting van een Led2-lamp over de hele levensduur beschouwd lager dan van een gloeilamp. De analyse geeft aan dat op basis van de beschikbare informatie kan worden geconcludeerd de besparingen in de gebruiksfase ruimschoots opwegen tegen de wat hogere milieubelasting in de productieketens van ABS, PC en printplaat.

Afgezien van het milieuvoordeel heeft een Led2-lamp ook een betere zichtbaarheid, een grotere betrouwbaarheid en een langere levensduur, waardoor de onderhoudskosten lager zijn.

Op basis hiervan kan gesteld worden dat het gebruik van een Led2-lamp de voorkeur heeft boven het gebruik van een gloeilampen (waaronder de krypton- en halogeenlampen) .

Figuur 1 Dwarsdoorsnede Led2-lamp (de rode lens is niet noodzakelijk: de Led2-lamp geeft de gewenste kleur licht)



# 1 Inleiding

Bij Rijkswaterstaat (RWS) is er veel aandacht voor het reduceren van het energieverbruik door seinen, des te meer omdat alternatieven voor de gloeilamp minder onderhoud en vervanging vragen. Op dit moment zijn er verschillende verlichtingssystemen in gebruik in de Nederlandse scheepvaart- en verkeersregelinstanties. Zo is er de gloeilamp (waaronder de kryptonlamp en de halogeenlamp), en de Led2-lamp. Deze systemen verschillen van elkaar op het gebied van o.a. energieverbruik, aanschafkosten, onderhoudskosten en lichtsterkte.

De nieuwste Led2-lampen verbruiken minder stroom dan de andere verlichtingssystemen, hebben de juiste lichtsterkte in de kijkrichting en zijn betrouwbaarder dan de andere systemen (zie ook [www.Led2.org](http://www.Led2.org)). Uit de studie van CE Delft van mei 2006 'Verlichting vergeleken' kwam al naar voren dat led-lampen voor toepassingen in het huishouden duidelijk milieuvriendelijker zijn dan gloeilampen en spaarlampen. Op basis van die conclusie wil de Bouwdienst RWS, afdeling SWI laten onderzoeken wat het voordeel is van het gebruik van Led2-lampen voor verkeerslichten en scheepvaartseinen in plaats van gloeilampen, de 'oerversie' van het verkeerslicht.

Figuur 2 Led2-verkeerslichten



Het feit dat Led2-lampen een lager energieverbruik hebben en een langere levensduur dan gloeilampen betekent in elk geval dat Led2-lampen in het gebruik een lagere milieubelasting opleveren dan gloeilampen. Maar om het milieueffect van de lampen eerlijk te vergelijken, moet niet alleen naar de gebruiksfase

worden gekeken, maar naar de hele levenscyclus van de lampen: de grondstoffen, de productie, het gebruik, en uiteindelijk de verwerking als afval. Rijkswaterstaat heeft CE Delft gevraagd zo'n levenscyclusanalyse (LCA) uit te voeren. De resultaten van dit onderzoek worden in dit rapport beschreven.





## 2 Onderzoeksopzet

### 2.1 Toegepaste methodiek

In een levenscyclusanalyse (LCA) wordt de milieubelasting van een product van wieg tot graf in kaart gebracht.

De milieubelasting 'van wieg tot graf' omvat in principe:

- grondstoffase: de aan de productie van de in de Led2-lamp en alternatieve lichtbronnen verwerkte materialen gerelateerde milieubelasting;
- productiefase: de aan de productie van de Led2-lamp en alternatieve lichtbronnen gerelateerde milieubelasting;
- gebruiksfase: de milieubelasting gerelateerd aan het tijdens gebruik opgenomen elektrische vermogen;
- afvalfase: de aan de afdanking en verwijdering als afval gerelateerde milieubelasting.

De in deze studie beschreven LCA is uitgevoerd als een scan. Er is een onderbouwde schatting gemaakt van de belangrijkste bijdragen aan de milieubelasting in de levensloop van de lamp. In een volledige LCA zou tot in detail elk effect en elk onderdeel van de lamp worden beschouwd - ook wanneer dit weinig toevoegt aan de totale milieubelasting gedurende de levensloop. In deze studie zijn de grondstoffase, de gebruiksfase en de afvalfase van de twee lichtbronnen in de 'wieg tot graf' analyse beschouwd. Voor de productiefase - de 'bouw' van de lampen en daarin gebruikte onderdelen - blijkt ook in SimaPro geen informatie voorhanden te zijn<sup>1</sup>.

Omdat we geïnteresseerd zijn in de vraag of de Led2-lamp over de totale levensduur beter presteert dan de 100 W gloeilamp die oorspronkelijk gebruikt werd, zullen we voor zowel de Led2-lamp als voor de gloeilamp de milieubelasting van wieg tot graf moeten bepalen: alleen op die manier is het mogelijk om de twee typen lampen zinnig te vergelijken. Hierbij moet er uiteraard rekening mee worden gehouden dat een Led2-lamp een veel langere levensduur heeft dan een 100 W gloeilamp. Een Led2-lamp heeft een levensduur van 10 jaar, terwijl een gloeilamp ongeveer een half jaar meegaat. Een enkele Led2-lamp vervangt over zijn hele levensduur dus eigenlijk 20 gloeilampen.

---

<sup>1</sup> Omdat het energieverbruik tijdens de gebruiksfase over het algemeen ordegrottes hoger is dan het energieverbruik tijdens de productie, is het onwaarschijnlijk dat eventuele verschillen in energieverbruik in de productiefase over de hele levensduur beschouwd een significant effect hebben.

## 2.2 Beschouwde milieuthema's

Emissies en andere vormen van milieubelasting zijn middels zogenaamde karakterisatiefactoren te vertalen in bijdragen aan milieuthema's. Een milieuthema is een bepaald milieuprobleem, zoals aantasting van de ozonlaag of klimaatverandering.

In deze studie zijn de in Tabel 1 gegeven milieuthema's beschouwd. Deze set milieuthema's omvat alle belangrijke milieuproblemen die spelen op een 'super-lokaal' niveau of die worden veroorzaakt door emissies met een aanzienlijk verspreidingsgebied. Andere milieuproblemen als geluid, geur en verdroging zijn vaak zeer lokaal omdat ze sterk afhankelijk zijn van zeer lokale emissies en/of zijn gerelateerd aan lokale landschapsaspecten, bebouwing, etc. Dergelijke sterk lokaal gerelateerde problemen zijn in een LCA niet te beschouwen.

Tabel 1 Beschouwde milieuthema's

Milieuthema	Eenheid
<i>(Effectgericht)</i>	
Abiotische uitputting	kg Sb eq.
Broeikaseneffect	kg CO <sub>2</sub> -eq.
Ozonlaag aantasting	kg CFK-11 eq.
Humane toxiciteit	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.
Ecotoxiciteit zoet water	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.
Ecotoxiciteit zout water	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.
Ecotoxiciteit teraestrial	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.
Smogvorming	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (etheen-eq.)
Verzuring	kg SO <sub>2</sub> -eq.
Vermesting	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq.

## 2.3 Achtergrondgegevens

Voor het bepalen van de milieubelasting gerelateerd aan de productie van de in drie lichtbronnen verwerkte materialen is zoveel mogelijk gegevens uit het LCA-database programma SimaPro, versie 7.1 gehanteerd. SimaPro is een database waarin gegevens van door gerenommeerde instituten uitgevoerde en openbaar beschikbare LCA's zijn opgenomen. SimaPro wordt algemeen gezien als een toonaangevende bron van LCA-informatie.

De gebruikte achtergrondgegevens zijn opgenomen in bijlage A. De daar gepresenteerde informatie bestaat uit de bijdragen per eenheid materiaal of energie aan de in deze studie beschouwde milieuthema's.



### 3 Levenscyclusanalyse

In dit hoofdstuk wordt de levenscyclusanalyse (LCA) die in deze studie is uitgevoerd besproken. Achtereenvolgens komen de grondstoffase, de gebruiksfase en de afvalfase aan bod. Daarna wordt gekeken wat het netto resultaat is van de milieubelasting die de lampen in de verschillende levensfasen veroorzaken. Ten slotte worden een aantal voordelen van Led2-lampen besproken die buiten de LCA vallen, maar wel relevant zijn om een goed beeld te krijgen van de prestaties van een Led2-lamp t.o.v. een gloeilamp.

#### 3.1 Grondstoffase

In Tabel 2 is weergegeven uit welke materialen een gloeilamp, de bijbehorende lens en reflector (200 en 300 mm) en twee verschillende types Led2-lamp (210 mm en 300 mm) bestaan. Omdat de Led2-lamp van 300 mm wat meer materiaal bevat dan de Led2-lamp van 210 mm, wordt de milieubelasting van beide lampen apart berekend. In bijlage A is aangegeven wat de milieubelasting op de verschillende thema's per kg grondstof is. Dit levert een milieubelasting per lamp op zoals weergegeven in Tabel 3. Het is duidelijk dat de Led2-lampen in de grondstoffase op de meeste thema's een wat hogere milieubelasting hebben dan de gloeilamp, ook als rekening wordt gehouden met de lens en de reflector die bij de gloeilamp nodig zijn. Dit komt grotendeels doordat een Led2-lamp een printplaat bevat, die relatief milieubelastend is. Dat de Led2-lamp in de grondstoffase een hogere milieubelasting heeft dan de gloeilamp, betekent echter nog niet dat de Led2-lamp ook over de gehele levensduur beschouwd een hogere milieubelasting heeft dan de gloeilamp: om dat te bepalen, moet ook naar de gebruiksfase en de afvalfase gekeken worden.

Tabel 2 Materiaalgebruik (gram)

Materiaal	Gloeilamp	Lens, reflector + fitting (200 mm)	Lens, reflector + fitting (300 mm)	Led2 210 mm	Led2 300 mm
Glas	30				
PC		175	562,5	246,5	533,3
ABS				140,3	270,8
Aluminium	2	125	281,25	65,5	100
Tin	1				
Printplaat				85	85
Messing		50	50		
Keramiek		20	20		
Totaal	33	370	913,75	537,3	989,1

Tabel 3 Milieubelasting per thema in de grondstoffase

	Gloeilamp	Lens + reflector (200 mm)	Lens + reflector (300 mm)	Led2 210 mm	Led2 300 mm
Abiotische uitp.	4,59E-04	1,81E-02	4,79E-02	1,13E-01	1,35E-01
Broeikas-eff.	6,91E-02	2,56E+00	6,56E+00	1,51E+01	1,75E+01
Ozonlaag aant.	4,76E-09	9,20E-08	1,97E-07	5,47E-07	5,70E-07
Humane tox.	1,25E-01	1,03E+01	1,91E+01	7,13E+00	9,09E+00
Ecotox. zoet water	1,32E-02	7,97E-01	1,68E+00	7,87E+00	8,07E+00
Ecotox. zout water	1,07E+02	4,60E+03	1,00E+04	9,80E+03	1,11E+04
Ecotox. terr.	1,91E-04	2,03E-02	2,61E-02	1,62E-02	1,75E-02
Smog vorming	3,51E-05	9,50E-04	2,02E-03	1,58E-02	1,63E-02
Verzuring	8,45E-04	1,72E-02	3,61E-02	4,05E-01	4,17E-01
Vermesting	5,16E-05	1,34E-03	3,32E-03	1,04E-02	1,17E-02

### 3.2 Gebruiksfase

De Led2-lampen worden zowel in verkeerslichten als in scheepvaartseinen gebruikt. In verkeerslichten wordt een lamp de helft van de tijd op vol vermogen gebruikt en de helft van de tijd in dimstand 1. In scheepvaartseinen staat de lamp de helft van de tijd in dimstand 1 en de helft van de tijd in dimstand 2. Een Led2-lamp verbruikt op vollast 12 W, een gloeilamp 100 W. In de dimstanden verbruiken de lampen uiteraard minder<sup>2</sup>. Een overzicht van de dimstanden en het opgenomen vermogen per lamp staat in Tabel 4. Als we er van uit gaan dat een lamp gemiddeld 8 uur per dag brandt<sup>3</sup>, kunnen we uitrekenen dat een gloeilamp in een VRI  $4h \cdot 100W + 4h \cdot 60W = 640Wh = 0,64$  kWh per dag gebruikt en in een scheepvaartsein  $4h \cdot 60W + 4h \cdot 35W = 380 Wh = 0,38$  kWh per dag. Een Led2-lamp gebruikt in een VRI  $4h \cdot 12W + 4h \cdot 6,5W = 74 Wh = 0,074$  kWh per dag en in een scheepvaartinstallatie  $4h \cdot 6,5W + 4h \cdot 2,7W = 36,8 Wh = 0,036$  kWh per dag. We komen dus voor een gloeilamp gedurende een periode van 10 jaar op een totaalverbruik van  $0,64 kWh \cdot 3650 = 2.332 kWh$  in een VRI of  $1.382 kWh$  in een scheepvaartsein. Een Led2-lamp verbruikt in die 10 jaar  $271 kWh$  resp.  $135 kWh$  (zie Tabel 5). Het is duidelijk dat een Led2-lamp in de gebruiksfase ongeveer 10 keer zo weinig energie verbruikt als een gloeilamp.

De milieubelasting per thema kan nu berekend worden door de milieubelasting per kWh elektriciteit (zie bijlage A, Tabel 15) te vermenigvuldigen met het totale stroomverbruik van de lampen over een periode van 10 jaar (Tabel 5). Door het lage energieverbruik van de Led2-lamp t.o.v. de gloeilamp, scoort de Led2-lamp

<sup>2</sup> Hierbij kan nog opgemerkt worden dat een gloeilamp in de dimstand wat roder licht geeft dan in de vollaststand, terwijl de Led2-lamp ook in de dimstand gewoon de oorspronkelijk kleur licht blijft geven. Ook wordt de relatieve lichtopbrengst van een gloeilamp steeds minder: in de dimstand wordt een groter deel van de elektrische energie omgezet in warmte, een kleiner deel in licht.

<sup>3</sup> We gaan er van uit dat telkens één van de drie lampen in een VRI brandt, zodat een lamp gemiddeld  $24/3=8$  uur per dag brandt. In de meeste gevallen branden de rode lampen meer dan 70% van de tijd, maar voor de berekening is een gemiddeld van 8 uur per dag een redelijke benadering.



in de gebruiksfase qua milieubelasting op alle beschouwde thema's een stuk beter dan de gloeilamp (zie Tabel 6).

Voor krypton- en halogeenlampen geldt dat het energieverbruik t.o.v. een gloeilamp in de gebruiksfase evenredig lager is met het lampvermogen. Een kryptonlamp van 70 W verbruikt dus 70/100<sup>e</sup> van de wat een gloeilamp van 100 W verbruikt, terwijl een halogeenlamp van 60 W 60/100<sup>e</sup> verbruikt.

Tabel 4 Dimstanden en opgenomen vermogen

	Led2		Gloeilamp	
Vollast	42 V	12 W	220 V	100 W
Dimstand 1	31 V	6,5 W	170 V	60 W
Dimstand 2	20 V	2,7 W	130 V	35 W

Tabel 5 Energieverbruik van Led2-lamp en gloeilamp

	VRI		Scheepvaartsein	
	Led2	Gloeilamp	Led2	Gloeilamp
Verbruik per dag (kWh)	0,07	0,64	0,04	0,38
Verbruik per 10 jaar (kWh)	271	2.332	135	1.382

Tabel 6 Milieubelasting per thema tijdens de gebruiksfase

	VRI		Scheepvaartsein	
Thema	Led2	Gloeilamp	Led2	Gloeilamp
Abiotische uitp.	1,65E+00	1,42E+01	8,26E-01	8,44E+00
Broeikas-eff.	2,14E+02	1,85E+03	1,07E+02	1,09E+03
Ozonlaag aant.	6,75E-06	5,81E-05	3,37E-06	3,44E-05
Humane tox.	4,75E+01	4,10E+02	2,37E+01	2,43E+02
Ecotox. zoet water	2,39E+00	2,06E+01	1,19E+00	1,22E+01
Ecotox. zout water	5,38E+04	4,64E+05	2,69E+04	2,75E+05
Ecotox. terr.	2,54E+00	2,19E+01	1,27E+00	1,30E+01
Smogvorming	1,36E-02	1,18E-01	6,82E-03	6,97E-02
Verzuring	3,29E-01	2,84E+00	1,64E-01	1,68E+00
Vermesting	4,30E-02	3,70E-01	2,15E-02	2,19E-01

### 3.3 Afvalfase

De milieubelasting in de afvalfase is geschat op hoofdlijnen. Belangrijkste aspecten gerelateerd aan de afvalfase zijn:

- of het materiaal wordt verbrand en of daarbij energie wordt teruggewonnen;
- of er materiaal wordt teruggewonnen voor hergebruik.

Afval dat in de vuilnisbak belandt wordt verbrand - storten mag niet meer - of herverwerkt. Emissies gerelateerd aan verbranding zijn inmiddels dusdanig gereduceerd dat de relatieve bijdragen van de emissies aan milieuthema's behalve voor klimaatverandering verwaarloosbaar zijn.

Gloeilampen worden weggegooid in de afvalbak (opgave RWS), terwijl Led2-lampen aan het einde van hun levensduur teruggaan naar de fabriek. Als in de fabriek blijkt dat een gedeelte van de lamp hergebruikt kan worden, gebeurt dat ook; als dat niet mogelijk is, wordt de lamp verschroot. Onduidelijk is echter wat er vervolgens met de verschroete lampen gebeurt. Het is mogelijk dat de kunststoffen worden herverwerkt tot secundaire grondstoffen, geschikt voor vervanging van primaire kunststoffen en dat de printplaat voor recycling van de kostbare metalen als koper en goud aan de metaalindustrie (bijvoorbeeld kopersmelter) wordt geleverd. Het is ook mogelijk dat het schroot integraal wordt verbrand in een AVI en enkel energieretrieving plaatsvindt.

Omdat we niet weten welk deel van de afgedankte Led2-lampen wordt verschroot en wat uiteindelijk met het schroot gebeurt, wordt in deze studie een 'worst case' benadering gehanteerd waarin wordt aangenomen dat alle afgedankte lampen en de lens en reflector worden verschroot en in een AVI worden verbrand. Dit is een worst case benadering, omdat bij herverwerking wat meer milieubelasting wordt uitgespaard.

Bij verbranding zal waarschijnlijk de aluminium schroefdraad van de gloeilamp, de aluminium reflector en het aluminium koellichaam uit de Led2-lamp behouden blijven. Ook zal de messing fitting voor de gloeilamp behouden blijven. In de AVI's in Nederland wordt momenteel 35% van het overblijvende aluminium en messing teruggewonnen. Bij de verbranding van de Led2-lamp zal nog energie kunnen worden teruggewonnen door de verbranding van de in de lamp aanwezige kunststoffen. Het gemiddelde rendement van AVI's in Nederland bedraagt 20%. De verbranding van de kunststoffen resulteert aan de andere kant ook in emissies van CO<sub>2</sub> bij de AVI.

In Tabel 7 is aangegeven welke hoeveelheden elektriciteit, CO<sub>2</sub> en teruggewonnen hoeveelheden metalen in de afdankfase worden geproduceerd. De resulterende bijdragen aan de verschillende milieuthema's zijn gegeven in Tabel 8. Deze waarden zijn veelal negatief omdat door de opwekking van elektriciteit uit het afval minder energie uit andere bronnen hoeft te worden opgewekt. Hierdoor wordt dus als het ware milieubelasting 'uitgespaard' in deze fase. Voor de teruggewinning van aluminium uit het afval geldt eenzelfde redenering: het aluminium dat wordt teruggewonnen, kan worden hergebruikt, en spaart dus productie van primaire aluminium op basis van aluinaarde en bauxiet uit.

Het enige thema waarop verbranding van de Led2-lamp wel milieubelasting veroorzaakt, is het thema 'broeikaseffect'. Dit komt doordat bij verbranding van de kunststoffen in de Led2-lamp (PC en ABS) netto CO<sub>2</sub> vrijkomt: de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die veroorzaakt wordt door het verbranden van PC en ABS is groter dan de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die wordt uitgespaard omdat er geen elektriciteit uit andere bronnen hoeft te worden opgewekt.



Tabel 7 Geproduceerde elektriciteit, CO<sub>2</sub> en teruggewonnen materiaal

	Gloeilamp	Lens, reflector + fitting (200 mm)	Lens, reflector + fitting (300 mm)	Led2 210 mm	Led2 300 mm
Elektriciteit (kWh)	0	0,3	1,0	0,8	1,5
CO <sub>2</sub> (kg)	0	0,4	1,4	1,2	2,3
Terug-gewonnen aluminium (g)	0,7	44	98	23	35
Terug-gewonnen messing (g)	0	18	18	0	0

Tabel 8 Milieubelasting per thema in de afvalfase

	Gloeilamp	Lens, reflector + fitting (200 mm)	Lens, reflector + fitting (300 mm)	Led2 (210 mm)	Led2 (300 mm)
Abiotische uitp.	-4,89E-05	-3,83E-03	-8,78E-03	-4,86E-03	-9,15E-03
Broeikaseff.	-8,33E-03	-1,80E-01	-9,77E-01	5,65E-01	1,07E+00
Ozonlaag aant.	-4,71E-10	-3,39E-08	-7,54E-08	-1,98E-08	-3,73E-08
Humane tox.	-3,93E-02	-3,60E+00	-6,70E+00	-1,41E-01	-2,65E-01
Ecotox. zoet water	-3,93E-03	-2,79E-01	-5,88E-01	-7,15E-03	-1,34E-02
Ecotox. zout water	-2,40E+01	-1,59E+03	-3,50E+03	-1,59E+02	-2,99E+02
Ecotox. terr.	-2,55E-05	-7,90E-03	-1,16E-02	-7,46E-03	-1,40E-02
Smog vorming	-3,33E-06	-2,84E-04	-5,54E-04	-4,02E-05	-7,56E-05
Verzuring	-3,97E-05	-4,50E-03	-7,83E-03	-9,68E-04	-1,82E-03
Vermesting	-3,51E-06	-2,94E-04	-5,98E-04	-1,26E-04	-2,38E-04

### 3.4 Totale milieubelasting

In Tabel 9 en Tabel 10 staat de totale milieubelasting per thema bij gebruik van Led2-lampen en bij gebruik van gloeilampen. Er is onderscheid gemaakt tussen verkeerslichten en scheepvaartseinen. Bij de berekening is uitgegaan van een periode van 10 jaar. Dat wil zeggen dat de totale milieubelasting van een Led2-lamp bestaat uit de som van de milieubelasting in de grondstoffase, het elektriciteitsverbruik gedurende een periode van 10 jaar en de milieubelasting in afvalfase. Omdat een gloeilamp een half jaar meegaat, zijn er in een periode van 10 jaar 20 gloeilampen nodig. Hier komt nog de milieubelasting bij van de reflector, de lens en de fitting die nodig zijn voor het gebruik van de gloeilamp. We schatten dat de reflector, lens en fitting 10 jaar meegaan. Daarom geldt dat de totale milieubelasting door een gloeilamp bestaat uit 20x de milieubelasting van de gloeilamp in de grondstoffase, de milieubelasting van de reflector, lens en fitting in de grondstoffase, het elektriciteitsverbruik gedurende een periode van 10 jaar, 20x de milieubelasting van een gloeilamp in de afvalfase en de milieu-belasting

van de reflector, lens en fitting in de afvalfase. Om de milieubelasting door de Led2-lampen goed te kunnen vergelijken met die van een gloeilamp, is in Tabel 11 en Tabel 12 de relatieve milieubelasting van de Led2-lamp t.o.v. de gloeilamp weergegeven. De milieubelasting bij gebruik van een gloeilamp is hierbij dus voor alle thema's gelijk aan 100%, en de milieubelasting van de Led2-lamp is hieraan gerelateerd. Als we bijv. naar het thema abiotische uitputting kijken, is te zien dat het gebruik van een Led2-lamp in een verkeerslicht 12% van de belasting veroorzaakt die het gebruik van een gloeilamp zou veroorzaken. Dit is in Figuur 3 en Figuur 4 grafisch weergegeven. In Figuur 3 en Figuur 4 is duidelijk te zien dat de Led2-lamp over de totale levensduur van 10 jaar op alle beschouwde milieu-thema's beter presteert dan de gloeilamp. Op de meeste thema's veroorzaakt gebruik van een Led2-lamp 10 tot 15% van de belasting die een gloeilamp zou veroorzaken. Alleen op ecotoxiciteit voor zoet water, smogvorming en verzuring is de belasting relatief hoog (maar nog steeds lager dan bij gebruik van een gloeilamp). Dit komt doordat de printplaat in de Led2-lamp op deze thema's een milieubelasting veroorzaakt die relatief hoog is ten opzichte van de milieuwinst die op deze thema's geboekt wordt omdat er minder elektriciteit verbruikt wordt.

Tabel 9 Totale milieubelasting per thema bij gebruik in een VRI bij verbranding in een AVI

	<b>Led2 (210 mm)</b>	<b>Led2 (300 mm)</b>	<b>Gloeilamp (200 mm)</b>	<b>Gloeilamp (300 mm)</b>
Abiotische uitp.	1,76E+00	1,78E+00	1,43E+01	1,43E+01
Broeikaseff.	2,30E+02	2,33E+02	1,85E+03	1,85E+03
Ozonlaag aant.	7,27E-06	7,28E-06	5,83E-05	5,83E-05
Humane tox.	5,45E+01	5,64E+01	4,18E+02	4,24E+02
Ecotox. zoet water	1,03E+01	1,04E+01	2,13E+01	2,19E+01
Ecotox. zout water	6,34E+04	6,46E+04	4,68E+05	4,72E+05
Ecotox. terr.	2,55E+00	2,54E+00	2,19E+01	2,19E+01
Smogvorming	2,94E-02	2,99E-02	1,19E-01	1,20E-01
Verzuring	7,33E-01	7,44E-01	2,86E+00	2,88E+00
Vermesting	5,33E-02	5,44E-02	3,72E-01	3,74E-01





Tabel 10 Totale milieubelasting per thema bij gebruik in een scheepvaartinstallatie bij verbranding in een AVI

	<b>Led2 (210 mm)</b>	<b>Led2 (300 mm)</b>	<b>Gloeilamp (200 mm)</b>	<b>Gloeilamp (300 mm)</b>
Abiotische uitp.	9,34E-01	9,51E-01	8,46E+00	8,49E+00
Broeikaseff.	1,23E+02	1,26E+02	1,10E+03	1,10E+03
Ozonlaag aant.	3,90E-06	3,90E-06	3,46E-05	3,47E-05
Humane tox.	3,07E+01	3,26E+01	2,51E+02	2,57E+02
Ecotox. zoet water	9,05E+00	9,25E+00	1,29E+01	1,35E+01
Ecotox. zout water	3,65E+04	3,76E+04	2,79E+05	2,83E+05
Ecotox. terr.	1,28E+00	1,27E+00	1,30E+01	1,30E+01
Smogvorming	2,26E-02	2,30E-02	7,10E-02	7,18E-02
Verzuring	5,69E-01	5,79E-01	1,71E+00	1,72E+00
Vermesting	3,18E-02	3,29E-02	2,21E-01	2,23E-01

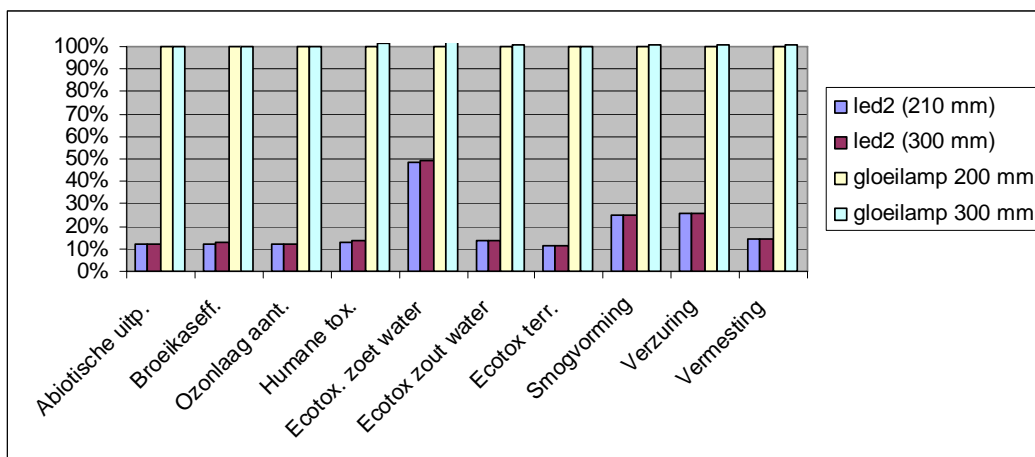
Tabel 11 Totale milieubelasting per thema (in %) bij gebruik in een VRI bij verbranding in een AVI

	<b>Led2 (210 mm)</b>	<b>Led2 (300 mm)</b>	<b>Gloeilamp (200 mm)</b>	<b>Gloeilamp (300 mm)</b>
Abiotische uitp.	12%	12%	100%	100%
Broeikaseff.	12%	13%	100%	100%
Ozonlaag aant.	12%	12%	100%	100%
Humane tox.	13%	13%	100%	101%
Ecotox. zoet water	48%	49%	100%	103%
Ecotox. zout water	14%	14%	100%	101%
Ecotox.terr.	12%	12%	100%	100%
Smogvorming	25%	25%	100%	101%
Verzuring	26%	26%	100%	101%
Vermesting	14%	15%	100%	100%

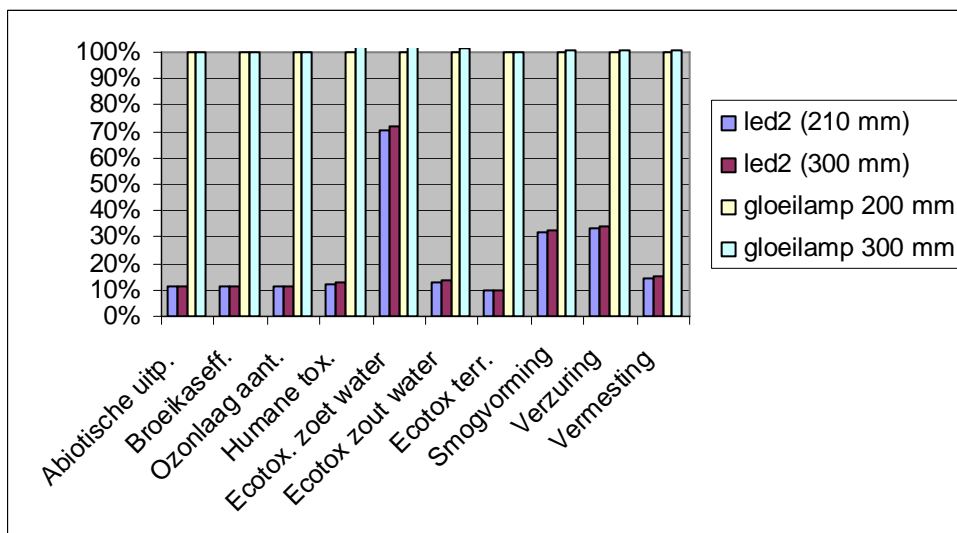
Tabel 12 Totale milieubelasting per thema (in %) bij gebruik in een scheepvaartinstallatie bij verbranding in een AVI

	<b>Led2 (210 mm)</b>	<b>Led2 (300 mm)</b>	<b>Gloeilamp (200 mm)</b>	<b>Gloeilamp (300 mm)</b>
Abiotische uitp.	11%	11%	100%	100%
Broeikaseff.	11%	11%	100%	100%
Ozonlaag aant.	11%	11%	100%	100%
Humane tox.	12%	13%	100%	102%
Ecotox. zoet water	70%	72%	100%	104%
Ecotox. zout water	13%	13%	100%	101%
Ecotox. terr.	10%	10%	100%	100%
Smogvorming	32%	32%	100%	101%
Verzuring	33%	34%	100%	101%
Vermesting	14%	15%	100%	101%

Figuur 3 Relatieve milieubelasting per thema per lamptype in een VRI bij verbranding in een AVI



Figuur 4 Relatieve milieubelasting per thema per lamptype in een scheepvaartsein bij verbranding in een AVI



### 3.5 Overige voordelen van het gebruik van Led2-lampen

Afgezien van het milieuvoordeel, kent het gebruik van Led2-lampen vergeleken met gloeilampen nog een aantal voordelen:

- Door de veel langere levensduur hoeft de Led2-lamp minder vaak vervangen te worden dan een gloeilamp. Dit vermindert zowel de onderhoudskosten (die zo'n € 5.000,00 per vervangingsbeurt zijn) als de autokilometers die nodig zijn om een onderhoudsmedewerker bij de installatie te brengen.
- De zichtbaarheid van de Led2-lamp is veel beter, doordat het licht van een Led2-lamp monochromer is dan het licht van een gloeilamp. Bovendien haalt een Led2-lamp de wettelijke lichtsterkte van 400 cd altijd, terwijl gloeilampen soms niet verder komen dan 300 cd en kryptonlampen (~70 W) ook de wettelijke norm van 400 cd niet halen. Hierdoor is een Led2-lamp uiteraard een stuk beter voor de verkeersveiligheid dan een gloeilamp of een kryptonlamp.



- Bij elk apparaat is er een faseverschil tussen de stroom en de spanning ( $\cos \gamma$ ). Dit levert een extra netbelasting op waar de energiebedrijven extra kosten voor maken. Led2-lampen hebben een capacatieve  $\cos \gamma$ . Doordat de meeste apparaten een inductieve  $\cos \gamma$  veroorzaken is het voor een netbeheerder prettig wanneer apparaten een capacatieve  $\cos \gamma$  veroorzaken; de netbeheerder hoeft dan minder kosten te maken om de inductieve belasting te compenseren.
- Bij Led2-lampen wordt centraal een veel kleinere HR-dimtrafo gebruikt dan bij gloeilampen. Krypton- en halogeenlampen gebruiken bovendien ook nog voor iedere lamp in de lantaarn nog een kleine onzuinige trafo. De trafo-verliezen in een Led2-installatie zijn veel minder.
- Led2-lampen gaan zelden stuk, waardoor er minder storingen optreden. Dit verkleint de kans op verkeersongelukken.
- Omdat Led2-lampen erg zuinig zijn, is het mogelijk om ze in geval van een stroomstoring op een accu te laten werken. Dit vermindert de kans dat verkeerslichten uitvallen, en verkleint daarmee de kans op ongelukken.



## 4 Conclusies

In deze studie is een levenscyclusanalyse gedaan waarin is bepaald wat de milieueffecten zijn van het gebruik van een Led2-lamp of een gloeilamp en verkeerslichten en scheepvaartseinen.

Over een levensduur van 10 jaar bekeken scoort de Led2-lamp op alle beschouwde milieuthema's beter dan de gloeilamp. In de grondstoffase veroorzaakt een Led2-lamp weliswaar een stuk meer milieubelasting dan een gloeilamp (met name als gevolg van de printplaat in de lamp), in de gebruiksfase wordt dit ruimschoots gecompenseerd. Daardoor is de milieubelasting van een Led2-lamp over de hele levensduur beschouwd lager dan van een gloeilamp. Op de meeste thema's veroorzaakt gebruik van een Led2-lamp 10 tot 15% van de belasting die een gloeilamp zou veroorzaken. Alleen op ecotoxiciteit voor zoet water, smogvorming en verzuring is de belasting relatief hoog (maar nog steeds lager dan bij gebruik van een gloeilamp). Dit komt doordat de printplaat in de Led2-lamp op deze thema's een milieubelasting veroorzaakt die relatief hoog is ten opzichte van de milieuwinst die op deze thema's geboekt wordt omdat er minder elektriciteit verbruikt wordt. De analyse geeft aan dat op basis van de beschikbare informatie kan worden geconcludeerd dat de besparingen in de gebruiksfase ruimschoots opwegen tegen de wat hogere milieubelasting in de productieketens van ABS, PC en printplaat.

Zou de Led2-lamp vergeleken worden met een kryptonlamp (~70 W) of een halogeenlamp (~60 W), dan zou het milieuvoordeel iets kleiner zijn, maar nog steeds substantieel<sup>4</sup>. De Led2-lamp is de meest zuinige ledlamp, de meeste andere ledlampen voor verkeerslichten verbruiken ca. 40% meer energie en bezitten geen interne bewaking.

Afgezien van het milieuvoordeel heeft een Led2-lamp ook een betere zichtbaarheid en - door de langere levensduur - veel lagere onderhoudskosten. Ook is de Led2-lamp veel betrouwbaarder. De kans op storingen (en dus op verkeersongelukken) is lager dan bij gebruik van een gloeilamp.

Op basis hiervan kan gesteld worden dat het gebruik van een Led2-lamp de voorkeur heeft boven het gebruik van een gloeilamp. Voor meer informatie zie [www.Led2.org](http://www.Led2.org).

---

<sup>4</sup> De enige uitzondering hierop zou het thema 'ecotoxiciteit zoet water' kunnen zijn bij het gebruik van een Led2-lamp in een scheepvaartinstallatie. Bij gebruik van de Led2-lamp in een VRI komt de Led2-lamp naar verwachting ook op dit thema beter uit de bus dan de andere lampen. Op alle andere beschouwde milieuthema's zou de Led2-lamp in zowel VRI's als in scheepvaartinstallaties beter zijn dan de gloeilamp, de kryptonlamp of de halogeenlamp.



## 5 Literatuur

### **CE Delft, 2006**

H.J. (Harry) Croezen, M.N. (Maartje) Sevenster  
Verlichting vergeleken  
Delft : CE Delft, 2006

### **CE Delft, 2000**

F.W. (Folmer) de Haan, J.T.W. (Jan) Vroonhof  
Milieuscan verwijdering autowrakken  
Delft : CE Delft, 2000

### **SenterNovem, 2006**

Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO<sub>2</sub>-emissiefactoren  
Utrecht : SenterNovem, 2006





## **Groen licht voor Led2-lampen**

Onderzoek naar het milieueffect  
van het gebruik van Led2-lampen  
in scheepvaart- en verkeer-  
regelininstallaties

### Bijlagen

#### **Eindrapport**

Delft, december 2007

Opgesteld door: G.J. (Gerdien) van de Vreede  
H.J. (Harry) Croezen  
M.N. (Maartje) Sevenster





## A Milieubelasting van grondstoffen en energie

Tabel 13 Milieubelasting per thema van glas, polycarbonaat, ABS, aluminium en tin

Impact category	Unit	Glas	PC	ABS	Aluminium	Tin
Abiotische uitp.	kg Sb eq.	5,68E-03	4,88E-02	4,23E-02	6,98E-02	1,49E-01
Broeikaseff.	kg CO <sub>2</sub> -eq.	9,73E-01	5,51E+00	3,38E+00	1,19E+01	1,61E+01
Ozonlaag aant.	kg CFC-11 eq.	8,01E-08	0,00E+00	0,00E+00	6,73E-07	1,01E-06
Humane tox.	kg 1,4-DB eq.	2,15E-01	4,45E-02	3,07E-02	5,62E+01	6,24E+00
Ecotox. zoet water	kg 1,4-DB eq.	2,33E-02	1,39E-02	3,26E-03	5,62E+00	1,24E+00
Ecotox. zout water	kg 1,4-DB eq.	1,01E+03	1,65E+02	1,24E+02	3,43E+04	8,22E+03
Ecotox. terr.	kg 1,4-DB eq.	1,83E-03	1,47E-04	1,96E-04	3,64E-02	6,32E-02
Smogvorming	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2,86E-04	8,53E-04	6,55E-04	4,76E-03	1,70E-02
Verzuring	kg SO <sub>2</sub> -eq.	8,51E-03	2,61E-02	1,75E-02	5,67E-02	4,76E-01
Vermesting	kg PO <sub>4</sub> -eq.	6,53E-04	3,08E-03	1,64E-03	5,01E-03	2,20E-02

Tabel 14 Milieubelasting per thema van printplaat, messing en keramiek

Impact category	Unit	Printplaat	Messing	Keramiek
Abiotische uitp.	kg Sb eq.	1,06E+00	1,52E-02	3,38E-03
Broeikaseff.	kg CO <sub>2</sub> -eq.	1,47E+02	2,04E+00	3,71E-01
Ozonlaag aant.	kg CFC-11 eq.	5,92E-06	1,38E-07	4,83E-08
Humane tox.	kg 1,4-DB eq.	4,05E+01	6,43E+01	3,72E-01
Ecotox. zoet water	kg 1,4-DB eq.	8,82E+01	1,83E+00	1,31E-02
Ecotox. zout water	kg 1,4-DB eq.	8,82E+04	3,87E+03	4,56E+03
Ecotox. terr.	kg 1,4-DB eq.	1,61E-01	3,15E-01	3,14E-04
Smogvorming	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,79E-01	4,09E-03	5,48E-05
Verzuring	kg SO <sub>2</sub> -eq.	4,62E+00	1,10E-01	1,46E-03
Vermesting	kg PO <sub>4</sub> -eq.	1,07E-01	3,54E-03	1,42E-04

Tabel 15 Milieubelasting per thema per kWh elektriciteit

Impact category	Unit	per kWh
Abiotische uitp.	kg Sb eq.	6,11E-03
Broeikaseff.	kg CO <sub>2</sub> -eq.	7,92E-01
Ozonlaag aant.	kg CFC-11 eq.	2,49E-08
Humane tox.	kg 1,4-DB eq.	1,76E-01
Ecotox. zoet water	kg 1,4-DB eq.	8,84E-03
Ecotox. zout water	kg 1,4-DB eq.	1,99E+02
Ecotox. terr.	kg 1,4-DB eq.	9,39E-03
Smogvorming	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	5,04E-05
Verzuring	kg SO <sub>2</sub> -eq.	1,22E-03
Vermesting	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq.	1,59E-04