

vergelijking lichtmasten in een gesloten kringloop benadering



RiBuilt rapport 2018/01
opdrachtgever: Rijkswaterstaat

Auteurs

Michiel Ritzen

Ronald Rovers



Vergelijking van de milieu impact van lichtmasten uitgedrukt in embodied land

Ronald Rovers en Michiel Ritzen, 22 december 2017

In opdracht van Rijkswaterstaat is er gekeken naar de milieu impact van het gebruik van verschillende materialen voor lichtmasten. In de analyse is de milieu impact uitgedrukt in de indicator 'embodied land'. De evaluatieberekeningen zijn gebaseerd op het MAXergy model ('Maximising Exergy') ontwikkeld door Rovers en Ritzen [1-9].

De milieu impact evaluatie van de lichtmasten is indicatief en niet gebaseerd op de exacte gegevens van de lichtmasten die Rijkswaterstaat toepast, vanwege het ontbreken van deze gegevens. Daarnaast is er in de vergelijking het armatuur, bekabeling, plaatsing, fundering, etc. buiten beschouwing gelaten, gebaseerd op de aanname dat deze gelijkwaardig zijn voor iedere mast. Kortom, alleen het materiaal van de lichtmast zelf is vergeleken.

De berekende varianten zijn:

1. Aluminium
2. Bamboe
3. Staal
4. Hout
5. Composiet

Toegepaste methode MAXergy - Embodied Land

De MAXergy methode is gebaseerd op het uitgangspunt dat voor een volledige milieu impact evaluatie er uitgegaan moet worden van een gesloten kringloop. In de MAXergy methode wordt de milieu impact van energiestromen en materiaalstromen behandeld en andere mogelijke stromen zoals water, luchtvervuiling etc. zijn geen onderdeel van deze methode. De milieu impact berekening met MAXergy geeft inzicht in de milieu impact om de grondstoffen (re)generatie en energieverbruik te compenseren / neutraliseren. De methode neemt daarvoor de energie die in winning en proces gaat zitten in beschouwing (embodied energy – EE, uitgedrukt in MJ) en de energie die nodig is om de grondstoffen te regenereren en de uitputting van grondstoffen te herstellen (circular energy – CE, uitgedrukt in MJ).

Beide energiestromen kunnen worden vertaald in landgebruik (embodied land – EL, uitgedrukt in $m^2 \cdot a$); land en tijd nodig om hernieuwbare (zonne-) energie te winnen en te converteren. Dit kan direct, zoals land voor de hergroei bossen, of indirect, zoals door middel van zonnepanelen om elektriciteit op te wekken om materialen te her te gebruiken, te recyclen en/of te circuleren. Voor meer informatie verwijzen wij naar www.maxergy.org.

Berekeningen

Voor de vergelijking tussen de verschillende lichtmasten is uitgegaan van de volgende getallen (gebaseerd op SimaPro en onderzoek van Houben et al [10-12]):

Tabel 1. Kengetallen berekeningen

	gewicht mast¹	Embodied Energy initial	Embodied Energy recycling	Embodied Energy circular	Energy	Embodied Land circular
	(kg)	[MJ/kg]	(MJ/kg)	(MJ/kg)		m ² a/kg
Aluminium²	3.00E+01	1.85E+02	1.67E+01	9.00E+06		8.47E-01
bamboe	1.50E+02	1.50E+01	0.00E+00	0.00E+00		1.29E+00
staal	8.00E+01	3.50E+01	1.01E+01	2.65E+06		8.50E-01
hout	1.72E+02	1.04E+01	0.00E+00	0.00E+00		2.12E+00
composiet	5.00E+01	5.00E+01	2.50E+01	2.00E+04		1.50E+00

¹ De gewichten zijn gebaseerd op commercieel verkrijgbare lichtmasten en zijn indicatief.

² Om 1 kg aluminium te produceren, is er 5,6 kg bauxite nodig [13]; om 1 ton bauxiet te winnen is 54,9 MJ nodig [14]; volgens Efthymiou, et al, is er voor aluminium recycling 5% van de initial embodied energy nodig [15].

Voor de berekening van de Embodied Land is uitgegaan van de volgende formules:

$$\text{Total Embodied Energy} = \text{Embodied Energy Initial} + \text{Embodied Energy recycling} + \text{Embodied Energy circular} \quad (1)$$

$$\text{Embodied Land Embodied Energy} = \text{Total Embodied Energy} / \text{Energy Generation} \quad (2)$$

De Embodied Land van Embodied Energy is het landoppervlak nodig om de Embodied Energy op te wekken. In deze vergelijking is uitgegaan van 'Energy Generation' door middel van PV panelen, met een rendement van 144,8 MJ/m² per jaar, zonder rekening te houden met eventuele energieopslag, transportverliezen, etc.

$$\text{Total Embodied Land} = \text{Embodied Land circular} + \text{Embodied Land EE} \quad (3)$$

In deze vergelijking is uitgegaan van de volgende maximale theoretische recycling rates (welke zeer hoog zijn en in de praktijk zelden gehaald zullen worden):

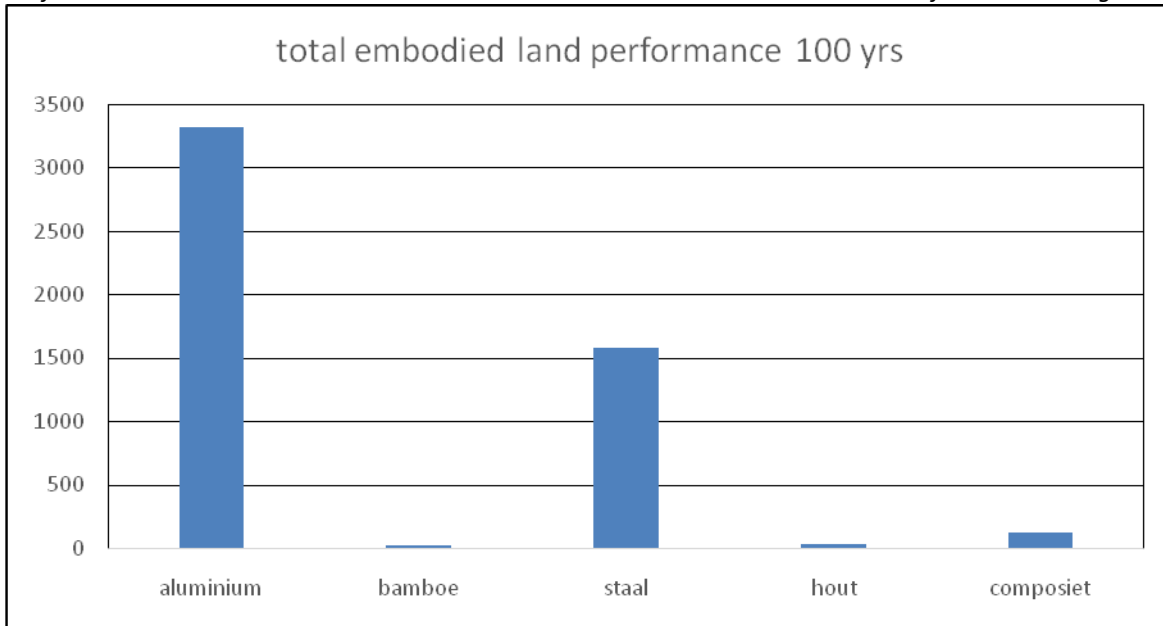
1. Aluminium 92%
2. Staal 95%
3. Composiet 25%

De Embodied Land berekening levert een indicator in m²-jaar: een land-tijd relatie. Door hier een levensduur aan te koppelen, wordt het een direct land beslag, in m², gedurende de hele berekende periode. Voor deze berekening is uitgegaan van een functievervulling van 100 jaar, en een technische levensduur van 25 jaar van de houten en composiet mast, en 50 jaar van de aluminium en stalen mast. De uitkomsten van de berekeningen zijn getoond in tabel 2.

Tabel 2. Berekende Embodied Land van de verschillende lichtmasten.

mast	total energy (MJ)	total embodied land (m ² ·a)	total embodied land performance 100 yrs (EL100 in m ²)
aluminium	2.30E+07	1.59E+05	3.32E+03
bamboe	2.26E+03	7.88E+02	1.64E+01
staal	1.09E+07	7.60E+04	1.58E+03
hout	1.79E+03	1.47E+03	3.06E+01
composiet	8.13E+05	5.92E+03	1.23E+02

Grafiek 1. Embodied Land van de verschillende lichtmasten over een functievervulling van 100 jaar.



Figuur 1. Visualisatie van het benodigde landoppervlakte voor een periode van 100 jaar om in de materiaalvraag te voorzien van 1 lichtmast.

De Embodied Land, zoals aangegeven in tabel 2 en gevisualiseerd in grafiek 1 en figuur 1, moet gedurende de gehele functionele levensduur van de lichtmast gereserveerd en productief zijn om na afloop van de functionele periode de kringloop hersteld te hebben ofwel de kringloop gesloten

te hebben gehouden.

Deze eerste vergelijking is gebaseerd op algemene indicatieve getallen vanwege de afwezigheid van gedetailleerde materiaalgegevens van de verschillende masten. Voor aluminium, staal, hout en bamboe zijn de gegevens redelijk accuraat, gebaseerd op diverse bronnen. Wat betreft de composiet variant zijn er zeer veel varianten en zijn de gegevens gebaseerd op aannames uit een vergelijkbare studie van bruggen [16]. Met een andere samenstelling kunnen de resultaten voor composiet lichtmast varianten variëren. Dat vergt een meer gedetailleerde studie.

De berekeningen zijn beschikbaar als bijlage in de xls sheet.

RiBuiT januari 2018 www.ribuilt.eu

Referenties

1. Ritzen, M., et al., *Carrying capacity based environmental impact assessment of Building Integrated Photovoltaics*. 2018.
2. Rovers, R., et al., *Space-time of solar radiation as guiding principle for energy and materials choices*, in *World Renewable Energy Congress 2011*. 2011: Linköping, Sweden.
3. Ritzen, M., et al., *Environmental impact comparison of a ventilated and a non-ventilated building-integrated photovoltaic rooftop design in the Netherlands: Electricity output, energy payback time, and land claim*. under review, 2017.
4. Rovers, R. *0-material building: space time analyses*. in *SB10*. 2010. Maastricht, the Netherlands.
5. Rovers, R., et al. *designing for only energy: suboptimisation*. in *PLEA 2011*. 2011. Louvain-la-Neuve, Belgium.
6. Ritzen, M., et al., *Making the assessment right, or making the right assessment*, in *Architecture and Sustainability*. 2014.
7. Rovers, V., et al., *Maxergy, duurzaamheidsberekening op basis van landgebruik*. 2011, RiBuiT / Zuyd University of Applied Sciences.
8. Rovers, R., et al., *De Embodied Land indicator - Achtergrond en onderbouwing*. 2013.
9. Rovers, R., *MAXergy and embodied land*, RiBuiT, Editor. 2011.
10. Frischknecht, R. and N. Jungbluth, *Ecoinvent data v2.0 overview and methodology*. 2007.
11. consultancy, P. *Simapro website*. 2014 [cited 2014 18-12]; Available from: <http://www.pre-sustainability.com/simapro>.
12. Houben, J., *MAXergy berekeningen SWB5G t.o.v.hout, staal en aluminium*. 2016, Zuyd University of Applied Sciences: Heerlen.
13. Institute, I.A., *Environmental Metrics Report*. 2014, International Aluminium Institute: London, UK.
14. Norgate, T. and N. Haque, *Energy and greenhouse gas impacts of mining and mineral processing operations*. *Journal of Cleaner Production*, 2010. **18**(3): p. 266-274.
15. Efthymiou, E., Ö.N. Cöcen, and S.R. Ermolli, *Sustainable Aluminium Systems*. *Sustainability*, 2010. **2**(9): p. 3100.
16. BECO, *Vergelijkende LCA studie bruggen - Vaststellen van duurzaamheidscore van bruggen uitgevoerd in staal, beton, composiet en hout*. 2013.