



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Impact assessment modelling of the matter-less stressors in the context of Life Cycle Assessment

Cucurachi, S.

Citation

Cucurachi, S. (2014, October 21). *Impact assessment modelling of the matter-less stressors in the context of Life Cycle Assessment*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/29300>

Version: Corrected Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/29300>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/29300> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Cucurachi, Stefano

Title: Impact assessment modelling of matter-less stressors in the context of Life Cycle Assessment

Issue Date: 2014-10-21

Samenvatting

Modellering van de effectbepaling van niet-fysieke stressoren in de context van levenscyclusanalyse

In de laatste 30 jaar heeft LCA zich ontwikkeld en gevestigd als het meest gebruikte instrument om de milieu impact van product systemen te analyseren en beoordelen. Verschillende wetenschappelijke publicaties, gestandaardiseerde richtlijnen en handboeken liggen aan de wetenschappelijke basis van LCA en hebben bijgedragen aan de internationale standaard ISO 14040 voor de uitvoering van LCA studies.

LCA studies worden nu wereldwijd zowel binnen als buiten de academische wereld uitgevoerd en daarnaast ook gebruikt in de ontwikkeling en totstandkoming van beleid. Hoewel de toenemende verspreiding en toepassing van LCA een continue verbetering van niet of onderontwikkelde aspecten niet in de weg staat, bestaan er nog veel uitdagingen in de ontwikkeling van LCA.

Recentelijk is de aandacht van LCA wetenschappers aan het verschuiven naar verbeteren van de representativiteit van impact assessment modellen en het verminderen van de onzekerheid rondom deze modellen die worden gebruikt in de Life Cycle Impact Assessment (LCIA) fase van LCA.

Er bestaat geen formeel vastgestelde lijst van impacts die in de LCIA fase worden opgenomen bij de uitvoering van een LCA studie. Bovendien wordt er steeds meer belang gehecht aan de opname van impacts van stressors (i.e. verschillende soorten factoren die de leefomgeving beïnvloeden) die nu nog niet in een LCA kader geplaatst kunnen worden.

Nu meerdere stressors en de achterliggende wetenschappelijke impact modellen onderdeel uitmaken van LCA beginnen LCA wetenschappers zich te richten op het verbreden en verdiepen van LCA. Specifieke interesse gaat naar die impacts die niet te relateren zijn aan fysieke emissie of opname. Omwille van bovenstaande eigenschap kunnen deze stressors als matter-less stressors gedefinieerd worden. Centraal in dit proefschrift staan drie matter-less stressors, die in de realiteit vaak tegelijkertijd aanwezig zijn, vergelijkbare fysische eigenschappen vertonen en bovendien binnen het LCA kader als onderontwikkeld worden beschouwd,

De betreffende stressors zijn geluidsemissie, radio-magnetische emissie en licht emissie. Deze stressors zijn leidend voor de analyses in dit proefschrift, waarin de volgende onderzoeksvragen centraal staan:

- Q1.** Hoe kunnen we er zeker van zijn dat de kennis van bepaalde impacts veroorzaakt door een bepaalde stressor voldoende is om deze stressor op te nemen in een LCA onderzoekskader?
- Q2.** Hoe kunnen we beoordelen op welke target subjects (bv. de Mens) we ons het beste kunnen richten tijdens het modelleringsproces?
- Q3.** Hoe kunnen matter-less stressors worden gedefinieerd binnen de mathematische structuur van LCA?
- Q4.** Hoe kunnen we de modelstructuur, de afhankelijkheden tussen de verschillende inputs in het model en de relatieve invloed van de verschillende inputs op de output van een karakterisatie model in LCIA het beste bestuderen?
- Q5.** Hoe kunnen we de wetenschappelijke validiteit van een nieuw karakterisatie model beoordelen en gebruikers van LCA in de praktijk begeleiden wanneer zij deze in LCA studies willen inzetten?

In hoofdstuk 2 wordt een stappenplan uiteengezet waarmee beoordeeld kan worden welke stressors en impacts van belang zijn wanneer modelbouwers onderzoeken hoe LCA verbeterd kan worden. We laten zien dat wanneer we het spectrum van stressors die centraal staan in LCIA willen uitbreiden, het noodzakelijk is om zorgvuldig na te gaan of een bepaalde stressor voldoende geschikt is voor LCA om haar impacts op basis van het volledige productiesysteem te analyseren.

Daarnaast is het van groot belang dat wetenschappers voldoende en onderbouwd wetenschappelijk bewijs in handen hebben dat de betreffende stressor een bewezen impact heeft op de leefomgeving. Er wordt een stappenplan voorgesteld dat een prioritering mogelijk maakt van nieuwe stressoren in LCA. De kwaliteit van dit stappenplan is getest met betrekking tot de voorgenoemde drie matter-less stressors, maar het stappenplan is ook te hanteren bij andere nieuwe impact categorieën in LCIA.

De inhoud van hoofdstuk 3 is complementair aan de benadering en analyse die voorgesteld wordt in hoofdstuk 2. Om een voorbeeld te geven, met betrekking tot de

stressor radio- en elektromagnetische straling was het bijvoorbeeld noodzakelijk om eerst meer informatie te verzamelen van de impacts van deze stressor , door middel van een review studie welke nog niet eerder was uitgevoerd. In deze review study in Hoofdstuk 3 is de beschikbare wetenschappelijke kennis verzameld over de ecologische impacts van radio- en elektromagnetische velden op biodiversiteit. Een recente review gericht op de effecten op de mens was reeds beschikbaar, maar een hoog kwalitatieve studie ten aanzien van de ecologische impacts op andere levende organismen dan de mens, was er nog niet.

De analyse in Hoofdstuk 3 tracht de beschikbare wetenschappelijke resultaten op hun kwaliteit te beoordelen en door middel van statistische methoden zijn de aanwezige trends tussen de blootstelling aan radio straling en haar relatieve effecten op niet humane doelen besproken.

Uit de literatuur studie in Hoofdstuk 3, en de informatie die wordt besproken in Hoofdstuk 2 kunnen we concluderen dat de huidige beschikbare kennis van radio- en elektromagnetische velden , en diens impacts op zowel de mens als de biodiversiteit, vooralsnog niet voldoende is om vast te kunnen stellen dat deze stressor binnen LCA bestudeerd zou moeten worden.

Het gaat in dit geval dus om de afwezigheid van voldoende wetenschappelijk bewijs en niet de fysieke eigenschappen van elektromagnetische golven, die de noodzakelijke informatie voor het modelleringsproces binnen LCA belemmert. Vergelijkbare conclusies worden getrokken met betrekking tot licht-vervuiling: Zowel met betrekking tot haar effecten op de mens als op de biodiversiteit in het algemeen, staat de huidige status van de wetenschappelijke literatuur over deze stressor niet toe een volledige inventarisatie te kunnen doen van de impacts van deze stressor in LCA

Wanneer we kijken naar geluidsemissie, dan kunnen we stellen dat de literatuur analyse en de studie van de fysieke eigenschappen van geluidsgolven laten zien dat er voldoende aanleiding is om het modelleringsproces voor deze stressor verder te intensiveren. De beschikbare literatuur laat in het bijzonder zien dat er solide en onbetwistbaar bewijs is voor de invloed van geluid op de mens, meer onderzoek is echter nodig om ook de impacts van geluid op de biodiversiteit te kunnen karakteriseren binnen LCA.

Het vervolg van dit proefschrift richt zich daarom verder op de modellering van geluidsemissies en -impacts op de mens.

In Hoofdstuk 4 wordt een theoretisch kader gepresenteerd waarmee het mogelijk is om geluidsemissie en geluidshindereffecten op de mens te analyseren en vast te stellen binnen LCA. Hierbij wordt een midpoint impact assessment model gehanteerd. In de Life Cycle Inventory (LCI) fase in LCA, is een manier ontwikkeld om geluid afkomstig van welke statische of bewegende geluidsbron dan ook, op te nemen in het model. Gebaseerd op fysieke eigenschappen en de beschikbare wetenschappelijke kennis hierover in acht nemend, is besloten om geluidsemissie te meten op basis van haar trillingsfrequentie, de tijd van de dag wanneer de emissie plaatsvindt, en de locatie van de emissie..

Als eenheid voor de inventory uitkomst is gekozen voor de joule als eenheid van geluidsenergie welke, anders dan het geval is bij de non-lineaire eenheid decibel, ons in staat stelt verschillende geluidsbronnen samen te kunnen bekijken in één model of deze juist met elkaar te vergelijken. Bovendien wordt een karakterisatie model voor gesteld welke de geëmitteerde geluid emissie omzet in een impact. Dit model is gebaseerd op de reguliere LCIA praktijk met betrekking tot toxische stoffen en gebruikt een fate factor en een effect factor om karakterisatie factoren te berekenen voor geluidsimpacts op de mens.

In Hoofdstuk 5 is het voorgestelde model voor geluidsemissies geoperationaliseerd, uitgebreid en verder ontwikkeld voor het berekenen van de karakterisatie factoren, gebaseerd op de theoretische definities. In deze fase zijn een aantal overwegingen gemaakt met betrekking tot de ruimtelijke precisie die de karakterisatie factoren zouden moeten hebben. Er is besloten de toekomstige gebruikers van de karakterisatie factoren zelf de mogelijkheid te geven te kiezen tussen verschillend detail niveaus gebaseerd op de beschikbare informatie en context van de studie. Daartoe zijn context-gebaseerde archetypen gedefinieerd welke de meest voorkomend geluidsfrequenties, tijden en locaties omvatten. Een totaal van 248 karakterisatie factoren is berekend voor deze hiervoorgenoemde archetypische contexten. Karakterisatie factoren zijn ook berekend voor niet nader gespecificeerde contexten van geluidsemissie. Daarnaast worden er visuele kaarten van karakterisatie factoren gepresenteerd, waarbij voor elke parameter die gedefinieerd wordt in het karakterisatie model een kaart met een precisie van 10 vierkante meter is gebruikt op basis van data uit de EU. Om de gebruiker die de beschikking heeft over vrijwel alle geluidsemissies in een levens cyclus te ondersteunen, hebben we de mogelijkheid ontwikkeld voor gebruikers om casus specifieke karakterisatie factoren te berekenen door middel van een simpel rekenoverzicht. Afhankelijk van de beschikbare

informatie, kan de gebruiker kiezen tussen de 10 bij 10 kilometer kaart en / of gebruik te maken van archetypische karakterisatie factoren, of er juist voor te kiezen om zelf gebiedsspecifieke karakterisatie factoren te berekenen.

In Hoofdstuk 5 wordt aandacht besteed aan onzekerheidsfactoren in de impact assessment modellen. Gegeven de relevantie van dit onderwerp, niet alleen voor matter-less geluidsemissie maar voor welke stressor dan ook die wordt onderzocht door middel van impact assessment modellen in LCA of geïntegreerde assessment modellen in andere onderzoeksvelden binnen de milieuwetenschappen, wordt in Hoofdstuk 6 het gebruik van verschillende global sensitivity tools verder onderzocht, om de onzekerheidsfactoren van de modellen die gebruikt worden in LCIA, te kunnen identificeren. Op basis van de studie naar het characterisation model of noise impacts, is een protocol opgesteld om onzekerheids- en global sensitiviteitsanalyses standaard op te nemen bij de ontwikkeling van karakterisatie modellen.

Een verscheidenheid aan technieken met betrekking tot het geluid karakterisatie model en de resultaten hiervan is naast elkaar gelegd en geanalyseerd om te zien welke invloed dergelijke technieken kunnen hebben op het gehele LCA onderzoeksveld. We laten zien dat het belang van de structuur van het model en het relatieve aandeel van de model inputs op de mate van onzekerheid in de uitkomsten, alleen ten volle geanalyseerd kan worden wanneer er een standaard protocol wordt gevolgd, die via de juiste weg gebruik maakt van de beschikbare statistische technieken. Na de ontwikkeling van het model (Hoofdstuk 4) voor geluidsemissie en een daaropvolgende analyse om de mate van onzekerheid in het model te kunnen bestuderen, is het model hierna getest op basis van een representatieve case study, namelijk een case studie naar windturbines.

In hoofdstuk 7 onderzoeken we opnieuw de bevindingen in voorgaande hoofdstukken en beoordelen we de mate waarin inzichten die opgedaan zijn door middel van het nieuwe model voor geluidsemissie, gegeneraliseerd kan worden naar andere matter-less stressors die in de toekomst mogelijk in LCA worden opgenomen. We geven aanwijzingen hoe om te gaan met matter-less stressors in het LCA onderzoekskader en gerelateerde uitdagingen met betrekking tot het karakterisatie proces. De casestudy naar windturbines is gedaan om het ontwikkelde karakterisatie model te testen, binnen een productiesysteem, waar geluidsemissies gerelateerd zijn aan de operationele fase.

Hoewel meer dan honderd LCA studies zich hebben gericht op de milieu impacts van deze relatief nieuwe energie productie systemen zijn geluidsemissies en gerelateerde impacts hierbij altijd veronachtzaamd. Deze studie laat zien dat, uitgaande van verschillend

windturbine karakteristieken, het mogelijk is om de impacts van geluidsemissies op de mens te kwantificeren, en dat verschillende systemen met elkaar vergeleken kunnen worden op basis van deze resultaten. De case studie laat overtuigend zien dat het mogelijk is om het ontwikkelde karakterisatie model in te zetten in LCA en de impacts van geluidsemissies te kwantificeren, waarbij het gehele proces van de extractie van natuurlijke hulpbronnen tot de afbraak van restproducten mee wordt genomen.

Het doel van dit proefschrift was om te onderzoeken hoe matter-less stressors opgenomen kunnen worden in LCA. De onderzoeksvragen die worden beantwoord in dit proefschrift, ook al zijn deze met name gericht op matter-less stressors, zorgen voor een aantal belangrijke stappen voorwaarts om de verbetering van het LCA onderzoekskader een impuls te geven. De gegeven selectie criteria stellen ons in staat om op rationale wijze te kunnen beslissen welke stressors het meest in aanmerking komen om de reikwijdte van LCA te vergroten. Dit proefschrift laat ook zien dat niet alle stressors per definitie opgenomen hoeven te worden in LCA

Echter, de case studie van geluidsemissie in dit proefschrift kan beschouwd worden als paradigmatisch als het gaat om hoe nieuwe stressors, matter-less of niet, bestudeerd en al dan niet opgenomen kunnen worden in LCA. We laten zien dat LCA niet per definitie het instrument is dat in alle gevallen, alle mogelijke milieukundige analyses vorm kan geven: LCA kent haar beperkingen. Sommige van deze beperkingen kunnen worden weggenomen door verder onderzoek, andere kunnen ondervangen worden door LCA in combinatie met andere milieu analyse instrumenten. Om LCA een betrouwbaarder instrument voor milieukundige analyses te maken, is het noodzakelijk dat experts uit aanverwante wetenschapsgebieden, direct betrokken worden in de ontwikkeling van (nieuwe) modellen en methoden. Een praktisch voorbeeld hiervan is de globale sensitiviteitsanalyse die gedaan is in dit proefschrift. De expertise binnen het wetenschappelijke kader van LCA is gecombineerd met expertise uit het wetenschapsveld van de statistiek.