

University of Groningen

## Modelling energy systems

Schenk, Niels Jan

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2006

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Schenk, N. J. (2006). *Modelling energy systems: a methodological exploration of integrated resource management*. s.n.

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

*Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.*

## Nederlandse samenvatting

De mensheid is in sterke mate afhankelijk van natuurlijke hulpbronnen zoals zoet water, bebouwbaar land, productiebos, biodiversiteit, en delfstoffen. Iedere natuurlijke hulpbron kent zijn eigen, specifieke toepassingen en heeft zijn eigen kenmerkende dynamiek.

Het gebruik van natuurlijke hulpbronnen gaat over het algemeen gepaard met één of meerdere bijeffecten. Ten eerste zorgt gebruik in het heden voor schaarste in de toekomst; zo kan het gas van Slochteren maar één keer verstookt worden. Ten tweede vervullen veel natuurlijke hulpbronnen meerdere ‘functies’; zo voorziet grasland niet alleen in de voedselvoorziening voor melkvee, maar vormt dit tevens de habitat van weidevogels. Ten derde resulteert het gebruik van natuurlijke hulpbronnen in een productie van afval, uitstoot van schadelijke stoffen en verstoring van landschappen.

Het beheer van natuurlijke hulpbronnen neemt al sinds mensenheugenis een centrale plaats in de cultuur van vrijwel iedere samenleving in, omdat deze hulpbronnen zo cruciaal zijn voor die samenleving en de impact van de nadelige gevolgen zo groot is. Dit proefschrift richt zich voornamelijk op het beheer van één specifieke natuurlijke hulpbron: energie.

Sinds de oliecrisis in de jaren zeventig heeft de afhankelijkheid van energie (uit politiek instabiele gebieden) veel aandacht gekregen. Vanaf de jaren tachtig begon het besef van klimaatverandering gemeengoed te worden. De belangrijkste oorzaak van klimaatverandering is de uitstoot van koolstofdioxide door de verbranding van fossiele brandstoffen. Daarnaast zorgt de verbranding van fossiele brandstoffen voor luchtvervuiling, hetgeen bijzonder schadelijke gevolgen voor de volksgezondheid en de natuur heeft. Afhankelijkheid en beschikbaarheid van energie, klimaatverandering, en volksgezondheid zijn drijfveren om efficiënter met energie om te gaan en om alternatieve energiebronnen te ontginnen. Het is daarom van groot belang om energiesystemen te analyseren met als doel mogelijke toekomstige ontwikkelingen te verkennen. Op die manier krijgt men inzicht in de aard en ontwikkeling van mogelijke problemen en oplossingen.

Het gebruik van natuurlijke hulpbronnen staat niet op zichzelf en daarom is het zinvol om ook andere natuurlijke hulpbronnen bij de energie-analyse te betrekken. In de studies die in dit proefschrift beschreven zijn, ligt de nadruk op het belang van materialen voor energie-analyses. Materiaal- en energiegebruik zijn nauw met elkaar verbonden. Het energiegebruik van de staalindustrie (één van de belangrijkste energiegebruikende industrieën) hangt af van de maatschappelijke behoefte aan staal. Aan de andere kant heeft de materiaalkeuze voor een auto (plastic of staal) invloed op het gewicht van de auto en dus op het energiegebruik.

Om een energiesysteem te analyseren wordt vaak gebruik gemaakt van computermodellen. Een computermodel is een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid, waarbij grif gebruik wordt gemaakt van de rekenkracht van computers. Er zijn verschillende bestaande methodologieën voor energie-analyse met computermodellen. In dit proefschrift wordt een scala aan methodologieën gebruikt om energiesystemen te analyseren. Het doel van het onderzoek is het verkrijgen van

een evenwichtig beeld van energiesystemen en van de mogelijkheden (en van onmogelijkheden) om energiesystemen te veranderen.

Voordat er oplossingen voor problemen gezocht worden, is het van belang te weten of het probleem er in de toekomst nog steeds zal zijn (of zal zijn verergerd). Hiervoor is een toekomstverkenning van het probleem nodig. Toekomstverkenningen zijn er in vele soorten en maten. Eén van de meest uitgebreide en bekendste toekomstverkenningen is het rapport met emissiescenario's van het 'International Panel for Climate Change' (IPCC). Dit proefschrift begint met een beschouwing van dat rapport met emissiescenario's (Hoofdstuk 2) met als voornaamste doel inzicht te krijgen in het ontwerpen van scenario's en het gebruik van computermodellen voor energie-analyse. De beschouwing van de IPCC emissiescenario's leert dat het interdisciplinaire karakter van energie-analyse één van de potentieel belangrijkste struikelblokken is. Daarnaast blijkt dat een toekomstverkenning een duidelijk, eenduidig doel moet hebben in plaats van meerdere, niet te combineren, doelen.

De toekomstverkenning van het IPCC is bijzonder helder over één ding: klimaatverandering is één van de grootste problemen waarmee we in de 21ste eeuw geconfronteerd zullen worden. Daarom heeft efficiënter met energie omgaan en het gebruiken van alternatieve energiebronnen een hoge prioriteit. Dat in Nederland windenergie een belangrijke duurzame bron is zal weinigen verbazen. Windenergie is echter een ander type natuurlijke hulpbron dan een fossiele energiebron. In Hoofdstuk 3 van dit proefschrift wordt de dynamische interactie tussen deze twee typen hulpbronnen onderzocht. Windenergie wordt gebruikt om elektriciteit op te wekken. Het waait echter niet altijd op het moment dat er vraag naar elektriciteit is. Daarom moeten conventionele elektriciteitscentrales er zorg voor dragen dat er altijd voldoende elektriciteit geproduceerd kan worden. Dit gaat gepaard met energetische verliezen en deze verliezen worden relatief groter naarmate er meer windturbines staan opgesteld. Als windenergie wordt omgezet in waterstof, dan worden de eerder genoemde verliezen geëlimineerd. Maar bij deze waterstofroute treden weer andere verliezen op. Met behulp van een gedetailleerd computermodel is berekend wat de potentiële bijdrage is van de productie van waterstof uit windenergie voor de 'overall' efficiency van het systeem. Het blijkt dat het vanaf een opgesteld vermogen van ca. 6GW aan windturbines voor Nederland efficiënt wordt om waterstof uit windenergie te gaan produceren.

Naast energie vormen materialen een belangrijke categorie natuurlijke hulpbronnen. In hoofdstuk 4 van dit proefschrift wordt de wisselwerking tussen bio-materialen, bio-energie, en fossiele energie onderzocht aan de hand van papierrecycling. Papier kan gerecycled worden, wat energie kost, maar kan ook in een afvalverwerkingscentrale verstoekt worden waarbij energie opgewekt kan worden. Als er minder gerecycled wordt, moet er natuurlijk wel meer papier uit bomen geproduceerd worden. En dat kost dan weer bomen die ook in een bio-energiecentrale hadden kunnen worden verstoekt. Het is a-priori niet eenvoudig de consequenties van meer of minder papier recyclen op het energiegebruik te overzien. Met modelberekeningen kan dat wel. Uit deze berekeningen blijkt dat het uit energetisch oogpunt efficiënt is om papier te recyclen. Maar ook dat er sprake is van een afnemende meeropbrengst bij toenemende recycling. Het is daarom gerechtvaardigd dat papierrecycling wordt gestimuleerd, maar het is niet zinvol veel hogere recyclingspercentages na te streven dan de huidige.

Zoals al eerder vermeld heeft het gebruik van materialen invloed op energiegebruik. De materialen die een samenleving gebruikt, noemt men materiaalstromen. Materiaalstromen geven aan waar op welke wijze wat voor materialen in de samenleving gebruikt worden. Materiaalstromen komen een samenleving in als ruwe grondstoffen, verlopen via diverse stadia van bulkproduct tot eindproduct, en verlaten een samenleving als afval. De grootte van materiaalstromen is dan ook deels bepalend voor de hoeveelheid benodigde energie. Grotere materiaalstromen betekenen namelijk meer vrachtverkeer, maar ook meer energiegebruik door de industrieën om deze materiaalstromen te verwerken. In hoofdstuk 5 wordt beschreven hoe materiaalstromen gebruikt kunnen worden bij het maken van scenario's voor het energiegebruik van de industriële sector. Het gebruik van materiaalstromen als maat van industriële output wijkt af van de standaardmethode waarin de monetaire toegevoegde waarde gebruikt wordt als maat van industriële output. Het blijkt vooral voor ontwikkelingslanden veel uit te maken of de scenario's gebaseerd zijn op toegevoegde waarde of op materiaalstromen. Dit onderzoek suggereert dat het toekomstige industriële energiegebruik wel eens significant lager zou kunnen zijn dan de meeste scenariostudies concluderen.

Eén van de kenmerken waarin verschillende methodologieën van elkaar verschillen is het schaalniveau. Energiesystemen kunnen op verschillende schaalniveaus bestudeerd worden. Macroscopische analyse is gericht op data met een hoog aggregatieniveau, zoals bijvoorbeeld nationale statistieken. Microscopische analyse daarentegen, is gericht op data met een laag aggregatieniveau, zoals procesgegevens van een technologie of uitgavepatronen van individuele huishoudens. Uit de studies in dit proefschrift blijkt dat veel van de interessante wisselwerkingen tussen natuurlijke hulpbronnen plaatsvinden op een niveau tussen macro en micro in, het zogenaamde meso-niveau. In hoofdstuk 6 wordt verder ingegaan op het meso-niveau. De dynamiek van het meso-niveau wordt in sterke mate bepaald door terugkoppelingen (E.g. het gebruik van LPG als autobrandstof was lange tijd niet populair mede omdat er weinig tankstations voor LPG waren. En omdat LPG niet populair was was er weinig reden om LPG stations bij te bouwen. Hier is dus sprake van een terugkoppeling tussen de brandstof distributie en brandstofgebruik). Terugkoppelingen kunnen co-evolutie (e.g. tussen autogebruik en brandstof distributiesystemen) en organisatie (e.g. huidige brandstof distributiesysteem) als gevolg hebben. Organisatie kan zowel een katalysator als een belangrijke barrière zijn als het gaat om het verbeteren van energie-efficiëntie. Het beter begrijpen van de organisatie maakt het mogelijk om effectiever beleid te ontwerpen. Er is bijvoorbeeld verschillend beleid denkbaar om er voor te zorgen dat auto's gemiddeld zuinig worden. Veel van deze opties, zoals het verhogen van brandstof efficiënties, resulteren niet in een significant zuiniger wagenpark, maar wel in onbehagen bij automobilisten. Problemen die moeilijk door middel van 'klassiek' beleid zijn op te lossen, kunnen wel effectief aangepakt worden door een doelgroep-georiënteerde aanpak of een herinrichting van de organisatie.

In dit proefschrift is er vanuit verschillende invalshoeken naar energie-systemen gekeken. Iedere invalshoek beschouwd interacties tussen verschillende natuurlijke hulpbronnen vanuit verschillende schaalniveaus en gebruikmakend van verschillende methodologieën. Uit dit onderzoek blijkt dat interacties tussen verschillende natuurlijke hulpbronnen vrijwel altijd niet-lineair zijn, wat zich uit in afnemende meeropbrengsten en verzadigingseffecten. Hierdoor zijn energiesystemen intuïtief

moeilijk te doorgronden. Daarnaast heeft het schaalniveau invloed op de uitkomst van onderzoek en daarom moet energie-analyse op micro-, macro- en meso-niveau uitgevoerd worden. Met betrekking tot energie-beleid (en politiek) is vooral het meso-niveau van belang. Naast de schaalniveaus worden de mogelijkheden van energie-analyse beperkt door de gebruikte methodologie. Iedere specifieke methodologie heeft zijn eigen kenmerkende lacunes en daarom dienen verschillende methodologieën niet als tegenstrijdig, maar als complementair te worden gezien.