

**CE**

**Oplossingen voor  
milieu, economie  
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: [ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

website: [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

# **Verlichting vergeleken**

## **Rapport**

Delft, mei 2006

Opgesteld door: H.J. (Harry) Croezen  
M.N. (Maartje) Sevenster



# Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

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

Verlichting / Lampen / Spaarlampen / Innovatie / Energieverbruik / Levensduur /  
Milieubelasting

Publicatienummer: 06.3163.30

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

Opdrachtgever: Lemnis Lighting  
Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Harry Croezen.

© copyright, CE, Delft

## **CE**

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

CE 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	5
1.1 Aanleiding tot en doel van de studie	5
2 Uitvoering	7
2.1 Toegepaste methodiek	7
2.2 Beschouwde functionele eenheid	7
2.3 Beschouwde milieuthema's	8
2.4 Achtergrond gegevens	9
3 Uitwerking per lamp	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Grondstoffase	11
3.3 Gebruiksfase	14
3.4 Afdankfase	15
3.5 Geaggregeerde bijdragen	20
4 Vertaling resultaten naar 6 miljoen huishoudens	21
4.1 Energiebesparing	21
4.2 Milieubelasting	21
4.3 Invloed van LED-lamp gebruik op blindvermogen in het elektriciteit net	22
Literatuur	25
A Gehanteerde specifieke bijdragen per grondstof	29
B De meest logische toepassing van 3,5 Watt LED-lampen bij huishoudens	31



# Samenvatting

## Introductie

Lemnis heeft een LED-lamp ontwikkeld die volgens Lemnis een aantal belangrijke voordelen heeft boven de gloeilamp en zelfs boven de spaarlamp, hoewel deze laatste niet als gelijkwaardig substituut wordt gezien. Er zijn voor de LED-lamp 3 voordelen genoemd door Lemnis, te weten:

- laag energiegebruik per lumenuur;
- langere levensduur, zodat per lumenuur minder materiaal is vereist, wat leidt tot een lagere milieubelasting;
- goede, capacatieve  $\cos \gamma$ .

De door Lemnis ontwikkelde LED-lamp concurreert qua lichtopbrengst met een gloeilamp van 40 Watt of met een spaarlamp van 7 - 8 Watt. De ambitie van Lemnis is om in het segment van de 40 Watt lampen per huishouden circa 4 - 5 lampen af te zetten.

CE heeft de effecten van de door Lemnis ontwikkelde LED-lamp op het milieu en het elektriciteit net onderzocht.

## Milieubelasting

Gebruik van lampen belast het milieu:

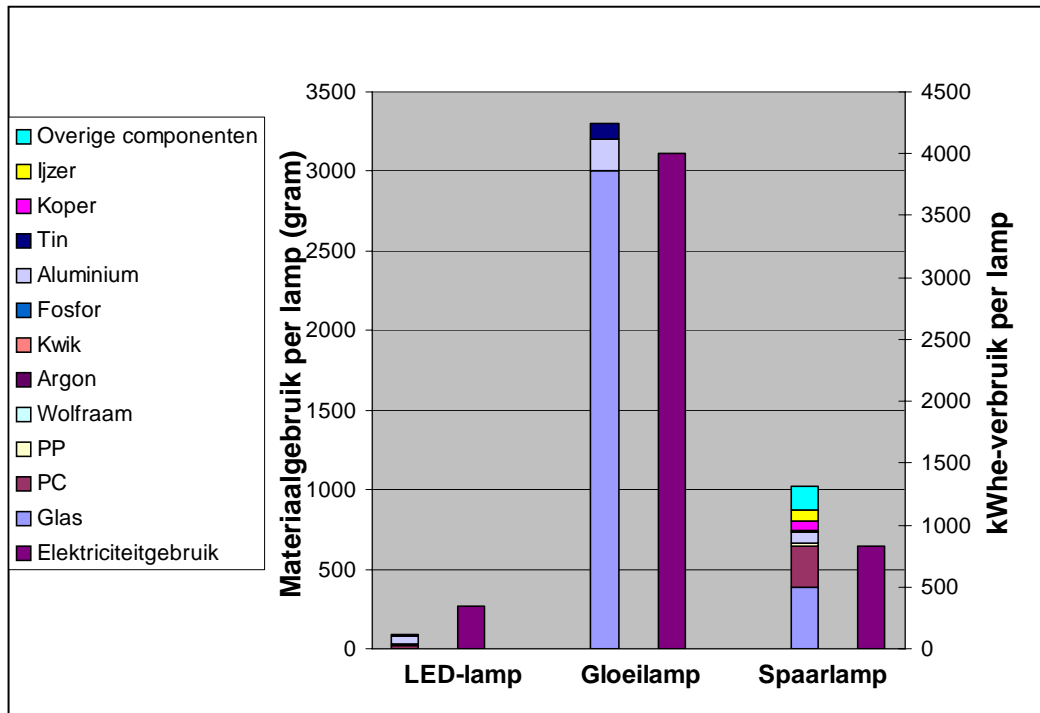
- 1 Door de aan elektriciteitsproductie gerelateerde milieubelasting in de vorm van uitstoot van CO<sub>2</sub> en verzurende stoffen. Hoe zuiniger de lamp, des te beperkter deze milieubelasting.
- 2 Door activiteiten gerelateerd aan in de lamp verwerkte materialen, zoals:
  - grondstoffenwinning;
  - omzetten van grondstoffen in materialen als glas, metalen en kunststoffen;
  - het uiteindelijk verwerken van de materialen in onderdelen van de lamp en het assembleren van de onderdelen tot een complete lamp;
  - verwerking van de afgedankte lamp als afval.

Deze activiteiten geven milieubelasting in de vorm van zowel broeikasgassen en verzurende emissies (met name gerelateerd aan energiegebruik in deze processen) als emissies van giftige c.q. toxische stoffen.

CE heeft de netto milieubelasting, gerelateerd aan de Lemnis LED-lamp, bepaald middels een globale LCA en deze vergeleken met de milieubelasting gerelateerd aan een concurrerende gloeilamp (van 40 Watt) en spaarlamp (van 8 Watt). Voor een eerlijke vergelijking is de analyse uitgevoerd voor 100.000 branduren, de levensduur van een LED-lamp. In de LCA-scan zijn broeikasgas emissies, emissies van verzurende en vermestende stoffen en emissies van toxische stoffen meegenomen.

Uit CE's onderzoek blijkt dat de LED-lamp op beide terreinen minder consumeert dan beide andere typen lampen en dus een lagere milieubelasting veroorzaakt (zie Figuur 1).

Figuur 1 Materiaalgebruik en elektriciteitsgebruik per lamp



Het elektriciteitsgebruik is aanzienlijk lager, zelfs in vergelijking met een standaard spaarlamp en in de LED-lamp is minder materiaal verwerkt dan in beide andere lamp typen. Dit met name omdat voor een brandtijd van 100.000 uur slechts één LED-lamp, maar 100 gloeilampen of 17 spaarlampen nodig zijn.

Wanneer de verschillende lampen na afdanking op dezelfde manier zouden worden verwerkt zou de LED-lamp voor elke denkbare vorm van milieubelasting minder bijdragen c.q. beter scoren.

Maar in de praktijk worden spaarlampen deels gescheiden ingezameld als klein chemisch afval, waarna de daarin verwerkte materialen worden opgewerkt en hergebruikt. Dit in tegenstelling tot de LED-lampen. Hiervoor gelden, gezien de gebruikte materialen, geen richtlijnen voor het hergebruik van materialen. Deze lampen komen derhalve in het huishoudelijk afval terecht en worden verbrand in zogenaamde afvalverbrandingsinstallaties (AVI's). Daarbij wordt slechts een deel van de in de lamp verwerkte non-ferro metalen (aluminium, koper, tin) uit de AVI-reststoffen teruggewonnen voor hergebruik.

Het resultaat is dat bij hoge inzamelpercentages van de spaarlamp meer materiaal wordt hergebruikt dan van de LED-lamp - met name non-ferro metalen als aluminium en koper - en er per saldo minder van deze materialen nodig is in de productie van spaarlampen.

Als gevolg hiervan is de aan materiaalgebruik gerelateerde milieubelasting bij de spaarlamp deels lager dan bij de LED-lamp, namelijk voor emissies van koolwaterstoffen en bij emissies van toxische stoffen naar de bodem.

Vanwege de onzekerheid in de inzamelrespons van de spaarlampen en de mate van terugwinning van non-ferro metalen uit AVI reststoffen is op dit punt een onzekerheidsanalyse uitgevoerd. Daaruit blijkt dat zelfs bij een hoge mate van efficiency bij het terugwinnen van non-ferro metalen uit AVI reststoffen de aan materiaalgebruik in de LED-lamp gerelateerde milieubelasting lager is als voor de spaarlamp en de LED-lamp op elke mogelijke manier minder milieubelasting geeft dan spaarlamp of gloeilamp.

Eén en ander is gevisualiseerd in Tabel 1.

Tabel 1 Relatieve bijdragen aan verschillende vormen van milieubelasting

	LED-lamp	Gloeilamp	Spaarlamp
Abiotische uitp	100%	1165%	237%
Broeikaseneffect	100%	1.171% - 1.172%	237%
Ozonlaag aant.	100%	1.191% - 1.193%	237%
Smogvorming	16% - 153%	14.728% - 15.224%	22% - 183%
Ecotox. water	85% - 109%	3.571% - 3.658%	202% - 241%
Ecotox.terr.	16% - 154%	14.854% - 15.354%	19% - 182%
Humane tox.	100%	1.227%	239% - 264%
Verzuring	100%	1.160%	240% - 241%
Aq. vermisting	97% - 102%	1.713%	227% - 233%
Ter. vermisting	100%	1.152%	237%

Voor alle lampen als functie afscheidingsefficiency non-ferro metalen bij AVI's.

Voor spaarlampen ook als functie van inzamelrespons.

Samenvattend kan worden gesteld dat de door Lemnis ontwikkelde LED-lamp een zeer energiezuinige en duurzame lichtbron is, die zeker minder milieubelasting geeft dan een gloeilamp en ook in vergelijking met een spaarlamp over het algemeen minder milieubelasting geeft. De LED-lamp kan op alle mogelijke punten beter scoren dan een spaarlamp wanneer in het ontwerp minder aluminium wordt gebruikt of wanneer non-ferro afscheiding bij AVI's wordt verbeterd.

Lemnis heeft bevestigd dat de specificatie van de lamp zodanig is aangepast dat het aluminium gebruik in de koelring wordt teruggebracht van 55 tot circa 15 gram. In dat geval zal de lamp sowieso minder bijdragen aan elke denkbare vorm van milieubelasting dan welke andere vorm van verlichting dan ook.

### Beïnvloeding van het net

Het gebruik van apparaten met niet optimale eigenschappen spoelen en andere inductieve onderdelen door huishoudens leidt tot een extra belasting van het net in de vorm van blindvermogen. Door het fase verschil tussen stroom en spanning kan het opgenomen vermogen minder efficiënt worden benut en moet stroom aan deze apparaten worden geleverd. Dit betekent opwekken van meer elek-

trisch vermogen en verzwaring van het distributienet om het extra vermogen c.q. de extra stroom te kunnen transporteren.

De blindstroom op het net is inmiddels zo groot dat volgens Tennet voor een goed functioneren van het net een totaal van 650 MVar aan compensatie voor capacatieve blindlast en 1.500 MVar aan compensatie voor inductieve blindlast moet worden opgesteld tegen een totale investering van M€ 41. Daarnaast wordt compenserend blindvermogen door de elektriciteitproducenten opgewekt.

De door Lemnis ontwikkelde LED-lamp heeft door de in het ontwerp opgenomen condensator juist een capacatief vermogen en kan in principe de door inductie veroorzaakte blindlast compenseren. Een lamp met een actief vermogen van slechts 3,5 Watt blijkt een reactief vermogen van maar liefst 75 - 80 VA te hebben. In theorie zijn 20 miljoen lampen genoeg om de totaal van 1.500 MVar aan benodigde compensatie voor inductieve blindlast op het net - à M€ 11 aan investeringen - te compenseren<sup>1</sup>. Ter vergelijking: een gemiddelde van 4 LED-lampen per huishouden geeft een totaal van 24 miljoen lampen voor heel Nederland en een capacatief vermogen van 1.800 MVar.

Over gelijktijdigheid in gebruik van verlichting in woonkamers is geen literatuur of andere informatie gevonden. Vooralsnog is uitgegaan van een voor elektriciteit in de woningbouw gemiddelde waarde van 20%. Bij deze gelijktijdigheid wordt - bij een gemiddelde penetratiegraad van 4 LED-lampen per huishouden - een gemiddeld capacatief vermogen van 360 MVar opgewekt.

Implementatie van 1.500 MVar aan compensatie voor inductieve blindlast in de vorm van spoelen zal Tennet jaarlijkse kosten van circa € 2.800.000 voor afschrijvingen, onderhoud en bediening vergen.

Een marktaandeel van gemiddeld 4 LED-lampen per huishouden zou bij een gelijktijdigheid van 20% de benodigde compensatie voor inductieve blindlast kunnen beperken tot circa 1.150 MVar en zou de jaarlijkse kosten voor Tennet kunnen beperken tot circa € 2.105.000 / jaar, een besparing van circa € 665.000 / jaar.

---

<sup>1</sup> Ter vergelijking: in de 6 miljoen Nederlandse huishoudens is in potentie plaats voor  $6 \times 16 = 96$  miljoen LED-lampen van 3,5 Watt.





# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding tot en doel van de studie

Lemnis heeft een LED-lamp ontwikkeld die volgens Lemnis een aantal belangrijke voordelen heeft boven de gloeilamp en zelfs boven de spaarlamp, hoewel deze laatste niet als gelijkwaardig substituut wordt gezien. Er zijn voor de LED-lamp 3 voordelen genoemd door Lemnis, te weten:

- laag energiegebruik per lumenuur;
- langere levensduur, zodat per lumenuur minder materiaal is vereist, wat leidt tot een lagere milieubelasting;
- goede, capacatieve  $\cos \gamma$ .

De door Lemnis ontwikkelde LED-lamp concurreert qua lichtperceptie voor de consument met een gloeilamp van 40 Watt of met een spaarlamp van 7 - 8 Watt. De ambitie van Lemnis is om in het segment van de 40 Watt lampen per huishouden circa 4 - 5 lampen af te zetten.

CE heeft de effecten van de door Lemnis ontwikkelde LED-lamp op het milieu en het elektriciteit net onderzocht.

Met dit onderzoek wordt beoogd de te verwachten effecten van massaal gebruik van de LED-lamp duidelijk in beeld te brengen en daar een onafhankelijk oordeel over te vellen. De rapportage zal Lemnis gebruiken voor onderbouwing naar derden van de milieuvordelen.

Er is daarnaast mogelijk ook sprake van een voor elektriciteitproducenten aantrekkelijk (financieel) aspect. 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. Grote bedrijven betalen naast hun vermogensafname ook voor de veroorzaakte  $\cos \gamma$ , huishoudens niet. 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. Door CE zal bepaald worden of het effect van deze LED-lamp relevant en substantieel is als de lamp op grote schaal wordt toegepast. Vervolgens zal worden bepaald welke kosten hier door worden uitgespaard bij de netbeheerder.



## 2 Uitvoering

### 2.1 Toegepaste methodiek

De conform de vraag van de opdrachtgever te onderzoeken aspecten betreffen in feite een zogenaamde levenscyclusanalyse (LCA), waarin de milieubelasting van een product van wieg tot graf in kaart worden gebracht

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

- grondstoffase: de aan de productie van de in de LED-lamp en alternatieve lichtbronnen verwerkte materialen gerelateerde milieubelasting;
- productiefase: de aan de productie van de LED-lamp en alternatieve lichtbronnen gerelateerde milieubelasting;
- gebruiksfase: de milieubelasting gerelateerd aan het tijdens gebruik opgenomen elektrische vermogen, inclusief extra verliezen in het elektriciteit distributienet door blindvermogen;
- 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.

De in deze studie aangehouden invulling van de LCA specifieke aspecten als functionele eenheid en achtergrond gegevens worden in navolgende paragrafen verder beschreven.

### 2.2 Beschouwde functionele eenheid

Een LCA wordt uitgevoerd voor een zogenaamde functionele eenheid, een bepaald type product of een dienst. In dit geval dus een analyse van een lichtbron.

Om de effecten van grootschalig gebruik te kunnen bepalen wordt de LED-lamp vergeleken met twee referenties:

- een gewone gloeilamp;
- een spaarlamp.

Het is niet zinvol om een LED-lamp te vergelijken met een willekeurige spaarlamp of gloeilamp. Het ligt voor de hand om de vergelijking te betrekken op lampen met een vergelijkbare prestatie: de lichtopbrengst, uitgedrukt in het aantal lumen dat de lamp produceert. Op dit moment is nog slechts één type LED-lamp beschikbaar met een vermogen van 3,5 Watt. Deze lamp is volgens opgave van Lemnis voor de consument qua lichtperceptie vergelijkbaar met een 40 Watt gloeilamp of een 8 Watt spaarlamp.

Om mogelijke kostenvoordelen voor producenten door de capacatieve  $\cos \gamma$  van de lamp in kaart te brengen is het weinig zinvol om dit te doen per lamp. Veelzeggender in dit opzicht zijn de jaarlijkse kostenconsequenties bij grootschalige introductie van de lamp.

Daarnaast is het bij beleid met betrekking tot energiebesparing in de gebouwde omgeving gebruikelijk om de effecten van besparingsmaatregelen uit te drukken per woning.

Om deze redenen worden in deze studie de volgende systemen vergeleken:

- *Beoogde situatie*  
6 miljoen huishoudens met een 4-tal LED-lampen van 3,5 Watt met een levensduur van 100.000 branduren per lamp.
- *Referentie 1*  
6 miljoen huishoudens met een 4-tal 40 Watt gloeilampen met een gemiddelde levensduur van 1.000 branduren per lamp.
- *Referentie 2*  
6 miljoen huishoudens met een 4-tal spaarlampen met een levensduur van 6.000 branduren per lamp.

Het totale aantal lampen in de lichtopbrengst klasse van een 40 Watt gloeilamp bedraagt 16 (BEK, 2002), met een totaal aantal jaarlijkse branduren van 7.800. Lemnis heeft als doel een markt aandeel van circa 4 lampen per huishouden, meer specifiek de lampen met de langste brandtijd – de woonkamerverlichting met een gemiddelde brandtijd van 830 uur per jaar.

De levensduur van de LED-lamp is door Lemnis opgegeven. De gemiddelde levensduur van een gloeilamp is overgenomen van de website van Milieucentraal. Voor de spaarlamp is uitgegaan van een model 'Genie, 8 Watt' lamp van Philips. De gegarandeerde levensduur wordt door de producent op de verpakking vermeld.

## 2.3 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 verzuring van bodem en oppervlaktewater of klimaatverandering.

In deze studie zijn de in gegeven milieuthema's beschouwd. Deze set milieuthema's omvat alle belangrijke milieuproblemen die spelen op een 'superlokaal' niveau of die worden veroorzaakt door emissies met een aanzienlijk verspreidingsgebied.



Tabel 2 Beschouwde milieuthema's

Milieu-thema (Effectgericht)	Eenheid
Abiotische uitputting	kg Sb-eq
Versterking broeikaseffect (500)	kg CO <sub>2</sub> -eq
Aantasting ozonlaag	kg CFK11-eq
Fotochemische oxidantvorming	kg etheen - eq
Eco-toxiciteit (aquatisch - zoet)	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.
Eco-toxiciteit (terrestrisch)	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.
Humane toxiciteit	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.
Verzuring (A&B)	kg SO <sub>2</sub> - eq
Vermesting (aquatisch)	kg PO <sub>4</sub> - eq
Vermesting (terrestrisch) (A&B)	kg NO <sub>x</sub> - eq

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.

## 2.4 Achtergrond gegevens

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 6.0 gehanteerd. SimaPro is een database waarin gegevens van door gerenommeerde instituten uitgevoerde en openbaar beschikbare LCA's zijn opgenomen. SimaPro wordt gezien als een toonaangevende bron van LCA informatie.

Voor glas is uitgegaan van gegevens over milieubelasting gegeven in het 'BREF-document' voor de Europese glasindustrie.

Voor de milieubelasting gerelateerd aan de door de lampen opgenomen elektriciteit is uitgegaan van gegevens van IVAM, zoals gebruikt in het MER-LAP. Dit document is gebruikt als onderbouwing van het nationale afvalbeleid en is gebaseerd op informatie die door de verschillende actoren in het veld van afval en energie is geaccordeerd.

De gebruikte achtergrond gegevens 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 Uitwerking per lamp

### 3.1 Inleiding

In deze studie zijn de grondstof fase, de gebruiksfase en de afdankfase van de drie 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.

De milieubelasting in deze fasen is steeds eerst bepaald per individuele lamp en daarna vertaald naar de beschouwde functionele eenheid.

De bepaling van de milieubelasting per lamp is in onderstaande drie paragrafen voor de drie (wel) beschouwde fasen in de levensloop van deze producten uiteengezet. De vertaling naar de functionele eenheid is gegeven in hoofdstuk 4.

### 3.2 Grondstoffase

De aan de grondstoffase gerelateerde milieubelasting is geschat aan de hand van de in Tabel 3 gegeven geschatte samenstellingen van de drie beschouwde lichtbronnen.

Tabel 3 Samenstelling van de drie lichtbronnen naar materialen (alle getallen in gram per lamp)

Materiaalgebruik gram/lamp	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
a Glas	4,1	30,0	23,1
b Kunststoffen			
PC	20,0		15,5
PP	3,6		1,5
c Metalen			
Aluminium	55,1	2,0	3,9
Tin	1,0	1,0	0,8
Koper	1,7		3,3
IJzer			4,4
d Overig, niet specificeerbaar (electronics en dergelijke)			8,7
	85,4	33,0	61,2

De samenstelling van de LED-lamp is bepaald middels destructief onderzoek en informatie verstrekt door Lemnis. Middels destructief onderzoek is bepaald wat het gewicht van de verschillende onderdelen van de lamp is. Door Lemnis is opgegeven uit welke materialen deze onderdelen zijn geproduceerd.

Voor de gloeilamp is uitgegaan van informatie van de Europese branchevereniging, zoals te vinden is op hun website<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Zie: <http://www.elcfed.org/content.php?level1=2&level2=5&mode=1>.

De samenstelling van de spaarlamp is hoofdzakelijk geschat op basis van destructief onderzoek. In de lamp zijn deels - in de behuizing - dezelfde materialen verwerkt als in de LED-lamp, waardoor het mogelijk was te bepalen welke materialen zijn verwerkt.

De spaarlamp bevat een printplaat met een aantal diodes, condensatoren en weerstanden. De condensatoren zijn 'ontleed' om het gewicht van de verwerkte materialen te kunnen bepalen. Voor de printplaat en de overige daarop aangebrachte onderdelen is een schatting gemaakt van de samenstelling aan de hand van algemene kentallen voor de chemische samenstelling van printplaten met elektro-onderdelen. Toch blijft ook dan nog een deel van het materiaalgebruik niet specificeerbaar en/of is voor bepaalde onderdelen geen informatie bekend over de bij productie van onderdeel en daarin verwerkte materialen gerelateerde milieubelasting. Dit geldt bijvoorbeeld voor de printplaat zelf die waarschijnlijk - maar niet met zekerheid - is geproduceerd uit "Pertinax", een mengsel van papier en kunststof hars.

Combinatie met de in bijlage A gegeven bijdragen aan de beschouwde milieuthema's per kilo materiaal geeft de in Tabel 4 getoonde bijdragen per lamp aan deze milieuthema's.

Tabel 4 Bijdragen aan milieuthema's per lamp gerelateerd aan materiaalgebruik

		LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
Abiotische uitp	kg Sb-eq	5,13E-03	3,44E-04	1,09E-03
Broeikaseneffect	kg CO <sub>2</sub> -eq	7,94E-01	6,77E-02	1,28E-01
Ozonlaag aant.	kg CFK11-eq	3,83E-08	2,54E-09	4,34E-09
Smogvorming	kg etheen - eq	3,10E+00	1,12E-01	2,37E-01
Ecotox. water	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	3,17E-01	1,25E-02	3,85E-02
Ecotox.terr.	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	1,90E+03	6,88E+01	1,43E+02
Humane tox.	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	1,54E-01	7,49E-03	2,94E-01
Verzuring	kg SO <sub>2</sub> - eq	1,09E-03	7,30E-04	1,39E-03
Aq. Vermesting	kg PO <sub>4</sub> - eq	3,62E-03	1,15E-04	2,59E-04
Ter. Vermesting	kg NO <sub>x</sub> - eq	3,82E-04	1,00E-04	1,32E-04

Voor een vergelijking tussen de verschillende lampen is de bijdrage eveneens uitgedrukt per 100.000 branduren - de levensduur van een LED-lamp. Op die manier is een gelijkwaardige vergelijking tussen de verschillende lampen mogelijk. In deze gebruikstijd van 1 LED-lamp worden 100 gloeilampen en 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> spaarlamp verbruikt.





Tabel 5 Bijdragen aan milieuthema's gerelateerd aan elektriciteitsgebruik per 100.000 branduren

		LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
Abiotische uitp	kg Sb-eq	5,13E-03	3,44E-02	1,82E-02
Broeikaseneffect	kg CO <sub>2</sub> -eq			
Ozonlaag aant.	kg CFK11-eq	7,94E-01	6,77E+00	2,13E+00
Smogvorming	kg etheen - eq	3,83E-08	2,54E-07	7,23E-08
Ecotox. water	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	3,10E+00	1,12E+01	3,95E+00
Ecotox.terr.	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	3,17E-01	1,25E+00	6,42E-01
Humane tox.	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	1,90E+03	6,88E+03	2,39E+03
Verzuring	kg SO <sub>2</sub> - eq	1,54E-01	7,49E-01	4,91E+00
Aq. Vermesting	kg PO <sub>4</sub> - eq	1,09E-03	7,30E-02	2,31E-02
Ter. Vermesting	kg NO <sub>x</sub> - eq	3,62E-03	1,15E-02	4,31E-03

Voor een wat inzichtelijker overzicht is in Tabel 6 de procentuele bijdrage per milieuthema gegeven, uitgedrukt ten opzichte van de score voor de LED-lamp.

Tabel 6 Relatieve omvang van de aan materiaalgebruik gerelateerde bijdragen

	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
Abiotische uitp	100%	670%	355%
Broeikaseneffect	100%	853%	268%
Ozonlaag aant.	100%	664%	189%
Smogvorming	100%	362%	127%
Ecotox. water	100%	395%	202%
Ecotox.terr.	100%	362%	126%
Humane tox.	100%	485%	3.178%
Verzuring	100%	6.714%	2.125%
Aq. Vermesting	100%	318%	119%
Ter. Vermesting	100%	2.628%	574%

Uit de analyse blijkt dat de LED-lamp weliswaar efficiënter is met materiaal, maar dat met name door het hoge gewicht aan aluminium de aan de grondstoffen productie gerelateerde milieubelasting toch vergelijkbaar is met en zeker niet unaniem beter dan voor de twee andere lichtbronnen.

Lemnis heeft inmiddels bevestigd dat de specificatie van de lamp zodanig is aangepast dat het aluminium gebruik in de koelring is teruggebracht van 55 tot circa 22 gram. In dat geval zal de lamp sowieso minder bijdragen aan elke denkbare vorm van milieubelasting dan welke andere vorm van verlichting dan ook.

In deze analyse is nog geen rekening gehouden met eventuele herverwerking van componenten, zoals aluminium. Herverwerking valt onder de afdankfase.

### 3.3 Gebruiksfase

Voor de gebruiksfase is uitgegaan van de in Tabel 7 specificaties.

Tabel 7 Specificaties voor opgenomen elektrisch vermogen

	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
Watt	3,5	40	8
Levensduur (branduren)	100.000	1.000	6.000

Vermenigvuldigen van opgenomen vermogen met een bedrijfstijd van 100.000 branduren (om resultaten weer vergelijkbaar te kunnen maken) met de bijdragen aan de beschouwde milieuthema's per GJ<sub>e</sub> geeft de in Tabel 8 getoonde bijdragen aan de beschouwde milieuthema's.

Tabel 8 Aan elektriciteitsgebruik gerelateerde bijdragen aan milieuthema's

		LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
Bijdragen aan milieuthema's				
Abiotische uitp	kg Sb-eq	2,09E+00	2,39E+01	4,96E+00
Broeikas effect	kg CO <sub>2</sub> -eq	2,50E+02	2,86E+03	5,93E+02
Ozonlaag aant.	kg CFK11-eq	7,06E-06	8,07E-05	1,68E-05
Smogvorming	kg etheen - eq	2,08E-02	2,38E-01	4,93E-02
Ecotox. water	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	9,59E-01	1,10E+01	2,27E+00
Ecotox.terr.	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	4,00E-01	4,57E+00	9,49E-01
Humane tox.	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	1,70E+01	1,94E+02	4,02E+01
Verzuring	kg SO <sub>2</sub> - eq	5,73E-01	6,54E+00	1,36E+00
Aq. Vermesting	kg PO <sub>4</sub> - eq	5,42E-02	6,19E-01	1,29E-01
Ter. Vermesting	kg NO <sub>x</sub> - eq	3,74E-01	4,28E+00	8,88E-01
Opgenomen vermogen		350	4.000	830

De verhouding in milieubelasting is gelijk aan de verhouding in de gedurende 100.000 branduren opgenomen vermogen.

Er is in deze analyse bij geen rekening gehouden met capacatieve of inductieve faseverschuiving tussen voltage en stroom. Bij een gloeilamp speelt dit sowieso geen rol. Bij een compacte spaarlamp wordt dit effect weggeregeld door de electronica in de lamp.

Bij de LED-lamp speelt capacatief vermogen wel een rol. Een lamp met een actief vermogen blijkt een reactief vermogen van maar liefst 75 - 80 VA<sub>r</sub> te hebben. Omdat overige opgestelde apparatuur (binnen en in de omgeving van huishoudens en kantoren) in de regel een inductieve faseverschuiving geeft zal de Lemnis LED-lamp over het algemeen een positief effect hebben. Als gevolg hiervan kunnen we stellen dat een capacatieve belasting (als gevolg van het gebruik



van de LED-lamp) een inductieve faseverschuiving binnen het elektriciteitsnet (voor een deel) compenseert.

De omvang van het netto voordeel (of nadeel wanneer er in de omgeving van de gebruiker geen enkele inductieve belasting aanwezig is) van de LED-lamp te bepalen moet eigenlijk een analyse worden uitgevoerd met belastingscurves van verschillende apparaten in de omgeving van de gebruiker. Dat is in het kader van deze studie niet doenlijk.

### 3.4 Afdankfase

Milieubelasting in de afdankfase zijn geschat op hoofdlijnen. Belangrijkste aspecten gerelateerd aan afdanken zijn:

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

#### Verbranding in een AVI

Kleine huishoudelijke gebruiksartikelen worden of 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. Ook wanneer de lamp kwik bevat.

Glas recycling blijkt in de praktijk een beperkt nut te hebben omdat bij glas recycling de vormingsenergie van het glas uit de grondstoffen wordt uitgespaard, maar het glas zelf nog steeds moet worden gesmolten. De smeltenergie vormt over het algemeen 80% - 90% van de totale energiebehoefte van het glassmelt proces.

Aangenomen is dat de gloeilamp en de LED-lamp volledig in het te verbranden huisvuil terecht komen. Bij verbranding zal waarschijnlijk de aluminium schroefbodem van de lamp behouden blijven. In de AVI's in Nederland wordt momenteel 35% van het overblijvende aluminium teruggewonnen. Er zijn echter ook AVI's zonder non-ferro afscheiding, terwijl bij AVI's met non-ferro afscheiding ongeveer 90% van het non-ferro metaal wordt teruggewonnen. Verwacht wordt dat uiteindelijk alle AVI's met non-ferro afscheidingstechnologie zullen zijn uitgerust.

Vanwege de spreiding en ontwikkeling in de afscheidingsefficiency van non-ferro metalen is op dit punt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij de volgende afscheidingsrendementen zijn beschouwd: 0%, 35% en 90%.

IJzer en staal worden per definitie voor circa 90% teruggewonnen bij AVI's.

Bij de verbranding van de LED-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%.

### **Inzameling en verwerking van spaarlampen**

De compacte spaarlamp zal deels als KCA apart worden aangeboden en worden herverwerkt. Gemiddeld genomen wordt ongeveer 50% gescheiden ingezameld en herverwerkt. Dit komt overeen met de gemiddelde inzamelrespons voor klein chemische afval in Nederland. Een specifieke respons voor spaarlampen is niet bekend. Het is niet ondenkbaar dat de bij huishoudens gebruikte spaarlampen grotendeels in het restafval terechtkomen en niet gescheiden worden aangeboden. De doelstelling voor inzameling van KCA bedraagt overigens 90%.

Vanwege de onzekerheid in de inzamelrespons voor spaarlampen is op dit punt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij responsen van 0%, 50% en 90% zijn beschouwd.

Bij herverwerking worden de in de lamp verwerkte metalen voor circa 90% hergebruikt. Het in de lamp verwerkte kunststof materiaal wordt waarschijnlijk in een AVI verbrand.

De niet gescheiden ingezamelde lampen wordt verbrand waarbij 35% van het in de lamp verwerkte aluminium en 90% van het taal wordt teruggewonnen.

In Tabel 9 en Tabel 10 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 11.

De aanduidingen 'minimum, maximum en gemiddeld hebben betrekking op de afscheidingsrendementen en inzamel responsen. Maximum heeft betrekking op maximale inzamelrespons en maximale terugwinning van metalen bij AVI's.



Tabel 9 Geschatte hoeveelheden teruggewonnen metalen en geproduceerde CO<sub>2</sub>-emissie en elektriciteit, steeds per lamp

	Minimum			Maximum			Gemiddeld		
	Per lamp			Per lamp			Per lamp		
	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
Geproduceerde elektriciteit (kJ <sub>e</sub> )	154		38	154		38	154		38
CO <sub>2</sub> -emissie (g)	39		28	39		28	39		28
Teruggewonnen metalen (g)									
Aluminium				49,6	1,8	3,5	19,3	0,7	2,4
Tin									
Koper				1,5		2,9	0,6		2,0
IJzer			4,0			4,0			4,0

Tabel 10 Geschatte hoeveelheden teruggewonnen metalen en geproduceerde CO<sub>2</sub>-emissie en elektriciteit, per 100.000 branduren

	Minimum			Maximum			Gemiddeld		
	Per 100.000 branduren			Per 100.000 branduren			Per 100.000 branduren		
	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
Geproduceerde elektriciteit (kJ <sub>e</sub> )	154		634	154		634	154		634
CO <sub>2</sub> -emissie (g)	39		466	39		466	39		466
Teruggewonnen metalen (g)									
Aluminium				49,6	180,0	58,5	19,3	70,0	40,6
Tin									
Koper				1,5		48,9	0,6		33,9
IJzer			65,9			65,9			65,9

Tabel 11 Aan afvalverwerking en recycling gerelateerde bijdragen aan de beschouwde milieuthema's - voor een vergelijking voor 100.000 branduren

	Minimum			Maximum			Gemiddeld		
	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
Bijdragen aan milieuthema's									
Abiotische uitp	-2,6E-04		-1,8E-03	-3,7E-03	-1,3E-02	-6,5E-03	-1,6E-03	-4,9E-03	-5,0E-03
Broeikaseffect	9,0E-03		2,3E-01	-5,8E-01	-2,1E+00	-5,5E-01	-2,2E-01	-8,3E-01	-3,1E-01
Ozonlaag aant.	-8,6E-10		-8,9E-09	-3,4E-08	-1,2E-07	-5,4E-08	-1,4E-08	-4,7E-08	-4,0E-08
Smogvorming	-2,5E-06		-2,7E-01	2,8E+00	-1,0E+01	-3,6E+00	1,1E+00	-3,9E+00	-2,5E+00
Ecotox. water	-1,2E-04		-1,1E-01	-2,8E-01	-1,0E+00	-5,6E-01	-1,1E-01	-3,9E-01	-4,2E-01
Ecotox.terr.	-4,9E-05		-1,4E+02	1,7E+03	-6,2E+03	-2,1E+03	6,6E+02	-2,4E+03	-1,5E+03
Humane tox.	-2,1E-03		-1,1E-02	-1,3E-01	-6,6E-03	-4,3E+00	-5,4E-02	-2,6E-03	-3,0E+00
Verzuring	-7,0E-05		-3,5E-04	-5,1E-04	-8,6E-04	-7,3E-03	-2,4E-04	-3,3E-04	-5,2E-03
Aq. Vermesting	-6,6E-06		-5,7E-04	-2,8E-03	-1,0E-02	-3,9E-03	-1,1E-03	-4,0E-03	-2,9E-03
Ter. Vermesting	-4,6E-05		-2,9E-04	-3,0E-04	-9,0E-04	-7,8E-04	-1,4E-04	-3,5E-04	-6,3E-04

Tabel 12 Geaggregeerde bijdragen voor drie lichtbronnen voor 100.000 branduren per lamp

	Minimum			Maximum			Gemiddeld		
	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte Spaarlamp (Philips softtone)	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
Bijdragen aan milieuthema's									
Abiotische uitp	2,10E+00	2,44E+01	4,97E+00	2,09E+00	2,44E+01	4,97E+00	2,1E+00	2,4E+01	5,0E+00
Broeikaseffect	2,51E+02	2,93E+03	5,95E+02	2,50E+02	2,93E+03	5,94E+02	2,5E+02	2,9E+03	5,9E+02
Ozonlaag aant.	7,10E-06	8,46E-05	1,68E-05	7,07E-06	8,44E-05	1,68E-05	7,1E-06	8,5E-05	1,7E-05
Smogvorming	3,12E+00	3,10E+02	3,73E+00	3,36E-01	3,00E+02	4,45E-01	2,0E+00	3,1E+02	1,4E+00
Ecotox. water	1,28E+00	4,26E+01	2,81E+00	9,93E-01	4,16E+01	2,36E+00	1,2E+00	4,2E+01	2,5E+00
Ecotox.terr.	1,90E+03	1,90E+05	2,25E+03	1,96E+02	1,84E+05	2,40E+02	1,2E+03	1,9E+05	8,5E+02
Humane tox.	1,71E+01	2,09E+02	4,51E+01	1,70E+01	2,09E+02	4,08E+01	1,7E+01	2,1E+02	4,2E+01
Verzuring	5,74E-01	6,65E+00	1,38E+00	5,73E-01	6,65E+00	1,37E+00	5,7E-01	6,7E+00	1,4E+00
Aq. Vermesting	5,78E-02	9,81E-01	1,32E-01	5,50E-02	9,71E-01	1,29E-01	5,7E-02	9,8E-01	1,3E-01
Ter. Vermesting	3,75E-01	4,32E+00	8,90E-01	3,74E-01	4,32E+00	8,89E-01	3,7E-01	4,3E+00	8,9E-01

Tabel 13 Relatieve geaggregeerde bijdragen uitgedrukt ten opzichte van de LED-lamp voor 100.000 branduren per lamp

	Minimum			Maximum			Gemiddeld		
	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
Abiotische uitp	100%	1.165%	238%	100%	1.165%	237%	100%	1.165%	237%
Broeikaseffect	100%	1.172%	238%	100%	1.171%	237%	100%	1.172%	237%
Ozonlaag aant.	100%	1.193%	237%	100%	1.191%	237%	100%	1.192%	237%
Smogvorming	153%	15.224%	183%	16%	14.728%	22%	100%	15.031%	71%
Ecotox. water	109%	3.658%	241%	85%	3.571%	202%	100%	3.624%	214%
Ecotox.terr.	154%	15.354%	182%	16%	14.854%	19%	100%	15.159%	69%
Humane tox.	100%	1.227%	264%	100%	1.227%	239%	100%	1.227%	247%
Verzuring	100%	1.160%	241%	100%	1.160%	240%	100%	1.160%	240%
Aq. Vermesting	102%	1.731%	233%	97%	1.713%	227%	100%	1.724%	229%
Ter. Vermesting	100%	1.152%	238%	100%	1.152%	237%	100%	1.152%	237%

### 3.5 Geaggregeerde bijdragen

Sommatie over de drie fasen in de levenscyclus geeft de in Tabel 12 getoonde geaggregeerde bijdragen. In Tabel 13 zijn de relatieve bijdragen ten opzichte van de bijdragen voor de LED-lamp gegeven.

Het elektriciteitsgebruik is aanzienlijk lager, zelfs in vergelijking met een standaard spaarlamp en in de LED-lamp is minder materiaal verwerkt dan in beide andere lamp typen. Dit met name omdat voor een brandtijd van 100.000 uur slechts één LED-lamp, maar 100 gloeilampen of 17 spaarlampen nodig zijn.

Wanneer de verschillende lampen na afdanking op dezelfde manier zouden worden verwerkt zou de LED-lamp voor elke denkbare vorm van milieubelasting minder bijdragen c.q. beter scoren.

Maar in de praktijk worden spaarlampen deels gescheiden ingezameld als klein chemisch afval, waarna de daarin verwerkte materialen worden opgewerkt en hergebruikt. Dit in tegenstelling tot de LED-lampen. Hiervoor gelden, gezien de gebruikte materialen, geen richtlijnen voor het hergebruik van materialen. Deze lampen komen derhalve in het huishoudelijk afval terecht en worden verbrand in zogenaamde afvalverbrandingsinstallaties (AVI's). Daarbij wordt slechts een deel van de in de lamp verwerkte non-ferro metalen (aluminium, koper, tin) uit de AVI-reststoffen teruggewonnen voor hergebruik.

Het resultaat is dat bij hoge inzamelpercentages van de spaarlamp meer materiaal wordt hergebruikt dan van de LED-lamp - met name non-ferro metalen als aluminium en koper - en er per saldo minder van deze materialen nodig is in de productie van spaarlampen.

Als gevolg hiervan is de aan materiaalgebruik gerelateerde milieubelasting bij de spaarlamp deels lager dan bij de LED-lamp, namelijk voor emissies van koolwaterstoffen en bij emissies van toxische stoffen naar de bodem.

Vanwege de onzekerheid in de inzamelrespons van de spaarlampen en de mate van terugwinning van non-ferro metalen uit AVI-reststoffen is op dit punt een onzekerheidsanalyse uitgevoerd. Daaruit blijkt dat zelfs bij een hoge mate van efficiency bij het terugwinnen van non-ferro metalen uit AVI-reststoffen de aan materiaalgebruik in de LED-lamp gerelateerde milieubelasting lager is als voor de spaarlamp en de LED-lamp op elke mogelijke manier minder milieubelasting geeft dan spaarlamp of gloeilamp.





## 4 Vertaling resultaten naar 6 miljoen huishoudens

### 4.1 Energiebesparing

In een gemiddeld huishouden zijn ongeveer 4 lampen (40 Watt), waarvan het gezamenlijk gebruik ongeveer 3.320 branduren per jaar bedraagt. Een gemiddeld huishouden consumeert daardoor jaarlijks zo'n 133 kWh<sub>e</sub> wanneer enkel gloeilampen worden gebruikt. Voor 6 miljoen huishoudens is dit circa 800 GWh<sub>e</sub>/jaar, 0,8% van het totale elektriciteitsgebruik in Nederland in 2004. Een gebruik van 800 GWh<sub>e</sub>/jaar komt ook overeen met het gehele jaar door leveren van 25 MW<sub>e</sub>. Dit gebruik daalt met 80% respectievelijk 90% wanneer in plaats van gloeilampen spaarlampen respectievelijk LED-lampen zouden worden gebruikt.

Tabel 14 Jaarlijkse gebruik per huishouden en geheel Nederland voor verlichting in woonkamers en slaapkamers

	LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
kWhe/jaar per huishouden	12	133	27
Gwhe/jaar voor Nederland	70	797	159
Relatieve omvang	9%	100%	20%

### 4.2 Milieubelasting

Vertaling van de milieubelasting per 100.000 branduren naar de totale gebruiktijd van de lampen die vallen in de lichtopbrengst klasse van een 40 Watt gloeilamp per jaar (3.320 branduren/jaar) geeft per huishouden en voor heel Nederland de in Tabel 15 en Tabel 16 gegeven bijdragen.

Tabel 15 Bijdragen per jaar per gemiddeld huishouden aan beschouwde milieuthema's gerelateerd aan verlichting

		LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
Abiotische uitp	kg Sb-eq	1,6E-01	1,9E+00	3,9E-01
Broeikaseffect	kg CO <sub>2</sub> -eq	1,9E+01	2,3E+02	4,6E+01
Ozonlaag aant.	kg CFK11-eq	5,5E-07	6,6E-06	1,3E-06
Smogvorming	kg etheen - eq	1,6E-01	2,4E+01	1,1E-01
Ecotox. water	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	9,1E-02	3,3E+00	1,9E-01
Ecotox.terr.	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	9,6E+01	1,5E+04	6,7E+01
Humane tox.	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	1,3E+00	1,6E+01	3,3E+00
Verzuring	kg SO <sub>2</sub> - eq	4,5E-02	5,2E-01	1,1E-01
Aq. Vermesting	kg PO <sub>4</sub> - eq	4,4E-03	7,6E-02	1,0E-02
Ter. Vermesting	kg NO <sub>x</sub> - eq	2,9E-02	3,4E-01	6,9E-02

Tabel 16 Bijdragen per jaar per gemiddeld huishouden aan beschouwde milieuthema's gerelateerd aan verlichting

		LED-lamp	Gloeilamp	Compacte spaarlamp (Philips softtone)
Abiotische uitp	kg Sb-eq	9,8E+05	1,1E+07	2,3E+06
Broeikasemissie	kg CO <sub>2</sub> -eq	1,2E+08	1,4E+09	2,8E+08
Ozonlaag aant.	kg CFK11-eq	3,3E+00	3,9E+01	7,8E+00
Smogvorming	kg etheen - eq	9,5E+05	1,4E+08	6,8E+05
Ecotox. water	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	5,4E+05	2,0E+07	1,2E+06
Ecotox.terr.	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	5,8E+08	8,8E+10	4,0E+08
Humane tox.	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	8,0E+06	9,8E+07	2,0E+07
Verzuring	kg SO <sub>2</sub> - eq	2,7E+05	3,1E+06	6,4E+05
Aq. Vermesting	kg PO <sub>4</sub> - eq	2,6E+04	4,6E+05	6,1E+04
Ter. Vermesting	kg NO <sub>x</sub> - eq	1,7E+05	2,0E+06	4,2E+05

De bij gebruik van gloeilampen optredende bijdrage aan klimaatverandering van 1,4 Mton/jaar is relatief ten opzichte van de totale broeikasgasemissie in Nederland ongeveer 0,6%.

#### 4.3 Invloed van LED-lamp gebruik op blindvermogen in het elektriciteit net

Het gebruik van apparaten met niet optimale eigenschappen spoelen en andere inductieve onderdelen door huishoudens leidt tot een extra belasting van het net in de vorm van blindvermogen. Door het fase verschil tussen stroom en spanning kan het opgenomen vermogen minder efficiënt worden benut en moet stroom aan deze apparaten worden geleverd. Dit betekent opwekken van meer elektrisch vermogen en verzwaring van het distributienet om het extra vermogen c.q. de extra stroom te kunnen transporteren.

De blindstroom op het net is inmiddels zo groot dat volgens Tennet voor een goed functioneren van het net een totaal van 650 MVar aan compensatie voor capacatieve blindlast en 1.500 MVar aan compensatie voor inductieve blindlast moet worden opgesteld tegen een totale investering van M€ 41. Daarnaast wordt compenserend blindvermogen door de elektriciteitproducenten opgewekt.

De door Lemnis ontwikkelde LED-lamp heeft door de in het ontwerp opgenomen condensator juist een capacatief vermogen en kan in principe de door inductie veroorzaakte blindlast compenseren. Een lamp met een actief vermogen van slechts 3,5 Watt blijkt een reactief vermogen van maar liefst 75 - 80 VA te hebben. In theorie zijn 20 miljoen lampen genoeg om de totaal van 1.500 MVar aan benodigde compensatie voor inductieve blindlast op het net - à M€ 11 aan investeringen - te compenseren<sup>3</sup>. Ter vergelijking: een gemiddelde van 4 LED-lampen per huishouden geeft een totaal van 24 miljoen lampen voor heel Nederland en een capacatief vermogen van 1.800 MVar.

<sup>3</sup> Ter vergelijking: in de 6 miljoen Nederlandse huishoudens is in potentie plaats voor 6 x 16 = 96 miljoen LED-lampen van 3,5 Watt.

Over gelijktijdigheid in gebruik van verlichting in woonkamers is geen literatuur of andere informatie gevonden. Vooralnog is uitgegaan van een voor elektriciteit in de woningbouw gemiddelde waarde van 20%. Bij deze gelijktijdigheid wordt - bij een gemiddelde penetratiegraad van 4 LED-lampen per huishouden - een gemiddeld capaciteitsvermogen van 360 MVar opgewekt.

Implementatie van 1.500 MVar aan compensatie voor inductieve blindlast in de vorm van spoelen zal Tennet jaarlijkse kosten van circa € 2.800.000 voor afschrijvingen, onderhoud en bediening vergen.

Een marktaandeel van gemiddeld 4 LED-lampen per huishouden zou bij een gelijktijdigheid van 20% de benodigde compensatie voor inductieve blindlast kunnen beperken tot circa 1.150 MVar en zou de jaarlijkse kosten voor Tennet kunnen beperken tot circa € 2.105.000/jaar, een besparing van circa € 665.000/jaar.



# Literatuur

## **AOO, 2002**

Milieueffectrapport Landelijk Afvalbeheerplan  
Achtergronddocument A1  
Uitwerking "Gasontladingslampen fluorescentiepoeder"

## **AOO, 2003**

Separate collection of Hazardous Household waste in the Netherlands  
Waste Management Council  
August 2003

## **BEK, 2002**

Basisonderzoek Elektriciteitsverbruik Kleinverbruikers  
Arnhem : Energiened 2002

## **BEK, 2004**

Basisonderzoek Elektriciteitsverbruik Kleinverbruikers  
Arnhem : Energiened 2004

## **Buwal, 2004**

Leo Morf, Ruedi Taverna, GEO Partner AG (GEO), Zürich  
Metallische und nichtmetallische Stoffe im Elektronikschrott Stoffflussanalyse  
Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft  
Bern : BUWAL, 2004

## **EPC, 2002**

Michael M. Fisher, Frank E. Mark, Tony Kingsbury, Jurgen Vehlow, Takashi Yamawaki  
Energy Recovery in the Sustainable Recycling of Plastics from End-of-Life Electrical and Electronic Products  
In Cooperation with: American Plastics Council, Dow Chemical , Europe / PlasticsEurope, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, PWMI Japan

## **IPCC, 2001**

Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industry  
Sevilla : EU, December 2001



**CE**

**Oplossingen voor  
milieu, economie  
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

# Verlichting vergeleken

Bijlagen

## Rapport

Delft, mei 2006

Opgesteld door: H.J. (Harry) Croezen  
M.N. (Maartje) Sevenster







## A Gehanteerde specifieke bijdragen per grondstof



## B De meest logische toepassing van 3,5 Watt LED-lampen bij huishoudens

De studie richt zich specifiek op het gebruik van de LED-lamp in huishoudens. In die toepassing concurreert de lamp met een 40 Watt gloeilamp of een 8 Watt spaarlamp.

Een goed overzicht van het elektriciteitsgebruik in huishoudens wordt gegeven in de zogenaamde BEK-analyses (Basisonderzoek Energieverbruik Kleinverbruikers), die tot 2003 in opdracht van Energiened werden uitgevoerd en waarvan de resultaten in rapportvorm openbaar verkrijgbaar waren. Voor deze studie is gebruik gemaakt van de laatste openbaar beschikbare rapportage, met daarin een overzicht voor het gebruik van een huishouden anno 2000.

Helaas is deze bron in het kader van de privatisering van de sector inmiddels opgedroogd, waardoor recentere informatie niet beschikbaar bleek.

Uit de analyse blijkt dat lampen van 40 Watt worden gebruikt in ruimten waarin vooral behoefte is aan sfeer verlichting: slaapkamer en woonkamer. Het aantal branduren en het aantal lampen per ruimte is gegeven in Tabel 18.

Uit het overzicht in Tabel 18 is duidelijk dat er een groot verschil is tussen de inzet van de lampen al naar gelang de ruimte.

Tabel 18 Overzicht gebruik lampen in de categorie van ongeveer 400 lumen in een gemiddeld huishouden

	Totaal aantal lampen	Bedrijfstijd (uren per jaar per lamp)	Somproduct	
Slaapkamer 1	2,9	260	754	10%
Slaapkamer 2	2,09	150	314	4%
Slaapkamer 3	1,56	150	234	3%
Slaapkamer 4	0,71	65	46	1%
Overige slaapkamer	0,24	65	16	0%
Toilet	1,033	380	393	5%
Woonkamer	7,264	830	6.029	77%
Totaal aantal branduren per jaar				7.785
Totaal aantal lampen (zonder reserve)				15,8
Gemiddelde brandtijd (uren per jaar)				493
- max				830
- min				65

Bestandsnaam: 3163\_eindrapportHC  
Map: K:\Secr\3\163\_2005  
Sjabloon: G:\huisstyl\2003\Office\_WorkGroup\CE\_Rapport\_NL.dot  
Titel: Verlichting vergeleken  
Onderwerp: Rapport Verlichting vergeleken  
Auteur: hc  
Trefwoorden: Rapport Verlichting vergeleken  
Opmerkingen:  
Aanmaakdatum: 5/18/2006 11:28:00 AM  
Wijzigingsnummer: 19  
Laatst opgeslagen op: 5/19/2006 1:31:00 PM  
Laatst opgeslagen door: Monique den Barver  
Totale bewerkingstijd: 318 minuten  
Laatst afgedrukt op: 5/19/2006 1:32:00 PM  
Vanaf laatste volledige afdruk  
Aantal pagina's: 35  
Aantal woorden: 7,009 (ong.)  
Aantal tekens: 41,495 (ong.)