

VU Research Portal

Policy Modelling for Sustainable Waste Management

Inghels, D.A.M.

2016

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Inghels, D. A. M. (2016). *Policy Modelling for Sustainable Waste Management*. Vrije Universiteit.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

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.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Samenvatting

Sinds enkele decennia vindt een transitie plaats van een lineaire naar een circulaire economie die gebaseerd is op het hergebruiken en recycleren van materialen. Kwantitatieve wiskundige modellen en case study analyse zijn hierbij nuttige ondersteunende instrumenten (Raven, 2007) maar deze instrumenten worden slechts zelden gebruikt voor de ondersteuning van verduurzamingsvraagstukken (Seuring, 2013; Dekker et al., 2012). In deze thesis gaan we aan de hand van case studies na hoe kwantitatieve beslissingsmodellen de omschakeling naar duurzamere logistieke ketens kunnen ondersteunen. In het bijzonder willen met deze thesis bijdragen aan de ontwikkeling van beslissingsmodellen voor een duurzamer afvalbeheer en duurzame logistieke ketens voor overheid en industrie. Voor de uitwerking van deze modellen gebruiken we voornamelijk system dynamics en multi criteria analyse.

De ontwikkeling van een duurzaam overheidsbeleid kan goed worden ondersteund door middel van system dynamics modellen (Boulangier en Bréchet, 2005). System dynamics is een krachtige modelleertechniek om het complexe gedrag van logistieke ketens te onderzoeken en te voorspellen (Towill, 1996). System dynamics laat besluitvormers toe om de dynamiek van processen te begrijpen en de invloed van beleidsbeslissingen op deze processen te doorzien (Sterman, 2000). Bovendien laat de methode toe om de interactie tussen het milieu, sociale en economische systemen te modelleren (Meadows et al. 1972). Er zijn echter slechts een beperkt aantal toepassingen van system dynamics op dit terrein, onder andere voor de modellering van duurzame productie (Kibira et al., 2009) en duurzaam afvalbeheer (Morrissey en Brown, 2004).

Industriële besluitvormers moeten meer en meer voldoen aan (supra) nationale en regionale wetgeving inzake duurzame ontwikkeling. Wetgeving speelt een belangrijke rol in de verduurzaming van het ondernemen door een kader aan te bieden voor de coördinatie tussen economische, ecologische en maatschappelijke factoren (Tang en Zhou, 2012). In deze thesis definiëren we duurzaamheid in industriële processen als de gecombineerde optimalisering van economische, milieu- en maatschappelijke doelen rekening houdend met technologische beperkingen en wetgeving. Deze benadering staat ook bekend als de triple bottom line (TBL) aanpak of “People-Planet-Profit” optimalisatie (Kleindorfer et al., 2005).

Industriële besluitvormers worden bij het managen van hun logistieke ketens regelmatig geconfronteerd om uit verschillende opties het meest duurzame alternatief te kiezen. Multiple objective programming is een geschikte optimaliseringstechniek voor het behandelen van dergelijke vraagstukken (Munda, 2005). Uit een uitgebreid literatuuronderzoek van Seuring (2013), blijkt echter dat het bestaand onderzoek op dit terrein beperkt is en dat bestaande modellen meestal enkel economische en ecologische dimensies beschouwen. Maatschappelijke doelstellingen worden zelden in modellen opgenomen (Seuring, 2013; Sharma et al. 2013).

Met deze thesis willen we bijdragen tot het dichten van de hierboven geschetste kloof in de literatuur door beslissingsondersteunende modellen te ontwikkelen om de duurzaamheid van afvalbeleid te beoordelen en potentieel voor verbetering aan te reiken gebaseerd op de triple

bottom line benadering.

Na de inleiding in hoofdstuk 1, worden twee system dynamics modellen voorgesteld om het afvalbeleid te beoordelen voor huishoudelijk afval (hoofdstuk 2) en voor afgedankte personenwagens (hoofdstuk 3). Beide modellen worden toegepast op de Belgische situatie om de lange termijn invloeden te begrijpen van de belangrijkste endogene en exogene variabelen in het afvalbeheer van de voornoemde afvalstromen.

In de hoofdstukken 2 en 3 tonen we aan hoe system dynamics modellen kunnen bijdragen tot het onderzoek naar een duurzaam nationaal afvalbeheerbeleid. Met betrekking tot huishoudelijk afval onderzoeken we wat het belang is van een preventiebeleid dat gericht is op het beperkt houden van het afval volume per inwoner. Dit doen we door de afvalproductie los te koppelen van de economische groei. In hoofdstuk 3 stellen wij een generiek model voor om na te gaan of en hoe EU landen de uitdagende 2015 EU doelstellingen kunnen bereiken met betrekking tot terugwinning en hergebruik van materialen uit afgedankte voertuigen (het zogenaamde End-of-Life Vehicle (ELV) afval). In dit hoofdstuk, dat gebaseerd is op onderzoek uit 2013, laten we zien dat deze 2015 EU doelstellingen daadwerkelijk vanaf 2015 kunnen worden bereikt in België. Voorwaarde hiervoor is dat een stabiele stijging in ELV afval wordt gegenereerd die leidt tot investeringen in de recyclage van kunststoffen. Dit kan gerealiseerd worden door bijvoorbeeld het beperken van de uitvoer van afgedankte personenauto's of door het verkorten van hun levensduur. Bovendien wordt aangetoond dat hoe sneller erkende afvalverwerkers nieuwe investeringen implementeren voor de recyclage van kunststoffen, hoe sneller de ELV 2015 streefcijfers voor personenauto's kunnen worden behaald. De ontwikkelde modellen zijn generiek en kunnen eenvoudig worden aangepast voor de evaluatie van gelijkaardige afvalbeheerproblemen in andere EU Lidstaten. De nieuwigheid van de voorgestelde aanpak bestaat eruit dat de voorgestelde modellen rekening houden met de dynamische interacties tussen o.a. BBP, bevolkingsgroei, consumentengedrag, wetgeving en andere specifieke parameters die van belang zijn voor het ontwikkelen van een duurzaam afvalbeheer. In vergelijking met eerder ontwikkelde statische beslissingsondersteunende macro-economische modellen laten de voorgestelde system dynamics modellen toe om een procesbenadering toe te passen die rekening houdt met interactie tussen processen, tijdsafhankelijke effecten en met non-lineaire relaties tussen variabelen.

Vervolgens bestuderen we twee problemen die verband houden met het duurzaam afvalbeheer van groenafval. In hoofdstuk 4 onderzoeken we of compostering en/of verbranding met energierecuperatie de meest duurzame valorisatie is voor groenafval. Traditioneel wordt hiervoor een levenscyclusanalyse (LCA) gebruikt, echter deze is niet geschikt voor het vergelijken van de milieu-impact van diverse valorisatie alternatieven met verschillende functies (in dit geval materiaal recuperatie en energie recuperatie). Daarom presenteren we een alternatieve methode die gebaseerd is op de bepaling van een Pareto-optimaal front. Met behulp van deze aanpak stellen we de optimale afriuilcombinaties voor van compostering en terugwinning van energie uit groenafval. Voor het bepalen van het Pareto-optimaal front is multi-objective programming toegepast met als doelstelling het gezamenlijk maximaliseren van de hoeveelheid compost en de hoeveelheid energie uit groenafval. Dit probleem wordt opgelost met behulp van een *elitist non-dominated sorting genetic algorithm* versie (NSGA

II) (Deb, 2009) en met behulp van de ϵ -constraint methode (Mavrotas, 2007). De voorgestelde oplossingsmethode is getest op een gevalstudie voor groenafval valorisatie uit Vlaanderen, het noordelijk deel van België. Berekeningsresultaten gebaseerd op openbare beschikbare Belgische gegevens tonen aan hoe de optimale valorisatie van een partij groenafval bepaald wordt door de verhouding van snoeisel en bladeren ('bruine massa') en gras ('groene massa'). We tonen aan dat het laagste milieu impact gerealiseerd wordt door de volledige toewijzing van groenafval aan ofwel compostering ofwel energierecuperatie.

In hoofdstuk 5 bestuderen we het probleem van de valorisatie van groenafval vanuit een ander perspectief. In dit hoofdstuk analyseren we of, in vergelijking met zuivere compostering, het duurzamer is om een deel snoeisel uit groenafval te verwijderen en dit te gebruiken voor energievalorisatie. Volgens de EU afvalrichtlijn 2008/98/EG (EP&C, 2008) mag enkel van compostering afgeweken worden indien kan aangetoond worden dat een andere valorisatie duurzamer is. Het ontwikkelde model – het eerste in zijn soort – selecteert de meest duurzame valorisatie door het gezamenlijk optimaliseren van winst, milieu- en maatschappelijke effecten met behulp van de ϵ -constraint oplossingsmethode. Op basis van praktijkgegevens onderzoeken we de duurzaamheid van verschillende valorisatie alternatieven voor groenafval alsmede het effect dat subsidies kunnen hebben op de selectie van het meest duurzame valorisatie alternatief. Op basis van berekeningen zullen we laten zien dat het duurzamer is om een deel van het snoeisel uit het inkomend groenafval en een deel van de zeefoverloop na compostering te gebruiken voor energievalorisatie in plaats van al het groenafval te composteren. Daarnaast tonen we aan hoe subsidies de meest duurzame valorisatie oplossing kunnen beïnvloeden.

Ten slotte bestuderen we in hoofdstuk 6 de duurzaamheid van vervoersopties voor het transporten van huishoudelijk afval van gemeentelijke collectiecentra naar afvalverwerkingsinstallaties. De opties die vergeleken worden zijn vervoer per vrachtwagen, binnenschip en gecombineerd vrachtwagen-binnenschip vervoer. Door middel van het in kosten uitdrukken van de drie pijlers van de duurzaamheid, People-Planet-Profit, kan een traditionele single-objective programming aanpak gebruikt worden. Vernieuwend aan de voorgestelde aanpak is dat we een dynamisch tactisch planningsmodel gebruiken dat de som minimaliseert van de transportkosten, externe milieu- en maatschappelijke kosten. Het voorgestelde service netwerk ontwerpprobleem voor huishoudelijk afval wijst afvalvolumes toe aan transportmodi en selecteert de transportfrequenties voor een te kiezen planningsperiode. Voor het praktijkvoorbeeld dat we bespreken, laten we zien dat het rendabel is om zelfs huishoudelijk afval via multimodaal vrachtwagen/binnenschip transport te vervoeren voor afstanden kleiner dan 100 km. Deze afstand wordt traditioneel beschouwd als de minimale afstand waarbij een modal shift rendabel is (Pekin, 2010).

We besluiten in hoofdstuk 7 met een overzicht van de voornaamste bevindingen van deze thesis en formuleren aandachtsgebieden voor vervolgonderzoek.