

Levenscyclusanalyse voor onderzoekers, ontwerpers en beleidsmakers

<http://www.vssd.nl/hlf/b002.htm>

Omslag: ontwerp van Jacques Schievink, naar een idee van de auteurs en L.H. van Amerongen.

Foto van Battersea Power Station (Londen, UK) van R.J. van Mourik.

Papier binnenwerk: 100% kringlooppapier.

Levenscyclusanalyse voor onderzoekers, ontwerpers en beleidsmakers

R.M. Bras-Klapwijk

R. Heijungs

P. van Mourik

© VSSD

Eerste druk 2003

DUP Blue Print is een imprint van:

Delft University Press

P.O. Box 98, 2600 MG Delft, The Netherlands

tel. +31 15 27 85678, telefax +31 15 27 85706, e-mail info@library.tudelft.nl

internet: <http://www.library.tudelft.nl/dup>

in opdracht van

Vereniging voor Studie- en Studentenbelangen te Delft

Poortlandplein 6, 2628 BM Delft, The Netherlands

tel. +31 15 27 82124, telefax +31 15 27 87585, e-mail: hlf@vssd.nl

internet: <http://www.vssd.nl/hlf>

URL about the book: <http://www.vssd.nl/hlf/b002.htm>

De verzameling illustraties in dit boek is desgewenst voor docenten in digitale vorm beschikbaar. Een verzoek tot levering kan worden gericht aan e-mail hlf@vssd.nl.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Printed in the Netherlands

NUR 973

Trefw.: levenscyclusanalyse.

ISBN 90-407-2385-0

Ten geleide

Nadat de aandacht in milieubeleid en milieutechnologie aanvankelijk beperkt was tot individuele fabrieken en activiteiten, verschoof eind jaren tachtig van de vorige eeuw de aandacht in de richting van *ketens* van fabrieken en activiteiten. Eerst ging het daarbij vooral om verpakkingen (denk hierbij aan de afweging tussen melkflessen en melkpakken), maar gaandeweg werd de analyse verbreed tot voedingsproducten, vervoersmiddelen, energiesystemen en de bouw. De termen levenscyclusanalyse en LCA werden omstreeks 1990 geïntroduceerd voor dit type vergelijkende product-studies. Het vakgebied LCA vormt daarmee de basis voor een wetenschappelijke beoordeling van de milieuverdiensten van producten. Daarmee is het een noodzakelijk instrument voor beleidsmakers, product-ontwerpers en ketenmanagers.

Met het verbreden van de mogelijkheden groeide de behoefte aan een eenduidige methode, met een uniforme terminologie. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van methodische richtlijnen voor het uitvoeren van LCA, en tot een standaardisatieproces binnen de 14040-serie van de ISO in de tweede helft van de jaren 90. Daarnaast is de toepasbaarheid van LCA snel toegenomen door de beschikbaarheid van een ruime keus aan programmatuur en gegevensbestanden. Een andere belangrijke ontwikkeling betreft die van het milieukunde- en duurzaamheidsonderwijs aan universiteiten en hogescholen. Ook het zogeheten vergroenen van traditionele curricula, heeft geleid tot de opname van LCA als vak binnen diverse studierichtingen, van chemie tot technische bestuurskunde en van industrieel ontwerpen in de vorm van eco-design tot biologie.

Het is een goede zaak dat deze nieuwe en veel omvattende publicatie met de laatste inzichten over LCA tot stand gekomen is. De combinatie van een beschrijving van LCA als methode en van LCA als maatschappelijk proces is zeer wenselijk. Immers, gebruik van LCA vereist een evenwichtige analyse, waarbij gebruik gemaakt wordt van een wetenschappelijk verantwoorde methode en er tegelijkertijd oog is voor het benodigde draagvlak. Het boek is niet alleen belangrijk voor wetenschappelijke verdieping voor medewerkers en studenten van universiteiten en andere kennisinstellingen. Maar het is ook van groot belang voor ontwerpers in bedrijven, alsmede de ontwerpers van onze toekomst, die zich steeds meer niet alleen richten op

– fysieke – producten maar ook op – gedematerialiseerde – diensten en product-systemen. De keuze om de rol van LCA binnen productontwerp en -ontwikkeling apart te beschouwen maakt het boek zeer bruikbaar voor bedrijven en ingenieursopleidingen.

Wij hopen dat veel studenten met dit boek op het spoor van LCA worden gezet, en er hun voordeel mee doen in de totstandkoming van een duurzame productie en consumptie, hetzij vanuit productontwikkeling, hetzij vanuit beleidsontwikkeling.

Delft/Leiden, maart 2003

Prof. dr. ir. J.C. Brezet,
Technische Universiteit Delft,
Faculteit Industrieel Ontwerpen, Sectie Design for Sustainability

Prof. dr. H.A. Udo de Haes,
Universiteit Leiden
Centrum voor Milieukunde

Voorwoord

Levenscyclusanalyse (LCA) is een belangrijk hulpmiddel om de gevolgen van de door de mens veroorzaakte milieubelasting in kaart te brengen. Vanuit Nederland zijn belangrijke bijdragen geleverd aan de ontwikkeling van dit nog jonge vakgebied. Het Centrum voor Milieukunde van de Universiteit Leiden heeft hierin een voornamelijk en voortrekkende rol gespeeld. Reeds in 1992 werd in Nederland een praktische handleiding voor het uitvoeren van een LCA gepubliceerd die onlangs (2002) met steun van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) uitgebreid en aangepast aan de recente ontwikkelingen, een herdruk mocht beleven. Eén van de auteurs (R. Heijungs) was bij beide publicaties nauw betrokken. Het vakgebied heeft talrijke raakvlakken met al langer gevestigde disciplines. In communicatie met deze disciplines en bij de opleiding van een nieuwe generatie ontwerpers, beleidsmakers en natuurwetenschappers ontbrak een adequaat studieboek. Dit manco werd uiteraard sterk gevoeld bij diegenen die de taak hebben de nieuwe generatie studenten vertrouwd te maken met de elementaire uitgangspunten en uitvoeringspraktijken van LCA. Dat zijn zij die de colleges aan Nederlandse universiteiten en hogescholen verzorgen voor studenten uit een breed scala van studierichtingen die hetzij tijdens hun studie, hetzij in hun latere beroepspraktijk als ontwerper, ingenieur of beleidsmaker met allerlei aspecten van LCA in aanraking komen.

Daarom nam één van de auteurs (R.M. Bras-Klapwijk) het initiatief tot het schrijven van een studieboek, primair bestemd voor Nederlandse universiteiten en hogescholen, dat de genoemde elementaire uitgangspunten en uitvoeringspraktijken beknopt, maar met perspectief op, met name, het ontwerpen zou presenteren. Concreet uitgewerkt betekende dit uitgangspunt dat het boek zich zou dienen te richten op het niveau van het tweede jaar van de universiteit of hogeschool. Gelukkig vond dit uitgangspunt een gunstig onthaal bij het Ministerie van VROM, dat een aanmerkelijke financiële ondersteuning bood. De Faculteit Techniek, Bestuur en Management van de Technische Universiteit Delft en het Centrum voor Milieukunde boden een gunstige intellectuele thuisbasis voor dit boek.

Halverwege de uitvoering van dit initiatief werden de eerste twee hoofdstukken gepresenteerd aan enkele actieve docenten van dit vak in Nederland. Hun terugkoppeling bleek waardevol te zijn en is verwerkt in de thans voor u liggende tekst. Met name wordt hier de bijdrage genoemd van dr. E. Nieuwlaar (Universiteit Utrecht). Actieve ondersteuning en waardevolle discussiebijdragen zijn afkomstig van prof. dr. H.A. Udo de Haes (Centrum voor Milieukunde van de Universiteit Leiden), prof. dr. H. Brezet en dr.ir. K.F. Mulder (beiden verbonden aan Faculteit voor Techniek, Bestuur en Management van de Technische Universiteit Delft). Tijdens het schrijven van dit boek genoot een van de auteurs (P. van Mourik) gastvrijheid bij de Sectie Polymeerkunde van de Faculteit Technische Natuurwetenschappen van de TU Delft.

Het thans voorliggende boek is het resultaat van een gelukkige samenwerking tussen “Delft” en “Leiden”, tussen een “technische” en een “algemene” universiteit. Wij houden ons aanbevolen voor opbouwende kritiek. Hierbij denken we vooral aan hen voor wie dit boek bestemd is: studenten van velerlei richtingen uit velerlei instellingen van tertiair onderwijs.

Delft/Leiden, voorjaar 2003

R.M. Bras-Klapwijk, R. Heijungs & P. van Mourik

Aanwijzingen voor zelfstudie

De stof uit dit boek is in een reeks van jaren gedoceerd aan studenten uit verschillende studierichtingen. Academische studie vooronderstelt grote zelfstandigheid. Daarom is getracht de stof in dit boek zodanig te presenteren dat deze in zelfstudie bestudeerd kan worden. In Hoofdstuk 1 komen enkele elementaire begrippen uit de LCA in relatie tot de keuzen die consumenten, producenten, overheden en bedrijven dag aan dag maken. Met deze begrippen wordt in Hoofdstuk 2 de methode van LCA stapsgewijs op zoveel mogelijk principiële grondslag gepresenteerd, systematisch en gelardeerd met praktische voorbeelden. In Hoofdstuk 3 komt de rol die de maatschappelijke actoren spelen in relatie tot de uitvoering van een LCA aan de orde. Met andere woorden, in Hoofdstuk 3 wordt de maatschappelijke context, zowel van organisaties als van beleid, van een LCA in uitvoering geschetst. Hoofdstuk 4 geeft het verband tussen LCA en het industrieel ontwerpen als een ingenieursactiviteit weer. Hoofdstuk 5 behandelt enkele praktijkvoorbeelden, van concrete LCA-studies tot beleidsprocessen waarin LCA een rol speelde. In elk hoofdstuk zijn studievragen verwerkt, waarvan de antwoorden af te leiden zijn uit de teksten die in de onmiddellijke nabijheid staan van deze vragen. De antwoorden op deze vragen zijn ten behoeve van zelfstudie verzameld in de Appendix Antwoorden op Studievragen.

Zoals hierboven al is aangegeven, geven de verschillende onderdelen van dit boek verschillende aspecten van de LCA-methode. Wie eerst een overzicht van de LCA-methode wil hebben kan het beste met Hoofdstuk 2 beginnen en in aansluiting hierop § 5.2 LCA van linoleum en § 5.4 LCA als ondersteuning van besluiten: oud papier, verbranden of recycleren bestuderen. Wie vooral in de beleidsmatige kant van LCA is geïnteresseerd, legt de nadruk op Hoofdstuk 3, dat overigens Hoofdstuk 2 als globale voorkennis heeft. Bij hoofdstuk 3 sluiten aan § 5.3 LCAs in het publieke debat: het voorbeeld van PVC en chloor en de al genoemde § 5.4. Wie geïnteresseerd is in het toepassen van LCA in ontwerpprocessen raden we aan de Hoofdstukken 2 en 4 te lezen en § 5.5 LCA van DutchEVO, een lichtgewicht auto.

Het boek heeft zes appendices. De Appendix Begrippen verzamelt enkele LCA-kernbegrippen. De Appendix Berekeningen geeft inzicht in de opzet van matrixrekening zoals toegepast bij de Inventarisatie. De Appendix Materiaalkeuze en LCA laat het verband zien tussen LCA en materiaalkunde. Enig inzicht in de historie en de aard van de technologische ontwikkeling wordt geboden in een afzonderlijk Appendix. De Appendix Studie-opdrachten verzamelt enkele opdrachten zonder antwoorden die in zelfstudie beantwoord kunnen worden.

Het boek is speciaal geschreven voor zelfstudie. Het biedt de lezer de volgende hulpmiddelen hiervoor:

- De gedetailleerde inhoudsopgave laat in één oogopslag zien het verband tussen de verschillende onderdelen van de stof.
- Elk hoofdstuk begint met een cursief gedrukte samenvatting van de inhoud van dat hoofdstuk.
- De tekst is zo compact mogelijk geschreven, in samenhang met de figuren.
- Terugzoeken is mogelijk via de Index en de Inhoudsopgave.
- De studievragen in de tekst noden uit tot nadenken; voor de noodzakelijke terugkoppeling zorgt de Appendix Antwoorden op Studievragen.
- De gehanteerde begrippen zijn verzameld in een afzonderlijke Appendix.

De schrijvers van dit boek zijn uiteraard van mening dat de hier gepresenteerde stof van belang is voor een elementaire kennismaking met een vakgebied dat zowel relevant is voor de latere beroepsuitoefening van studenten als voor hun academische vorming. Voor een blijvende verwerving van kennis en inzichten is naar hun oordeel zelfstudie een noodzakelijke voorwaarde.

Inhoud

TEN GELEIDE	5
VOORWOORD	7
Aanwijzingen voor de zelfstudie	9
1 MILIEUBEWUSTE PRODUCTKEUZEN	13
1.1 LCAs als ondersteuning van productkeuzen	13
1.2 Producersen en duurzame ontwikkeling	15
1.3 Kenmerken van LCA	17
1.4 Historische en internationale context	21
2 LEVENSCYCLUSANALYSE, AANPAK, KENMERKEN EN BEPERKINGEN	23
2.1 Inleiding	23
2.2 Vaststelling van Doel en Reikwijdte	25
2.2.1 Bepaling van doeleinde en maatschappelijke context	26
2.2.2 Bepaling van de vergelijkingsbasis: functionele eenheid, referentiestroom en oplossingsruimte	27
2.2.3 Eenheidsproces en reikwijdte: formulering van de operationele LCA-vraag	30
2.3 Inventarisatie	33
2.3.1 Procesboom	34
2.3.2 Verzameling van gegevens voor de eenheidsprocessen uit de procesboom	35
2.3.3 Bepaling van de ingreep tabel; toerekening door substitutie of verdeling	40
2.3.4 Model, keuzen en interpretaties	44

2.4	Effectbeoordeling	45
2.4.1	Indeling van de milieu-effecten: selectie van effectcategorieën en karakteriseringsmodellen	46
2.4.2	Grootte van de milieu-effecten: karakterisering, normalisatie en weging	49
2.5	Interpretatie	54
2.5.1	Analyse	54
2.5.2	Conclusies en evaluaties	57
2.5.3	Een praktijkvoorbeeld: buitenrioleringen van PVC, beton of gres	58
3	LEVENSCYCLUSANALYSE IN MAATSCHAPPELIJKE UITVOERING	62
3.1	Inleiding: besluitvormingssituaties	62
3.2	Typen besluitvorming en de rol van LCA-studies	67
3.3	Opzet van een participatief studieproces en gezamenlijke vaststelling van doel en reikwijdte	74
3.3.1	Over de procesmatige aspecten van de opzet van een LCA	74
3.3.2	Over de formulering van de onderzoeksvraag	79
3.4	Maatschappelijke actoren en inventarisatie	84
3.5	Effectbeoordeling door maatschappelijke actoren	90
3.5.1	Inleiding	90
3.5.2	Over de positiebepaling van maatschappelijke actoren	91
3.5.3	Over de beslispunten bij de effectbeoordeling	95
3.6	Maatschappelijke actoren en interpretatie	99
4	LEVENSCYCLUSANALYSE EN HET ONTWERPEN door J.A.M. Remmerswaal en P. van Mourik	102
4.1	Inleiding: productontwikkeling en LCA	102
4.2	Ontwerpen	107
4.3	Ontwerpstrategieën	112
4.4	Productontwikkeling, LCA en PvE	118
4.5	Problemen met LCAs bij het ontwerpen	123
5	VIER LCA-PRAKTIJKVOORBEELDEN	127
5.1	Inleiding	127
5.2	LCA van linoleum	129
5.3	LCAs in het publieke debat: het voorbeeld van PVC en chloor	132
5.3.1	Inleiding en het ontstaan van een publiek debat over PVC	132
5.3.2	De posities van maatschappelijke actoren in het PVC-debat	134

5.3.3 LCAs van PVC-producten en de chloorbalans	136
5.3.4 Gebruik van LCA-argumenten in het publieke debat	140
5.4 LCA als ondersteuning van besluiten: oud papier, verbranden of recycleren	141
5.5 LCA van DutchEVO, een lichtgewicht auto door J.A.M. Remmerswaal en P. van Mourik	146
5.5.1 LCA-uitkomsten voor een gemiddelde Nederlandse auto	147
5.5.2 Overwegingen voor het DutchEVO-ontwerp	148
5.5.3 LCA van de ultralichtgewicht auto DutchEVO	149
5.5.4 Vergelijking van DutchEVO met de huidige gemiddelde Nederlandse auto	152
APPENDIX 1 DEFINITIES VAN BEGRIPPEN	155
APPENDIX 2 BEREKENINGEN IN DE INVENTARISATIE	157
A2.1 Matrixrekening	157
A2.2 De keuze van software	161
APPENDIX 3 MATERIAALKEUZE EN LCA	163
A3.1 Inleiding	163
A3.2 Over LCA-materiaalkeuze	164
A3.3 Verkrijging van materialen	166
A3.4 Beperkte voorraden en materiaalkeuze	168
A3.5 LCA en de materiaalkeuze voor een automobieleronderdeel	170
APPENDIX 4 TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELING	174
A4.1 Inleiding	174
A4.2 Conditie en wisselwerking	175
A4.3 Innovatie	178
APPENDIX 5 ANTWOORDEN OP STUDIEVRAGEN	182
APPENDIX 6 STUDIE-OPDRACHTEN	190
REFERENTIES	192
BIBLIOGRAFIE	196
TREFWOORDEN	200
Over de auteurs	203