

Recensies

Titel: Thermodynamics and sustainable development. The use of exergy analysis and the reduction of irreversibility. (Proefschrift, verdedigd op 7 november 1997)

Auteur: R.L. Cornelissen.

Uitgegeven: Universiteit Twente, 1997, ISBN 90 3651 053 8

Het onderwerp van dit proefschrift past in een traditie van energie-analyse, exergie-analyse en de wisselwerking tussen economie en milieu, waarbij het milieu voornamelijk vanuit de grondstoffenproblematiek belicht wordt.

Energie-analyse is een gevestigde techniek, die in de procestechnologie dagelijks gebruikt wordt. Het wereldgebruik aan fossiele energiedragers leidt evident tot schade aan het milieu. De milieubeleidsthema's klimaatverandering en verzuring zijn direct hieraan gekoppeld door de emissies van CO₂, SO₂ en NO_x. Daarnaast is er de zorg om de uitputting van (makkelijk toegankelijke) voorraden en de schade aan landschap en ecosystemen ten gevolge van de winning van energiedragers. Ook speelt de problematiek van toxische stoffen die vrijkomen bij de verbranding van fossiele brandstoffen een rol. Het is ook niet meer dan logisch dat de energie-analyse in de jaren zeventig gemakkelijk aan de toegenomen zorg over het milieu werd gekoppeld.

Het is echter ook al lang bekend dat het kale begrip energie een te simpele indicator is. Hiervoor zijn verschillende redenen. Ik bespreek er achtereenvolgens een aantal.

Allereerst zijn niet alle vormen van energie in energetisch opzicht gelijk. Een megajoule elektriciteit is geproduceerd door conversie van meer dan één megajoule chemische energie uit kolen, gas, of olie. Rendementsverliezen spelen een duidelijke rol. Door niet naar elektrische of andere vormen van afgeleide energie te kijken, maar naar primaire energie, kan men hiervoor corrigeren.

Ten tweede is niet alle energie even nuttig aan te wenden. Energie is een behouden grootheid. De energie waarmee onze voertuigen zich bewegen wordt omgezet in andere vormen van energie, zoals wrijvingswarmte. Deze warmte is zeer laagwaardig. Om het verschil tussen hoogwaardige en laagwaar-

dige energie aan te geven, is een kwaliteitsmaat nodig. Deze maat wordt gevormd door de exergie. Exergie is een grootheid met de dimensie van energie (joule), en kan beschouwd worden als de nuttig bruikbare hoeveelheid energie van een systeem. Exergie is niet behouden; het gaat in industriële en andere processen verloren. Een exergie-analyse van een industriële sector kan dan aangeven in welke processtappen het grootste exergieverlies optreedt. Cornelissen laat aan de hand van twee case studies zien hoe dat in zijn werk kan gaan.

De belangrijkste bijdrage van Cornelissen is dat hij dit idee uitbreidt tot de levenscyclus van producten. Het idee is dat een exergie-analyse van wieg tot graf inzicht geeft wáár in de levensfasen van een product (productie, gebruik, afdanking) het grootste exergieverlies optreedt. Cornelissen beschrijft daartoe de ELCA, de *Exergetic Life Cycle Analysis*, die hij als een uitbreiding van de traditionele LCA (levenscyclusanalyse) beschouwt. In LCA wordt de wisselwerking tussen een productsysteem en het milieu gekwantificeerd in termen van stromen tussen deze beide systemen. Het gaat daarbij om emissies (mogelijk van honderden verschillende stoffen) en onttrekkingen (meestal van tientallen verschillende grondstoffen). Om tot een inzichtelijk en interpreteerbaar resultaat te komen, worden emissies die bijdragen aan een zelfde type effect (klimaatverandering, verzuring, etc.) geaggregeerd tot een stuk of tien zogeheten effectscores. Voor de grondstoffen gebeurt iets dergelijks.

Ik denk dat de term uitbreiding een te ambitieuze aanduiding is. Feitelijk stelt Cornelissen voor om de effectcategorie uitputting van grondstoffen in te vullen met behulp van het exergiebegrip, en niet met een simpel voorraadbegrip, zoals dat soms gedaan wordt. Ik zou dus niet over ELCA als een alternatief voor LCA willen spreken, maar over LCA met één van de effectcategorieën op een specifieke manier uitgewerkt. Niettegenstaande deze nuancering, is dit een interessant idee. Cornelissen illustreert de gang van zaken in de volgende hoofdstukken aan de hand van een aantal case studies.

Voor een positionering van de waarde van het werk van Cornelissen is het goed om de verdere bezwaren van een directe koppeling tussen energie en milieu te beschouwen.

De mate waarin het gebruik van energie het milieu belast, is sterk afhankelijk van het type energie-

drager dat ingezet wordt. Er is een duidelijk verschil tussen gas en kolen, bv. wat betreft de zwavelproblematiek. Niet-fossiele energiedragers hebben weer andere problemen: ik noem slechts radioactiviteit, verstoring van het hydrologische evenwicht, ruimtebeslag en horizonvervuiling als neveneffecten van diverse bronnen van energieconversie. In zoverre is het goed dat Cornelissen niet exergie voorstelt als enkelvoudige maat voor een milieu-analyse, zoals dat door Ayres (1998) gedaan wordt. Ayres ziet exergie als maat voor alle milieuproblemen, zelfs voor toxiciteit. Dat doet Cornelissen niet. Maar hij ziet exergie als maat voor alle uitputtingsproblemen, zelfs voor niet-energetische grondstoffen. Daar ligt mijn grootste probleem. Ik noemde zojuist aggregatie als één van de taken van de effectbeoordeling van LCA. Wanneer we uranium, olie, kolen en gas moeten aggregeren in termen van uitputting is exergie wellicht een goede kandidaat. Maar we moeten ook andere grondstoffen meenemen: vernieuwbare energiedragers (bio-brandstof), energiebronnen met een stroomkarakter (wind, zon), andere abiotische grondstoffen (koper, zand), en andere biotische grondstoffen (vis, bomen). Cornelissen geeft helaas niet aan in hoeverre exergie als geaggregeerde uitputtingsmaat toepasbaar is op deze andere categorieën grondstoffen. Ik kan mij nauwelijks voorstellen dat de exergie van kolen en van zand samen een waardevolle indicator van grondstofuitputting opleveren. Dat zou betekenen dat de effectcategorie uitputting in een aantal categorieën opgedeeld zou moeten worden, waarvan verlies van exergie slechts een indicator voor één daarvan vormt. De definitie van de andere categorieën is dan nog een geheel open vraag, en het zou kunnen dat we daarvoor dan weer moeten terugvallen op een voorraad-gerelateerde maat.

Het onderwerp van een set uitputtingscategorieën is een onderwerp dat verwaarloosd is door de gehele LCA-gemeenschap. Ik kan mij voorstellen dat een aan exergieverlies gerelateerde categorie één van de belangrijke hierin zal zijn. Cornelissens werk kan hieraan een interessante bijdrage leveren.

Ayres, R.U. 1998. 'Eco-thermodynamics: economics and the second law.' *Ecological Economics* 26: 189-209

Reinout Heijungs

Centrum voor Milieukunde, Universiteit Leiden

Titel: Judaism, environmentalism and the environ-

ment. Mapping and analysis. (Dissertatie verdedigd aan de UvA op 16 februari 1999.)

Auteur: M. Gerstenfeld

Uitgegeven: The Jerusalem Institute for Israel Studies, Rubin Mass Ltd., Jerusalem, ISSN 033-8681

EEN JOODSE ZAKENMAN IN DE WETENSCHAP

De auteur van het te bespreken proefschrift, Manfred Gerstenfeld, studeerde in de jaren zestig scheikunde aan de UvA, vertrok in 1964 naar Israël, was werkzaam in de industrie, ontwikkelde zich vervolgens tot consultant en specialiseerde zich daarbij in business strategie en milieuzaken. Ik geef deze korte biografische schets omdat ik denk dat deze dissertatie het beste in die context begrepen en gewaardeerd kan worden. Gerstenfeld werd in zijn werk in Israël en in het Mediterrane gebied regelmatig met de invloed van religie op het dagelijkse leven geconfronteerd. Dat gold in het bijzonder voor de joodse religie in Israël. Helaas moest hij ook constateren dat milieuzaken daarbij niet de aandacht kregen die ze zijns inziens verdienden. Hij begon zich beroepshalve en ook persoonlijk af te vragen of een grondige studie over de relatie tussen milieu en jodendom hem zou kunnen helpen om zijn consultancy werk beter te kunnen doen. Deze achtergrond verklaart zijn specifieke aanpak bij de centrale vraag van dit proefschrift: "How does Judaism view modern environmentalism and environmental matters?" (p. 1).

Hoe ziet die aanpak eruit? Allereerst gaf hij er de voorkeur aan om zijn graad niet bij een religieuze universiteit in Israël te verwerven, maar bij een seculiere universiteit in West-Europa. Dat zou hem, zo was zijn redenering, een (nog) betere entree verschaffen in de milieubusiness. Hij koos er anderszinds wel voor om binnen de Halacha (de joodse religieuze wet) te blijven en analyseert derhalve teksten uit die traditie. Daaronder valt allereerst de geschreven Thora, de wet van Mozes uit de Tenach (de Hebreeuwse bijbel), en verder de mondelinge Thora, die volgens de overlevering eveneens aan Mozes is gegeven, maar pas in de eerste eeuwen in de Mishna is opgetekend en nader uitgelegd in de Talmud en latere rabbijnse geschriften. Deze teksten analyseert hij op een strategische manier, waarbij de nadruk valt op het gemeenschappelijke en niet-controversiële. De teksten worden niet systematisch of historisch-kritisch bekeken omdat de auteur de uitkom-