

MASTER

Weg van afval

de optimale logistieke structuur voor de verwijdering van afval afkomstig uit Limburg

Kokke, P.

Award date:
2006

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

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

Weg van afval

De optimale logistieke structuur voor de
verwijdering van afval afkomstig uit Limburg

Naam: Pieke Kokke
Datum: 10-04-2006
Begeleiders:
Dhr. Gosselink
Dhr. Flapper
Dhr. Pellemans

Management Summary

This research project has been carried out at Essent Milieu. The core business of this company is to process waste and to ensure that the supply of waste is transported to different processors, owned by Essent Milieu or by third parties. To coordinate this transport Essent Milieu owns several transfer facilities.

Contracts are established between local authorities and companies like Essent Milieu to secure the removal of waste at a fixed price. At the beginning of 2009, the contract between Essent Milieu and Limburg expires. There are no incinerators in Limburg, so the waste has to be transported to other provinces. To regain the contract it is therefore crucial to have an optimal logistic structure.

This led to the following assignment:

Design an optimal logistic structure for the removal of waste from Limburg, which takes into account the possibility of alternative transport modalities.

The optimal logistic structure is determined by the process, product and market characteristics and the goal of the company. The goal of Essent Milieu is to minimize costs and to look for alternative transport modalities which are more environmental friendly than transport by truck.

A mixed integer linear model has been developed, to determine the logistic structure with minimal costs. Restrictions in this model are formed by the process characteristics (for example capacity limitations), product characteristics (for example limitations of conservation) and market characteristics (for example regulations of the government).

Optimisation of the model is divided into two parts. The first part determines the:

- Optimal number of transfer stations;
- Optimal location of those facilities;
- Division of the waste streams over those facilities;
- Division of the waste streams over the processors.

The second part determines:

- If and how much waste has to be stored.

After validation of the model, several scenarios have been compared. In the basic scenario the current process, product and market characteristics are taken into account. Alternative scenarios are formed by changing some of those characteristics. The first scenario deals with different processors currently in use. In the second scenario the type of collection vehicle is changed. The third scenario deals with a self-loading ship and at last the expected changes in waste regulations are taken into account.

The conclusions which can be drawn from the model are divided in the conclusions for the basic scenario and the conclusions for the alternative scenarios and are stated below.

Conclusions which can be drawn from the basic scenario:

- The costs of the logistic structure can be decreased by using less transfer stations compared to the current situation. The optimum logistic structure, in a situation with rail transport, will be realised if transfer stations are opened in Kerkrade, Maastricht and Venlo. Without rail transport the transfer stations will be located in Heerlen and Venlo;
 - Rail transport is more expensive than road transport. Essent Milieu is committed to a rail transport contract till 2011, for the transport between Kerkrade and Wijster. After expiring it should not be renewed and redemption should be considered. The costs/ton of rail transport are more expensive than those of road transport. Besides that, Kerkrade is not an optimal location for a transfer station.
 - No decrease in costs can be realised by storage of domestic waste;
 - It can be profitable to store bulky waste. When storing bulky waste the supply of incinerators becomes more constant by which less waste has to be landfilled and less penalties has to be taken into account. It is profitable to store bulky waste as:
 - The supply of bulky waste is more than the maximal capacity of the incinerators for bulky waste.
-

-
- The supply of waste at the incinerator is more than the maximal capacity of the incinerators and the delivery targets of that incinerator are not yet reached.

Conclusions which can be drawn from the alternative scenarios:

- Alternative incinerators can be found which are nearer to Limburg than the incinerators currently in use. If those incinerators ask the same price for processing waste as the current incinerators, it is always cheaper to use the alternative processors. Provided that alternative waste can be found for the incinerators of Essent Milieu.
 - Collecting waste with vehicles with the Integrated Environment System (IES) is more expensive than with the traditional collecting systems, for situations with road as well as with rail transport.
 - The cheapest logistic structure is realised by using a ship with a self-loading system and collecting waste with collecting vehicles with IES. This change has a very big impact on the organisation and some consequences of this scenario need more research before the conclusion can be drawn that this scenario is optimal.
 - When using collection vehicles with IES, no waste is stored.
 - Expected changes in the Dutch waste regulations have almost no consequences for the optimal logistic structure.
-

Inhoudsopgave

1	Bedrijfsbeschrijving	1
1.1	Essent	1
1.1.1	Essent Milieu	2
1.2	Initiële opdracht	2
1.3	Plan van aanpak	3
2	Logistieke structuur	4
2.1	Beïnvloedingsfactoren	4
2.1.1	Proces	5
2.1.2	Productkarakteristieken	8
2.1.3	Markt	10
2.1.4	Doelstellingen	12
2.1.5	Besturingssysteem	13
2.1.6	Logistieke organisatie en informatiesysteem	15
2.2	Afbakening	17
2.2.1	Procesafbakening	17
2.2.2	Productafbakening	17
2.3	Definitieve Opdracht	18
3	Veranderingen	19
3.1	Procesverandering: Stap toevoegen	19
3.1.1	Regelmatiger afvalaanbod	19
3.1.2	Afval scheiden	19
3.2	Procesverandering: Stap weglaten	20
3.3	Procesverandering: Stap veranderen	21
3.3.1	Inzamelvoertuigen	21
3.4	Verandering productkarakteristieken	22
3.4.1	Productverandering: Houdbaarheid	22
3.4.2	Productverandering: Verpakkingsdichtheid	22
3.4.3	Productverandering: Volume/gewicht-verhouding	22
3.5	Marktveranderingen	24
3.5.1	Verandering benodigde flexibiliteit	24
3.5.2	Verandering regelgeving: Grens brandbaar huishoudelijk afval	24
3.5.3	Verandering regelgeving: Diftar	25
3.5.4	Verandering regelgeving: Een losser GFT-afval beleid	25
3.5.5	Verandering regelgeving: Verandering voorkeursvolgorde	25
3.6	Samenvatting veranderingen	27
4	Transportmodaliteiten	28
4.1	Keuze modaliteiten	28
4.2	Transport per schip	28
4.2.1	Alternatieve binnenvaart	30
4.3	Transport per trein	30
5	Optimalisatiemodel	32
5.1	De doelfunctie deel 1: Aantal en locatie AOS	35
5.2	De beslissingsvariabelen deel 1: Aantal en locatie AOS	35
5.3	Gedetailleerde kostenfuncties deel 1: Aantal en locatie AOS	35
5.4	Restricties deel 1: Aantal en locatie AOS	35
5.5	De doelfunctie deel 2: Bepaling van de voorraad	38
5.6	De beslissingsvariabelen deel 2: Bepaling van de voorraad	38

5.7	Gedetailleerde kostenfuncties deel 2: Bepaling van de voorraad.....	38
5.8	Restricties deel 2: Bepaling van de voorraad	38
6	Optimale logistieke structuur basismodel.....	41
6.1	Resultaten deel 1: Aantal en locatie AOS	41
6.2	Validatie deel 1: Aantal en locatie AOS.....	44
6.3	Invloed herontwerp op organisatie, besturings- en informatiesysteem	45
6.4	Gevoeligheidsanalyse	46
6.4.1	Resultaten gevoeligheidsanalyses	46
6.4.2	Conclusie gevoeligheidsanalyses	47
6.5	Deel 2: Bepaling van de voorraad	48
6.5.1	Wijzigingen deel 2: Bepaling van de voorraad	48
6.5.2	Resultaten deel 2: Bepaling van de voorraad	48
6.6	Validatie deel 2: Bepaling van de voorraad.....	48
6.7	Invloed herontwerp op organisatie, besturings- en informatiesysteem	49
6.8	Conclusie bepaling van de voorraad.....	49
7	Scenario's.....	50
7.1	Veranderingen scenario's.....	50
7.2	Resultaten scenario 1: contracten loslaten.....	51
7.2.1	Invloed herontwerp op organisatie, besturings- en informatiesysteem	51
7.2.2	Conclusie contracten loslaten.....	51
7.3	Resultaten scenario 2: IES/ACTS.....	52
7.3.1	Invloed herontwerp op organisatie, besturings- en informatiesysteem	52
7.3.2	Conclusie IES/ACTS	52
7.4	Resultaten scenario 3: Zelflossend schip en IES	53
7.4.1	Invloed herontwerp op organisatie, besturings- en informatiesysteem	54
7.4.2	Conclusie zelflossend schip en IES	54
7.5	Resultaten scenario 4: Open grenzen.....	55
7.5.1	Invloed herontwerp op organisatie, besturings- en informatiesysteem	55
7.5.2	Conclusie open grenzen.....	55
7.6	Invoering Diftar	55
7.6.1	Invloed verandering op organisatie, besturings- en informatiesysteem en conclusie.....	56
7.7	Losser GFT-beleid.....	56
7.7.1	Invloed verandering op organisatie, besturings- en informatiesysteem en conclusie.....	56
7.8	Bepaling van de voorraad voor de alternatieve scenario's	56
7.8.1	Invloed verandering op organisatie, besturings- en informatiesysteem	56
7.10	Samenvatting scenario's	57
8	Conclusies en Aanbevelingen	59
	Routemap.....	61
	Referenties.....	59

Samenvatting

Dit verslag beschrijft de resultaten die voortkomen uit het afstudeerproject dat is uitgevoerd bij Essent Milieu. Het project behelst het herontwerpen van de logistieke structuur voor het afval afkomstig uit Limburg. Ter minimalisatie van de logistieke kosten is een mixed integer model opgesteld waarmee de goedkoopste logistieke structuur berekend kan worden.

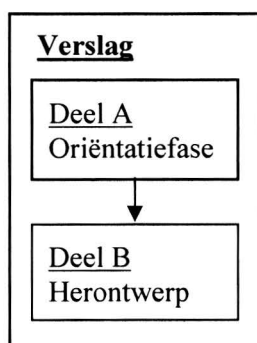
Voorwoord

Dit verslag beschrijft mijn afstudeerproject van de studie technische bedrijfskunde aan de Technische Universiteit Eindhoven. Het project is uitgevoerd bij Essent Milieu te Tilburg.

Bij het project heb ik van vele kanten ondersteuning gekregen. Hiervoor wil ik in het bijzonder een aantal mensen bedanken.

Mijn bedrijfsbegeleider, dhr. Pellemans, die ondanks zijn drukke dagelijkse bezigheden mij heeft ondersteund. Zijn informatie, kanttekeningen en aanvulling waren altijd meer dan welkom! Verder wil ik mijn afstudeerbegeleiders, dhr. Gosselink en dhr. Flapper, bedanken voor hun (kritische) input en discussies en ook voor de fijne gesprekken die ik heb gehad. Tevens wil ik mijn collega's bedanken, die mij een ontzettend leuke tijd hebben bezorgd.

Ten slotte wil ik iedereen bedanken die verder op welke manier dan ook heeft bijgedragen aan dit project. In het bijzonder noem ik hierbij mijn ouders, die mij bij dit project op alle mogelijke manieren hebben ondersteund.

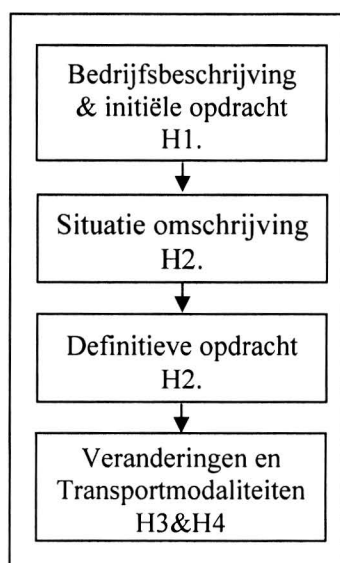


Leeswijzer

Het verslag is ingedeeld in twee delen, te weten: een oriëntatiefase en een herontwerpfase. Ieder deel zal worden ingeluid met een korte leeswijzer waarin aangegeven wordt wat precies in welke hoofdstukken behandeld zal worden.

In bijlage 0 staan de afkortingen en de definities van een aantal begrippen vermeld die gebruikt zijn in het verslag.

Deel A: Oriëntatiefase



Leeswijzer Deel A

In hoofdstuk 1 wordt stilgestaan bij Essent en Essent Milieu. Hier worden tevens de initiële opdracht en het plan van aanpak gepresenteerd. Hoofdstuk 2 geeft een omschrijving van de situatie met betrekking tot het afvalverwijderingsproces. Hierbij worden de huidige doelstelling en de product-, proces- en marktkarakteristieken beschreven, welke de grondvorm oftewel logistieke structuur bepalen. Het besturingssysteem, het informatiesysteem en de organisatie zullen op deze logistieke structuur moeten aansluiten. De situatieomschrijving wordt afgesloten met de definitieve opdracht. Voordat aan het herontwerp wordt begonnen zal er eerst worden gekeken of de product-, proces-, en marktkarakteristieken zodanig te veranderingen zijn, dat er een goedkopere logistieke structuur kan worden gerealiseerd. Tevens wordt er gekeken welke transportmodaliteiten kostentechnisch en praktisch uitgesloten kunnen worden in de herontwerpfase.

1 Bedrijfsbeschrijving

In dit hoofdstuk wordt een kort beeld geschetst van de organisatie waarbinnen de afstudeeropdracht is uitgevoerd. Eerst zal Essent worden behandeld en vervolgens Essent Milieu, het onderdeel waar de opdracht plaatsvindt.

1.1 Essent

Essent is in 1999 ontstaan uit een fusie tussen de PNEM/Mega Groep en de EDON Groep. Het is een niet-beursgenoteerde N.V., met als aandeelhouders de Nederlandse gemeenten en provincies.

Essent levert energie en energiegerelateerde diensten, zoals het onderhoud van CV- en warmteapparatuur. Tevens levert Essent een reeks kabel- en telecomproducten, waaronder radio en televisie, breedband internet en telefonie. Tenslotte levert zij ook milieudiensten, zoals het storten en verwerken van afval.

De netto-omzet van Essent is in 2004 met 4 % gestegen tot 7.4 miljard euro. In figuur 1.1 is de verdeling van deze omzet te zien over de verschillende segmenten van Essent. [15]

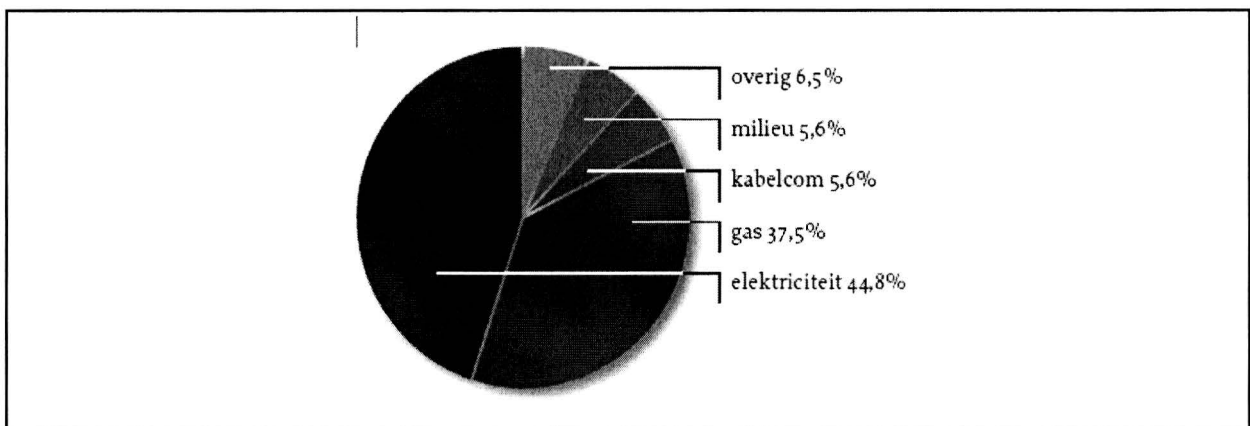


Fig. 1.1. Verdeling netto-omzet over de segmenten van Essent in 2004. [11]

1.1.1 Essent Milieu

Essent Milieu B.V. is een 100% dochter van Essent. De kerntaak van Essent Milieu is het verbranden van afval en het beheeren van stortplaatsen. Essent exploiteert hiervoor een afvalverbrandingsinstallatie in Wijster en participeert in de verbrandingsinstallatie in Moerdijk (AZN). In 2004 verwerkte Essent Milieu (inclusief AZN) ongeveer 1050 kiloton brandbaar afval. Afval dat niet geschikt is om te worden verbrand, kan onder voorwaarden worden gestort op één van de door Essent beheerde stortplaatsen. Tevens houdt het milieubedrijf zich bezig met het composteren van groente-, fruit- en tuinafval. In totaal verwerkt Essent Milieu jaarlijks 4 miljoen ton afval en is daarmee een grote speler op de afvalmarkt. Ten slotte treedt Essent Milieu ook op als sturingsorganisatie. Een sturingsorganisatie is hier een organisatie die ervoor zorgt dat het afval vanaf de ondoener bij de verschillende verwerkers komt. Deze verwerkers kunnen het eigendom zijn van derden maar ook van Essent Milieu zelf. Voor deze sturing heeft Essent Milieu ook enkele overslagstations in bezit. Hier wordt het afval overgeslagen alvorens het vanaf de ondoeners naar de verwerkers gaat.

Het gehele proces vanaf dat het afval wordt opgehaald bij de ondoeners tot en met de verwerking ervan wordt het afvalverwijderingsproces genoemd. Essent Milieu is verantwoordelijk voor het afval vanaf de poorten van de overslagstations tot en met de poorten van de verwerkers van derden of tot en met de verwerking van het afval bij de eigen verwerkers.

Onder invloed van de marktomstandigheden, zoals massale export van bedrijfsafval naar Duitsland en een dalend prijsniveau voor de verwerking van afval in Nederland, heeft in 2003 en 2004 een herstructurering van Essent Milieu plaatsgevonden. Er zijn hierbij enkele bedrijfsonderdelen verkocht en deelnemingen beëindigd. In 2004 steeg de netto-omzet ten opzichte van 2003, ondanks de verkoop van een aantal bedrijfsresultaten. De netto-omzet van Essent Milieu in 2004 was 411,3 miljoen euro. Binnen Essent Milieu zijn ongeveer 600 personen werkzaam. [11, 25]

1.2 Initiële opdracht

Begin 2009 loopt het contract af tussen de Limburgse gemeenten en Essent Milieu voor de verwijdering van GFT-afval en brandbaar huishoudelijk afval. Om een nieuw contract te krijgen zal Essent Milieu de goedkoopste oplossing moeten bieden voor de verwijdering van dit afval, vanaf dat het afval is ingezameld tot en met de verwerking hiervan.

In Limburg is geen verbrandingsoven, het brandbare afval zal dus vervoerd moeten worden naar andere provincies. Voor het verkrijgen van een nieuw contract is een optimale logistieke structuur noodzakelijk. Optimaal wil hierbij zeggen zo goedkoop mogelijk, terwijl er rekening wordt gehouden met de randvoorwaarden van het afvalverwijderingsproces. Hierbij zullen tevens de mogelijkheden van verschillende transportmodaliteiten moeten worden meegenomen. De initiële opdrachtomschrijving luidt als volgt:

Ontwerp een optimale logistieke structuur voor de verwijdering van het afval, afkomstig uit de provincie Limburg, waarbij verschillende transportmodaliteiten worden meegenomen.
--

1.3 Plan van aanpak

Dit afstudeeronderzoek kan worden onderverdeeld in een oriëntatiefase en een herontwerpfase. Het doel van de oriëntatiefase is te analyseren wat er binnen Essent Milieu gebeurt, welke ontwikkelingen er in het afvalverwijderingsproces zijn en waar de eventuele knelpunten zitten. In deze fase zal tevens ook een afbakening van de opdracht plaatsvinden en zal de definitieve opdracht worden vastgesteld.

In de oriëntatiefase zal er een antwoord worden gegeven op de volgende vragen:

- Wat is een logistieke structuur?
- Door welke factoren wordt de logistieke structuur beïnvloed?(beïnvloedingsfactoren)
- Kunnen deze factoren worden veranderd, zodat een goedkopere logistieke structuur kan worden bereikt?
- Is het kostentechnisch en praktisch mogelijk alternatieve transportmodaliteiten te gebruiken?

De antwoorden hierop dienen als input voor de herontwerpfase.

In de herontwerpfase zal er een antwoord worden gegeven op de volgende vraag:

- Wat is de optimale logistieke structuur van het afvalverwijderingsproces?

Voor het beantwoorden van deze laatste vraag zal er een optimaliseringsmodel worden opgesteld. Hiermee kan de goedkoopste logistieke structuur worden verkregen, rekening houdend met de randvoorwaarden van het afvalverwijderingsproces. De reeds eerder uitgevoerde literatuurstudie wordt hierbij als basiskennis meegenomen. De optimale logistieke structuur zal worden berekend bij verschillende scenario's en de robuustheid van het model zal worden bekeken aan de hand van gevoeligheidsanalyses. Het basisscenario zal uitgaan van de huidige beïnvloedingsfactoren. In de overige scenario's zullen de veranderingen met betrekking tot de beïnvloedingsfactoren worden meegenomen.

Ten slotte eindigt het verslag met de conclusies en aanbevelingen. In figuur 1.2 is deze onderzoeks- en verslagstructuur weergegeven.

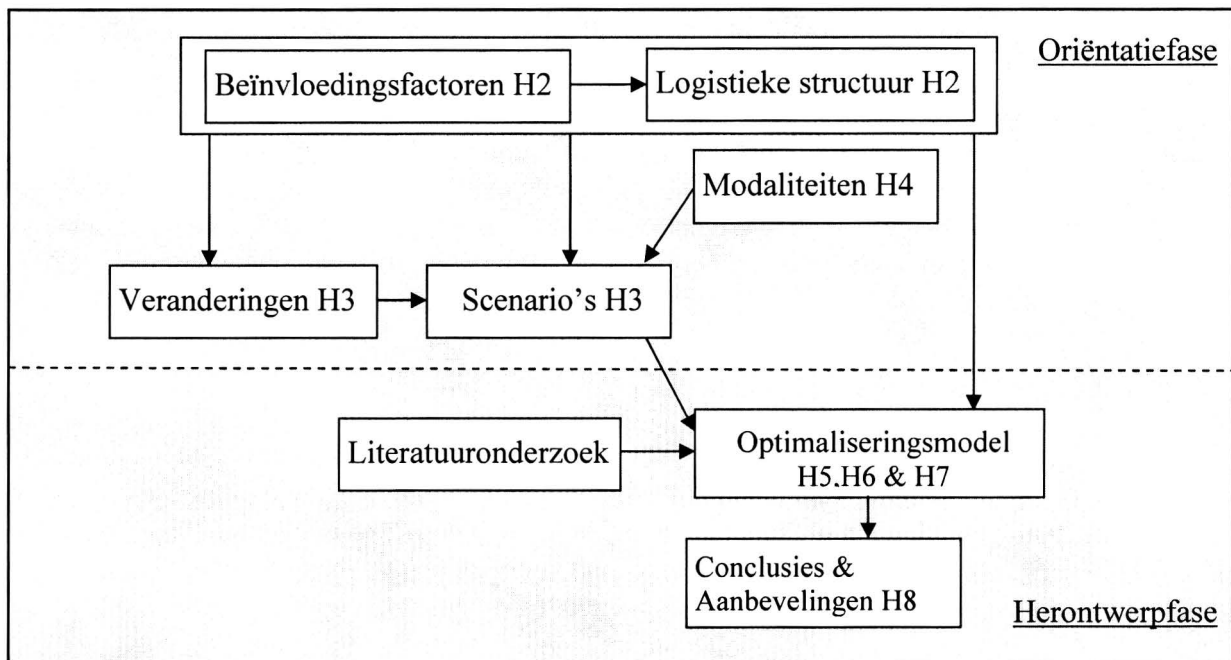


Fig. 1.2. De onderzoeks- en verslagstructuur

2 Logistieke structuur

In dit hoofdstuk zal een beschrijving worden gegeven van de huidige logistieke structuur van Essent Milieu aan de hand van Hoekstra & Romme (1993) en van Goor et al. (1999). De logistieke structuur, oftewel grondvorm, is een model dat de structuur van de fysieke goederenstroom weergeeft [38]. De grondvorm kent drie deelsystemen, namelijk: opslag, handling en transport [39].

Eerst wordt kort omschreven welke factoren de logistieke structuur kunnen beïnvloeden en vervolgens worden deze factoren beschreven voor het afvalverwijderingsproces.

2.1 Beïnvloedingsfactoren

De doelstelling van een organisatie en de product-, proces- en marktkenmerken (P/P/M) bepalen de optimale grondvorm [19]. Het informatiesysteem, het besturingssysteem en de logistieke organisatie moeten hiermee vervolgens in overeenstemming zijn [38]. In figuur 2.1 is de samenhang tussen deze onderdelen weergegeven, welke allen zullen worden besproken in de volgende paragrafen.

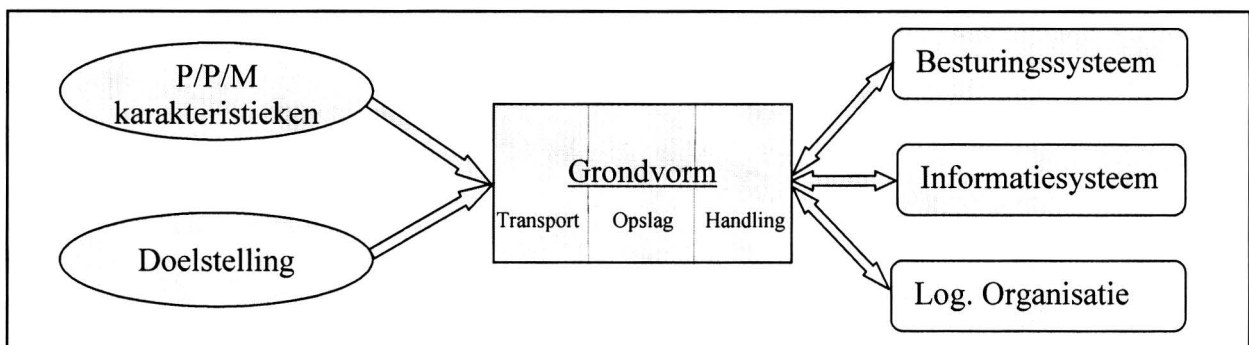


Fig.2.1. De grondvorm en de factoren waardoor deze grondvorm wordt beïnvloed (Gebaseerd op [19][38])

2.1.1.2 Transport met volle inzamelwagens (2,3)

Met het volle inzamelvoertuig wordt het afval rechtstreeks of via een AOS naar de eindverwerker gebracht. Aangezien dit transport in vergelijking met bulktransport erg duur is, rijden de inzamelvoertuigen altijd naar het dichtstbijzijnde overslagstation of verwerker. In tabel 2.1 staan de kosten per uur en het laadvermogen voor een achterlader, zijlader en het bulkvoertuig gegeven.

In de huidige situatie met een achterlader is het overslaan van brandbaar en GFT-afval duurder dan rechtstreeks transport als de ondoener minder dan 26 km van de verwerker vandaan ligt. Voor een zijlader is dit 41 km. Voor grof huishoudelijk afval is deze afstand 15 km. Voor de berekening hiervan zie bijlage 3. In Limburg zijn er op dit moment nauwelijks zijladers.

Alle gemeenten in Limburg liggen verder dan 26 km bij een verbrandingsinstallatie vandaan, behalve Mook en Middelaar. In deze gemeente wordt het brandbare afval dan ook rechtstreeks naar de verbrandingsinstallatie gebracht. GFT-afval kan in Limburg zelf worden gecomposteerd, in Venlo en Maastricht. De meeste gemeenten binnen een straal van 26 km rondom deze composteerders rijden inderdaad rechtstreeks vanaf de ondoener naar de composteerders (bijlage 4).

Afvalstromen	Laadvermogen (ton)			Kosten (euro/uur)		
	Achterlader	Zijlader	Bulkvoertuig	Achterlader	Zijlader	Bulkvoertuig
Brandbaar afval	9	13,5	27	95	100	58
Grof huishoudelijk afval	4	13,5	18	95	100	58
GFT-afval	9	13,5	27	95	100	58

Tabel 2.1. De kosten en het laadvermogen per voertuig per afvalsoort.

2.1.1.3 Lossen en laden op het overslagstation (5,6)

Limburg telt 5 overslagstations. Voor de ligging hiervan zie bijlage 5.

Een overslagstation heeft de volgende functies:

- Logistiek ontkoppelpunt, dit zorgt voor sturingsmogelijkheden (zie paragraaf 2.1.5.1).
- Plaats waar afval wordt opgebouwd, om zo een gebundelde afvalstroom te creëren voor het transport naar verwerkers.
- Controle- en acceptatiepunt.
- Op enkele overslagstations wordt het afval samengeperst om betere vervoersprestaties te realiseren.

2.1.1.4 Transport vanaf het overslagstations naar de verwerkers (7)

Essent Milieu is verantwoordelijk voor het (bulk)transport van afval vanaf de overslagstations in Limburg naar de eindverwerkers. Dit transport vindt plaats over de weg of per trein. In Limburg staan geen verbrandingsinstallaties. Hierdoor moet het brandbare afval getransporteerd worden naar andere provincies. Essent Milieu heeft dit transport uitbesteed aan derden.

2.1.1.5 Verwerken van afval (8,9)

De afvalverwerkers kunnen worden verdeeld in 4 groepen: de verbrandingsinstallaties (avi's), de stortplaatsen, de sorteerders en de composteerders. Voor een overzicht van de ligging zie bijlage 6. In figuur 2.3 zijn de verschillende afvalstromen weergegeven en de mogelijke verwerkers. Essent Milieu heeft als strategie het afval zoveel mogelijk naar eigen verwerkers te sturen.

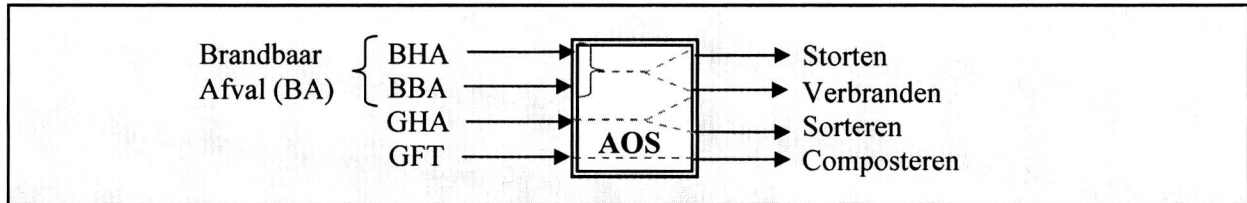


Fig. 2.3. De afvalstromen en de verwerkers (voor de verklaring van afkortingen zie bijlage 0)

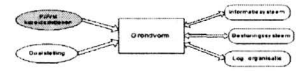
De avi's hebben een stortbunker waar brandbaar afval tijdelijk kan worden opgeslagen. Hierdoor kan er in de weekenden worden doorgewerkt en wordt afval gemengd, zodat er een constante verbrandingswaarde en vochtigheidsgraad ontstaat. Ook de composteerders hebben een buffer. De sorteerders tenslotte houden nauwelijks een voorraad aan. De voorraad bij de verwerkers is het tweede logistieke ontkoppelpunt in de afvalverwijderingsketen, dat voor logistieke sturing kan zorgen.

2.1.1.6 De milieustraat voor grof huishoudelijk afval (4,9,10,11,12,13,14)

Gemeenten halen, zij het in lagere frequentie dan bij brandbaar huishoudelijk afval, grof huishoudelijk afval op. Ook heeft iedere gemeente verplicht een brengvoorziening (milieustraat) waar de burgers zelf grof huishoudelijk afval heen kunnen brengen. Vanaf de milieustraten gaat grof huishoudelijk afval naar een overslagstation of een verwerker. In gemeenten waar een overslagstation is, valt de milieustraat soms samen met het overslagstation.

Op de milieustraat worden lagere containers gebruikt dan de containers die worden gebruikt bij bulkvervoer, aangezien de burgers er zelf bij moeten kunnen om het afval erin te gooien. In deze containers kan ongeveer 5 ton, tegenover de 9 ton van de containers die worden gebruikt voor bulkvervoer. Hierdoor is het transport per ton GHA duurder vanaf de milieustraat dan het transport per ton vanaf het overslagstation, waar het afval wordt overgeslagen in grotere containers.

Als de milieustraat minder dan 39 km van een verwerker af ligt, is het duurder afval over te slaan (bijlage 3). Er liggen twee sorteerders in Limburg. In de praktijk wordt ook grof huishoudelijk afval overgeslagen dat dichtbij een verwerker ligt dan 39 km. Dit wordt gedaan zodat er nog gestuurd kan worden met betrekking tot het afstemmen van de vraag en het aanbod.



2.1.2 Productkarakteristieken

Er zijn vijf productkarakteristieken die worden onderscheiden met betrekking tot de logistieke structuur [38], namelijk:

- Waardedichtheid;
- Houdbaarheid;
- Verpakkingsdichtheid;
- Verschijningsvorm;
- Volume/gewichtverhouding.

Voor de definities van deze begrippen zie bijlage 0. Deze 5 productkarakteristieken zijn van invloed op de logistieke structuur. Hieronder zullen de productkarakteristieken van de verschillende afvalstromen worden besproken, en de invloed hiervan op de drie deelsystemen van de grondvorm.

- De waardedichtheid van een product heeft voornamelijk invloed op het deelsysteem “opslag” [38]. Hoe hoger de waardedichtheid, hoe hoger de opslagkosten zijn. De waardedichtheid van alle afvalstromen is negatief; elke partij in de afvalverwijderingsketen krijgt geld bij het ontvangen van het afval. De geld- en goederenstromen gaan in de afvalverwijderingsketen in dezelfde richting, terwijl de geldstroom in een productieketen tegenovergesteld is aan de productstroom.

Opslagkosten bestaan uit rentekosten, ruimtekosten en risicokosten [39]. De definities hiervan staan in bijlage 0. Door de negatieve waardestructuur is er bij opslag geen sprake van rentekosten, waardoor deze productkarakteristiek een positieve invloed heeft op het deelsysteem opslag.

- Voor de houdbaarheid geldt, hoe korter de houdbaarheid des te belangrijker worden snelheid en lage voorraden [38]. GFT-afval en brandbaar afval zijn beperkt houdbaar. GFT-afval is slechts enkele dagen houdbaar. Ook bij brandbaar afval treedt na enkele dagen kwaliteitsverlies op en bestaat er een kans op broei, waardoor er brand kan ontstaan. Kwaliteitsverlies treedt op omdat het afval verdroogt, waardoor het in de volgende stappen van het productieproces slechter verwerkt kan worden. Tijdens het op voorraad houden van brandbaar afval moet het afval omgescheept worden om broei en een onregelmatige kwaliteit te voorkomen. Pas na enige weken wordt het brandbare afval geweigerd door de verbrandingsinstallaties. Grof huishoudelijk afval tenslotte is onbeperkt houdbaar, waardoor de productkarakteristiek ‘houdbaarheid’ geen hoge snelheid en lage voorraden voor GHA vereist.

- Hoe groter de verpakkingsdichtheid, des te groter het relatieve aandeel van de handlingskosten zal zijn [38]. Afval is niet verpakt en wordt los in een inzamelwagen gestort. Een verpakkingsdichtheid van nul komt overeen met een hoge verpakkingsdichtheid, aangezien elk afvaldeeltje dan in feite los is verpakt. In bijlage 7 zijn de huidige kosten van de grondvorm gegeven uitgesplitst voor de verschillende afvalstromen. Hieruit blijkt dat 34 % van de kosten van de grondvorm bestaan uit handlingskosten voor brandbaar afval, voor GFT-afval en grof huishoudelijk afval zijn dit respectievelijk 37 % en 28 %. Door afval te verpakken kunnen de handlingskosten omlaag gaan.

- De verschijningsvorm heeft consequenties voor zowel de opslag, de handeling en het transport van het product [38]. Zo heeft het invloed op de laad- en losfaciliteiten, de veiligheidsvoorschriften voor het transport en de wijze van opslag. Hierbij gaat het er dan vooral om dat elk deelsysteem verandert door de verschijningsvorm en niet zozeer dat een bepaald deelsysteem meer aandacht vergt door een andere verschijningsvorm. De verschijningsvorm van afval is vast.

- De volume/gewicht verhouding vormt een belangrijke factor bij de keuze tussen transportmodaliteiten. Hoe hoger de volume/gewicht verhouding, des te hoger het relatieve aandeel van de transportkosten zal zijn [38]. Brandbaar afval en GFT-afval hebben een volume/gewicht verhouding van ongeveer 3,1 m³/ton [6]. Ter vergelijking de volume/gewicht verhouding van zand is ongeveer 0,5 m³/ton, van lood ongeveer 0,09 m³/ton en van hooi ongeveer 5 m³/ton. De volume/gewicht verhouding van afval is in vergelijking met andere producten erg hoog, dit betekent dat er in verhouding veel lucht wordt vervoerd, wat het vervoer duur maakt. De volume/gewicht verhouding van grof huishoudelijk afval is hoger dan dat van brandbaar afval, wat ongunstig is voor

de transportprijs. De volume/gewicht verhouding van grof huishoudelijk afval is ongeveer 4,4 m³/ton.

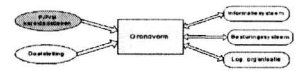
In tabel 2.2 staan de 5 productkarakteristieken van brandbaar afval, GFT-afval en grof huishoudelijk afval weergegeven en de logistieke processen waarop, gegeven de geldende waarden, extra de nadruk moet liggen. Een (+) geeft hierbij aan dat de productkarakteristiek voor afval een positieve invloed heeft op de kosten van het betreffende deelsysteem, waardoor dit deelsysteem de nadruk verdient om dit voordeel optimaal te benutten. Een (-) geeft aan dat de productkarakteristiek een negatieve invloed heeft op de kosten of mogelijkheid van het betreffende deelsysteem, waardoor het de nadruk verdient om zodoende de kosten te minimaliseren.

Uit tabel 2.1 blijkt dat de nadruk voor een optimale logistieke structuur niet op 1 deelsysteem behoort te liggen, maar dat een integraal beleid gewenst is. In bijlage 7 is te zien dat er op dit moment geen voorraadkosten zijn, aangezien er geen voorraden worden aangehouden. Uit tabel 2.1 blijkt dat het op voorraad houden van grof huishoudelijk afval zeker als optie bekeken dient te worden, aangezien de negatieve waardedichtheid van afval een positieve invloed heeft op de voorraadkosten en grof huishoudelijk afval onbeperkt houdbaar is.

Productkarakteristieken	Afval	Opslag			Handeling			Transport		
		B	G	Gr	B	G	Gr	B	G	Gr
Waardedichtheid	Negatief	+	+	+						
Houdbaarheid	Beperkt houdbaar	-	-							
Verpakkingsdichtheid	Nul				-	-	-			
Verschijningsvorm	Vast									
Volume/gewicht verhouding	Hoog							-	-	-

Tabel 2.2. De productkarakteristieken en de nadruk op de grondvorm

(B=brandbaar afval, G= GFT-afval, Gr=grof huishoudelijk afval, + = positieve invloed - = negatieve invloed)



2.1.3 Markt

De markt wordt hier gezien als het geheel van vraag naar en aanbod van afval. Deze markt wordt actief gestuurd door de Nederlandse en Europese overheid. In deze paragraaf wordt eerst de marktform van de afvalmarkt besproken en vervolgens de regelgeving die hiermee samenhangt. Tenslotte wordt het aanbod van afval en de vraag naar afval behandeld.

2.1.3.1 Marktform

Onder de marktform wordt het geheel van omstandigheden verstaan waaronder concurrentie plaatsvindt tussen verschillende partijen. De marktform wordt bepaald door de hoeveelheid aanbieders en vragers, de aard van het product en de aard van de economie [17].

De afvalmarkt heeft een convergent karakter. Dit betekent dat er veel aanbieders van afval zijn en relatief weinig verwerkers. Tevens is afval een homogeen product, de vragers (verwerkers) zien geen verschil in een type afval van een bepaalde ontdoener, ten opzichte van een andere ontdoener. De aard van de economie bepaalt hier echter de marktform. De afvalmarkt is een georiënteerde markt. Dit is een economisch stelsel waarbij de overheid de resultaten van het marktmechanisme aanvult en corrigeert om bepaalde doeleinden te bereiken [17]. Door overheidsingrijpen, een beperkt aantal vragers en vanuit de historie gegroeide contracten tussen avi's en gemeenten is er op de afvalmarkt geen sprake van een volledige marktwerking. Ten eerste is er geen vrije toetreding mogelijk, aangezien de capaciteit van verwerkers gereguleerd wordt, zodat het aanbod van afval nooit meer wordt dan de vraag naar afval op lange termijn [12]. Tevens is een groot deel van de afstemming tussen vraag en aanbod gereguleerd door contracten tussen avi's en gemeenten (zie paragraaf 2.1.5.1). Voor een aantal avi's geldt bovendien dat het financiële risico is afgedekt doordat gemeenten garant staan voor eventuele verliezen. Ten slotte zijn er veel wetten en regels waaraan de afvalwereld zich moet houden

2.1.3.2 Regelgeving

Zoals in de vorige paragraaf is aangegeven wordt de afvalmarkt actief gestuurd door de overheid. Doelstellingen van de overheid ten aanzien van de afvalmarkt is het implementeren van de voorkeursvolgorde en de waarborging van de continuïteit van de definitieve verwijdering.

De voorkeursvolgorde is weergegeven in de 'ladder van Lansink' [13]. Deze ladder geeft een rangorde voor de verwerking van afval. De ladder van Lansink is hieronder weergegeven.

1. Preventie (voorkom het ontstaan van afval)
2. Hergebruik
3. Sorteren en recyclen
4. Verbranden
5. Storten

Hoe lager op de ladder, des te belastender de toepassing is voor het milieu en des te meer het vermeden dient te worden. Hierbij gaat het er vooral om dat storten tot het minimum moet worden beperkt. Redenen hiervoor zijn het ruimtebeslag, de vereiste 'eeuwigdurende nazorg' van stortplaatsen, het verlies van grondstoffen en de emissies die optreden bij het storten van afvalstoffen [28].

Toch wordt in Nederland brandbaar afval gestort. Dit gebeurt als de capaciteit van de avi's niet toereikend is voor het aangeboden brandbare afval. Om te mogen storten moet er een ontheffing worden aangevraagd bij het ministerie van VROM. Deze wordt alleen afgegeven als alle avi's een vollast verklaring hebben afgegeven. Tevens wordt het storten belast met stortingsheffingen, zodat het minder aantrekkelijk is voor de ontdoeners om afval te storten.

Ten aanzien van de continuïteit heeft de gemeente een inzamelplicht voor de inzameling van brandbaar huishoudelijk afval, grof huishoudelijk afval en GFT-afval. Het inzamelen kunnen zij zelf doen of uitbesteden.

Tenslotte geldt sinds 6 mei 1994 de EVOA, ofwel de EG-verordening betreffende toezicht en controle op de overbrenging van afvalstoffen binnen, naar en uit de Europese Gemeenschap. De EVOA bevat regels voor de grensoverschrijdende overbrenging van afvalstoffen en de verwijdering

ervan. Afhankelijk van de soort afvalstof en de wijze van verwijdering moet er vooraf toestemming verleend zijn voor een grensoverschrijdende overbrenging van afvalstoffen. [10]. Als een stof wordt aangemerkt als product dan mag het door heel Europa vrij worden getransporteerd. Als het een afvalstof betreft hebben overheden de bevoegdheid om allerlei milieueisen op te leggen. Wordt de afvalstof gestort of verbrand dan mogen de grenzen worden gesloten [30]. In het huidige beleid in Nederland wordt op dit moment geen toestemming gegeven voor grensoverschrijdend transport van brandbaar huishoudelijk afval.

2.1.3.3 Aanbod van afval

Het jaarlijkse aanbod van het brandbaar huishoudelijk afkomstig uit Limburg is vrij constant. In tabel 2.3 staat dit aanbod gegeven, voor de jaren 2002 tot en met 2005.

	Jaar 2002	Jaar 2003	Jaar 2004	Jaar 2005	Gemiddeld
Gem. aanbod (ton)	204.923	199.987	207.464	208.505	205.220
Afwijking van gem.(%)	-0,1	-2,6	1,1	1,6	-

Tabel 2.3 Het jaarlijkse aanbod van Limburgs brandbaar huishoudelijk afval

Het aanbod van brandbaar huishoudelijk afval vertoont in een jaar echter een aantal pieken en dalen (bijlage 10). Binnen Essent Milieu wordt aangenomen dat uitschieters door vakantieperioden te verklaren zijn, immers als mensen op vakantie zijn produceren ze thuis geen afval. De meeste vakantieperioden veroorzaken inderdaad een daling in het aanbod, toch zijn de vakantieperioden alleen niet voldoende verklaring voor de uitschieters. Immers buiten de vakanties zijn er ook dalingen in het afvalaanbod te zien en tevens veroorzaken niet alle vakanties een dal. Hiermee zijn de uitschieters niet te verklaren en daarmee niet te voorspellen.

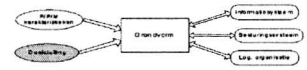
Tevens vertoont het aanbod van afval op AOS-niveau een verschil tussen de even en oneven weken (bijlage 11). Dit geldt vooral op AOS Montfort; de meeste of grootste gemeenten die aanleveren op dit overslagstation hebben hetzelfde ritme van het inzamelen van brandbaar huishoudelijk afval, waardoor dit overslagstation een groot verschil in aanbodpatroon kent tussen de oneven en even weken.

Hoewel het aanbod verschilt in de even en oneven weken, is dit verschil veel minder aanwezig bij de hoeveelheid benodigde inzamelcapaciteit van de gemeenten. Deze zamelen namelijk in de ene week huishoudelijk afval en in de andere week GFT-afval in, zodat het dure inzamelpark zo min mogelijk stil staat.

Het aanbod van brandbaar bedrijfsafval is erg grillig en er valt geen patroon in te ontdekken. In bijlage 12 is de hoeveelheid bedrijfsafval afkomstig uit Limburg uit de eerste helft van 2005 weergegeven.

Het aanbod van grof huishoudelijk afval laat een seizoenspatroon zien, waarbij in de winter minder wordt aangeleverd dan in de rest van het jaar (bijlage 13). Hierbij is er geen verschil tussen de even en oneven weken, maar zijn er wel enkele pieken te zien. Deze pieken zijn te danken aan de inzameling van het grof huishoudelijke afval, dat in lage frequenties gebeurt. In jaar 2004 werd er veel minder grof huishoudelijk afval aangeleverd dan in de jaren ervoor (bijlage 14). Dit is te danken aan de export van enkele deelstromen van het grof huishoudelijk afval naar Duitsland, waar de verwerking goedkoper was. Door een stortverbod in Duitsland sinds 1 juni 2005 kan dit nu niet meer. De hoeveelheden grof huishoudelijk afval na deze datum lopen hierdoor ongeveer in de pas met de hoeveelheden uit 2002 en 2003.

In bijlage 15 ten slotte is het aanbodpatroon van GFT-afval uit het jaar 2002, 2003 en 2004 weergegeven. GFT-afval kent een seizoenspatroon waarbij er in de winter minder aanbod is dan in de rest van het jaar. Doordat tuinafval meer voorkomt in de herfst en lente is het te verwachten dat er twee pieken in het aanbod van GFT-afval zichtbaar zijn. Dit is echter alleen in 2003 het geval. Ook vertoont het aanbod van GFT-afval op AOS niveau een verschil tussen de even en oneven weken, met dezelfde reden als voor brandbaar huishoudelijk afval.



2.1.4 Doelstellingen

De doelstelling in dit verslag handelt over het optimaliseren van de logistieke structuur. Optimalisatiecriteria geven aan welke aspecten van deze logistieke structuur geoptimaliseerd worden. Karagiannidis (1998) hanteert 4 criteria voor het optimaliseren van het afvalverwijderingsproces, namelijk: sociale, omgevings, financiële en technische criteria.

Bij Essent Milieu hebben de financiële en technische criteria de hoogste prioriteit. Essent Milieu heeft als doelstelling het realiseren van de laagste kosten over dat deel van de afvalverwijderingsketen waarvoor zij verantwoordelijk is. Hiervoor is inzicht in de kosten noodzakelijk. Tevens wil Essent Milieu inzicht in de kosten van de totale afvalverwijderingsketen, zodat er onderhandeld kan worden met de andere partijen in de afvalverwijderingsketen om tot nog lagere kosten te komen. Bij het minimaliseren van de totale logistieke kosten over de gehele afvalverwijderingsketen zijn er een aantal restricties, welke worden opgelegd door de huidige regelgeving, de contracten en de houdbaarheid van afval.

Tevens moet het proces voldoende betrouwbaar zijn. De betrouwbaarheid is nodig om te garanderen dat het afval altijd afgevoerd kan worden.

Ten slotte worden er omgevingscriteria meegenomen. Het ministerie van verkeer en waterstaat heeft indicatoren opgesteld die de milieuvriendelijkheid van een transportmodaliteit uitdrukken. Deze indicatoren zijn de uitstoot van NO_x , CO_2 , SO_2 , NMVOS, PM_{10} en CO. [27]. Deze stoffen zijn onder meer verantwoordelijk voor verzuring, ozonvorming en de versterking van het broeikaseffect. Hoe lager de uitstoot is, des te milieuvriendelijker de transportmodaliteit. Essent Milieu heeft als beleid te streven naar het gebruik van een alternatieve transportmodaliteit, waarbij de uitstoot van deze 6 vermindert ten opzichte van de uitstoot bij het huidige wegvervoer. Hierbij geldt wel dat het milieuvriendelijkere alternatief niet duurder mag zijn dan het huidige wegvervoer.

2.1.5 Besturingssysteem

Deze paragraaf beschrijft de besturing zoals deze binnen Essent Milieu wordt uitgevoerd. De besturing is onder te verdelen in lange termijn, korte termijn en operationele besturing. Deze driedeling is essentieel voor een goede planning [39]. De lange termijn besturing in het afvalverwijderingsproces dient om verwerkings- en transportcapaciteit te organiseren. De korte termijn besturing wijst deze capaciteit zodanig toe dat deze optimaal wordt ingezet. Tenslotte wordt er een gedetailleerde operationele planning gemaakt. In bijlage 1 is de operationele planning buiten beschouwing gelaten. Deze detailplanning is een preciezere invulling van de weekplanning en heeft verder geen invloed op de logistieke structuur. Het herontwerp wordt derhalve geoptimaliseerd op weekniveau en de detailplanning wordt buiten beschouwing gelaten.

Eerst zal de besturing binnen Essent Milieu op zowel lange als korte termijn aan de orde komen en vervolgens zal de rol van het AOS hierin worden besproken.

2.1.5.1 Lange termijn besturing

Voor overslaan en verwerken van afval worden contracten afgesloten. Er worden contracten afgesloten tussen sturingsorganisaties en gemeenten of bedrijven en tussen de sturingsorganisaties en verbrandingsinstallaties. Dit is weergegeven in figuur 2.4.

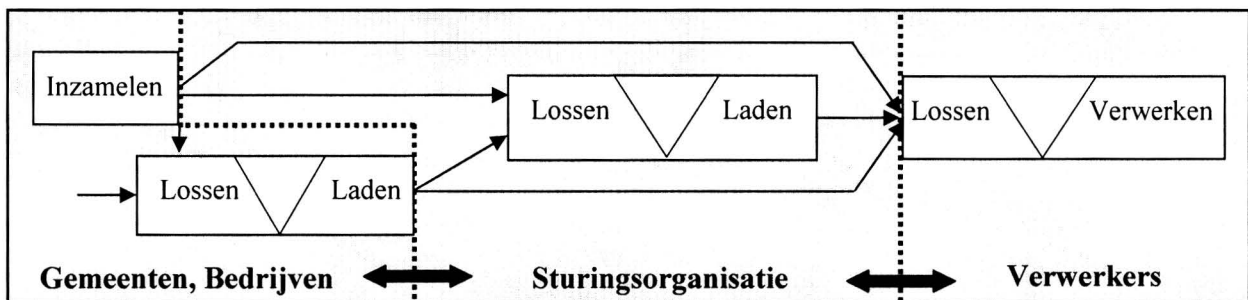


Fig. 2.4. Contracten in het afvalverwijderingsproces

De contracten tussen gemeenten en sturingsorganisatie zijn lange termijn contracten, dit zijn contracten voor langer dan 1 jaar. De contracten voor aanlevering van bedrijfsafval zijn meestal korte termijn contracten, contracten korter dan een jaar. Door middel van een contract tussen gemeenten en een sturingsorganisatie wordt voor de sturingsorganisatie veiliggesteld dat er afval wordt aangeleverd. De gemeenten zijn door middel van dit contract verzekerd van een betrouwbaar afvalverwijderingssysteem en kunnen het afval tegen een vaste prijs kwijt.

In contracten tussen sturingsorganisatie en verwerkers wordt een hoeveelheid afval afgesproken die geleverd moet worden aan de verwerkers. Er kunnen lange termijn contracten en piekcontracten (korter dan een jaar) worden onderscheiden. Zo is de avi in Wijster van Essent Milieu, en heeft Essent Milieu een contract met AZN Moerdijk voor 15 jaar, maar zijn er ook contracten voor enkele weken tot een jaar. De lange termijn contracten worden afgesloten voor de continuïteit en stabiliteit. De piekcontracten zijn er om de meer onzekere hoeveelheden te kunnen verwerken. De prijzen van de piekcontracten hangen af van de marktomstandigheden. Bij een ruime markt¹ zijn de prijzen van een piekcontract hoger dan bij de lange termijn contracten en bij een krappe markt kunnen deze prijzen juist lager zijn. Op dit moment is er een ruime markt.

Als de verwerkers minder afval krijgen aangeleverd dan is vastgelegd in het contract, krijgt de sturingsorganisatie een boete. Deze boete geldt bij een afwijking van het contract over een heel jaar gezien, waardoor Essent Milieu alleen bij een structureel tekort een boete moet betalen. Bij een teveel aan afval kunnen de verwerkers het weigeren, zodat het afval uiteindelijk tegen ongunstige (transport- of verbrandings-) prijzen naar een andere avi gaat, of dat er een ontheffing moet worden aangevraagd om te storten. In de praktijk hanteert Essent een brandbreedte, de per week aangeleverde hoeveelheid bij een verwerker mag nooit minder zijn dan 90 % van de afgesproken

¹ Met ruime markt wordt hier bedoeld dat het aanbod van afval hoger is dan de vraag (capaciteit) naar afval.

hoeveelheid en nooit meer dan 110 %. Per jaar moet de aangeleverde hoeveelheid afval precies gelijk zijn aan de contracthoeveelheid.

Op dit moment zijn de contracten tussen sturingsorganisaties en avi's allemaal lange termijn contracten. De contracten met de sorteerders daarentegen zijn eenjarige contracten. Deze contracten zijn korter aangezien een sorteerder kleinere investeringen heeft dan een avi en het op lange termijn onzeker is of de gesorteerde stromen kunnen worden verkocht tegen een goede prijs. Tenslotte zijn de contracten met de composteerders lange termijncontracten, aangezien de composteerders in Limburg van Essent Milieu zijn.

Essent Milieu sluit ook contracten af met transporteurs voor het transport van afval vanaf de overslagstations naar de verwerkers. Hierin wordt afgesproken dat een transporteur al het afval vanaf een bepaald overslagstation vervoert. Hierbij geldt meestal een minimum hoeveelheid, als deze niet wordt gehaald moet Essent Milieu een boete betalen. Deze boete bestaat uit het alsnog betalen van de niet geleverde minimum tonnen.

2.1.5.2 Korte termijn besturing

Het plannen op korte termijn door de sturingsorganisatie gebeurt 1 week vooruit. De hoeveelheden afval die vanaf een AOS naar een bepaalde verwerker gaan worden dan gepland. De dagelijkse planning wordt gemaakt op het AOS zelf. Zij bestellen de transportvoertuigen en regelen de capaciteit op het AOS zelf.

2.1.5.3 Rol overslagstation

Zoals in paragraaf 2.1.3.2 al is genoemd hebben de gemeentes de plicht brandbaar huishoudelijk afval in te zamelen. Essent Milieu kan hierdoor geen invloed uitoefenen op de aanvoer van afval. Het afval wordt overgeslagen en vervolgens verwerkt omdat het aanwezig is en verwerkt moet worden. In de afval-supply chain is er dus sprake van een supply push.

Aan de andere kant is het proces demand pull. Er zijn contracten afgesloten met de verwerkers aan de hand van de geplande afvalhoeveelheden. Hierdoor zullen de verwerkers beleverd moeten worden. Dit wordt schematisch weergegeven in bijlage 1 en figuur 2.5.

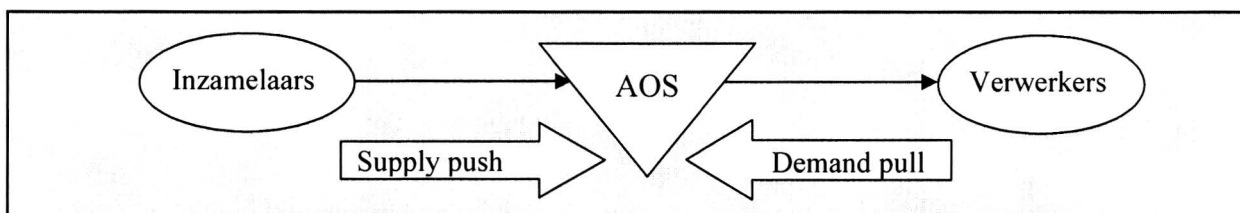


Fig. 2.5. Het AOS als besturingsmechanisme

Het overslagstation is hier een ontkoppelpunt. Een ontkoppelpunt kan worden ingesteld om de volgende 3 redenen [6]:

- Het opvangen van verschillen in batchgroottes tussen productiestappen
- Het opvangen van variaties in de vraag
- Het opvangen van variaties in het productieproces

Het AOS dient als een sturingsmechanisme tussen de supply push en demand pull. Hier worden variaties in de vraag en het productieproces opgevangen. Tevens wordt het afval op het overslagstation opgebouwd, om vervolgens in grotere hoeveelheden te worden vervoerd naar verwerkers. Hierdoor kan het transport vanaf het AOS efficiënter plaatsvinden dan het transport naar het AOS.



2.1.6 Logistieke organisatie en informatiesysteem

In deze paragraaf wordt beschreven wie verantwoordelijk is voor welke logistieke functie binnen het afvalverwijderingsproces en welke informatiestromen voor deze functies nodig zijn. Dit zal worden gedaan met behulp van het TVB-model. Het TVB-model dient ervoor meer inzicht te krijgen in de structuur van de organisatie door het toeschrijven van bevoegdheden op verantwoordelijkheidsgebieden aan functies binnen de organisatie [4].

Ahaus (1994) definieert de begrippen verantwoordelijkheidsgebied en bevoegdheid als volgt: ‘Een verantwoordelijkheidsgebied is een afgebakend onderwerp in de organisatie waarop resultaten moeten worden bereikt.’ Een bevoegdheid is wat iemand mag, het is het recht tot het uitvoeren van een activiteit.

Binnen het TVB-model worden 2 typen bevoegdheden onderscheiden, namelijk de beslissingsbevoegdheid en de adviesbevoegdheid. De beslissingsbevoegdheid betekent dat de houder ervan vrij is om op het desbetreffende verantwoordelijkheidsgebied te beslissen of te handelen. De adviesbevoegdheid heeft één van de volgende betekenissen:

- Initiëren van besluitvorming;
- Verplicht geraadpleegd worden ter voorbereiding van besluitvorming;
- Opstellen van een document dat door een ander wordt gefiatteerd;
- Bewaken van de resultaten tijdens de uitvoering van een besluit;

De verantwoordelijkheidsgebieden staan op de verticale as in tabel 2.4 tegenover de functies op de horizontale as. De eerste drie verantwoordelijkheidsgebieden vallen binnen de lange termijn planning, waarbij verwerkings- en transportcapaciteit worden georganiseerd. Het vierde verantwoordelijkheidsgebied valt binnen de korte termijn planning. Verantwoordelijkheidsgebied 5 ligt binnen de operationele detailplanning en zorgt voor een gedetailleerdere invulling van de weekplanning. De bedrijfsleider van een afvaloverslagstation heeft hierin 2 bevoegdheden: een beslissingsbevoegdheid ten aanzien van het maken van een operationele detailplanning op het overslagstation en een adviesbevoegdheid naar de transporteurs over deze preciezere detailplanning. De volle bolletjes in tabel 2.4 geven de beslissingsbevoegdheid aan en de open bolletjes een adviesbevoegdheid.

Verantwoordelijkheidsgebieden \ Functies		a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.
		Logistiek manager	Product manager	Planner	Commercieel technisch medewerker	Bedrijfsleider AOS	Verwerker	Transporteurs
1.	Verwerkers selectie		●		○		○	
2.	Vervoerders selectie	●		○				○
3.	Afstemming aanbod en vraag ⁽¹⁾		●	○			○	
4.	Werkorde vrijgave, planning korte termijn		○	●		○	○	○
5.	Werkorde detail planning			○		● ○	●	●

Tabel 2.4. TVB-Matrix (● = beslissingsbevoegdheid, ○ = adviesbevoegdheid)

1) Het nemen van maatregelen bij een (dreigend) tekort of overschot aan afval (zoals het regelen van extra contracten en ontheffingen)

Om besluiten te kunnen nemen moeten de verantwoordelijke hiervoor voldoende informatie hebben. De informatiestromen lopen zoals aangegeven in bijlage 1. De cijfers hierin komen overeen met de informatiestromen die nodig zijn voor de bevoegdheden uit tabel 2.4. De planner maakt iedere week een planning en geeft deze door aan het AOS, de transporteurs en de verwerkers. Hierbij wordt aangegeven hoeveel afval waarheen gaat. De overslagstations moeten vervolgens zelf nog preciezer afspraken maken met de transporteurs. Gedurende de week geven de overslagstations en de verwerkers aan de planner door hoe de voortgang is met betrekking tot hoeveelheid afval, de capaciteit van de verwerkers, problemen etc. Hierop moet de planner actie ondernemen, bijvoorbeeld door stromen anders te sturen, extra transport te regelen of via de product manager extra capaciteit te regelen.

2.1.6.1 Performance indicatoren op verantwoordelijkheidsgebieden

Het doel van de logistieke planning is het minimaliseren van de logistieke kosten, gegeven de randvoorwaarden van het afvalverwijderingsproces. Een performance indicator wordt gebruikt om de prestaties van mensen, teams en organisaties te meten, zodat kan worden bekeken of het doel binnen een verantwoordelijkheidsgebied is gehaald. Hierbij moet de performance indicator de juiste prikkel geven om het doel na te streven [21]. De product manager moet in het planningsproces ervoor zorgen dat de vraag wordt afgestemd op het aanbod, tegen zo laag mogelijke kosten. Hiertoe worden zowel lange als korte termijn contracten afgesproken. Vervolgens maakt de planner een weekplanning. Deze planning moet resulteren in minimale logistieke kosten, binnen de afgesproken contracten en ontheffingen. De bedrijfsleider van het AOS tenslotte, moet ervoor zorgen dat de weekplanning zo goedkoop mogelijk wordt ingevuld en dat op vrijdag al het afval uit het overslagstation weg is. In hoeverre het doel wordt gehaald is niet bekend, aangezien er te weinig inzicht in de kosten bestaat.

2.2 Afbakening

Om een relevant en haalbaar antwoord op de vraagstelling te kunnen geven is er een afbakening van het onderzoek nodig. Het afvalverwijderingsproces is in paragraaf 2.1.2 beschreven in 14 stappen. Hieronder wordt beschreven welke van deze stappen worden meegenomen. Bovendien wordt bekeken welke afvalstromen worden meegenomen.

2.2.1 Procesafbakening

De stap inzamelen wordt altijd gezet en is niet afhankelijk van de gekozen logistieke structuur. Hierdoor is deze stap niet interessant in het licht van dit onderzoek en wordt derhalve niet meegenomen. Indien een verandering bij het verzamelen invloed heeft op de andere stappen, zal het gevolg wel worden meegenomen.

Transport met een vol inzamelvoertuig naar een verwerker of AOS wordt meegenomen. Deze stap wordt niet door Essent Milieu gezet, maar een verandering in de logistieke structuur zal gevolgen hebben voor de kosten van de inzamelaars. Bij een verhoging van de inzamelkosten zullen de inzamelaars hiervoor moeten worden gecompenseerd, zodat deze stap de te kiezen logistieke structuur beïnvloedt. Tevens wordt het lossen bij de verwerker meegenomen. De kosten hiervan zijn afhankelijk van de gekozen modaliteit en hebben derhalve invloed op het herontwerp.

De bunker bij de avi wordt niet meegenomen in dit onderzoek. Essent Milieu kan verwerkers van derden niet opdragen een bunker te maken. Bovendien sluit Essent Milieu met verwerkers een bepaald contract af over de aanlevering van afval. Hoe de verwerkers dit contract realiseren is voor Essent Milieu niet van belang.

Aangezien elke gemeente verplicht is een milieustraat te hebben wordt de vraag of deze wordt opgehouden niet meegenomen. Het lossen op een milieustraat wordt ook niet meegenomen. Ontdoeners brengen en lossen GHA zelf. Op elke milieustraat wordt tevens GHA gebracht dat is ingezameld. Elke gemeente kan zelf bepalen door wie deze inzameling gebeurt. In de meeste Limburgse gemeenten gebeurt dit door een recyclingbedrijf of exploitant van de milieustraat, die het GHA naar de milieustraat brengen. Aangezien dit onderzoek niks verandert aan de structuur van milieustraten, veranderen de breng- en loskosten voor ingezameld GHA niet. Bovendien wordt in alle gemeenten gestimuleerd dat ontdoeners GHA brengen in plaats van het te laten ophalen, waardoor de op te halen hoeveelheid relatief klein is in vergelijking met wat er wordt gebracht [25]. Een exacte verhouding tussen de hoeveelheid GHA dat wordt opgehaald en dat wordt gebracht is niet bekend en verschilt bovendien per gemeente.

Vanaf de milieustraat kan afval met verschillende modaliteiten naar de verwerkers worden getransporteerd. De keuze voor een bepaalde modaliteit is mede afhankelijk van de laadfaciliteiten die hiervoor nodig zijn. GHA zal derhalve worden meegenomen vanaf het laden op de milieustraat. Het te onderzoeken proces is weergegeven binnen het gestippelde kader in figuur 2.6.

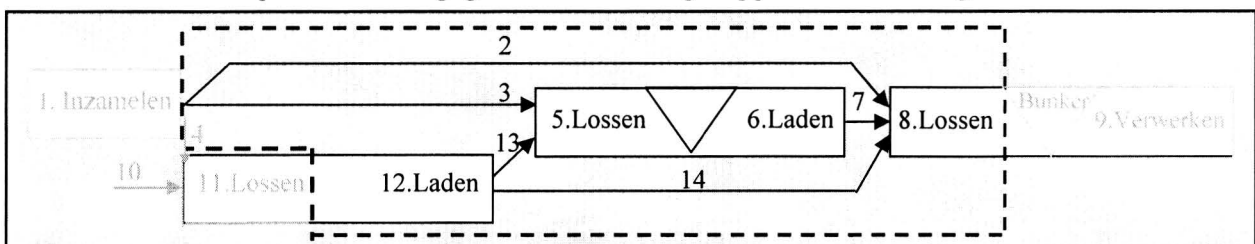


Fig. 2.6. Het afgebakende afvalverwijderingsproces

2.2.2 Productafbakening

De verschillende afvalstromen hebben verschillende eindverwerkers, waardoor de bestemming van de afvalstromen verschilt. Echter alle stromen gaan over dezelfde overslagstations. Hierdoor kan het uitsluiten van een afvalstroom bij het maken van een herontwerp een andere oplossing tot gevolg hebben, dan bij een integrale oplossing waarin alle afvalstromen worden meegenomen. Immers bij uitsluiting van een stroom heeft het herontwerp toch invloed op deze uitgesloten stroom. Alle afvalstromen zullen derhalve worden meegenomen in het herontwerp.

2.3 Definitieve Opdracht

Voor een optimale logistieke structuur met betrekking tot de afvalverwijderingsketen zullen de kosten hiervan moeten worden geminimaliseerd, rekening houdend met de randvoorwaarden van het afvalverwijderingsproces. Deze randvoorwaarden worden opgelegd door de huidige regelgeving, de houdbaarheid van afval en de bestaande contracten. Het informatiesysteem, besturingssysteem en de logistieke organisatie zullen op deze optimale logistieke structuur moeten aansluiten.

De kosten van de logistieke structuur zijn onder andere afhankelijk van het aantal in gebruik zijnde overslagstations. Hoe meer overslagstations, hoe hoger de totale overslagkosten, maar hoe lager de kosten voor het transport met inzamelwagens zijn. In figuur 2.7 zijn de logistieke kosten voor zowel de secundaire ontdoener als voor de sturingsorganisatie uitgezet tegen het aantal overslagstations. Hoe de beide lijnen lopen is afhankelijk van de gekozen grondvorm en de product-, proces- en marktkenmerken.

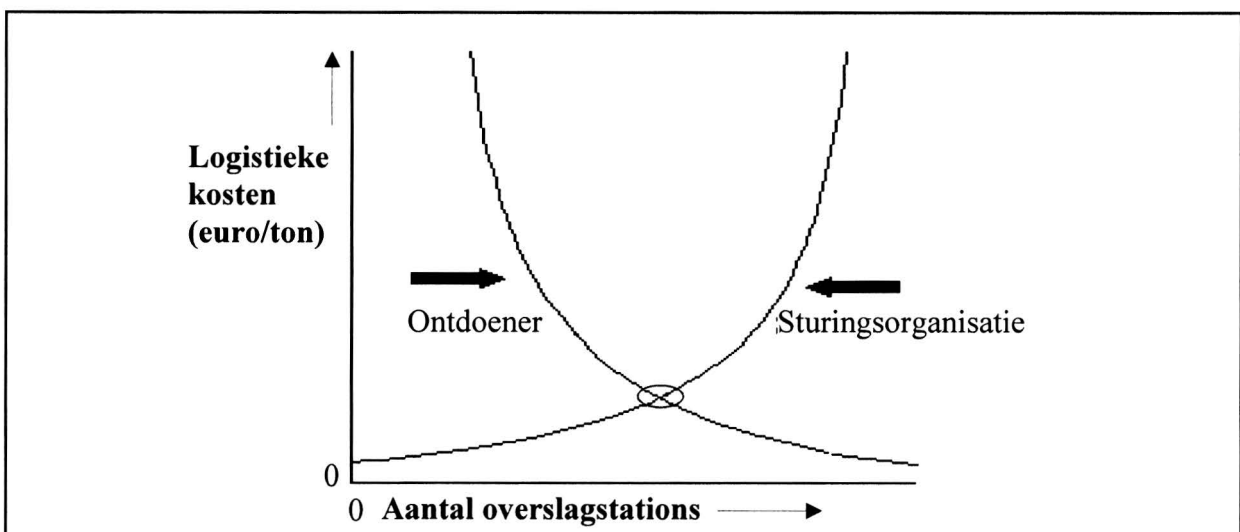


Fig. 2.7. De logistieke kosten tegenover het aantal overslagstations

In figuur 2.7 is het punt omcirkeld waarbij de logistieke kosten voor de gehele afvalverwijderingsketen het laagst zijn. Dit punt kan worden bereikt door, gegeven de product-, proces- en marktkenmerken een optimale logistieke structuur te ontwerpen, en eventueel de product-, proces- of marktkenmerken zodanig aan te passen dat deze logistieke structuur eenvoudiger en hierdoor goedkoper kan worden.

Op basis van de oriëntatiefase is de volgende definitieve opdracht geformuleerd:

Ontwerp een **optimale integrale logistieke structuur voor de afvalverwijderingsketen**, voor zowel brandbaar en grof huishoudelijk, als GFT-afval afkomstig uit Limburg. Dit ontwerp omvat het afvalverwijderingsproces vanaf het moment dat het afval is ingezameld tot het verwerken ervan, waarbij alternatieve transportmodaliteiten worden meegenomen. Hierbij wordt met optimaal bedoeld dat de kosten van het herontwerp zo laag mogelijk moeten zijn, rekening houdend met de huidige regelgeving, de bestaande contracten en de houdbaarheid van afval.

Dit kan worden bereikt door:

- gegeven de huidige product-, proces-, marktkenmerken een optimale logistieke structuur te ontwerpen.
- de product-, proces- en marktkenmerken zodanig aan te passen dat de logistieke structuur eenvoudiger en hierdoor goedkoper wordt.

Het optimaliseren zal gebeuren met behulp van het optimaliseringsprogramma AIMMS. Ten slotte wordt ook de invloed van het herontwerp op het besturingssysteem, het informatiesysteem en de organisatie bekeken.

3 Veranderingen

In hoofdstuk 3 wordt gekeken of de proces-, product- en/of marktkenmerken veranderd kunnen worden, zodat een goedkopere logistieke structuur mogelijk is. Deze veranderingen worden bekeken door middel van scenario's. Een proces kan veranderen door stappen toe te voegen, stappen weg te laten, of stappen anders te zetten. Deze 3 mogelijkheden worden hieronder doorgenomen. Vervolgens worden de mogelijke veranderingen met betrekking tot de productkenmerken geanalyseerd. De veranderingen in de markt tenslotte worden bekeken aan de hand van de benodigde flexibiliteit met betrekking tot het aanbod en de vraag. Tevens wordt de ontwikkelingen in de regelgeving bekeken. De scenario's omvatten zowel de te verwachten veranderingen, als de veranderingen waarvan geacht wordt dat ze de logistieke kosten beïnvloeden.

3.1 Procesverandering: Stap toevoegen

Een stap toevoegen heeft slechts zin als de kosten in de andere stappen hierdoor meer verminderen dan de kosten voor deze extra stap.

3.1.1 Regelmatiger afvalaanbod

De kosten voor transport vanaf het AOS kunnen omlaag door een regelmatiger afvalaanbod. Enerzijds kunnen, door een regelmatiger afvalaanbod, de kosten per kilometer voor bulktransport omlaag². Anderzijds zijn er minder piekmomenten waarop gebruik moet worden gemaakt van verwerkers waarmee geen contract is afgesloten. Dit laatste kan leiden tot hoge verwerkingskosten. Een regelmatiger afvalaanbod kan worden bereikt door afval op voorraad te houden. Behalve in de hal van het AOS kan dit tevens gebeuren in gesloten containers. De mogelijkheid om afval op te slaan in hallen wordt meegenomen in het basisscenario. Opslag in containers zal in scenario 1 worden bekeken.

3.1.2 Afval scheiden

De stap 'scheiden' kan worden toegevoegd zodat sommige stromen goedkoper kunnen worden verwerkt. De vraag wel of niet scheiden is ingewikkeld waarbij vele factoren, zoals de kwaliteit en de hoeveelheid afval, een rol spelen. Op dit moment worden er enkele studies naar gedaan, waarvan de resultaten pas na 2008 worden verwacht [11]. Afval kan worden gescheiden aan de bron of bij verwerkers. Voor scheiden aan de bron is er een apart inzamelsysteem nodig en tevens de medewerking van burgers. Voor scheiden bij verwerkers is een methode nodig welke de te scheiden stroom van de rest kan splitsen. Scheiden aan de bron blijkt duurder te zijn dan scheiden bij de verwerker en zal om deze reden niet worden meegenomen in dit onderzoek [46][11]. Scheiden bij verwerkers heeft invloed op de logistieke structuur doordat de verwerkingsprijzen en de flexibiliteit van de verwerkers kunnen veranderen. Essent Milieu sluit contracten af met verwerkers, waardoor de prijs en de aanleveringafspraken vast liggen. Hoe de verwerker hierbij de benodigde flexibiliteit realiseert is voor Essent Milieu als sturingsorganisatie niet van belang. Bovendien kan Essent Milieu een verwerker niet dwingen het afval te scheiden. Derhalve zal de stap scheiden niet worden meegenomen in het verdere onderzoek.

² Informatie verkregen van Marc Warner, Transporteur Den Hartogh, 29-12-2005

3.2 Procesverandering: Stap weglaten

Inzamelen, transporteren, verwerken en tevens het hebben van een brengvoorziening kunnen niet worden weggelaten zonder dat het afvalverwijderingsproces niet meer loopt, of dat er niet meer aan de afvalwetgeving wordt voldaan. Het overslaan van afval op het AOS kan eventueel worden weggelaten, of dit goedkoper is hangt af van de afstanden tussen de ontdoeners en de verwerkers (zie paragraaf 2.1.1.2).

Onderdelen uit deze processtappen kunnen wel worden weggelaten. Dit is mogelijk bij het overslaan van afval. Afval wordt vanuit een inzamelvoertuig op de vloer van het AOS gestort. Vervolgens wordt het met behulp van een shovel in een bulkvoertuig geladen. Afval kan ook direct in het bulkvoertuig worden gestort. Hiervoor zijn echter investeringen nodig, aangezien het inzamelvoertuig hoger moet staan dan het bulkvoertuig om het afval in het bulkvoertuig te kunnen storten. Tevens kan het afval minder goed worden gecontroleerd, aangezien het direct in een bulkvoertuig verdwijnt. Ook worden er door te storten op de vloer kortere keertijden van inzamelvoertuigen gerealiseerd. Tenslotte is het bij direct lossen in het bulkvoertuig noodzakelijk een shovel reserve te hebben, om het afval goed over het laadruim te verdelen. Hierdoor is direct overslaan duurder dan het storten op de vloer en zorgt het voor een complexere sturing. Deze verandering zal derhalve niet worden meegenomen in het herontwerp.

Het weglaten van een stap is tevens mogelijk op een milieustraat. Grof huishoudelijk afval wordt naar een milieustraat gebracht en gaat vervolgens rechtstreeks of via een AOS naar een verwerker. Op een AOS wordt het afval overgeslagen, zodat het in grotere hoeveelheden getransporteerd kan worden naar een verwerker. Door afval over te slaan op de milieustraat, kan het direct in grotere hoeveelheden naar de verwerker worden getransporteerd. Een andere mogelijkheid is om een bulkvoertuig langs de milieustraten te laten rijden, om de kleinere bakken van de milieustraat in het bulkvoertuig over te slaan. Dit principe wordt toegepast bij het legen van glasbakken. Beide opties vergen grote infrastructurele aanpassingen aan de milieustraat. Het dient aanbeveling deze mogelijkheden voor de verschillende milieustraten verder te onderzoeken. In het optimalisatiemodel wordt het niet meegenomen, aangezien er te weinig kennis is om deze verandering op een juiste manier mee te nemen.

3.3 Procesverandering: Stap veranderen

Een stap veranderen kan door andere middelen in te zetten dan die in het huidige proces worden gebruikt. Hier betekent dit het inzetten van andere transportmodaliteiten, overslagstations, verwerkingsmethoden en/of inzamelvoertuigen. Hoofdstuk 4 beschrijft de mogelijke transportmodaliteiten; alle transportmodaliteiten die technisch en economisch haalbaar zijn worden meegenomen in het optimalisatiemodel. Tevens worden alle mogelijke overslagstations meegenomen. Als verwerkers worden in het basisscenario enkel de verwerkers meegenomen waarmee Essent Milieu een contract heeft. De mogelijkheid van andere verwerkers wordt meegenomen in een alternatief scenario. In de volgende paragraaf wordt de verandering met betrekking tot het inzamelvoertuig besproken.

3.3.1 Inzamelvoertuigen

Inzamelen van afval kan gebeuren met behulp van achterladers, zij- en/of frontladers. Deze laatste twee kunnen worden uitgerust met een wissellaadbak. Translift heeft het Integrated Environment System (IES) ontwikkeld waardoor dit mogelijk is [40].

Het IES zorgt ervoor dat het lossen van wissellaadbakken kan gebeuren zonder dat er een kraan aan te pas komt. Het Afzet Container Transport Systeem in combinatie met het IES maakt tevens het laden op een trein zonder kraan mogelijk [43]. Het overslaan van een wissellaadbak vanaf het inzamelvoertuig op de trein met behulp van IES/ACTS is weergegeven in bijlage 18.

Een persblok op de zijlader zorgt ervoor dat het afval wordt samenperst, waardoor er meer afval in het inzamelvoertuig past. Als nadeel heeft het inzamelvoertuig met IES een hogere aanschafprijs dan een achterlader. In bijlage 19 staan de kosten van een zijlader met IES en van een achterlader gegeven. Vorstgevoeligheid is het tweede nadeel van het systeem. Bij vorst vriest het afval vast, waardoor de container niet geheel geleegd kan worden. De voor- en nadelen van IES/ACTS zijn gegeven in tabel 3.1.

Voordelen IES/ACTS	Nadelen IES/ACTS
Overslag zonder kraan	Hoge aanschafprijs
Grotere hoeveelheid afval in 1 wagen	Vorstgevoelig

Tabel 3.1. Voor- en nadelen IES/ACTS [5]

3.3.1.1 Invloed op het proces

Voor het overslaan van afval met het IES/ACTS is slechts een geasfalteerd stuk grond nodig. Het AOS verliest hiermee zijn derde functie, het controleren van het afval, aangezien het afval niet zichtbaar is bij overslag. De controle zal aan de poort van de verwerker moeten gebeuren. Het afvalverwijderingsproces blijft zoals in bijlage 1, echter de zijlader met IES kan het optimale aantal in gebruik zijnde overslagstations en stromen die eroverheen gaan beïnvloeden. In hoofdstuk 4 worden de kosten bij het gebruik van inzamelvoertuigen met IES besproken en wordt bepaald of het kostentechnisch zinvol is deze mogelijkheid mee te nemen.

3.4 Verandering productkarakteristieken

Van de 5 productkarakteristieken (verschijningsvorm, waarde- en verpakkingsdichtheid, houdbaarheid en volume/gewichtverhouding) die invloed hebben op de logistieke structuur zijn er 3 die veranderd kunnen worden, namelijk houdbaarheid, verpakkingsdichtheid en volume/gewichtverhouding. Deze drie zullen hieronder worden beschreven.

3.4.1 Productverandering: Houdbaarheid

Door brandbaar afval te scheiden worden sommige deelstromen onbeperkt houdbaar. Het scheiden van afval is reeds besproken in paragraaf 3.1. Uit deze paragraaf bleek dat het scheiden van afval niet interessant is in het licht van dit onderzoek.

3.4.2 Productverandering: Verpakkingsdichtheid

Afval wordt op dit moment los ingezameld en overgeslagen. Door afval te verpakken krijgt het een andere verpakkingsdichtheid, wat gevolgen heeft voor de overslagkosten. In paragraaf 3.3.2 is er gesproken over wissellaadbakken, waarbij deze bakken als verpakkingseenheid fungeren gedurende transport en overslag. Zoals geconcludeerd in paragraaf 3.3.2, wordt het gebruik van inzamelvoertuigen met wissellaadbakken door middel van een scenario meegenomen in dit onderzoek.

Afval kan bovendien worden verpakt in balen met plastic eromheen. Een baal verandert niet alleen de verpakkingsdichtheid, maar verhoogt ook de volume/gewichtverhouding. Een baal heeft een afmeting van 1,1 bij 1,1 bij 1,5 en weegt 1,5 ton. Een baal heeft hiermee een volume/gewichtverhouding van 1,21 m³/ton. Deze lagere volume/gewichtverhouding ten opzichte van los afval is gunstig voor de transportkosten en tevens voor de benodigde opslagruimte. Bovendien kunnen balen in de buitenlucht worden opgeslagen, terwijl los afval in een hal moet worden opgeslagen. Ten opzichte van containervervoer hebben balen tevens het voordeel dat het lege verpakkingsmateriaal niet meer retour hoeft naar het AOS. Aan het verpakken in balen zijn echter ook extra kosten verbonden; balen moeten worden geperst en weer losgemaakt. In tabel 3.2 staan de voor- en nadelen van afval in balen ten opzichte van los afval of afval in containers bij elkaar. In hoofdstuk 4 wordt verder ingegaan op de kosten van het transporteren van balen en hier zal ook worden bekeken of het economisch gezien zinvol is om deze optie mee te nemen in het herontwerp.

Voordelen balen	Nadelen balen
Lagere volume/gewicht verhouding, dit heeft een positieve invloed op de transportkosten en de benodigde ruimte voor opslag.	Extra kosten voor het persen en losmaken van balen.
Opslag in buitenlucht mogelijk.	Extra afval doordat de balen in plastic zijn verpakt.
Geen verpakkingsmateriaal retour.	

Tabel 3.2. Voor- en nadelen van afval in balen³

3.4.3 Productverandering: Volume/gewicht-verhouding

Door afval te persen krijgt het een lagere volume/gewichtverhouding, wat gunstig is voor de transportkosten per ton. Afval kan worden geperst tijdens de inzameling of op een AOS. Op een AOS kan het persen gebeuren door het afval in balen te persen of in perscontainers. In deze paragraaf zal slechts de perscontainer worden behandeld, aangezien de andere twee mogelijkheden reeds zijn behandeld. Een perscontainer is een gesloten systeem waarin het afval onder druk wordt samengeperst. Het persen brengt perskosten met zich mee, maar daartegenover staan lagere transportkosten.

³ Informatie verkregen van Gernout Erens, medewerker van Innovaders een adviesbureau op het gebied van duurzaamheid en innovatie, dat de mogelijkheid van afval in balen heeft onderzocht, 16-11-2005

Een transportvoertuig is gebonden aan een maximaal gewicht en volume dat het kan en/of mag vervoeren. Een bulkvoertuig met 5 assen mag in Nederland maximaal 27 ton aan afval transporteren.⁴ De twee containers hebben hiervoor een volume van 100 m³ beschikbaar. Zonder het afval te verdichten past hierin het maximaal toegestane gewicht. Persen heeft om deze reden geen zin en zal derhalve niet worden meegenomen in het herontwerp.

Bij een trein mag een container maximaal 36m³ zijn. De asdruk van een trein mag maximaal 22,5 ton bedragen, waarbij wagons 4 assig zijn. Om het maximaal toegestane gewicht te halen zal het afval moeten worden geperst. Hierbij moet worden opgemerkt dat er maximaal 13,5 ton in een container past, aangezien de container anders niet meer te lossen is. In het optimalisatiemodel wordt in alle scenario's de mogelijkheid om te persen bij treinvervoer meegenomen.

⁴ Maximaal toegestaan totaalgewicht van een bulkvoertuig met 5 assen is 50 ton. Het eigen gewicht van een vrachtwagen is 17 ton, de 2 containers ca 6 ton; Het laadvermogen is hierdoor maximaal 27 ton.

3.5 Marktveranderingen

De markt beïnvloedt de logistieke structuur met betrekking tot de benodigde flexibiliteit en de restricties die zijn opgelegd door de overheid. Hieronder wordt de benodigde flexibiliteit beschreven met betrekking tot de onzekerheid en de dynamiek in het aanbod van afval. Tevens worden de veranderingen in de regelgeving besproken.

3.5.1 Verandering benodigde flexibiliteit

De flexibiliteit van een proces moet worden afgestemd op de onzekerheid en de dynamiek die er in een situatie heerst [6]. Zowel het transport, als de verwerkingsmogelijkheden moeten flexibel genoeg zijn om de onzekerheden en de dynamiek in vraag en aanbod op te kunnen vangen.

Essent Milieu besteedt het transport vanaf het AOS naar verwerkers uit, waardoor de onzekerheid en dynamiek hier wordt opgevangen door de transporteurs. De flexibiliteit bij verwerkers wordt gecreëerd doordat er uitgeweken kan worden naar andere verwerkers of uiteindelijk naar een stortplaats. Ook vangt een avi zelf een deel van de onzekerheid/dynamiek op door middel van een bunker.

Door de onzekerheid en dynamiek in het aanbod van afval te verminderen wordt de benodigde flexibiliteit minder. De onzekerheid en dynamiek in het aanbod kan worden verminderd door het aanhouden van voorraad. Dit is reeds beschreven in paragraaf 3.1. De dynamiek in het aanbod kan tevens worden verminderd door te zorgen voor een regelmatig aanbod op een AOS. Hierdoor is er minder flexibiliteit in het transport nodig, zodat een goedkoper contract met de transporteur kan worden verkregen. Tevens zijn er minder pieken in het aanbod, die moeten worden opgevangen door verwerkers waarmee Essent geen contract heeft. Dit kan leiden tot hogere verwerkings- en/of transportprijzen. Als randvoorwaarde geldt hierbij dat gemeenten een constante bezetting moeten hebben van hun inzamelpark. Dit kan worden gerealiseerd door de inzamelweken van gemeenten beter op elkaar af te stemmen. Hoeveel de transportkosten dalen bij een regelmatig aanbod is niet bekend, waardoor dit deel van het kostenverlagende effect niet kan worden bekeken met het model. Tevens omvat het model geen verwerkers waarmee Essent geen contract heeft afgesloten. Derhalve kan deze verandering niet worden bekeken met het model. Aanbeveling dient de gemeenten altijd op elkaar af te stemmen, maar deze verandering zal niet als scenario worden meegenomen.

3.5.2 Verandering regelgeving: Grens brandbaar huishoudelijk afval

Voor brandbaar huishoudelijk afval staat een stopbord aan de grens, niets hiervan mag in of uit Nederland worden getransporteerd. 1 januari 2007 wordt dit veranderd en gaan de grenzen open [16]. Als de grenzen open gaan kan Nederland brandbaar huishoudelijk afval gaan importeren of exporteren van/naar verschillende landen. Of dit gebeurt, zal afhangen van de beschikbare capaciteit en de prijsstelling in Nederland en in de naburige landen. Wat voor invloed de opengaande grenzen zullen hebben wordt door diverse partijen verschillend ingeschat. Cahn (2005), Dijkgraaf (2000) en de brancheorganisatie van afval in Duitsland (BVSE) [35], denken aan een import van afval naar Nederland door lagere prijzen of een tekort aan capaciteit in omliggende (met name Duitsland) landen. Prognos denkt daarentegen aan een export van afval door een overcapaciteit van 2.1 miljoen ton per jaar in Duitsland in 2009 [18].

3.5.2.1 Invloed op het proces

Een open grens voor brandbaar huishoudelijk afval zal invloed hebben op de prijs en de hoeveelheid dat wordt verwerkt in Nederland. Het afvalaanbod op de overslagstations in Nederland zal bij opengaande grenzen niet wezenlijk veranderen. De transportkosten van de inzamelwagens zijn immers relatief duur ten opzichte van het bulk transport, waardoor het inzamelvoertuig altijd naar het dichtstbijzijnde AOS rijdt. Hooguit veranderen de gemeenten in de grensstreken van het AOS. Het transport vanaf het AOS zou daarentegen plaats kunnen vinden van of naar het buitenland. Dit kan invloed hebben op de capaciteit die beschikbaar is voor brandbaar afval in Nederland en op de eindbestemming van het Nederlandse afval. Deze ontwikkeling is weergegeven in figuur 3.1. Tevens kan het de prijs van brandbaar afval beïnvloeden.

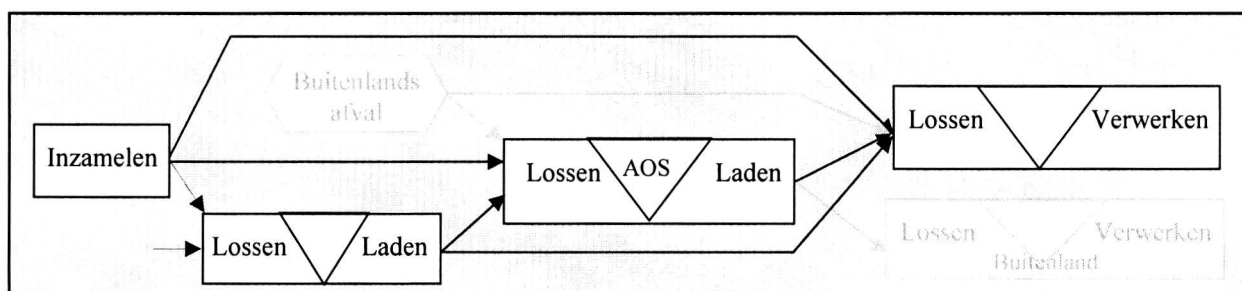


Fig. 3.1. Het afvalverwijderingsproces

Voor Limburg liggen er een aantal avi's in Duitsland dichterbij dan de avi's in Nederland (bijlage 20 en 21). Echter, net als in Nederland, zitten alle avi's op dit moment vol.

De opengaande grenzen zullen worden meegenomen door middel van een gevoeligheidsanalyse op de prijs van afval. Tevens zal de mogelijkheid voor het verwerken van brandbaar huishoudelijk afval in Duitsland als een scenario worden meegenomen in het herontwerp.

3.5.3 Verandering regelgeving: Diftar

Diftar staat voor **gedifferentieerd tarief** voor afvalverwijdering [2]. Dat wil zeggen dat wat de burger betaalt afhankelijk is van de soort en de hoeveelheid afval die zij aanbiedt. In Limburg hebben reeds 34 van de 47 gemeenten DIFTAR ingevoerd. Bijlage 22 laat een vergelijking zien tussen ingezamelde hoeveelheden brandbaar afval en de ADC-componenten (glas, oud papier en textiel) in diftar- en niet-diftargemeenten. Diftargemeenten zamelen ten opzichte van niet-diftargemeenten meer ADC-componenten in en produceren beduidend minder brandbaar huishoudelijk afval [26]. In bijlage 23 is de hoeveelheid brandbaar huishoudelijk afval weergegeven per gewest per inwoner in Limburg. Te zien is dat gewest Parkstad het meeste brandbaar huishoudelijk afval per inwoner produceert. De meeste gemeenten in Parkstad hebben nog geen Diftar, maar in 2008 zullen al deze gemeenten dit hebben ingevoerd. Te verwachten is dat de hoeveelheid brandbaar huishoudelijk afval in Parkstad hierdoor omlaag gaat. Dit zal worden meegenomen in het herontwerp met behulp van een gevoeligheidsanalyse op de hoeveelheden.

3.5.4 Verandering regelgeving: Een lossier GFT-afval beleid

Het ministerie van VROM bereidt op dit moment een besluit voor waarin gemeenten meer ruimte krijgen om de GFT-inzameling te optimaliseren. Hierbij blijft de inzamelplicht voor GFT-afval gehandhaafd, maar krijgen de gemeenten meer vrijheid ten aanzien van de inrichting van het systeem. Hierdoor kunnen de gemeenten bijvoorbeeld de frequentie van inzameling bepalen [47]. Dit zal de aangeboden hoeveelheid GFT-afval hoogstwaarschijnlijk verminderen en de aangeboden hoeveelheid restafval doen stijgen. Op dit moment kunnen gemeenten al een ontheffing krijgen voor bepaalde wijken (bijvoorbeeld voor wijken met veel flats). Hierdoor worden er geen grote veranderingen verwacht. Een lossier GFT-afval beleid zal worden meegenomen door middel van een gevoeligheidsanalyse op de afvalhoeveelheden.

3.5.5 Verandering regelgeving: Verandering voorkeursvolgorde

In Nederland wordt als voorkeursvolgorde voor het verwerken van afval de ladder van Lansink gehanteerd. Hierin is verbranden te prefereren boven storten (zie paragraaf 2.1.3.2). Volgens Dijkgraaf (2004) en Krom (2004) is hierbij geen systematische afweging gemaakt op basis van alle kosten en baten die hierbij een rol spelen. Zowel verbranden als storten hebben nadelige gevolgen voor het milieu. Als de nieuwste techniek van verbranden en de modernste stortplaatsen worden geëvalueerd op zowel private kosten (investeringen en baten uit energieopbrengsten) als milieukosten (uitstoot in water en lucht, grondgebruik en baten als materiaal recycling) is storten voordeliger dan verbranden. Zie bijlage 24 voor de afweging tussen storten en verbranden.

Voor het Nederlandse beleid betekent dit dat het huidige instrumentarium gericht op het sturen van afvalstromen niet optimaal is. Bij een verandering van de voorkeursvolgorde zal het storten goedkoper worden dan verbranden, in verband met de afschaffing van stortbelasting. De verandering van de voorkeursvolgorde kan echter niet ineens worden ingevoerd, aangezien de avi's dan zonder afval komen te zitten. Er zal een overgangperiode van meer dan 20 jaar moeten komen waarin de avi's technisch en economisch worden afgeschreven. De daadwerkelijke verandering zal derhalve pas op lange termijn ingaan, waarbij het nog niet gezegd is dat deze verandering er daadwerkelijk komt. Deze lange termijn verandering is minder interessant voor dit onderzoek, aangezien dit zich voornamelijk richt op 2009. Derhalve wordt deze verandering niet meegenomen.

3.6 Samenvatting veranderingen

In de voorgaande paragrafen zijn de veranderingen met betrekking tot de proces-, markt- en productkarakteristieken besproken welke invloed hebben op de logistieke structuur. In tabel 3.3 zijn deze veranderingen weergegeven. Tevens is weergegeven hoe deze worden meegenomen in het herontwerp. In totaal zijn er 5 scenario's en wordt er een gevoeligheidsanalyse met betrekking tot de afvalhoeveelheden en verwerkingsprijzen uitgevoerd. Alle scenario's en gevoeligheidsanalyses worden tevens gecombineerd. De scenario's en gevoeligheidsanalyses hebben allen invloed op hetzelfde afvalverwijderingsproces en er kan niet van tevoren worden vastgesteld of een combinatie een andere uitkomst oplevert dan kan worden verwacht op basis van de afzonderlijke uitkomsten.

Proces			Product			Markt		
Verandering		Meenemen in herontwerp	Verandering	Meenemen in herontwerp	Verandering	Meenemen in herontwerp		
Stap toevoegen	Voorraad in hallen	Meenemen in alle scenario's	Houdbaarheid			Aanbod	Afstemmen gemeenten	
	Voorraad in containers	Scenario 1						
Stap weglaten	Overslaan op milieustraat		Verpakkingsdichth			Vraag		
	Bulkvoertuig langs milieustraat							
Stap veranderen	Contracten loslaten	Scenario 2	Volume/gewicht-verhouding	Persen	Meenemen in alle scenario's voor treinvervoer	Regelgeving	Open grens BHA	Gevoeligheidsanalyse prijs
	Gebruik IES/ACTS	Wordt nader bekeken in H4.						Scenario 3
	Andere transportmodaliteiten dan wegvervoer	Wordt nader bekeken in H4.						Invoering Diftar
							Losser GFT-afval beleid	Gevoeligheidsanalyse aanbod hoeveelheden

Tabel 3.3. Veranderingen in product-, proces- en marktkenmerken ter minimalisatie van de logistieke kosten.

4 Transportmodaliteiten

Transportmodaliteiten zijn alle mogelijke methoden van transport. Transportmethoden worden gewoonlijk ingedeeld op basis van vijf grondvormen, namelijk: transport over de weg, per spoor, over water, door de lucht en via een pijpleiding [32]. In dit hoofdstuk zullen alleen de eerste 3 modaliteiten worden besproken. Transport door de lucht is rendabel als er een hoge snelheid vereist is door een beperkte houdbaarheid in combinatie met een hoge waardedichtheid en er grote afstanden te overbruggen zijn. Dit is voor afval niet het geval. Afvaltransport via pijpleidingen zal in 2006 worden toegepast in Arnhem en Zwolle en is bedoeld voor dichtbebouwde gebieden. In deze gemeenten zal afval niet meer worden opgehaald, maar ondergronds naar een centrale plek worden gezogen. Dit systeem wordt niet meegenomen, aangezien het duurder is dan de huidige inzamelsystemen [48].

In dit hoofdstuk worden eerst de criteria besproken op basis waarvan een transportmodaliteit wordt gekozen; vervolgens wordt gekeken of transport over water of spoor zowel kostentechnisch als praktisch kan dienen als alternatief voor wegtransport.

4.1 Keuze modaliteiten

De doelstelling van een bedrijf, de productkarakteristieken en de transportkenmerken bepalen samen de uiteindelijke keuze voor een transportmodaliteit [32].

De doelstelling geeft aan welke motivatie men heeft voor het kiezen van een transportmodaliteit. In paragraaf 2.1.4 is de doelstelling van Essent Milieu besproken. Hierin werd aangegeven dat alternatieve transportmodaliteiten moeten worden bekeken met het oog op milieuvordelen, waarbij het alternatief nooit duurder mag zijn dan het huidige transport. In bijlage 25 zijn de emissies van NO_x, CO₂, SO₂, NMVOS, PM₁₀ en CO per tonkm weergegeven voor verschillende modaliteiten. Te zien is dat transport per schip en per trein per tonkm goede milieuprestaties leveren ten opzichte van wegtransport.

De productkarakteristieken en transportkenmerken bepalen samen de transportprijs en de mogelijke transportmodaliteit. De productkarakteristieken van afval zijn reeds besproken in paragraaf 2.1.1.5. Hier werd opgemerkt dat afval een hoge volume/gewicht verhouding kent, wat ongunstig is voor de transportkosten. De transportkenmerken tenslotte worden gevormd door de af te leggen afstand, de bereikbaarheid, de snelheid/tijdsdruk waaronder dit gebeurt en de zendinggrootte [32]. In figuur 4.1 is de af te leggen afstand uitgezet tegen het gewicht per zending. Hoe figuur 4.1 precies loopt is afhankelijk van de waardedichtheid, de volumedichtheid en de houdbaarheid van een product.

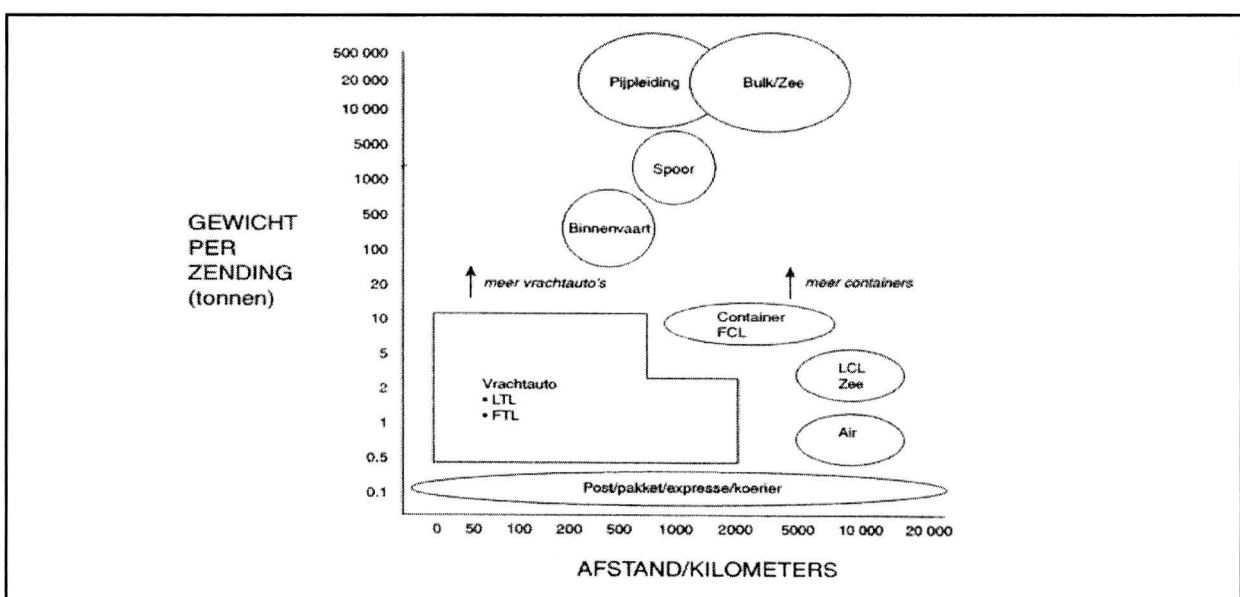


Fig. 4.1. De transportafstanden uitgezet tegen het gewicht per zending [32].

4.2 Transport per schip

In figuur 4.2 is het afvalverwijderingsproces gegeven bij gebruik van een schip. Als een AOS aan het water ligt kan afval daar worden overgeslagen in een schip. Als een AOS niet aan het water ligt kan afval worden overgeslagen in een bulkvoertuig. Dit voertuig brengt het afval vervolgens naar een regionaal overslagcentrum (ROC), waar het wordt overgeslagen in een schip. Een ROC kan alleen worden gebruikt voor containertransport.

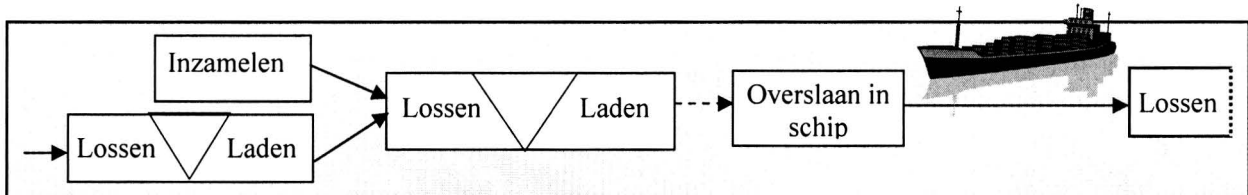


Fig. 4.2. Het afvalverwijderingsproces met scheepsvervoer.

Vele onderzoeken zijn gewijd aan het transport van afval over water en allen concluderen dat dit in Nederland niet rendabel is [33][34][29][24]. Dat scheepstransport duurder is dan wegtransport is te wijten aan hoge overslagkosten en de lage dichtheid van afval [41].

Elke transportmodaliteit heeft een maximaal volume en gewicht dat kan worden geladen. In tabel 4.1 is de maximale volume/gewichtverhouding gegeven voor weg-, scheeps- en railtransport. Te zien is dat scheepstransport relatief weinig volume beschikbaar heeft om het maximale gewicht te laden. Aangezien afval een lage dichtheid kent wordt dit maximale gewicht nooit gehaald, waardoor de kosten per ton hoger zijn.

	Wegtransport	Scheepstransport	Railtransport
Volume (m ³)	95	2600	108
Gewicht (ton)	27	2000	36
Verhouding	3,5	1.3	3

Tabel 4.1. Maximaal toegestane volume en gewicht per transportmodaliteit in Nederland

Afval kan worden getransporteerd in containers, als bulk of als stukgoed [32]. Met stukgoed wordt afval in balen bedoeld. Transport van afval in bulk wordt in de rest van dit hoofdstuk niet meer meegenomen; hiervoor geen vergunningen worden afgegeven, tenzij er een geheel gesloten laad- en lossysteem wordt gerealiseerd. Dit gesloten laad- en lossysteem is erg duur, waardoor bulkvervoer niet concurrerend is met wegvervoer.⁵

In bijlage 26 staan de kosten voor scheeps- en wegtransport. Of scheepstransport concurrerend is met wegtransport is afhankelijk van de af te leggen afstand en de te transporteren hoeveelheid. Tevens blijkt uit de bijlage 26 dat scheepsvervoer met balen altijd duurder is dan scheepsvervoer met containers. De extra verpakking rondom het afval bij balen is bovendien een extra belasting voor het milieu. Om deze 2 redenen zullen balen niet worden meegenomen.

In bijlage 26 zijn ook de kosten voor het overslaan van afval op een ROC gegeven. Overslaan op een ROC heeft als voordeel dat het minder risico's voor Essent Milieu met zich meebrengt, aangezien er geen investeringen nodig zijn. Nadeel is dat er voortransport nodig is. Uit bijlage 26 blijkt dat overslaan vanaf eigen kade voordeliger dan op een ROC. De verwerker en het AOS moeten dan wel aan het water liggen.

Als de goedkoopste berekening voor scheepstransport wordt vergeleken met de duurste berekening voor wegtransport uit bijlage 26, blijkt dat scheepstransport pas bij 250 km goedkoper wordt dan wegtransport. In bijlage 6 zijn de verwerkers en overslagstations gegeven die aan het water liggen. De afstanden tussen deze verwerkers en overslagstations zijn korter dan 250 km; scheepstransport is derhalve duurder dan wegtransport en zal daarom niet worden meegenomen.

⁵ Informatie verkregen van Rob Kemke, medewerker AVR, 1-11-2005. Contractanten van AEB [20] delen dit standpunt.

4.2.1 Alternatieve binnenvaart

In deze paragraaf wordt gekeken of de kosten van slooptransport kunnen worden verminderd door stappen uit het huidige proces anders in te richten.

Ten eerste kunnen de kosten van overslag worden verlaagd door gebruik te maken van inzamelvoertuigen met IES. In bijlage 27 zijn de kosten weergegeven bij gebruik van deze inzamelvoertuigen. Hieruit blijkt dat deze kosten, zowel voor scheeps- als wegtransport hoger zijn dan bij het gebruik van een traditioneel inzamelvoertuig. Het IES wordt echter te duur weergegeven ten opzichte van een traditioneel inzamelvoertuig, aangezien er geen rekening is gehouden met de transportkosten van een vol inzamelvoertuig. De transportkosten per ton van een vol inzamelvoertuig met IES zijn lager dan van een traditioneel inzamelvoertuig. Hoeveel dit scheelt is afhankelijk van de afstanden die worden afgelegd en dus van de logistieke structuur. De mogelijkheid van weg- en slooptransport met IES kan derhalve goedkoper zijn dan met een traditioneel inzamelvoertuig en wordt meegenomen in het optimalisatiemodel.

Ten tweede zijn overslagkosten bij slooptransport hoog, waardoor slooptransport pas bij grote afstanden rendabel wordt ten opzichte van wegtransport. Een zelflossendschip heeft lagere overslagkosten, omdat voor overslag slechts een loswal nodig is. In de Amsterdamse havenregio vaart vanaf begin dit jaar het eerste zelflossende binnenvaartschip. De eigenaar van dit schip, Mercurius Scheepvaart b.v., geeft aan dat er een identiek schip gereed gemaakt kan worden voor transport in andere gebieden. In bijlage 28 zijn de kosten weergegeven van het transport van afval met behulp van een zelflossendschip. Hierin is te zien dat dit duurder is dan wegtransport. Een zelflossend schip in combinatie met IES is goedkoper dan het wegtransport. Deze mogelijkheid zal worden meegenomen in het optimalisatiemodel.

4.3 Transport per trein

In figuur 4.4 is het afvalverwijderingsproces weergegeven bij gebruik van een trein. Als het AOS aan het spoor ligt wordt afval vanaf daar geladen op een trein. Als een AOS niet aan het spoor ligt, moet afval eerst in een bulkvoertuig worden geladen en vervolgens op een ROC worden overgeslagen op een trein.

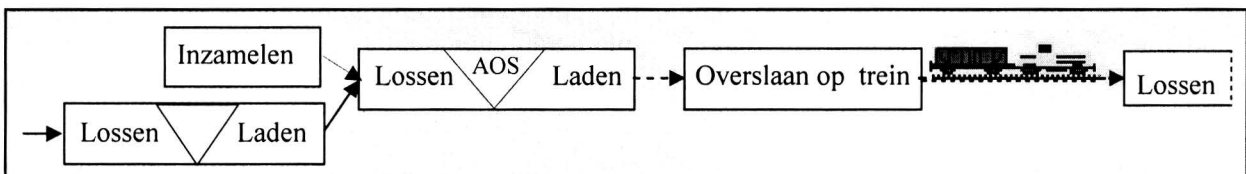


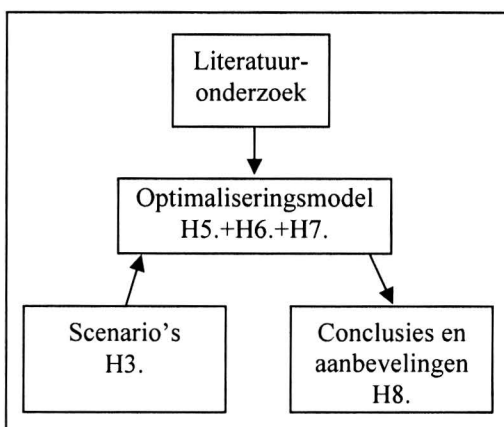
Fig. 4.4. Het afvalverwijderingsproces met treintransport

Uit figuur 4.1 blijkt dat treintransport in Nederland niet rendabel is. Toch wordt op dit moment 30% van het afval afkomstig uit Limburg getransporteerd per trein. De keuze voor treintransport vanuit Limburg naar AZN en Wijster is een politieke keuze geweest, ondanks de wetenschap dat het duurder is dan wegtransport. In Wijster en Moerdijk eindigt de spoorverbinding op eigen terrein, wat gunstig is voor de kosten. Essent Milieu maakt gebruik van combinatievervoer, dat wil zeggen dat verschillende vrachten worden gebundeld, waardoor de kosten per ton goedkoper worden. Ondanks deze voordelen blijkt uit bijlage 29 dat treintransport duurder is dan wegtransport. Toch zal het traject Kerkrade-Wijster per spoor worden meegenomen in het optimalisatiemodel; Essent heeft een contract tot en met 2011, voor transport van 55.000 ton afval per spoor vanuit Limburg.

4.3.1 ACTS

In bijlage 29 zijn de kosten voor treintransport met behulp van IES/ACTS gegeven. Hieruit blijkt dat treintransport in combinatie met IES/ACTS duurder is dan wegtransport. In paragraaf 4.2.1 is echter opgemerkt dat IES/ACTS te duur wordt weergegeven ten opzichte van een traditioneel inzamelvoertuig. Derhalve zal treintransport in combinatie met IES/ACTS worden meegenomen in het optimalisatiemodel.

Deel B: Herontwerp



Leeswijzer Deel B

In dit deel zal er een herontwerp voor de logistieke structuur worden gemaakt. In hoofdstuk 5 zal een model worden ontwikkeld om te komen tot een optimale logistieke structuur. In Hoofdstuk 6 zal hiermee de optimale logistieke structuur worden berekend. In hoofdstuk 7 zullen de varianten van het basismodel worden geoptimaliseerd. Hoofdstuk 8 tenslotte geeft de conclusies en aanbevelingen.

5 Optimalisatiemodel

De logistieke structuur van de afvalverwijderingsketen is optimaal als de kosten hiervan minimaal zijn en als er is voldaan aan de randvoorwaarden van deze keten. Om de kosten van de logistieke structuur te minimaliseren moet de optimale grondvorm worden gerealiseerd. Hierbij moet er worden gekeken naar:

1. het aantal overslagstations;
2. de plaats van de overslagstations;
3. de stromen (qua snelheid en grootte) die eroverheen gaan;
4. de verwerker waar het afval naar toe wordt gebracht;
5. en de transportmodaliteiten die worden gebruikt.

Een dergelijk vraagstuk wordt ook wel een locatie-allocatie probleem genoemd. Dit houdt in dat de beste locaties voor het verwerken/overslag moeten worden gekozen en dat de verschillende productstromen hieraan moeten worden toegewezen [37]. De eerste beslissingsvariabele kan slechts twee uitkomsten hebben, overslagstation open of overslagstation dicht. De andere beslissingsvariabelen zijn continue. Hierdoor is dit locatie-allocatie probleem een mixed integer probleem (MIP). Dit is een probleem met zowel discrete (geheeltallige), als continue variabelen[18]. De locaties van overslagstations zullen worden gekozen uit een vooraf bepaalde set overslagstations. Deze set wordt bepaald door te inventariseren in welke gemeenten het openen van een overslagstation toegestaan is. De huidige overslagstations zullen deel uitmaken van deze set overslagstations.

Het basismodel is opgesteld met behulp van de artikelen Louwers et al.(1998), Jayaraman et al.(2001), Wang et al.(1995), Bloemhof-Ruwaard et al.(1996) en Karagiannidis et al.(1998). Louwers behandelt een locatie-allocatie model voor hergebruik van tapijtafval. Dit artikel beschrijft een MIP-model, zonder vooraf vastgestelde mogelijke plaatsen voor faciliteiten. Hierbij geven binaire variabelen aan of een faciliteit in gebruik is en hiermee of de vaste kosten van deze faciliteit moeten worden meegenomen. De overige artikelen beschrijven eveneens MIP-modellen met, analoog aan het model van het afvalverwijderingsproces, vóóraf bepaalde locaties voor de faciliteiten.

Voor het basismodel van het afvalverwijderingsproces is dezelfde structuur aangehouden als in het artikel van Louwers. Hierin is het tapijretourproces verdeeld in deelprocessen en is voor elk deelproces aangegeven welke fysische (tapijt hoeveelheden) en economische (kosten) hoeveelheden een rol spelen bij de optimalisatie van dit locatie-allocatie model. Vervolgens is er voor elk kostenonderdeel een gedetailleerde functie opgesteld. Deze moet, in acht neming van de restricties, worden geminimaliseerd teneinde een optimale oplossing te verkrijgen. Bij Louwers is een extra stap toegevoegd om de locaties te bepalen, deze stap is in het optimalisatiemodel van het afvalverwijderingsproces achterwegen gelaten.

De capaciteits-, evenwichts- en realiteitsrestricties zijn overgenomen uit bovenstaande artikelen. Tenslotte hebben de artikelen laten zien hoe verschillende karakteristieken, zoals de verschillende typen afval, kunnen worden meegenomen in een model. Dit wordt gedaan door verschillende indices toe te voegen aan een variabele. Op eenzelfde manier is er aan het afvalverwijderingsmodel een index voor weeknummers toegevoegd. Reden hiervoor is dat de kosten per jaar worden geminimaliseerd, terwijl de hoeveelheden afval per week moeten worden bekeken om de optimale voorraadhoogte te kunnen berekenen. Voor de verschillende mogelijke transportmodaliteiten is geen index toegevoegd; er zal namelijk op voorhand worden gekeken welke transportmodaliteit voor een bepaald traject het goedkoopst is. Deze wordt vervolgens als enige modaliteit ingezet op dat traject.

In figuur 5.1 is het afgebakende afvalverwijderingsproces uit paragraaf 2.2.1 weergegeven. Tevens geeft figuur 5.1 de afvalhoeveelheden en de kosten per stap van het proces weer. Met behulp van dit figuur zal het model worden opgesteld voor het minimaliseren van de kosten met betrekking tot de logistieke structuur en vervolgens zullen de verschillende scenario's worden geoptimaliseerd. In bijlage 31 is een alfabetische lijst met verklaring van alle variabelen toegevoegd.

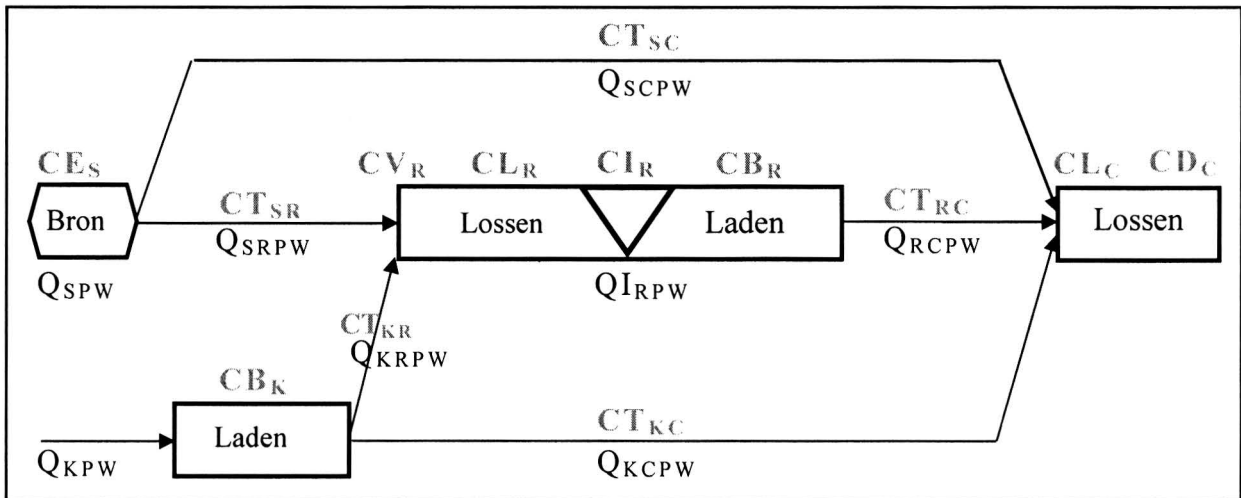


Fig. 5.1. Het afgebakende afvalverwijderingsproces

CE_S	=	Jaarlijkse/wekelijkse extra kosten (€) t.o.v. een achterlader om afval in te zamelen bij bronpunt S.
CT_{SC}	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) om afval rechtstreeks vanaf bronpunt S naar verwerker C te transporteren.
CT_{SR}	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) om afval vanaf bronpunt S naar AOS R te transporteren.
CV_R	=	Jaarlijkse/wekelijkse openingskosten (€) van overslagstation R.
CL_R	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) voor het lossen van afval op overslagstation R.
CI_R	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) voor het opslaan van afval op overslagstation R.
CB_R	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) voor het laden van afval op overslagstation R.
CT_{RC}	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) om afval vanaf AOS R naar verwerker C te transporteren.
CL_C	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) voor het lossen van afval bij verwerker C.
CD_C	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) om afval door verwerker C te laten verwerken..
CB_K	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) voor het laden van afval op milieustraat K.
CT_{KR}	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) om afval vanaf milieustraat K naar overslagstation R te transporteren.
CT_{KC}	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) om afval vanaf milieustraat K naar verwerker C te transporteren.
Q_{sp}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat gemiddeld per week in bronpunt S wordt opgehaald.
Q_{SPW}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W in bronpunt S wordt opgehaald.
Q_{SCP}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat gemiddeld per week rechtstreeks vanaf bronpunt S naar verwerker C gaat.
Q_{SCPW}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W rechtstreeks vanaf bronpunt S naar verwerker C gaat.
Q_{SRP}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat gemiddeld per week van bronpunt S naar AOS R gaat.
Q_{SRPW}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W van bronpunt S naar AOS R gaat.
Q_{KP}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in gemiddeld per week naar milieustraat K wordt gebracht
Q_{KPW}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W naar milieustraat K wordt gebracht
Q_{IRPW}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat aan het eind van week W ligt opgeslagen op overslagstation R.
Q_{RCP}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat gemiddeld per week van AOS R naar verwerker C gaat.
Q_{RCPW}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W van AOS R naar verwerker C gaat.
Q_{KRP}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in gemiddeld per week vanaf milieustraat K naar AOS R gaat.
Q_{KRPW}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W vanaf milieustraat K naar AOS R gaat.
Q_{KCP}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat gemiddeld per week vanaf milieustraat K naar verwerker C wordt getransporteerd.
Q_{KCPW}	=	Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W vanaf milieustraat K naar verwerker C wordt getransporteerd.

5.1 De doelfunctie deel 1: Aantal en locatie AOS

Om een optimale geografische verdeling van de overslagstations te realiseren zullen de gemiddelde wekelijkse kosten, Z , zoals aangegeven in figuur 5.2, moeten worden geminimaliseerd. De doelfunctie is als volgt, minimaliseer Z :

$$(1.1) Z = \sum_{S=1}^{46} \sum_{C=1}^9 CT_{SC} + \sum_{S=1}^{46} \sum_{R=1}^{46} CT_{SR} + \sum_{R=1}^{46} CV_R + \sum_{R=1}^{46} CL_R + \sum_{R=1}^{46} CB_R + \sum_{R=1}^{46} \sum_{C=1}^9 CT_{RC} + \sum_{C=1}^9 CL_C + \sum_{C=1}^9 CD_C + \sum_{K=1}^{22} CB_K + \sum_{K=1}^{22} \sum_{R=1}^{46} CT_{KR} + \sum_{K=1}^{22} \sum_{C=1}^9 CT_{KC} + Zp2 * 4.34$$

5.2 De beslissingsvariabelen deel 1: Aantal en locatie AOS

De beslissingsvariabelen zijn Q_{SRP} , Q_{RCP} , Q_{KRP} en y_{RH} . y_{RH} is een binaire variabele die aangeeft of overslagstation R , configuratie H open is of dicht.

5.3 Gedetailleerde kostenfuncties deel 1: Aantal en locatie AOS

De kosten uit de doelfunctie zijn in bijlage 32 in detail worden uitgewerkt.

5.4 Restricties deel 1: Aantal en locatie AOS

Bij het optimaliseren moet met verschillende restricties rekening worden gehouden. Hieronder worden deze beschreven. De eerste 3 restricties (1.2 t/m 1.4) geven een evenwicht aan (in = uit), de volgende 8 restricties (1.5 t/m 1.12) geven beperkingen aan die zijn opgelegd door de markt (regelgeving) en het proces (capaciteitsrestricties). Tenslotte volgen enkele realiteitsrestricties.

De eerste beperking is weergegeven in vergelijking 1.2. Deze vergelijking geeft aan dat al het afval uit bron S ook getransporteerd moet worden naar verwerkers of overslagstations.

$$(1.2) \sum_{R=1}^{46} Q_{SRP} = Q_{SP} - \sum_{C=1}^9 Q_{SCP} \quad S = 1, \dots, 46 \quad P = 1, \dots, 3$$

Vergelijking 1.3 geeft aan dat al het afval type P dat op het overslagstation aankomt er ook uit gaat.

$$(1.3) \sum_{S=1}^{46} Q_{SRP} + \sum_{K=1}^{46} Q_{KRP} - \sum_{C=1}^9 Q_{RCP} = 0 \quad R = 1, \dots, 46 \quad P = 1, \dots, 3$$

Vergelijking 1.4 geeft aan dat het grof huishoudelijk afval dat op de milieustraat aankomt er ook uit gaat.

$$(1.4) \sum_{R=1}^{46} \sum_{P=3}^3 Q_{KRP} = \sum_{P=3}^3 Q_{KP} - \sum_{C=1}^9 \sum_{P=3}^3 Q_{KCP} \quad K = 1, \dots, 22$$

In vergelijking 1.5 tot en met 1.9 is weergegeven dat de hoeveelheid brandbaar afval die gemiddeld geleverd wordt aan verwerker C plus de eventuele boetehoeveelheid voor het leveren van te weinig afval gelijk moet zijn aan de contracthoeveelheid. De hoeveelheid afval die vanaf een milieustraat komt is hierbij opgesplitst in 2 delen. Dit zorgt ervoor dat grof huishoudelijk afval zowel naar de avi kan gaan als naar een sorteerder.

$$(1.5) \sum_{R=1}^{46} \sum_{P=1}^1 Q_{RCP} + \sum_{R=1}^{46} \sum_{P=3}^3 Q_{RCP}^2 + \sum_{K=1}^{22} \sum_{P=3}^3 Q_{KCP}^2 + \sum_{S=1}^{46} \sum_{P=1}^1 Q_{SCP} + Z_C = J_C \quad C = 1, \dots, 9$$

J_C = Afgesproken wekelijkse contracthoeveelheid bij verwerker C.
 $Q2_{KCP}$ = Deel van grof huishoudelijk afval dat gemiddeld per week rechtstreeks vanaf milieustraat K naar verwerker C gaat en niet wordt gesorteerd maar verbrand.
 $Q2_{RCP}$ = Deel van grof huishoudelijk afval dat gemiddeld per week vanaf overslag station R naar naar verwerker C gaat en niet wordt gesorteerd maar verbrand.

$$(1.6) \sum_{P=3}^3 Q_{RCP} = \sum_{P=3}^3 Q1_{RCP} + \sum_{P=3}^3 Q2_{RCP} \quad C = 1, \dots, 9 \quad R = 1, \dots, 46$$

$Q1_{RCP}$ = Deel van grof huishoudelijk afval dat vanaf overslag station R naar een sorteerder gaat.

$$(1.7) \sum_{P=3}^3 Q_{KCP} = \sum_{P=3}^3 Q1_{KCP} + \sum_{P=3}^3 Q2_{KCP} \quad C = 1, \dots, 9 \quad K = 1, \dots, 22$$

$Q1_{KCP}$ = Deel van grof huishoudelijk afval dat rechtstreeks vanaf milieustraat K naar een sorteerder gaat.

$$(1.8) \sum_{C=1}^3 \sum_{P=3}^3 Q1_{RCP} = 0 \quad R = 1, \dots, 46$$

$$(1.9) \sum_{C=1}^3 \sum_{P=3}^3 Q1_{KCP} = 0 \quad K = 1, \dots, 22$$

In vergelijking 1.10 en 1.11 zijn de capaciteitsrestricties gegeven voor grof huishoudelijk afval en GFT-afval.

$$(1.10) \sum_{P=3}^3 \sum_{R=1}^{46} Q_{RCP} + \sum_{K=1}^{22} Q_{KCP} \leq J2_C \quad C = 1, \dots, 9$$

$J2_C$ = Maximale capaciteit die per week beschikbaar is bij verwerker C voor grof huishoudelijk afval

$$(1.11) \sum_{R=1}^{46} \sum_{P=2}^2 Q_{RCP} + \sum_{S=1}^{46} \sum_{P=2}^2 Q_{SCP} \leq J3_C \quad C = 1, \dots, 9$$

$J3_C$ = Maximale capaciteit die per week beschikbaar is bij verwerker C voor GFT-afval

Vergelijking 1.12 geeft aan dat de hoeveelheid afval die per week wordt overgeslagen op AOS R nooit meer mag zijn dan de wekelijks beschikbare capaciteit van AOS R.

$$(1.12) \sum_{S=1}^{46} \sum_{P=1}^3 Q_{SRP} + \sum_{K=1}^{22} \sum_{P=1}^3 Q_{KRP} \leq \sum_{H=1}^2 J_{RH} * y_{RH} \quad R = 1, \dots, 46$$

J_{RH} = Maximale wekelijkse overslagcapaciteit van AOS R configuratie H voor het overslaan van afval.

In vergelijkingen 1.13 tot en met 1.15 gegeven weer dat er geen afval naar/vanaf het AOS kan worden getransporteerd als het AOS niet open is.

$$(1.13) Q_{SRP} - \sum_{H=1}^2 y_{RH} * M_2 \leq 0 \quad S=1, \dots, 46 \quad R = 1, \dots, 46 \quad P = 1, \dots, 3$$

$$(1.14) Q_{KRP} - \sum_{H=1}^2 y_{RH} * M_3 \leq 0 \quad K=1, \dots, 22 \quad R = 1, \dots, 46 \quad P = 1, \dots, 3$$

$$(1.15) Q_{RCP} - \sum_{H=1}^2 y_{RH} * M_4 \leq 0 \quad R = 1, \dots, 46 \quad C = 1, \dots, 9 \quad P = 1, \dots, 3$$

Vergelijkingen 1.16 tot en met 1.20 geven aan dat een afvalstroom nooit een negatieve waarde kan hebben.

$$(1.16) Q_{RCP} \geq 0 \quad R = 1, \dots, 46 \quad C = 1, \dots, 9 \quad P = 1, \dots, 3$$

$$(1.17) Q_{SRP} \geq 0 \quad S = 1, \dots, 46 \quad R = 1, \dots, 46 \quad P = 1, \dots, 3$$

$$(1.18) Q_{KRP} \geq 0 \quad K = 1, \dots, 22 \quad R = 1, \dots, 46 \quad P = 1, \dots, 3$$

$$(1.19) 0 \leq Q_{SCP} \quad S = 1, \dots, 46 \quad C = 1, \dots, 9 \quad P = 1, \dots, 3$$

$$(1.20) 0 \leq Q_{KCP} \quad K = 1, \dots, 22 \quad C = 1, \dots, 9 \quad P = 1, \dots, 3$$

Tevens kan Z_c nooit een negatieve waarde hebben.

$$(1.21) Z_c \geq 0 \quad C = 1, \dots, 9$$

In vergelijking 1.22 is weergegeven dat binaire variabelen alleen 0 of 1 kunnen zijn.

$$(1.22) Y_{RH} = \in \{0, 1\} \quad R = 1, \dots, 46 \quad H = 1, 2$$

Ten slotte heeft Essent Milieu een contract over treinvervoer. Er moet hiervoor minimaal 1058 ton brandbaar huishoudelijk afval per week per trein vanuit Kerkrade (18) naar Wijster (2) worden vervoerd.

$$(1.23) \sum_{R=18}^{18} \sum_{C=2}^2 \sum_{P=1}^1 Q_{RCP} + Z_p \geq 1058$$

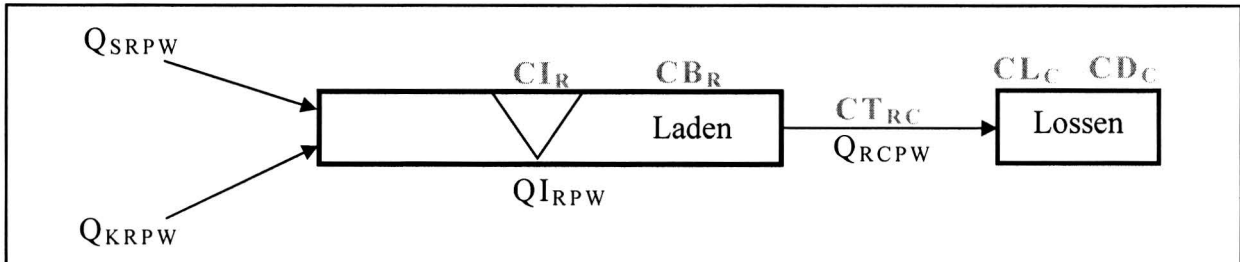
Essent Milieu betaalt voor deze 1058 ton een vast bedrag. Als er meer tonnen worden vervoerd moet hiervoor worden bijbetaald. Vergelijking 1.24 berekent hoeveel tonnen brandbaar huishoudelijk afval er meer per trein worden vervoerd dan de 1058 ton.

$$(1.24) Z_{p2} = \sum_{R=18}^{18} \sum_{C=2}^2 \sum_{P=1}^1 Q_{RCP} - 1058$$

Z_{p2} = Extra hoeveelheid bovenop de contracthoeveelheid die wordt getransporteerd per trein.

5.5 De doelfunctie deel 2: Bepaling van de voorraad

Figuur 5.3 is afgeleid van figuur 5.1 en geeft dat deel van het afvalverwijderingsproces weer dat van belang is voor de bepaling van de voorraad. Bij het berekenen van de voorraad wordt een afweging gemaakt tussen de kosten van het op voorraad houden van afval en de extra verwerkings- en transportkosten omdat de economisch voordeligste verwerkers vol zitten. De rechtstreekse afvalstromen naar de verwerkers zijn hierbij weggelaten, aangezien deze geen invloed hebben op de voorraadhoogte op het AOS. De capaciteit bij de verwerkers is per week verminderd met de hoeveelheden van de rechtstreekse stromen.



Figuur 5.3 Afgebakende afvalverwijderingsproces m.b.t de voorraadbepaling, deel 2 van het model.

Om de optimale voorraadhoogte te bepalen zullen de kosten weergegeven in figuur 5.3 moeten worden geminimaliseerd. Hierbij wordt de plaats van en het aantal (N_1) overslagstations, berekend in deel 1, meegenomen als een gegeven. De doelfunctie van het tweede deel van de optimalisatie is als volgt: Minimaliseer Z :

$$(2.1) \quad Z = \sum_{R=1}^{N_1} CI_R + \sum_{R=1}^{N_1} CB_R + \sum_{R=1}^{N_1} \sum_{C=1}^9 CT_{RC} + \sum_{C=1}^9 CL_C + \sum_{C=1}^9 CD_C + \sum_{R=1}^{N_1} CIX_R$$

5.6 De beslissingsvariabelen deel 2: Bepaling van de voorraad

De beslissingsvariabelen van het basismodel zijn Q_{IRPW} , en y_{iRT} . y_{iRT} is een binaire variabele die aangeeft of er extra ruimte met configuratie T voor opslag wordt gemaakt op overslagstation R .

5.7 Gedetailleerde kostenfuncties deel 2: Bepaling van de voorraad

De kosten uit de doelfunctie zullen in bijlage 33 in meer detail worden uitgewerkt.

5.8 Restricties deel 2: Bepaling van de voorraad

Bij het optimaliseren moet met verschillende restricties rekening worden gehouden. Hieronder worden deze beschreven. De eerste restrictie (2.2) geeft een evenwicht aan (in = uit - opslag), de volgende 14 restricties (2.3t/m2.16) geven de beperkingen aan die zijn opgelegd door de markt (regelgeving), het proces (capaciteitsrestricties) en de productkarakteristieken (houdbaarheid) van afval. Ten slotte volgen enkele realiteitsrestricties.

Vergelijking 2.2 geeft aan dat al het afval type P dat in week W op het overslagstation aankomt in de voorraad of eruit gaat.

$$(2.2) \quad Q_{IRPW} = \sum_{S=1}^{46} Q_{SRPW} + \sum_{K=1}^{46} Q_{KRPW} - \sum_{C=1}^{16} Q_{RCPW} + Q_{IRPW-1} \quad R = 1, \dots, N_1 \quad P = 1, \dots, 3 \quad W = 1, \dots, 52$$

Vergelijkingen 2.3 tot en met 2.12 geven beperkingen weer met betrekking tot de verwerkingscapaciteit. Vergelijkingen 2.3 tot en met 2.5 geven aan dat de hoeveelheid afval die wordt geleverd aan de avi's gelijk moet zijn aan de jaarlijks afgesproken hoeveelheid, eventueel gecompenseerd met boetehoeveelheden. Net als in deel 1 is de hoeveelheid grof huishoudelijk afval gesplitst in een deel dat wordt verbrand en een deel die wordt gesorteerd.

$$\begin{aligned}
2.3) \quad & \sum_{R=1}^{N_1} \sum_{C=1}^1 \sum_{P=1}^1 \sum_{W=1}^{52} Q_{RCPW} + \sum_{R=1}^{N_1} \sum_{C=1}^1 \sum_{P=3}^3 \sum_{W=1}^{52} Q_{RCPW} + \sum_{K=1}^{22} \sum_{C=1}^1 \sum_{P=3}^3 \sum_{W=1}^{52} Q_{KCPW} + \sum_{S=1}^{46} \sum_{C=1}^1 \sum_{P=1}^1 \sum_{W=1}^{52} Q_{SCPW} + \sum_{C=1}^1 Z_C + \sum_{C=1}^1 \sum_{W=1}^{52} Z_{CW} = \sum_{C=1}^1 \sum_{W=1}^{52} J_{CW} \\
2.4) \quad & \sum_{R=1}^{N_1} \sum_{C=2}^2 \sum_{P=1}^1 \sum_{W=1}^{52} Q_{RCPW} + \sum_{R=1}^{N_1} \sum_{C=2}^2 \sum_{P=3}^3 \sum_{W=1}^{52} Q_{RCPW} + \sum_{K=1}^{22} \sum_{C=2}^2 \sum_{P=3}^3 \sum_{W=1}^{52} Q_{KCPW} + \sum_{S=1}^{46} \sum_{C=2}^2 \sum_{P=1}^1 \sum_{W=1}^{52} Q_{SCPW} + \sum_{C=2}^2 Z_C + \sum_{C=2}^2 \sum_{W=1}^{52} Z_{CW} = \sum_{C=2}^2 \sum_{W=1}^{52} J_{CW} \\
2.5) \quad & \sum_{R=1}^{N_1} \sum_{C=3}^3 \sum_{P=1}^1 \sum_{W=1}^{52} Q_{RCPW} + \sum_{R=1}^{N_1} \sum_{C=3}^3 \sum_{P=3}^3 \sum_{W=1}^{52} Q_{RCPW} + \sum_{K=1}^{22} \sum_{C=3}^3 \sum_{P=3}^3 \sum_{W=1}^{52} Q_{KCPW} + \sum_{S=1}^{46} \sum_{C=3}^3 \sum_{P=1}^1 \sum_{W=1}^{52} Q_{SCPW} + \sum_{C=3}^3 Z_C + \sum_{C=3}^3 \sum_{W=1}^{52} Z_{CW} = \sum_{C=3}^3 \sum_{W=1}^{52} J_{CW}
\end{aligned}$$

Vergelijking 2.6 geeft aan dat elke avi elke week minimaal moet worden gevuld met 90% van de afgesproken weekhoeveelheid.

$$(2.6) \quad \sum_{R=1}^{N_1} \sum_{P=1}^1 Q_{RCPW} + \sum_{R=1}^{N_1} \sum_{P=3}^3 Q_{RCPW} + \sum_{K=1}^{22} \sum_{P=3}^3 Q_{KCPW} + \sum_{S=1}^{46} \sum_{P=1}^1 Q_{SCPW} + Z_{CW} \geq 0,9 * J_{CW}$$

Tevens mag de wekelijkse afvalhoeveelheid die wordt verwerkt bij avi C niet meer zijn dan 110 % van de afgesproken weekhoeveelheid.

$$(2.7) \quad \sum_{R=1}^{N_1} \sum_{P=1}^1 Q_{RCPW} + \sum_{R=1}^{N_1} \sum_{P=3}^3 Q_{RCPW} + \sum_{K=1}^{22} \sum_{P=3}^3 Q_{KCPW} + \sum_{S=1}^{46} \sum_{P=1}^1 Q_{SCPW} \leq 1,1 * J_{CW}$$

Vergelijking 2.8 tot en met 2.11 geven de splitsing weer van grof huishoudelijk afval, in een deel dat wordt gesorteerd en een deel dat wordt verbrand.

$$(2.8) \quad \sum_{P=3}^3 Q_{KCPW} = \sum_{P=3}^3 Q^1_{KCPW} + \sum_{P=3}^3 Q^2_{KCPW} \quad C = 1, \dots, 9 \quad K = 1, \dots, 22 \quad W = 1, \dots, 52$$

$$(2.9) \quad \sum_{P=3}^3 Q_{RCPW} = \sum_{P=3}^3 Q^1_{RCPW} + \sum_{P=3}^3 Q^2_{RCPW} \quad C = 1, \dots, 9 \quad R = 1, \dots, 46 \quad W = 1, \dots, 52$$

$$(2.10) \quad \sum_{C=1}^3 \sum_{P=3}^3 Q^1_{RCPW} = 0 \quad R = 1, \dots, N_1 \quad W = 1, \dots, 52$$

$$(2.11) \quad \sum_{C=1}^3 \sum_{P=3}^3 Q^1_{KCPW} = 0 \quad K = 1, \dots, 22 \quad W = 1, \dots, 52$$

Vergelijking 2.12 geeft het maximum aan dat een sorteerder of avi maximaal per week aan grof huishoudelijk afval kan verwerken.

$$(2.12) \quad \sum_{P=3}^3 \sum_{R=1}^{46} Q_{RCPW} + \sum_{K=1}^{22} \sum_{P=3}^3 Q_{KCPW} \leq J_{2CW} \quad C = 1, \dots, 9 \quad W = 1, \dots, 52$$

Vergelijking 2.13 geeft de wekelijks maximale capaciteit aan voor opslag van afval op AOS R.

$$(2.13) \quad \sum_{T=1}^2 Ji_{2RPWT} * yi_{RT} - Qi_{RPW} \geq -Ji_{RPW} \quad R = 1, \dots, N_1 \quad P = 1, \dots, 3 \quad W = 1, \dots, 52$$

Ji_{RPW} = Maximale huidige opslagcapaciteit per week voor afvaltype P op AOS R

Ji_{2RPWH} = Bij te bouwen wekelijkse opslagcapaciteit T voor afvaltype P op AOS R

Hierbij kan er op elke locatie maar 1 type hal worden bijgebouwd.

$$(2.14) \sum_{T=1}^2 y_{i_{RT}} = 1 \quad R=1, \dots, N_1$$

Hieronder wordt $y_{i_{RPW}}$ gedefinieerd. Als er geen bewaking is mag er ook geen voorraad liggen. De gedetailleerde kostenfunctie wordt dan:

$$(2.15) \sum_{P=1}^3 Q_{I_{RPW}} \leq \sum_{P=1}^3 M_i * y_{i_{RPW}} \quad R=1, \dots, N_1 \quad W=1, \dots, 52$$

M_i = Groot getal i

Aangezien GFT-afval niet kan worden opgeslagen is $y_{i_{RPW}}$ voor GFT-afval altijd nul. Dit wordt weergegeven in de volgende restrictie:

$$(2.16) 0 = \sum_{P=2}^2 y_{i_{RPW}} \quad R=1, \dots, N_1 \quad W=1, \dots, 52$$

Vergelijkingen 2.17 tot en met 2.20 geven aan dat de afvalhoeveelheid nooit een negatieve waarde kan hebben.

$$(2.17) 0 \leq Q_{RCPW} \quad R=1, \dots, N_1 \quad C=1, \dots, 9 \quad P=1, \dots, 3 \quad W=1, \dots, 52$$

$$(2.18) 0 \leq Q_{SRPW} \quad S=1, \dots, 46 \quad R=1, \dots, N_1 \quad P=1, \dots, 3 \quad W=1, \dots, 52$$

$$(2.19) 0 \leq Q_{KRPW} \quad K=1, \dots, 46 \quad R=1, \dots, N_1 \quad P=1, \dots, 3 \quad W=1, \dots, 52$$

$$(2.20) Q_{I_{RPW}} \geq 0 \quad R=1, \dots, N_1 \quad P=1, \dots, 3 \quad W=1, \dots, 52$$

Tevens kunnen Z_C en Z_{CW} nooit negatief zijn.

$$(2.21) 0 \leq Z_C \quad C=1, \dots, 9$$

$$(2.22) 0 \leq Z_{CW} \quad C=1, \dots, 9 \quad W=1, \dots, 52$$

Net als in deel 1 worden er restricties toegevoegd in verband met het treincontract van 1058 ton per week. Als er per week meer tonnen per trein worden getransporteerd moet er worden bijbetaald. Vergelijking 2.24 berekent hoeveel extra tonnen er per trein worden getransporteerd .

$$(2.23) \sum_{R=18}^{18} \sum_{C=2}^2 \sum_{P=1}^1 Q_{RCPW} \geq 1058$$

$$(2.24) Z_{p2} = \sum_{R=18}^{18} \sum_{C=2}^2 \sum_{P=1}^1 Q_{RCPW} - 1058$$

Z_{p2} = Extra hoeveelheid bovenop de contracthoeveelheid die wordt getransporteerd per trein.

Tenslotte is in de vergelijkingen 2.25 en 2.26 weergegeven dat binaire variabelen alleen 0 of 1 kunnen zijn.

$$(2.25) y_{i_{RT}} \in \{0,1\} \quad R=1, \dots, N_1 \quad T=1,2$$

$$(2.26) y_{i_{RPW}} \in \{0,1\} \quad R=1, \dots, N_1 \quad P=1, \dots, 3 \quad W=1, \dots, 52$$

6 Optimale logistieke structuur basismodel

In dit hoofdstuk worden de uitkomsten van het basismodel gegeven, en wordt de invloed van het herontwerp bekeken op het besturingssysteem, het informatiesysteem en de organisatie. Hierbij is het hoofdstuk opgesplitst: paragrafen 6.1 en 6.2 handelen over deel 1 van het optimalisatiemodel, paragraaf 6.3 over deel 2. Om resultaten te generen uit het optimalisatiemodel (Hoofdstuk 5), moeten de variabelen worden ingevuld. In bijlage 34 worden de waarden van de variabelen uit het model besproken, voor zover deze nog niet zijn behandeld in de voorgaande hoofdstukken. De in het model gebruikte hoeveelheden en kosten kunnen in de toekomst afwijken van de werkelijkheid. Om deze reden worden er gevoeligheidsanalyses uitgevoerd met betrekking tot de hoeveelheden en kosten.

6.1 Resultaten deel 1: Aantal en locatie AOS

In figuur 6.1 staan de kosten van de Limburgse afvalverwijderingsketen in euro's per week als functie van het aantal in gebruik zijnde overslagstations. De kosten omvatten het traject vanaf dat het afval in een vol inzamelvoertuig zit tot de verwerking ervan, waarbij geen voorraden zijn meegenomen.

Voordat het afval op de trein wordt gezet, wordt het eerst geperst. De kosten voor deze pers zijn niet meegenomen in de berekeningen, omdat deze niet bekend zijn. Voor de conclusie die te trekken valt uit het optimalisatiemodel maakt het ontbreken van deze kosten niet uit. In elke situatie, afgezien van de situatie zonder overslagstation, moet er bij de totale kosten een vast bedrag aan perskosten worden opgeteld. Zodoende verandert er niets aan het kostenverschil tussen de situaties met 1 of met meerdere overslagstations. Het kostenverschil tussen de situatie zonder AOS en met één of meerdere overslagstations verandert wel. Echter het kostenverschil tussen de optimale logistieke structuur en de situatie zonder AOS is zo groot dat het ontbreken van de perskosten dit verschil nooit teniet kan doen (bijlage 39).

De verwerkingsprijzen worden in het optimalisatiemodel meegenomen, aangezien dit mede bepalend is voor de verwerker waar het afval bij voorkeur naartoe wordt gebracht. In de lange termijncontracten staan de hoeveelheid en het verwerkingstarief vast, onafhankelijk of je er wel of geen gebruik van maakt. Grof huishoudelijk afval kan tegen verschillende prijzen worden verwerkt. De prijs voor sorteren van grof huishoudelijk afval verschilt met die van verbranden. Of grof huishoudelijk afval wordt verbrand of gesorteerd is een afweging tussen de transport-, overslag-, verwerkings- en boetekosten en tevens de verwerkingscapaciteit. Aan de avi's moeten boetekosten worden betaald als de afgesproken hoeveelheid brandbaar afval niet is geleverd. Hierdoor is het bij de huidige prijzen goedkoper de avi's eerst helemaal te vullen en vervolgens het grof huishoudelijk afval dat over is te sorteren. De verwerkingskosten zijn hierdoor onafhankelijk van de logistieke structuur, en zijn derhalve niet weergegeven in figuur 6.1. De verwerkingskosten zijn 564.381 euro/week.

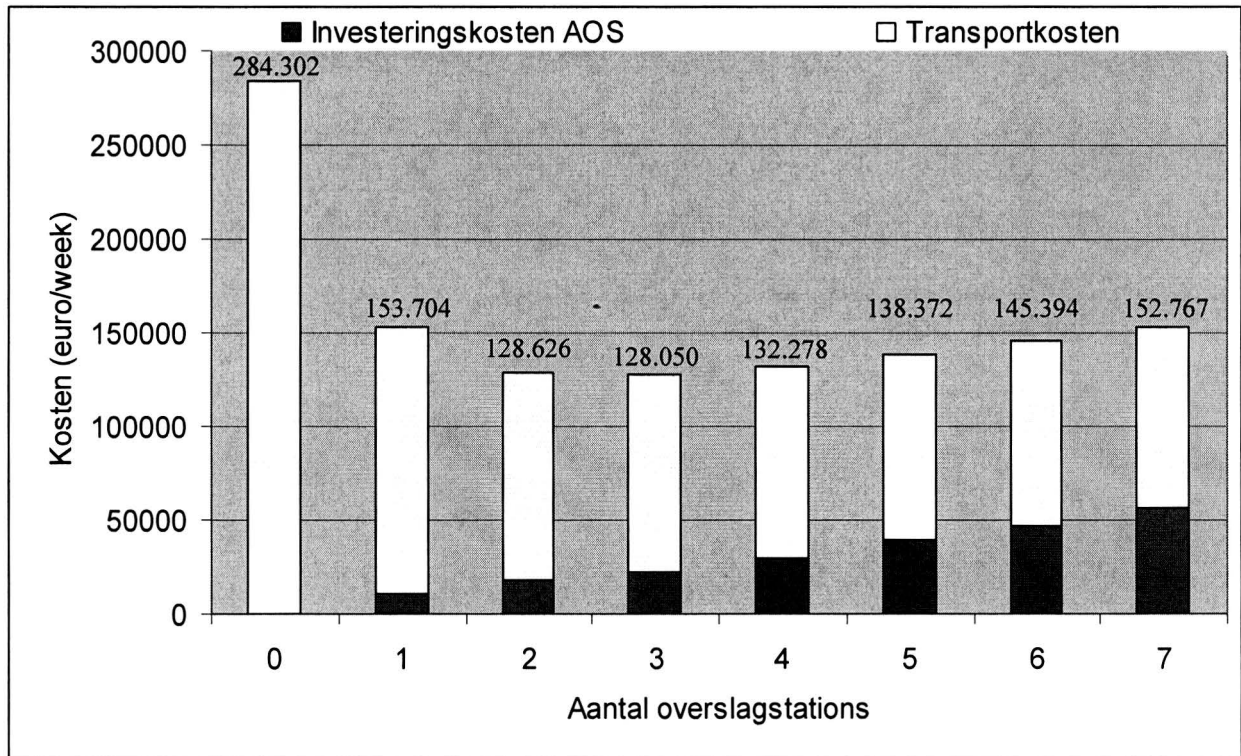


Fig 6.1 De wekelijkse kosten voor transport en investeringen, voor afval afkomstig uit Limburg.

Te zien is dat de optimale logistieke structuur gerealiseerd wordt bij 3 overslagstations, te weten in Venlo, Kerkrade en Maastricht. Hierbij wordt de capaciteit van de overslagstations in Venlo en Kerkrade maximaal gebruikt en 83% van de maximale overslagcapaciteit in Maastricht.

De logistieke kosten van de huidige structuur zijn volgens het model 138.447 euro/week. Dit is meer dan de kosten die te zien zijn in figuur 6.1, bij gebruik van 5 overslagstations. Dit komt omdat er 5 overslagstations aan te wijzen zijn, waarvan de kosten minder zijn dan bij gebruik van de huidige 5 overslagstations. De optimale logistieke structuur is 10.397 euro/week en 540.644 euro/jaar goedkoper dan de huidige logistieke structuur.

In figuur 6.2 is aangegeven op welke overslagstations de gemeenten, in de optimale logistieke situatie, huishoudelijk afval aanleveren. Gemeente Voerendaal rijdt hierbij naar 2 overslagstations. AOS Kerkrade is voor gemeente Voerendaal goedkoper, maar aangezien dit overslagstation vol zit wordt ook een deel van het afval naar AOS Maastricht gebracht. In figuur 6.2 is tevens aangegeven naar welke composteerder de gemeenten GFT-afval brengen. GFT-afval wordt nooit overgeslagen, maar gaat altijd rechtstreeks naar de composteerder. Grof huishoudelijk afval ten slotte kan worden gesorteerd of verbrand. Het deel dat wordt gesorteerd gaat rechtstreeks naar de sorteerdere. Het deel dat naar een avi gaat, wordt eerst overgeslagen op een AOS. Deze verdeling is ook weergegeven in figuur 6.2.

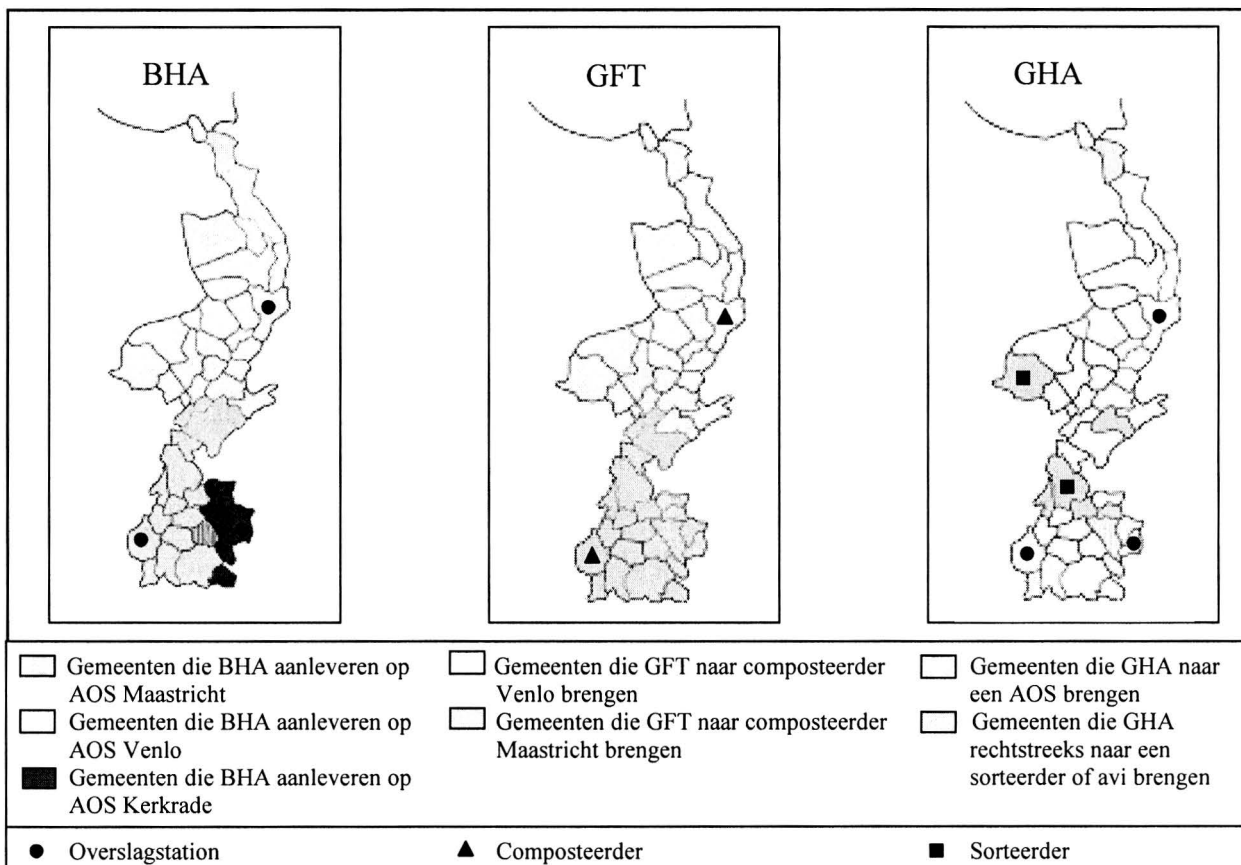


Fig. 6.2 De optimale verdeling van de gemeenten over overslagstations, composteerders en sorteerders.

AOS Kerkrade zou niet als overslagstation dienen als er geen contract zou zijn over het treinvervoer tussen Kerkrade en Wijster. In figuur 6.3 zijn de logistieke kosten weergegeven zonder gebruik van treinvervoer. De minimale logistieke kosten zijn in deze situatie ruim 5 % lager dan de kosten met treinvervoer. Dit betekent een besparing van 6.367 euro/week en 331.073 euro/jaar. Tevens zijn er in de situatie zonder treinvervoer geen perskosten, waardoor de besparing nog groter wordt. Deze situatie is echter pas mogelijk in 2011, of het contract moet eerder worden afgekocht.

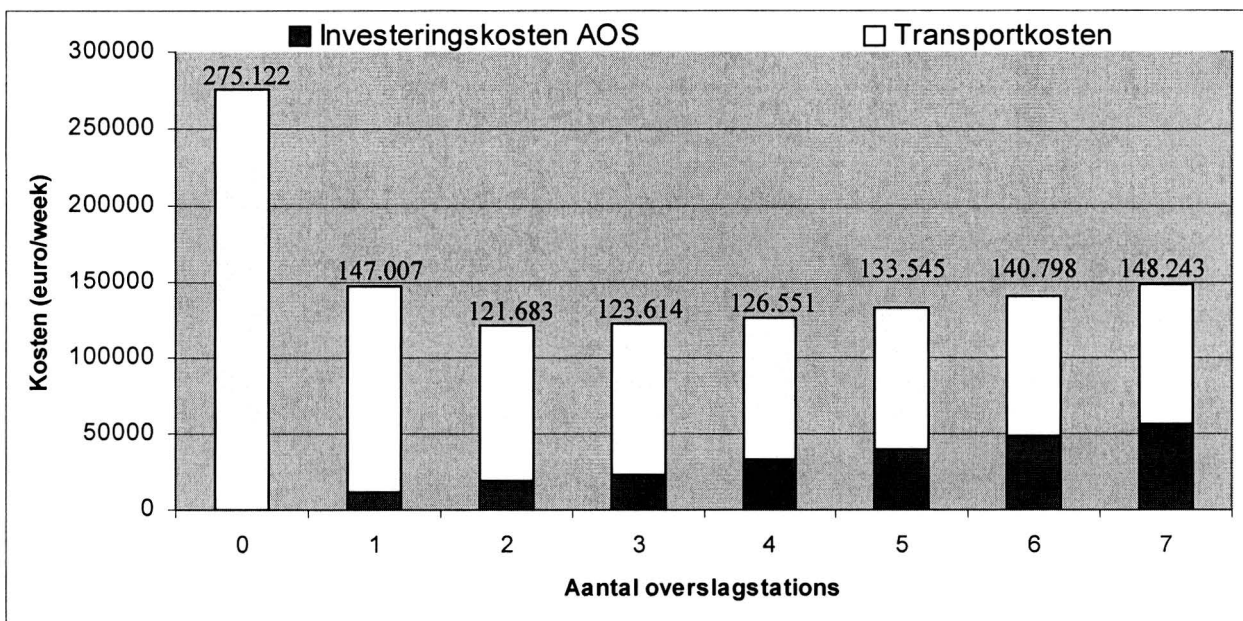


Fig. 6.3 De wekelijkse kosten voor transport en investeringen, voor afval afkomstig uit Limburg zonder treinvervoer.

In een situatie zonder treinvervoer zijn de logistieke kosten minimaal als er twee overslagstations zijn. Deze twee overslagstations zullen in Venlo en Heerlen liggen. In figuur 6.4 is te zien welke gemeenten aanleveren op welk overslagstation, bij een optimale logistieke structuur zonder trein. Hierbij gaat het om de aanlevering van brandbaar huishoudelijk afval. De verdeling van de gemeenten over de composteerdere blijft gelijk. In figuur 6.4 is tevens te zien welke gemeenten rechtstreeks naar een sorteerder rijden met grof huishoudelijk afval en welke het via een AOS naar een avi brengen.

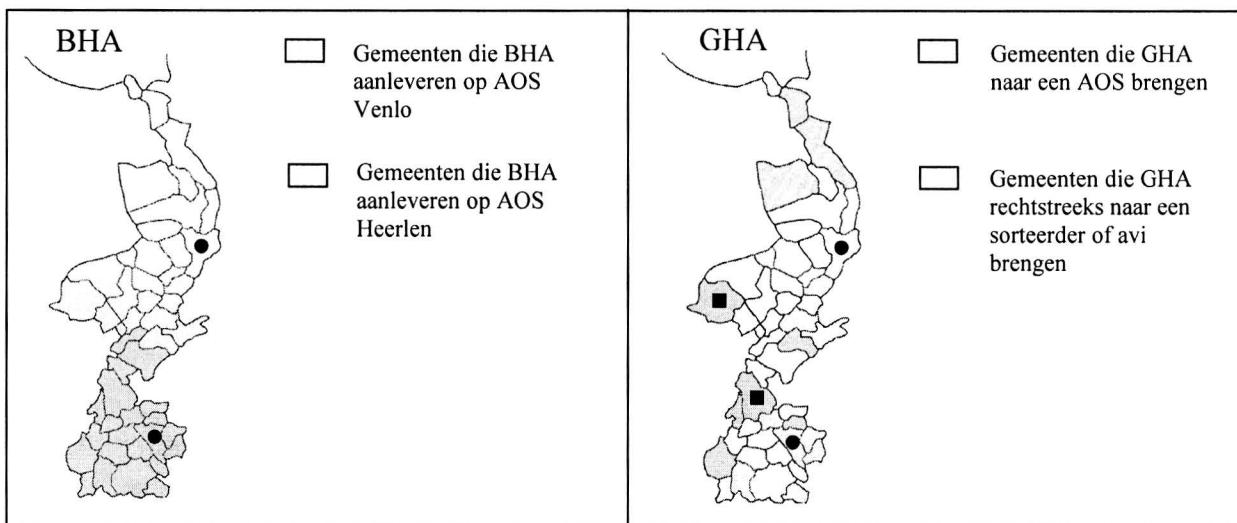


Fig. 6.4 De optimale verdeling van de gemeenten over overslagstations en sorteerdere zonder treinvervoer

6.2 Validatie deel 1: Aantal en locatie AOS

Om de validiteit van het model te testen zijn er twee analyses uitgevoerd, een trendanalyse en een analyse van de extreme situaties.

Bij een trendanalyse wordt gekeken naar de logistieke kosten bij toevoeging van een extra overslagstation. Als er in de optimale situatie een overslagstation opent stijgen de investeringskosten en dalen de transportkosten van het inzamelvoertuig. De totale kosten stijgen hierdoor met minder dan de investeringskosten⁶ van het extra overslagstation. In zowel de situatie met als zonder treintransport is dit het geval (fig. 6.1 en 6.3). Als alle gemeenten een overslagstation hebben, zijn de kosten van transport met het inzamelvoertuig minimaal en de investeringskosten maximaal. De totale investeringskosten van de 46 gemeenten plus de transportkosten van het overslagstation naar de verwerker zijn ongeveer 475.000 euro/week.⁷ In figuur 6.5 zijn deze kosten opgenomen. Hieraan is te zien dat een dergelijk getal in lijn der verwachting ligt. De totale kosten, berekend door het model, zijn 502.143 euro/week, hierbij zijn ook de inzamelkosten meegerekend. Concluderend, de trend die te zien is in figuur 6.1 en 6.3 ligt in lijn der verwachtingen en ook als de grafiek wordt geëxtrapoleerd komt het modelantwoord overeen met het te verwachten kostenniveau.

Tevens is het model berekend voor extreme situaties. Hierbij is gekeken naar extreem hoge of lage investeringskosten, een extreem lage afvalhoeveelheid, een afvalhoeveelheid die slechts in één punt vrijkomt en extreem hoge of lage transportkosten. Ten eerste opent er geen overslagstation bij hoge investeringskosten, als de investeringskosten daarentegen nul zijn openen alle overslagstations. Ten tweede opent er geen overslagstation als er geen afval is. De totale kosten bestaan dan uit de boetekosten bij de avi's en de kosten voor het treincontract. Als al het afval vrijkomt in één gemeente opent het overslagstation in deze gemeente. In situaties met treintransport vormt het zuiden van Limburg, tot en met gemeente Echt een uitzondering

⁶ Investeringskosten AOS = 9.150 euro/week of 7.550 euro/week voor de huidige overslagstations (bijlage 42)

⁷ Investeringskosten + transportkosten vanaf het AOS = $9.150 \cdot 41 + 5 \cdot 7.550 + 12 \cdot 4500 + 4 \cdot 1500 \approx 475.000$ euro/week.

hierop. Als in deze gemeenten afval vrijkomt, opent AOS Kerkrade, aangezien dit overslagstation een afspraak heeft over treintransport. Ten slotte zorgen extreem hoge transportkosten van de inzamelaar ervoor dat elke gemeente een overslagstation opent. Als deze kosten nul zijn, opent er geen overslagstation. De resultaten komen overeen met de algemene verwachting.

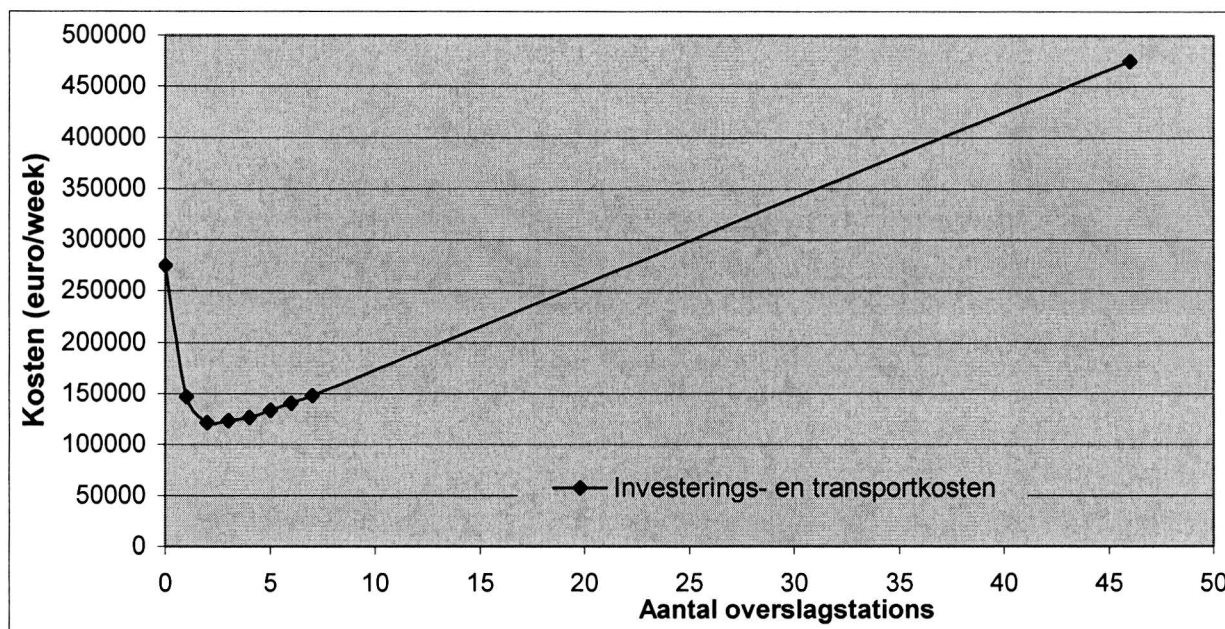


Fig 6.5 De wekelijkse kosten voor transport en investeringen, voor afval afkomstig uit Limburg zonder treinvervoer.

6.3 Invloed herontwerp op organisatie, besturings- en informatiesysteem

In zowel de situatie met als zonder treintransport sluiten er overslagstations. Het personeel op deze overslagstations moet worden overgeplaatst of worden uitgekocht en de overslagstations worden gesloten. In de situatie zonder treintransport opent er tevens een nieuw overslagstation. Voor dit overslagstation moet nieuw personeel en een nieuwe locatie gevonden worden.

Het herontwerp heeft zowel invloed op het besturingssysteem van Essent Milieu als op die van de inzamelaars en transporteurs. Essent Milieu moet een planning maken voor de maatregelen die moeten worden genomen voor de overtollige en nieuwe overslagstations. Voor de inzamelaars en transporteurs vergt de verandering vooral sturing bij invoering van het herontwerp, aangezien de vertrek- of bestemmingslocaties wijzigen.

Om de veranderingen in het besturingssysteem en de organisatie te realiseren zijn informatiestromen nodig. Binnen Essent Milieu zal er gecommuniceerd moeten worden over de sluiting en opening van overslagstations en het overplaatsen van personeel. Tussen Essent Milieu en de inzamelaars en tussen Essent Milieu en de transporteurs zal er gecommuniceerd moeten worden over de nieuwe locaties.

6.4 Gevoeligheidsanalyse

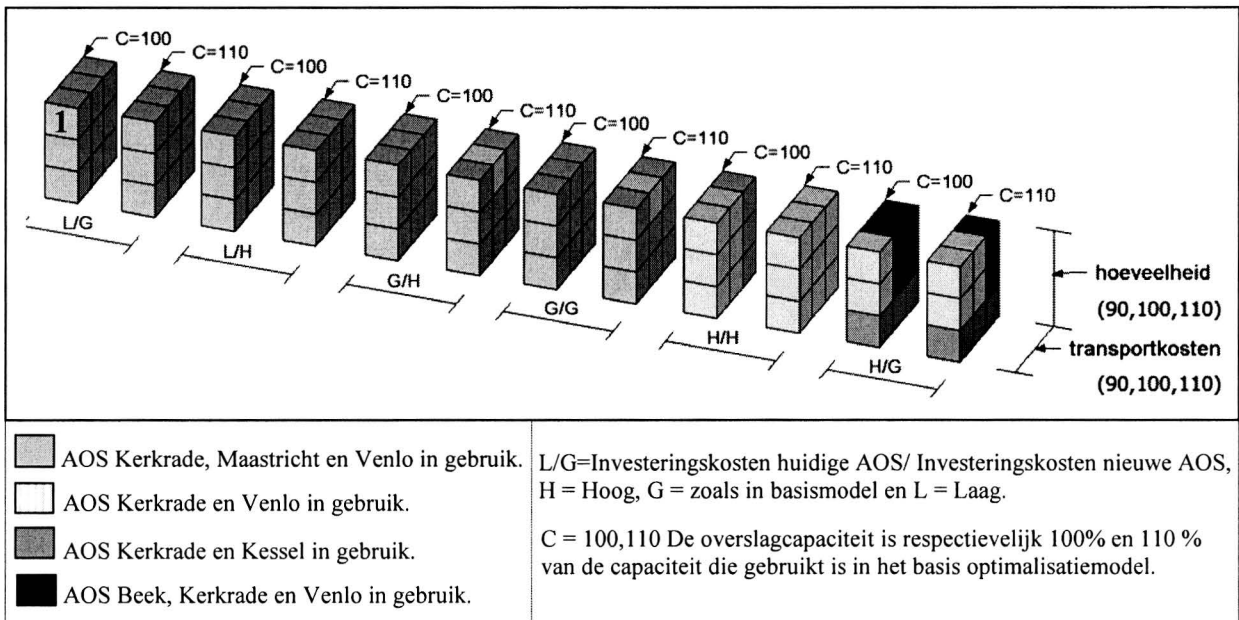
De geschatte kosten en de afvalhoeveelheden die gebruikt zijn in het model kunnen in de toekomst anders uitvallen. Derhalve worden er op alle kosten en afvalhoeveelheden gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. In bijlage 40 staan de waarden die zijn gebruikt bij de gevoeligheidsanalyses. In de volgende paragraaf zullen de resultaten van de gevoeligheidsanalyses worden besproken.

6.4.1 Resultaten gevoeligheidsanalyses

Elke uitgevoerde waardeverandering van een variabele heeft invloed op de totale afvalverwijderingskosten. In bijlage 41 is een overzicht gegeven van de 108 analyses die zijn uitgevoerd voor de situatie met treinvervoer. In figuur 6.6 is weergegeven wat de invloed van een verandering is op de optimale logistieke structuur. Op de x-as staan hierbij de kosten van de huidige en eventuele nieuwe overslagstations. Deze kunnen lager (L), hoger (H) of gelijk (G) zijn aan de kosten die gebruikt zijn in het basismodel. Van elke mogelijkheid bestaan twee versies, één met de in het model gebruikte overslagcapaciteit ($C = 100\%$) en één met een hogere capaciteit ($C = 110\%$). Op de Y-as worden de kosten voor het transport gevarieerd (90 %, 100 %, 110 %) en tenslotte worden de afvalhoeveelheden op de Z-as gevarieerd (90 %, 100 %, 110 %). Blokje 1 uit figuur 6.6 geeft bijvoorbeeld de optimale logistieke structuur als, in vergelijking met het basismodel:

- De investeringskosten van de huidige overslagstations Laag (L) zijn;
- De investeringskosten van de nieuwe overslagstations gelijk (G) zijn;
- De afvalhoeveelheid hoog (110%) is;
- De transportkosten laag (90%) zijn;
- De overslagcapaciteit gelijk (100%) is.

Veranderingen in de investeringskosten in de huidige overslagstations hebben de grootste invloed op de optimale logistieke structuur. Als deze investeringen laag zijn, verandert er niets aan de optimale logistieke structuur. Dit is ongeacht veranderingen in transportkosten, afvalhoeveelheden en investeringen in de nieuwe overslagstations. Als de investeringen in de huidige overslagstations echter gelijk zijn aan de investeringen in een nieuw overslagstation, vinden er veranderingen plaats in de verdeling van de overslagstations en is de optimale oplossing van het basisscenario niet meer optimaal. Verwacht mag worden dat het bouwen van een nieuw overslagstation duurder is dan een oude renoveren.

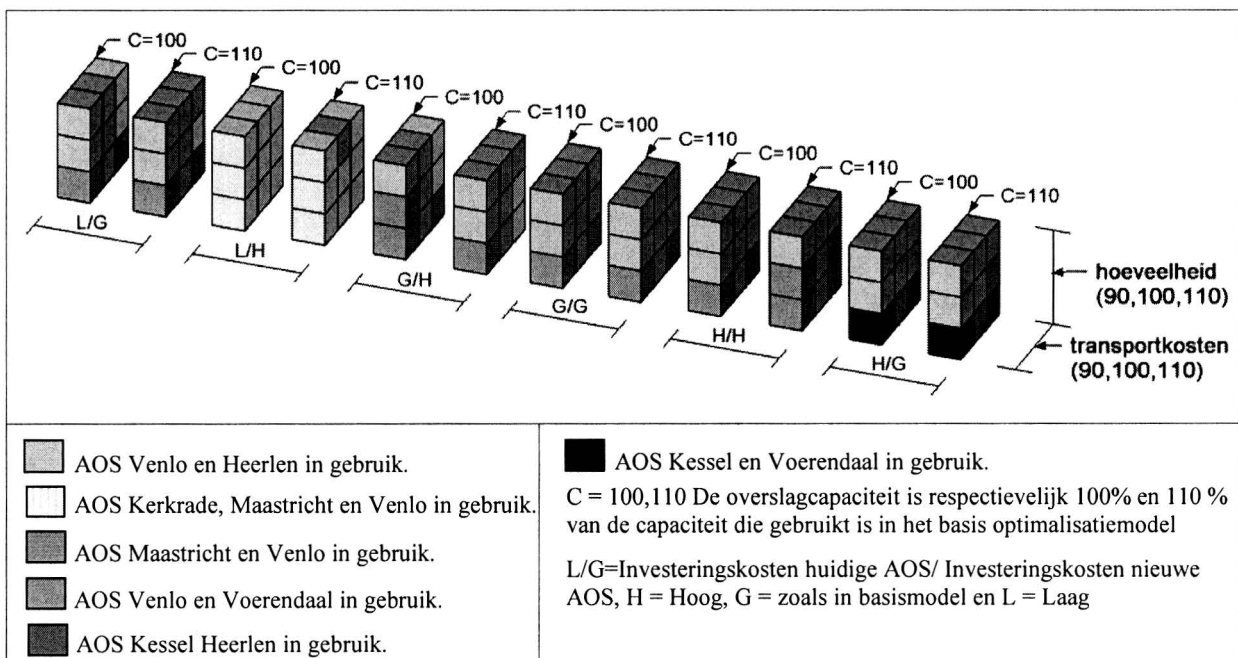


6.6 Gevoeligheidsanalyses op het herontwerp met treintransport.

Apart van deze 108 analyses is er ook gekeken naar de invloed van een verandering in de sorteerprijs op de logistieke structuur. Hieruit bleek dat de sorteerprijs geen enkele invloed heeft op de logistieke structuur. Bij een hoge sorteerprijs verandert er niks aangezien de avi's vol zitten. Pas bij een sorteerprijs van 22 euro/ton gaan er meer tonnen naar de sorteerder. De huidige sorteerprijs is 125 euro/ton.

In figuur 6.7 is de optimale logistieke structuur weergegeven voor de 108 uitgevoerde gevoeligheidsanalyses bij een situatie zonder trein. In bijlage 42 is een overzicht gegeven van al die analyses. De optimale structuur is in deze situatie gevoeliger voor veranderingen dan in de situatie met treinvervoer.

Bij elke waardeverandering van de variabelen veranderen tevens de totale kosten. Als hierbij de logistieke structuur hetzelfde blijft zijn de logistieke kosten onder die omstandigheden nog steeds minimaal. In situaties waarin de logistieke structuur verandert is er een goedkopere oplossing mogelijk dan de logistieke structuur van het basisscenario. In bijlage 41 en 42 is daarom ook bekeken hoeveel de totale kosten in die situaties hoger liggen als er gebruik wordt gemaakt van de basisstructuur in plaats van de goedkoopste structuur. Hieruit blijkt dat zowel bij de situatie zonder als met trein de kosten van de goedkoopste structuur nooit meer dan 0,26 % verschillen met de kosten van de basisstructuur.



6.7 Gevoeligheidsanalyses op het herontwerp zonder treintransport

Het model is ook doorberekend met de afvalhoeveelheden uit de tweede helft van 2005. De optimale logistieke structuur voor zowel de situatie zonder als met treinvervoer is bij deze afvalhoeveelheden identiek aan die van 2003.

6.4.2 Conclusie gevoeligheidsanalyses

De basis optimale structuur blijft bij waardeverandering van de variabelen veelal de goedkoopste oplossing of heeft een verwaarloosbaar kostenverschil ten opzichte van de goedkoopste oplossing. De basis optimale structuur kan derhalve met zekerheid als optimaal worden gesteld.

6.5 Deel 2: Bepaling van de voorraad

Naar aanleiding van de resultaten van deel 1 zal het wiskundige model van deel 2 een kleine wijziging ondergaan. Deze wijziging wordt eerst bekeken. Vervolgens worden de resultaten van deel 2 gegeven.

6.5.1 Wijzigingen deel 2: Bepaling van de voorraad

De verwerkingswijze van grof huishoudelijk afval is afhankelijk van het feit of de avi's vol zitten. Voor sommige gemeenten is het goedkoper grof huishoudelijk afval te sorteren, maar om de boetekosten bij de avi's te voorkomen wordt het verbrand. Door het aanhouden van voorraad op het AOS wordt het aanbod van afval bij de avi constanter, waardoor er minder hoeft te worden gestort en er minder boetekosten zijn. Hierdoor gaat er meer brandbaar huishoudelijk afval naar de avi en kan er meer grof huishoudelijk afval worden gesorteerd. Om deze afweging tussen de kosten van voorraad en de lagere transport- en verwerkingskosten mee te nemen, zal het model moeten worden uitgebreid met de rechtstreekse routes van de bron naar de verwerker. Dit aangezien de keuze verbranden of sorteren, oftewel rechtstreeks transport of via een AOS, kan worden beïnvloed door het aanhouden van voorraad. De grafische weergave van deel 2 van het model komt hiermee overeen met die van figuur 5.1. Tenslotte is in deel 1 berekend dat al het GFT-afval rechtstreeks naar de composteerders gaat. GFT-afval wordt derhalve niet meer meegenomen in deel 2.

6.5.2 Resultaten deel 2: Bepaling van de voorraad

Uit deel 2 van het model blijkt dat brandbaar huishoudelijk afval nooit op voorraad wordt gehouden. Het op voorraad houden van brandbaar huishoudelijk afval kan ervoor zorgen dat er een regelmatig aanbod naar de verwerkers ontstaat. Hierdoor gaat er minder afval naar de stortplaats en hoeft er minder rekening te worden gehouden met boetekosten. Deze voordelen wegen echter niet op tegen de opslagkosten van brandbaar huishoudelijk afval. Pas als de investeringen in bewakingsapparatuur nul worden, wordt er brandbaar huishoudelijk afval op voorraad gehouden.

Grof huishoudelijk afval wordt wel op voorraad gehouden. Dit gebeurt als:

- Het aanbod van grof huishoudelijk afval op het AOS groter is dan de maximale avicapaciteit voor grof huishoudelijk afval. Hierbij worden alleen de hoeveelheden grof huishoudelijk afval meegerekend uit de gemeenten waarvoor het goedkoper is om te verbranden dan te sorteren. In bijlage 43 zijn de gemeenten weergegeven waarvoor het goedkoper is om te verbranden.
- Het aanbod van brandbaar afval meer is dan de maximale capaciteit van de avi's en de jaarlijks afgesproken hoeveelheid bovendien nog niet is geleverd.

Hoeveel de besparing is hangt af van de jaarlijkse hoeveelheden GHA en BHA en de variaties over de weken. De besparing is in zowel 2003 als 2005 minder dan 1% van de totale kosten. Aangezien GHA niet bederfelijk is en er geen kosten verbonden zijn aan het op voorraad houden hiervan, is het toch zinvol de mogelijkheid van voorraad mee te nemen.

Bij de afvalhoeveelheden uit zowel 2003 als 2005 werd de totale opslagcapaciteit nooit volledig gebruikt.

6.6 Validatie deel 2: Bepaling van de voorraad

Deel 2 van het optimalisatiemodel is gevalideerd door middel van een analyse van de extreme situaties. Hiervoor zijn de investeringskosten van de bewakingsapparatuur, de wekelijkse bewakingskosten van de voorraad en de opslagcapaciteit gevarieerd. Ten eerste is de voorraad nul bij extreem hoge bewakingskosten. Als er geen bewakingskosten zijn, wordt er voorraad aangehouden in situaties waarin de avicapaciteit kleiner is dan het aanbod van brandbaar afval. Ten tweede wordt er geen voorraad aangehouden als de opslagcapaciteit nul is. Als de opslagcapaciteit 1 ton onder de optimale voorraadhoogte ligt wordt de gehele opslagcapaciteit benut en zijn de totale kosten een paar euro per week duurder dan in de optimale situatie. Deze bevindingen komen overeen met de algemene verwachtingen.

6.7 Invloed herontwerp op organisatie, besturings- en informatiesysteem

Door GHA op voorraad te houden komt er een extra verantwoordelijkheidsgebied bij, het plannen van de voorraad. De planner krijgt de beslissingsbevoegdheid ten aanzien van voorraadbeheer. De overslagstations en de verwerkers krijgen hierbij een adviserende verantwoordelijkheid.

Voorraadbeheer vergt een extra informatiestroom tussen het overslagstation en de planner. Het AOS moet de hoogte van de voorraad doorgeven aan de planner op basis waarvan een nieuwe planning kan worden gemaakt.

6.8 Conclusie bepaling van de voorraad

Het is niet rendabel brandbaar huishoudelijk afval op voorraad te houden. Voor grof huishoudelijk afval is het interessant een voorraad aan te houden als de avi's vol zitten.

7 Scenario's

In hoofdstuk 4 zijn de scenario's besproken die van belang zijn bij het ontwerpen van de logistieke structuur. Door inzichten in hoofdstuk 5 en 6 zullen hierin enkele wijzigingen worden aangebracht. Als eerste zullen deze wijzigingen worden besproken en vervolgens zullen de resultaten van de scenario's worden gegeven. Het hoofdstuk zal worden afgesloten met een samenvatting van de scenario's.

7.1 Veranderingen scenario's

In figuur 7.1 zijn de scenario's weergegeven uit hoofdstuk 4 en de veranderingen die hierin worden aangebracht. Alle scenario's, waarvan in hoofdstuk 4 al is geconcludeerd dat deze niet meer worden meegenomen, zijn weggelaten uit de tabel.

In het rood zijn de scenario's aangegeven die door inzichten in voorgaande hoofdstukken niet meer worden doorgerekend. Hieronder valt scenario 1, het op voorraad houden van afval in containers. Aangezien de bestaande voorraadcapaciteit nooit maximaal wordt benut, is het niet nodig extra containers bij te plaatsen voor de voorraad. Tevens zal er geen gevoeligheidsanalyse op de verwerkingsprijs worden uitgevoerd. Essent Milieu sluit contracten af met verwerkers, waarin de prijs en de te leveren hoeveelheid vastligt. Een gevoeligheidsanalyse op de prijs heeft pas zin als de contracten worden losgelaten. Het loslaten van contracten zal worden besproken in scenario 1.

Proces				Product		Markt		
Verandering	Meenemen volgens H4	Meenemen in H7	Verandering	Meenemen in H7	Verandering	Meenemen volgens H4	Meenemen in H7	
	Voorraad in containers	Scenario 1	Niet meer meenemen			Open grens BHA	Gevoeligh. analyse prijs	Niet meer meenemen
Stap veranderen	Contracten loslaten	Scenario 2	Scenario 1				Scenario 3	Scenario 4
	Gebruik IES/ACTS	Wordt nader bekeken in H4.	Scenario 2			Invoering Diftar	Gevoeligh. analyse aanbod hoeveelheden	Gevoeligh. analyse aanbod hoeveelheden
	Andere transport-modaliteiten dan wegvervoer	Wordt nader bekeken in H4	Scenario 3 Zelflossend schip met IES			Losser GFT-afval beleid	Gevoeligh. analyse aanbod hoeveelheden	Gevoeligh. analyse aanbod hoeveelheden

Tabel 7.1. Veranderingen in product-, proces- en marktkenmerken ter minimalisatie van de logistieke kosten.

7.2 Resultaten scenario 1: contracten loslaten

In Nederland zijn in totaal 11 avi's. In het basismodel worden slechts de avi's meegenomen waarmee Essent Milieu een contract heeft. In scenario 1 zal worden gekeken wat de invloed is op de kosten en de optimale logistieke structuur als er ook andere avi's mogelijk zijn.

De toekomstige vrije contractruimte, dat wil zeggen de maximale capaciteit min de capaciteit die reeds gevuld is door lange termijn contracten, van verwerkers van derden is niet bekend. Tevens is niet precies bekend wat het verwerkingstarief is bij verwerkers waarmee Essent Milieu geen contract heeft. Derhalve zal het model worden doorgerekend met de 9 huidige verwerkers plus één extra avi. Hiervoor wordt de goedkoopste (zowel transport- als verwerkingskosten) alternatieve avi genomen, waarvan de capaciteit op oneindig wordt gesteld. Deze avi is ARN. Het resultaat uit scenario 1 geeft de totale kosten en de optimale logistieke situatie bij de meest gunstige contracten. De meest gunstige contracten houdt in dat kostentechnisch gezien de optimale contracthoeveelheid met een verwerker wordt afgesproken, gegeven de huidige prijzen. Als capaciteitslimiet voor de huidige verwerkers geldt de afgesproken contracthoeveelheid.

In de meest gunstige situatie zijn de kosten per week 24.820 euro lager dan in de situatie zonder alternatieve verwerkers. Met de meest gunstige situatie wordt de situatie bedoeld waarin ARN geen capaciteitslimiet heeft. Als verwerkingstarief is 100 euro/ton genomen. De kostenverlaging komt echter niet alleen door de alternatieve verwerker, maar ook doordat de contracten met de overige verwerkers zijn losgelaten. Hierdoor wordt er geen rekening gehouden met boetekosten. Als het verwerkingstarief boven de 114 euro/ton komt is het voor geen enkele gemeente voordelig om brandbaar huishoudelijk afval te verwerken bij ARN. Als de verwerkingsprijs lager wordt dan 99 euro, gaat al het brandbaar huishoudelijk afval naar ARN. Bij deze situatie zal er zo veel mogelijk capaciteit bij ARN moeten worden ingekocht om de minimale kosten van het afvalverwijderingsproces te verkrijgen. Hierbij is het voor Essent Milieu natuurlijk wel van belang dat de eigen verwerkers alternatief afval kunnen aantrekken.

7.2.1 Invloed herontwerp op organisatie, besturings- en informatiesysteem

Het aangaan van alternatieve contracten verandert niks aan de huidige organisatie. Het besturingssysteem verandert wel, aangezien er contracten moeten worden aangegaan met alternatieve verwerkers en de huidige contracten moeten worden veranderd/opgezegd. Het informatiesysteem verandert hierdoor niet. Dezelfde informatie moet worden doorgegeven, echter wel aan andere verwerkers.

7.2.2 Conclusie contracten loslaten

Of het aangaan van alternatieve contracten rendabel is voor Essent Milieu als sturingsorganisatie is afhankelijk van het verwerkingstarief. Of het voor Essent Milieu integraal interessant is hangt tevens af van het feit of er alternatief afval aangetrokken kan worden.

7.3 Resultaten scenario 2: IES/ACTS

Het basismodel zal moeten worden aangepast om het gebruik van IES weer te geven. De volgende veranderingen zijn nodig:

- Toevoegen van extra inzamelkosten a 3,76 per ton (bijlage 30).
- Toevoegen van een derde AOS configuratie; voor overslag met IES is namelijk geen hal nodig. Op een IES overslagplaats kunnen alleen wissellaadbakken worden overgeslagen.
- Veranderen van de prijzen voor het transport met inzamelvoertuig.
- Veranderen van de transportprijzen vanaf het AOS, aangezien er geen retourlading mogelijk is.

De totale kosten van transport, overslag en verwerken zijn bij gebruik van inzamelvoertuigen met IES hoger dan bij gebruik van een achterlader. In de situatie met treintransport zijn de kosten 8.222 euro/week hoger, in de situatie zonder treintransport 3.328 euro/week. Pas als de extra inzamelingskosten zakken naar 3,13 euro/ton wordt het goedkoper om in te zamelen met IES. In bijlage 44 is de verdeling van de gemeenten over de overslagstations gegeven voor de situatie zonder treintransport.

7.3.1 Invloed herontwerp op organisatie, besturings- en informatiesysteem

De plaats van de overslagstations verandert bij gebruik van inzamelvoertuigen met IES. De invloed hiervan op de organisatie, het besturingssysteem en het informatiesysteem komt overeen met die van paragraaf 6.3. Tevens heeft de verandering van het inzamelvoertuig invloed op de organisatie, het besturingssysteem en het informatiesysteem. Het personeel op het inzamelvoertuig moet worden geschoold; het inzamelvoertuig met IES wordt vanuit de cabine bestuurd terwijl de achterlader moet worden beladen door de inzamelaar.

De aanschaf van het inzamelvoertuig met IES vergt een grote investering. De investering in het inzamelvoertuig met IES is ruim 220.000 euro. De afschrijvingstermijn voor inzamelvoertuigen is 8 jaar. Bij een niet geleidelijke invoering zal derhalve kapitaal worden vernietigd. Er zal dus een planning moeten worden opgezet, zodanig dat er het minste kapitaalverlies plaats vindt. Dit betekent dat er een overgangperiode in acht genomen moet worden.

De informatiestromen die voor deze veranderingen nodig zijn lopen vooral tussen Essent Milieu en de inzamelaar. Om de verandering te realiseren zullen de inzamelaars akkoord moeten gaan, waardoor er moet worden gecommuniceerd over de compensatie van extra kosten.

7.3.2 Conclusie IES/ACTS

Het is niet rendabel om gebruik te maken van inzamelvoertuigen met IES, zowel in de situatie met als zonder treinvervoer. De kosten van dit scenario zijn hoger. Tevens heeft het gebruik van IES grote invloed op de huidige organisatie, het besturingssysteem en het informatiesysteem.

7.4 Resultaten scenario 3: Zelflossend schip en IES

In scenario 3 wordt gekeken wat de optimale logistieke structuur is bij gebruik van een zelflossend schip. Het schip vaart vanaf Limburg naar Moerdijk. Tevens wordt gebruik gemaakt van een inzamelvoertuig met het IES. Hiervoor zullen een aantal veranderingen in het model moeten worden ingevoerd:

- Het schip kan alleen de overslagstations aandoen in de gemeenten die aan de maas liggen.
 $Q_{rcp}(R,1,P) = 0$ R = Alle gemeenten die niet aan de maas liggen
- De jaarlijkse kosten voor het schip zijn 1.200.000 euro, ongeacht de hoeveelheid afval die hiermee wordt verscheept.⁸ Binnen Essent Milieu wordt verondersteld dat deze kosten nog iets omlaag kunnen.
- De maximale transportcapaciteit is 2.565 ton/week, gebaseerd op 2 afvaarten per week.
- De maximale capaciteit van AZN Moerdijk wordt vergroot tot 2565 ton, aangezien anders de inhoud van het zelflossende schip wordt bepaald door de verwerkingscapaciteit.
- Het afval voor AZN Moerdijk wordt alleen via schip aangevoerd. Hierdoor zijn de transportkosten per kilometer vanaf de aan de maas gelegen overslagstations naar Moerdijk 0.
- De toevoegingen uit paragraaf 7.3 gelden hier ook.
- Extra kosten voor wisselcontainers worden toegevoegd, aangezien de inzameling door moet gaan als het schip onderweg is. Dit is 1.29 euro/ton (bijlage 30).

De kosten in de situatie met een zelflossend schip zonder treinvervoer zijn 15.455 euro/week lager dan in het basisscenario. De kosten in deze situatie met treinvervoer zijn 1.052 euro/week hoger dan in het basisscenario. Het zelflossende schip is in deze situatie niet helemaal gevuld, waardoor de kosten per ton stijgen. De vergelijking met het basisscenario gaat echter niet helemaal op, aangezien er meer tonnen naar Moerdijk gaan dan in het basisscenario en er geen rekening is gehouden met boetekosten. Als het basisscenario hiermee wordt aangepast dalen de kosten. De kosten in de situatie zonder treinvervoer zijn dan 2.849 euro/week lager dan in het aangepaste basisscenario. De kosten in de situatie met treinvervoer zijn dan 10.845 euro/week hoger. Opgemerkt dient te worden dat er nu minder tonnen uit Brabant naar AZN Moerdijk gaan en dat deze waarschijnlijk naar Wijster moeten. Hierdoor stijgen de afvalverwijderingskosten in Brabant. Wellicht kan er gedacht worden aan uitbreiding van AZN Moerdijk. Deze verwerker heeft een deel van de investeringen die nodig zijn voor een extra verwerkingslijn al gedaan. Het gaat echter te ver om deze mogelijkheid uit te zoeken voor dit onderzoek.

In figuur 7.1 is de verdeling van de gemeenten over de overslagstations weergegeven. De overslagstations hebben allen configuratie 3, dit wil zeggen dat het alleen een overslagplaats voor wissellaadbakken betreft. Grof huishoudelijk afval gaat derhalve rechtstreeks naar de verwerker.

⁸ Informatie verkregen van Robert F. Zimmerman, directeur van Mercurius scheepvaart b.v., verhuurder van zelflossend schip 20-2-2006

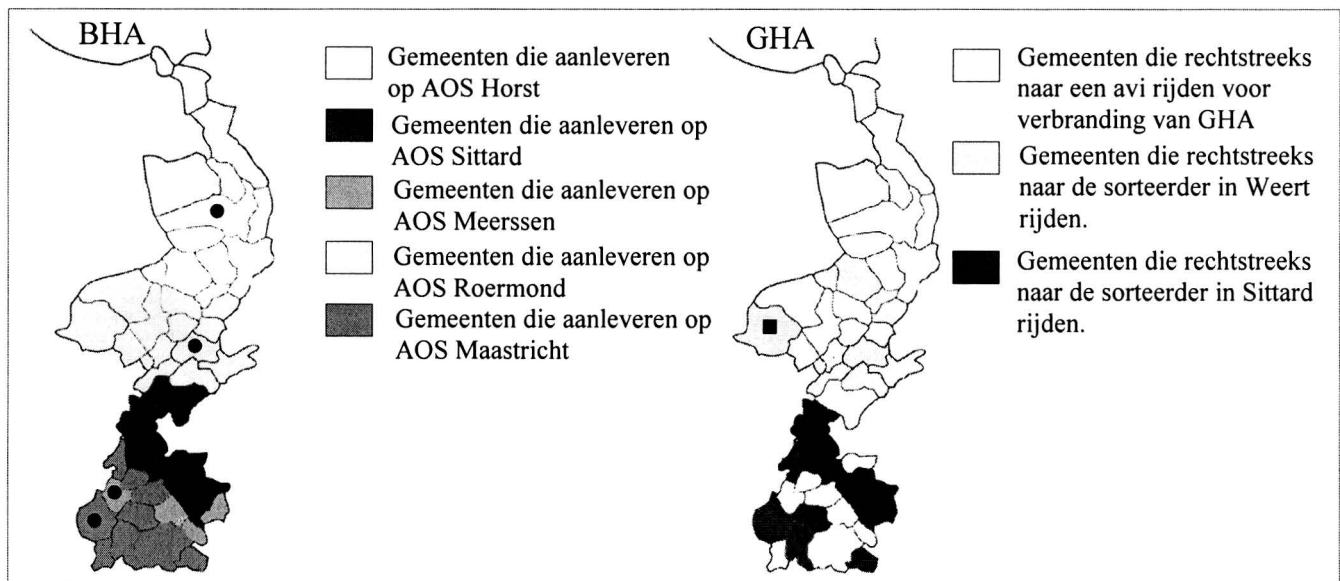


Fig. 7.1 De verdeling van de gemeenten over de overslagstations in de situatie met zelflossend schip.

7.4.1 Invloed herontwerp op organisatie, besturings- en informatiesysteem

Net als in paragraaf 7.3.1 zijn er nieuwe overslaglocaties nodig, worden huidige locaties gesloten en wordt er gebruik gemaakt van inzamelvoertuigen met IES. De invloed hiervan op de organisatie, het besturingssysteem en het informatiesysteem is hetzelfde als in paragraaf 7.3.1. Daarnaast moeten de contracten met de avi's veranderen aangezien er meer afval naar Moerdijk gaat. Tenslotte komt er een extra partij, het zelflossende schip, bij in de afvalverwijderingsketen, waardoor de sturing complexer wordt voor de planner.

7.4.2 Conclusie zelflossend schip en IES

De situatie met een zelflossend schip en IES is voor Limburg de goedkoopste oplossing. Of dit scenario ook de goedkoopste oplossing is voor zowel afval afkomstig uit Limburg als uit Brabant, hangt af van de mogelijke verwerker die voor afval uit Brabant gevonden kan worden. Dit scenario heeft bovendien grote invloed op de organisatie, het besturingssysteem en informatiesysteem. De inzamelaars moeten akkoord gaan met een omschakeling naar een inzamelvoertuig met IES. Tenslotte moet er een omschakelingsperiode in acht genomen worden, aangezien de huidige inzamelvoertuigen nog niet zijn afgeschreven.

7.5 Resultaten scenario 4: Open grenzen

In deze paragraaf gaat het om de vraag wat de gevolgen zijn van het opengaan van de Nederlandse grens voor de logistieke structuur. Voor Limburg is hierbij vooral Duitsland van belang. Net als van de Nederlandse verbranders, is ook van de Duitse verbranders geen toekomstige vrije contractruime bekend. Om deze reden zullen de 9 huidige verwerkers plus één extra Duitse verwerker worden meegenomen. Bovendien is er geen inzicht in de Duitse verbrandingstarieven. Sommige bronnen schatten de verbrandingstarieven in Duitsland hoger en andere bronnen juist lager dan de Nederlandse tarieven [14]. Het verbrandingstarief zal worden gevarieerd om te kijken wanneer het goedkoper is afval naar Duitsland te transporteren. Als Duitse verwerker wordt de dichtstbijzijnde verwerker genomen, de avi in Weisweiler.

Vanaf een verbrandingstarief van 120 euro/ton gaat er brandbaar huishoudelijk afval naar Duitsland in een situatie zonder treinvervoer, in een situatie met treinvervoer is dit bij 117 euro/ton. Als de hoeveelheid brandbaar huishoudelijk afval dat naar Duitsland gaat meer dan 1.036 ton/week is, verandert de logistieke structuur. In bijlage 45 is deze logistieke structuur weergegeven. De verwerkers in Duitsland zitten op dit moment echter vol waardoor het niet waarschijnlijk is dat er op korte termijn een contract voor deze grote hoeveelheid afgesloten kan worden. Bovendien moet er bij de eigen verwerkers alternatief afval aangetrokken kunnen worden.

7.5.1 Invloed herontwerp op organisatie, besturings- en informatiesysteem

Als er meer dan 1036 ton afval per week naar Duitsland gaat verandert de logistieke structuur. Hiervoor moeten overslagstations worden gesloten en geopend. De invloed hiervan op de organisatie, het besturings- en het informatiesysteem is dezelfde als in paragraaf 6.3. Verder heeft dit scenario invloed op het besturingssysteem aangezien er nieuwe contracten moeten worden afgesloten en oude moeten worden veranderd/afgezegd.

7.5.2 Conclusie open grenzen

Bij een verwerkingstarief van minder dan 120 euro/ton is het interessant contracten af te sluiten met verwerkers in Duitsland. Er moet dan wel alternatief afval worden gevonden voor de verwerkers van Essent Milieu. Het is niet waarschijnlijk dat door opengaan van de grenzen de optimale logistieke structuur verandert.

7.6 Invoering Diftar

Door de invoering van diftar in Parkstad daalt waarschijnlijk de hoeveelheid brandbaar huishoudelijk afval in deze gemeenten. In Limburgse gemeenten met diftar komt gemiddeld 65% minder brandbaar huishoudelijk afval vrij dan in de gemeenten zonder diftar (bijlage 22). Aangenomen wordt dat het aanbod van brandbaar huishoudelijk afval in de gemeenten in Parkstad met een gelijk percentage daalt bij invoering van diftar. Verwacht wordt dat de afvalhoeveelheden in Parkstad minder zullen dalen [3]. Alle scenario's zijn vervolgens doorgerekend met deze lagere afvalhoeveelheden. De totale kosten verminderen hierdoor, aangezien er minder afval moet worden getransporteerd, overgeslagen en verwerkt. In situaties met IES verandert de logistieke structuur bij invoering van diftar. Echter als de optimale structuur zonder diftar wordt aangehouden bij de invoering van diftar zijn de kosten in de duurste situatie slechts 102 euro/week hoger dan bij de optimale logistieke structuur. Wanneer de scenario's worden doorgerekend met 75% van het huidige aanbod is er nog 1 scenario dat verandert, scenario 3. Het overslagstation in Meerssen verdwijnt, de rest van de overslagstations blijft ongewijzigd. Bij een aanbod van 78 % verandert ook niks meer aan dit scenario.

7.6.1 Invloed verandering op organisatie, besturings- en informatiesysteem en conclusie

De invoering van diftar verandert de logistieke structuur in situaties met IES. Het kostenverschil tussen de meest optimale logistieke structuur en de optimale logistieke structuur zonder diftar is minimaal. Tevens wordt er een kleinere daling in het aanbod verwacht dan de 35% waarmee is gerekend. Bij een daling van 22 % van de afvalhoeveelheid verandert de logistieke structuur voor geen enkel scenario meer. Derhalve is de invloed van diftar op de organisatie, het besturingssysteem en het informatiesysteem verwaarloosbaar.

7.7 Losser GFT-beleid

Een lossier GFT-beleid heeft waarschijnlijk als consequentie dat het aanbod van GFT-afval daalt en het aanbod van brandbaar huishoudelijk afval stijgt. Een daling van GFT-afval heeft geen invloed op de logistieke structuur, aangezien GFT-afval altijd rechtstreeks naar de composteerders gaat. Een verhoging van het aanbod van brandbaar huishoudelijk afval is meegenomen in de gevoeligheidsanalyses (bijlage 41 en 42). Hieruit blijkt dat een verhoging van het aanbod met 10% nauwelijks invloed heeft op de logistieke structuur. Als de afvalhoeveelheid in het basisscenario wordt aangepast, vindt er geen verandering plaats van de logistieke structuur. Als ook andere variabelen veranderen, kan een verandering van de afvalhoeveelheid invloed hebben op de logistieke structuur (bijlage 41 en 42). Echter de extra kosten voor het aanhouden van het basisscenario ten opzichte van het optimale scenario zijn maximaal 0,26% van de logistieke kosten. Bovendien wordt er geen grote verandering meer verwacht, aangezien er op dit moment al een ontheffing kan worden aangevraagd.

7.7.1 Invloed verandering op organisatie, besturings- en informatiesysteem en conclusie

Een lossier GFT-beleid heeft een verwaarloosbare invloed op de logistieke structuur, de organisatie, het besturingssysteem en het informatiesysteem.

7.8 Bepaling van de voorraad voor de alternatieve scenario's

Deel 2 is berekend voor alle scenario's. De resultaten zijn te verdelen in situaties waarbij gebruik wordt gemaakt van IES en situaties waarbij gebruik wordt gemaakt van een traditioneel inzamelvoertuig. Voor alle scenario's met een traditionele inzamelvoertuig geldt hetzelfde als in paragraaf 6.3.2. Dit betekent dat brandbaar huishoudelijk afval niet en grof huishoudelijk afval wel op voorraad wordt gehouden.

In scenario's waarin gebruik wordt gemaakt van inzamelvoertuigen met IES, bestaan de voorraadkosten uit de aanschaf van extra wissellaadbakken. Het inzamelen moet immers door kunnen gaan als het afval ligt opgeslagen (bijlage 30). Uit deel 2 blijkt dat de mogelijk lagere verwerkingskosten bij opslag niet opwegen tegen de voorraadkosten; brandbaar huishoudelijk afval wordt derhalve niet opgeslagen.

Grof huishoudelijk afval kan bovendien niet worden opgeslagen op overslagstations voor IES.

7.8.1 Invloed verandering op organisatie, besturings- en informatiesysteem

De invloed van voorraad houden op de organisatie, het besturingssysteem en het informatiesysteem is dezelfde als die in paragraaf 6.7. Er komt een extra verantwoordelijkheidsgebeid bij, het plannen van de voorraad. De planner krijgt hiervoor een beslissingsbevoegdheid en wordt geadviseerd door het AOS en de verwerker. Het AOS moet de hoogte van de voorraad doorgeven aan de planner op basis waarvan een nieuwe planning kan worden gemaakt.

7.10 Samenvatting scenario's

In tabel 7.2 zijn de overslagstations weergegeven die open zijn bij een optimale logistieke structuur voor de verschillende scenario's. Tussen haakjes staat welke configuratie het betreft. Bovendien is het besparingspotentieel van elk scenario gegeven, ten opzichte van de huidige situatie. Tenslotte is ook de invloed van het scenario op de organisatie, het besturingssysteem en het informatiesysteem weergegeven.

Het zelflossend schip wordt in dit hoofdstuk in combinatie met inzamelvoertuigen met IES gebruikt. Derhalve zijn alle punten die genoemd worden bij het scenario met IES ook van belang bij het scenario van het zelflossende schip.

Het scenario met het zelflossende schip is het goedkoopst. Echter het heeft grote gevolgen voor de organisatie, het besturingssysteem en de informatiestromen, zowel voor Essent Milieu als de andere partijen in de keten. Bovendien is de invloed op de kosten van een aantal consequenties van het scenario nog niet duidelijk. Zo moet er een alternatief gevonden worden voor een deel van het afval uit Brabant, moet er door middel van onderhandelingen met het zelflossende schip gekeken worden of de prijs scherper kan en is er een overgangperiode waarin de traditionele inzamelvoertuigen worden afgeschreven. Deze consequenties moeten eerst worden onderzocht voordat er een conclusie kan worden getrokken over de aantrekkelijkheid van dit scenario. Na het zelflossende schip is het basisscenario het meest interessant. Het scenario zonder treintransport heeft hierbij het meeste besparingspotentieel. De contracten over treintransport lopen echter tot 2011. Tot die tijd zal het treinvervoer in ieder geval moeten worden betaald, of het contract moet worden afgekocht.

Scenario		Basisscenario		Aanhouden voorraad	Gebruik IES		Zelflossend Schip		Contracten loslaten
		Situatie met trein	Situatie zonder trein	Zowel situatie met als zonder trein	Situatie met trein	Situatie zonder trein	Situatie met trein	Situatie zonder trein	Zowel situatie met als zonder trein
Heeft invloed op		10.397	16.764	420	2.175	13.436	448	19.613	Afhankelijk van de af te sluiten contracten
Besparingspotentieel (euro/week)		10.397	16.764	420	2.175	13.436	448	19.613	Afhankelijk van de af te sluiten contracten
Logistieke structuur		Venlo (1) Maastricht (1) Kerkrade (1)	Venlo (1) Heerlen (2)	n.v.t.	Haelen (3) Horst (3) Kerkrade (1) Maastricht (3) Sittard (3)	Beek (3) Heerlen (3) Horst (3) Onderbanken (3) Roermond(3)	Horst (3) Kerkrade(1) Maastricht(3) Roermond(3) Sittard (3)	Horst (3) Maastricht (3) Meerssen (3) Roermond (3) Sittard (3)	Waarschijnlijk geen invloed op logistieke structuur
Besturings-systeem (besturing en planning)	Intern	Plannen maatregelen overtollige AOSen.	Plannen maatregelen overtollige en nieuwe AOSen.	Toevoegen voorraadbeheerfunctie.	Plannen maatregelen overtollige en nieuwe AOSen.		Afweging hoeveelheid afval per schip en hoeveelheid per trein. •Extra partij in keten → Complexere sturing planner. •Verandering contracten→Meer afval naar Moerdijk. •Plannen maatregelen overtollige en nieuwe AOSen. •Aantrekken alternatief afval.		•Aangaan contracten met andere verwerkers en veranderen/ opzeggen contracten huidige verwerkers. •Aantrekken alternatief afval eigen verwerkers.
	Extern	Andere bestemmings- of vertreklocatie transporteurs en gemeenten, vergt vooral sturing bij invoer scenario.			•Andere bestemmings- of vertreklocatie transporteurs en gemeenten, vergt vooral sturing bij invoer scenario. •(Des)invest.plan inzamelwagen.	•Andere bestemmings- of vertreklocatie transporteurs en gemeenten, vergt vooral sturing bij invoer scenario. •Afsluiten lange termijn contract zelflossend schip.			
Informatie-systeem (afstemming)	Intern	Communicatie over sluiting/opening AOS en overplaatsen personeel.			Communicatie over sluiting/opening AOS en overplaatsing personeel	Communicatie over sluiting/ opening AOS en overplaatsing personeel			
	Extern	Informatie nieuwe locatie AOS.		AOS: doorgeven stand voorraad aan planner.	•Communicatie tussen Essent en inzamelaars over compensatie voor IES. •Informatie nieuwe locatie AOS.	Informatie nieuwe locatie AOS.			
Organisatie (verantwoordelijkheden en functies)	Intern	Uitkopen/ verplaatsen deel personeel huidig AOS.	Uitkopen/ verplaatsen deel personeel huidig AOS en nieuw personeel voor nieuw AOS	Planner krijgt beslissingsbevoegdheid over voorraadbeheer;AOS en verwerkers adviserende verantwoordelijkheid.	Uitkopen/ verplaatsen deel personeel huidig AOS.	Uitkopen/ verplaatsen deel personeel huidig AOS.			
	Extern				Scholing inzamelpersoneel				

Tabel 7.2 De weergave van de optimale logistieke structuur, het besparingspotentieel en de invloed van het scenario op de organisatie, het besturingsstelsel en het informatiesysteem. 58

8 Conclusies en Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen die voortkomen uit dit onderzoek samengevat. Het doel van dit onderzoek is een optimale logistieke structuur te ontwerpen voor de verwijdering van afval afkomstig uit de provincie Limburg. Hiervoor moet de goedkoopste oplossing worden gevonden, rekening houdend met de huidige afvalwetgeving, de huidige contracten en de houdbaarheid van afval. Tevens wordt er gestreefd naar alternatieve transportmodaliteiten, om hiermee de uitstoot van NO_x, CO₂, SO₂, NMVOS, PM₁₀ en CO per tonkm te beperken. In hoofdstuk 4 is geconcludeerd dat de uitstoot per tonkm bij zowel trein als scheepstransport minder is dan bij wegtransport. Echter een alternatieve transportmodaliteit mag niet duurder zijn dan het huidige transport. Ten slotte is ook de invloed van het herontwerp op de organisatie, het besturingssysteem en het informatiesysteem van belang.

De doelstelling van een organisatie en de product-, proces- en marktkenmerken bepalen samen de optimale logistieke structuur. Om de optimale logistieke structuur te berekenen is een mixed lineair model ontwikkeld. De logistieke structuur kan hiermee worden geoptimaliseerd gegeven de huidige product-, proces- en marktkenmerken, dit is gedaan in het basisscenario. Tevens zijn er alternatieve scenario's opgesteld waarin de product-, proces- en marktkenmerken worden veranderd. Hierbij is gekeken naar de invloed van alternatieve verwerkingscontracten, een ander type inzamelvoertuig, een zelflossend schip en veranderingen in de afvalwetgeving. Ook deze alternatieve scenario's zijn doorgekeurd met het model. De belangrijkste conclusies zijn hieronder weergegeven, onderverdeeld in de conclusies voor het basisscenario en de conclusies voor de alternatieve scenario's.

Basisscenario

- De integrale kosten van het verwijderingsproces voor afval afkomstig uit Limburg zijn lager bij minder overslagstations dan de huidige 5. De optimale logistieke structuur, in de situatie met treintransport, wordt gerealiseerd als de overslagstations in Kerkrade, Maastricht en Venlo open zijn; in situaties zonder treintransport liggen de overslagstations in Heerlen en Venlo.
- Treintransport is duurder dan wegtransport. De kosten per ton voor het traject Kerkrade–Wijster zijn per trein hoger dan per bulkvoertuig. Bovendien is kostentechnisch gezien de locatie Kerkrade niet optimaal als overslaglocatie. Tot 2011 zit Essent Milieu echter nog vast aan een contract. Hierin is vastgelegd dat 55.000 ton afval per jaar vanaf Kerkrade naar Wijster per trein moet worden vervoerd.
- Het is niet voordelig brandbaar huishoudelijk afval op voorraad te houden. De lagere verwerkingskosten bij opslag wegen niet op tegen de voorraadkosten.
- Het is voordelig grof huishoudelijk afval op voorraad te houden. Door voorraad wordt de aanvoer van afval bij de avi's constanter. Hierdoor hoeft er minder te worden gestort en hoeft er minder rekening te worden gehouden met boetekosten. Er zijn geen kosten verbonden aan het aanhouden van een voorraad Grof huishoudelijk afval. Grof huishoudelijk afval wordt op voorraad gehouden als het:
 - Aanbod van grof huishoudelijk afval op het AOS groter is dan de maximale avicapaciteit voor grof huishoudelijk afval. Hierbij worden alleen de hoeveelheden grof huishoudelijk afval meegerekend uit de gemeenten waarvoor het goedkoper is om te verbranden dan te sorteren.
 - Het aanbod van brandbaar afval meer is dan de maximale capaciteit van de avi's en de jaarlijks afgesproken hoeveelheid bovendien nog niet is geleverd.

Alternatieve scenario's

- In zowel Nederland als Duitsland bevinden zich avi's dichterbij Limburg dan de huidige gecontracteerde avi's. Bij een even hoog verwerkingstarief zijn deze alternatieve avi's altijd voordeliger dan de huidige avi's. Bij een verwerkingstarief van lager dan 114 euro/ton gaat er afval naar ARN. In Duitsland geldt hiervoor een tarief van 120 euro/ton. Voor Essent Milieu is het hierbij van belang dat alternatief afval voor eigen avi's kan worden gevonden.

-
- Een inzamelvoertuig met IES is duurder dan een traditioneel inzamelvoertuig in zowel de situatie met als zonder treintransport. De goedkopere transportprijs van het IES weegt niet op tegen de extra inzamelkosten en de hogere kosten voor het transport vanaf het overslagstation. Gebruik van dit type inzamelvoertuig is derhalve niet interessant in combinatie met weg- en of treintransport.
 - De inzet van een zelflossend schip in combinatie met IES is het goedkoopste scenario. Dit scenario heeft echter grote invloed op de organisatie, het besturingssysteem en het informatiesysteem, zowel voor Essent Milieu als de andere partijen in de keten. Tevens moet de invloed van de volgende onderwerpen op de totale kosten nog worden onderzocht:
 - Het aangaan van een alternatief contract voor een deel van het afval uit Brabant;
 - Het onderhandelen over de prijs van het zelflossende schip, binnen Essent Milieu is de verwachting dat deze prijs nog om laag kan;
 - De desinvesteringskosten in de traditionele inzamelvoertuigen, als de afschrijvingstermijn nog niet is afgelopen bij invoer van het inzamelvoertuig met IES;
 - In de scenario's met IES wordt geen afval op voorraad gehouden. Grof huishoudelijk afval wordt niet op voorraad gehouden aangezien opslag hiervan op een IES overslagstation niet mogelijk is. Het IES overslagstation is niet overdekt. Brandbaar huishoudelijk afval wordt niet opgeslagen aangezien de lagere verwerkingskosten niet opwegen tegen de investeringen in de wissellaadbakken die nodig zijn voor opslag.
 - De invoering van Diftar en een lossier GFT-beleid hebben een verwaarloosbare invloed op de optimale logistieke structuur.

Aanbevelingen

- Aanbeveling dient te kijken naar de mogelijkheid van het afkopen van het treincontract, aangezien transport per trein duurder is dan transport zonder trein. De logistieke kosten in het basisscenario zonder trein zijn 331.073 euro/jaar lager dan in de situatie met trein. Als de afkoopsom per jaar minder is dan dit bedrag, is het voordelig het contract af te kopen.
- Om de aantrekkelijkheid van het scenario met het zelflossende schip te kunnen beoordelen is het aan te raden onderzoek te doen naar:
 - De mogelijkheid en de prijs van een alternatief contract voor een deel van het afval uit Brabant.
 - Een scherpere prijs voor het zelflossende schip.
 - De periode die nodig is om over te schakelen van het traditionele inzamelvoertuig naar het inzamelvoertuig met IES.
- Het is aan te raden direct in overleg te gaan met inzamelaars in Limburg over de nieuwe logistieke structuur. Bij sluiting van overslagstations stijgen de transportkosten voor de inzamelaar waarvoor compensatie nodig is.
- Om de planner meer inzicht te geven in de minimale kosten dient er een model te worden ontwikkeld waarin de minimale kosten per week kunnen worden bekeken. Hierdoor wordt het planningsproces makkelijker en krijgt de planner meer inzicht in de minimale kosten. De uitkomst van het model fungeert hier als performance indicator en geeft de planner een prikkel de kosten te minimaliseren.
- Het is aan te raden onderzoek te doen naar de mogelijkheid van overslag op een milieustraat en tevens de mogelijkheid van een bulkvoertuig dat langs milieustraten rijdt. Uit een ruwe berekening bleek dat deze twee mogelijkheden goedkoper kunnen zijn, maar de kennis ontbreekt om de kosten in detail te kunnen overzien.
- Het is verstandig om de inzamelweken van gemeenten op elkaar af te stemmen. Hierdoor kan wellicht een goedkoper transportcontract worden verkregen en ontstaan er minder pieken in het aanbod van afval.
- Het model kan worden gebruikt voor elk gebied in Nederland en Buitenland. Voor het buitenland moet wel worden nagegaan of de regelgeving geen andere of aanvullende restricties oplevert.

Routemap

Voordat daadwerkelijk aan de invulling van een herontwerp kan worden begonnen moet eerst worden vastgelegd welk scenario het aantrekkelijkst is en dus wordt ingevoerd. Het scenario met het zelflossende schip lijkt het goedkoopst. Om echter te beoordelen of dit scenario het aantrekkelijkst is, moet er nog onderzoek worden gedaan. Als blijkt dat dit scenario duurder is dan verwacht, zal het optimale basisscenario zonder treintransport worden ingevoerd. Tevens moet worden onderzocht hoe duur het afkopen van een treincontract is.

Essent Milieu wil deze zomer een voorstel indienen bij provincie Limburg om hiermee het contract voor de verwijdering van het afval uit Limburg te verkrijgen. In figuur 9.1 is de planning gegeven voor de stappen die hiervoor nog moeten worden gezet.

In de eerste twee maanden moet duidelijk worden welk scenario wordt ingediend. Hiertoe moet onderzoek gedaan worden naar:

1. De mogelijkheid van afkopen van het treincontract;
2. De prijs van een IES voertuig;
3. De prijs van een zelflossend schip;
4. Locaties voor de nieuwe overslagstations;
5. Alternatieve verwerkers voor het afval uit Brabant;
6. De bereidheid van de inzamelaars om mee te werken;

De eerste vijf worden gelijktijdig uitgevoerd. Het al dan niet kunnen afkopen van het treincontract bepaald wanneer de veranderingen plaatsvinden. Als het contract niet kan worden afgekocht kan de volledige afronding van de veranderingen niet voor 2011 plaatsvinden. De onderhandelingen over de prijs van het IES voertuig worden gevoerd, aangezien er meerdere voertuigen in één keer worden aangeschaft, waardoor er wellicht kortingen verkregen kunnen worden. In het locatieonderzoek moeten er geschikte locaties gevonden worden voor de overslagstations. Hierbij moet zowel gekeken worden naar locaties bij gebruik van een zelflossend schip, als naar de locatie voor het basisscenario. Tenslotte moeten er ook alternatieve verwerkers worden gezocht voor een deel van het afval uit Brabant. Zoals in paragrafen 7.2 en 7.5 is geconcludeerd, kan het aangaan van contracten met alternatieve verwerkers aantrekkelijk zijn voor afval afkomstig uit Limburg. Derhalve kan, gelijktijdig met de zoektocht voor het afval uit Brabant, worden gekeken naar de mogelijkheid van alternatieve verwerkers voor afval afkomstig uit Limburg. De uitkomst hiervan is niet van belang voor de keuze van een scenario. Hierbij moet er wel alternatief afval gevonden worden voor de verwerkers van Essent Milieu.

Als er meer inzicht is in de prijs van inzamelvoertuigen met IES kunnen er onderhandelingen worden gevoerd met de inzamelaars, waarin de bereidheid tot verandering bij de inzamelaars wordt onderzocht.

Als de onderhandelingen zijn afgerond met de verwerkers en het zelflossende schip kunnen er offertes worden aangevraagd. Een contract kan nog niet worden afgesloten, aangezien het nog niet zeker is of Essent Milieu het contract krijgt. Met de inzamelaars moeten ook afspraken worden gemaakt. Onderdeel van deze afspraak vormt een (des)investeringsplan, om hiermee de verliezen door de omschakeling naar een ander type inzamelvoertuig te minimaliseren.

Gedurende alle onderzoeken moet er een financieringsplan worden opgesteld, welke telkens moet worden aangepast aan de nieuwe inzichten. Het financieringsplan kan worden afgesloten als alle prijzen vastliggen.

Als al deze stappen zijn gezet is het duidelijk voor welk scenario wordt gekozen. Dit scenario zal worden ingediend bij de provincie Limburg. Als eerder in het onderzoek al duidelijk wordt dat het scenario met het zelflossende schip niet rendabel is, vervallen de dan nog overige stappen in het onderzoek naar het zelflossende schip en wordt het optimale basisscenario ingediend bij de provincie Limburg.

	Mei-06	Jun-06	Jul-06
Onderzoek afkopen treincontract	■		
Onderhandelingen IES fabrikant	■		
Onderhandelingen zelflossend schip	■		
Onderzoek alternatieve contracten	■	■	
Locatieonderzoek	■		
Bereidheidsonderzoek IES		■	
Offertes zelflossend schip		■	
Offertes verwerker		■	■
(des)Investeringsplan IES		■	
Financieringsplan	■	■	
Voorstel indienen Limburg			■

Fig. 9.1 Routemap voor het verkrijgen van het contract voor verwijdering van afval afkomstig uit Limburg.

Referenties

- [1] Afval Overleg Orgaan, 2004. Afvalverwerking in Nederland gegevens 2003. Utrecht. Rapportnummer: AOO2004-11.
- [2] Afval Overleg Orgaan, 2004. Eerste hulp bij discussie over diftar. Utrecht. Rapportnummer: AOO 2004-05.
- [3] Afvalsamenwerking Limburg, 2005. Voortgangsrapportage huishoudelijk afval Limburg 2004. Maastricht.
- [4] Ahaus C.T.B., 1994. Bevoegdheidsverdeling en organisatie: evaluatie van een bedrijfskundige methode. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.
- [5] Berg H., Kampen T., Pellemans A., Dijkhoorn E., 2002. Duurzame logistiek: anders slimmer beter. Afstudeerverslag TIAS Business School.
- [6] Bertrand J.W.M, Wortmann J.C., Wijngaard J., 1990. Productiebeheersing en material management. 2^e druk. Houten: Educatieve partners.
- [7] Bloemhof-Ruwaard J.M., Salomon N., Van Wassenhove L.,M., 1994. On the coordination of product and by-product flows in two-level distribution networks: Model formulations and solution procedures. European Journal of Operational Research;79:325-339.
- [8] Brink R.M.M.,Van Wee G.P., 2000. Energieverbruik en emissies per vervoerswijze. Bilthoven: RIVM. Rapportnummer: 773002007.
- [9] Cahn C., 2005. Het afvoerputje. Afval!;5:29.
- [10] Christan E.J., 2001. De meest gestelde vragen over EVOA, grensoverschrijdend transport van afvalstoffen. Woerden: Internationaal Meldpunt Afvalstoffen.
- [11] CREM, IVAM, PwC, 2005. Onderzoek naar de invulling verpakkingenbeleid op lange termijn. Utrecht: Rapportnummer:2005-2795/KB/pd/jo
- [12] Dijkgraaf E.,2005. Regulating the Dutch Waste Market.2edruk.Rotterdam: SEOR.
- [13] Dijkgraaf E., Aalbers R.F.T, Varkevisser M., 1999. Afvalmarkt in de branding. Rotterdam: OCFEB.
- [14] Dijkgraaf E., Aalbers R.F.T, Varkevisser M., 2001. Afvalprijzen zonder grens. Rotterdam: OCFEB.
- [15] Essent, 2005. De essentie van 2004. jaarverslag. Arnhem.
- [16] Grenzen later open voor afval, 12-11-2005,staatscourant;163:4.
- [17] Heertje A., Kanningen W., 2001. De Kern van de Economie.2^e druk. Naarden: Stenfert Kroese.

-
- [18] Hillier F.S., Lieberman G.J., 2001. Introduction to Operations Research. 7e druk. Singapore: McGraw-Hill Book co.
- [19] Hoekstra S., Romme J.H.J.M., 1993. Op weg naar integrale logistieke structuren. 2^e druk. Deventer: Kluwer Bedrijfswetenschappen.
- [20] Innovaders, 2003. Transportbesparing HR-AVI concrete projecten voor de reductie van het aantal wegekilometers naar de hoogrendement-afvalverbrandingsinstallatie in Amsterdam. Amsterdam: Afval Energie Bedrijf.
- [21] James C., 2005. Everyone's contribution counts. Works Management;58(3):37-39.
- [22] Jayaraman V., Patterson R., Rolland E., 2001. The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures. European Journal of operational research;150:128-149.
- [23] Karagiannidis A., Moussiopoulos N., 1988. A model generating framework for regional waste management taking local peculiarities explicitly into account. Location Science;6:281-305.
- [24] Krikke H.R., 2005. De krappe marges van het idealisme. Afval!;6: 30-32.
- [25] Krikke H.R., 2005. Alle huishoudens evenveel voor hun grof vuil laten betalen? Brengen stimuleren, halen ontmoedigen? GRAM;12:18.
- [26] Louwers D., Kip B.J, Peters E., Souren F., Flapper S.D.P., 1999. A facility location allocation model for re-using carpet materials. Computers and Industrial Engineering;36(4):5-19.
- [27] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2004. Goederenvervoer monitor 2003. Rotterdam. Rapportnummer: R20030226/30050000/jsc/gjo.
- [28] Ministerie van volkshuisvesting ruimtelijke ordening en milieu beheer, 2001. Afval in Nederland: storten. Den Haag. Informatiebladnummer: vrom14050/173.
- [29] Mulitmodaal coördinatie en adviescentrum Noord-Brabant, 2001. Schone kansen voor vuil transport. Eindhoven.
- [30] Noordhoek F., 2005. Verbranden over de grens. Afval!;5:14-15.
- [31] Ploos van Amstel M.J., Van de Ven A.D.M., Geenen A.L.J., 1996. Inleiding Internationale distributielogistiek: syllabus. Eindhoven: Technische universiteit Eindhoven.
- [32] Praktijkboek transport en logistiek, 1998. Deventer: Kluwer.
- [33] Programmabureau Incode delta Zuid-Nederland, 2004. Modal shift in afvalstromen in het Incode delta gebied. Tilburg. Rapportnummer: R001-4301633JGC-DO1-D.
- [34] Projectevaluatie en verantwoording shafra-pilot zuid west, 2001. Provincie Zuid Holland.

-
- [35] Sluiter G., 2005. Duitse noodtoestand in afval biedt kansen. *Essenties*;30:7.
- [36] SenterNovem,2005. Afvalverwerking in Nederland gegevens 2004. Utrecht. rapportnummer: 8A00-05.15
- [37] Sule D.R., 2000. Logistics of facility location and allocation. New York: Marcel Dekker.
- [38] Van Goor A.R., Ploos van Amstel M.J., Ploos van Amstel W.,1999. Fysieke distributie: denken in toegevoegde waarde. 4^e druk. Houten: Educatieve partners Nederland BV.
- [39] Veelenturf J., Higler A.,1995. Handboek logistiek management. Schoonhoven: Academic Service.
- [40] Veenemans J.W., 2002. Evaluatie front- zijbeladingssystemen. Afstudeerverslag Universiteit Tilburg.
- [41] Venemans M.J.,1994. Goederenvervoer over korte afstand. Alphen aan de Rijn: SamSom bedrijfsinformati.
- [42] Wang C., Even J., Adams S., 1995. A mixed-integer linear model for optimal processing and transport of secondary materials. *Resources conservation and recycling*;15:65-78.

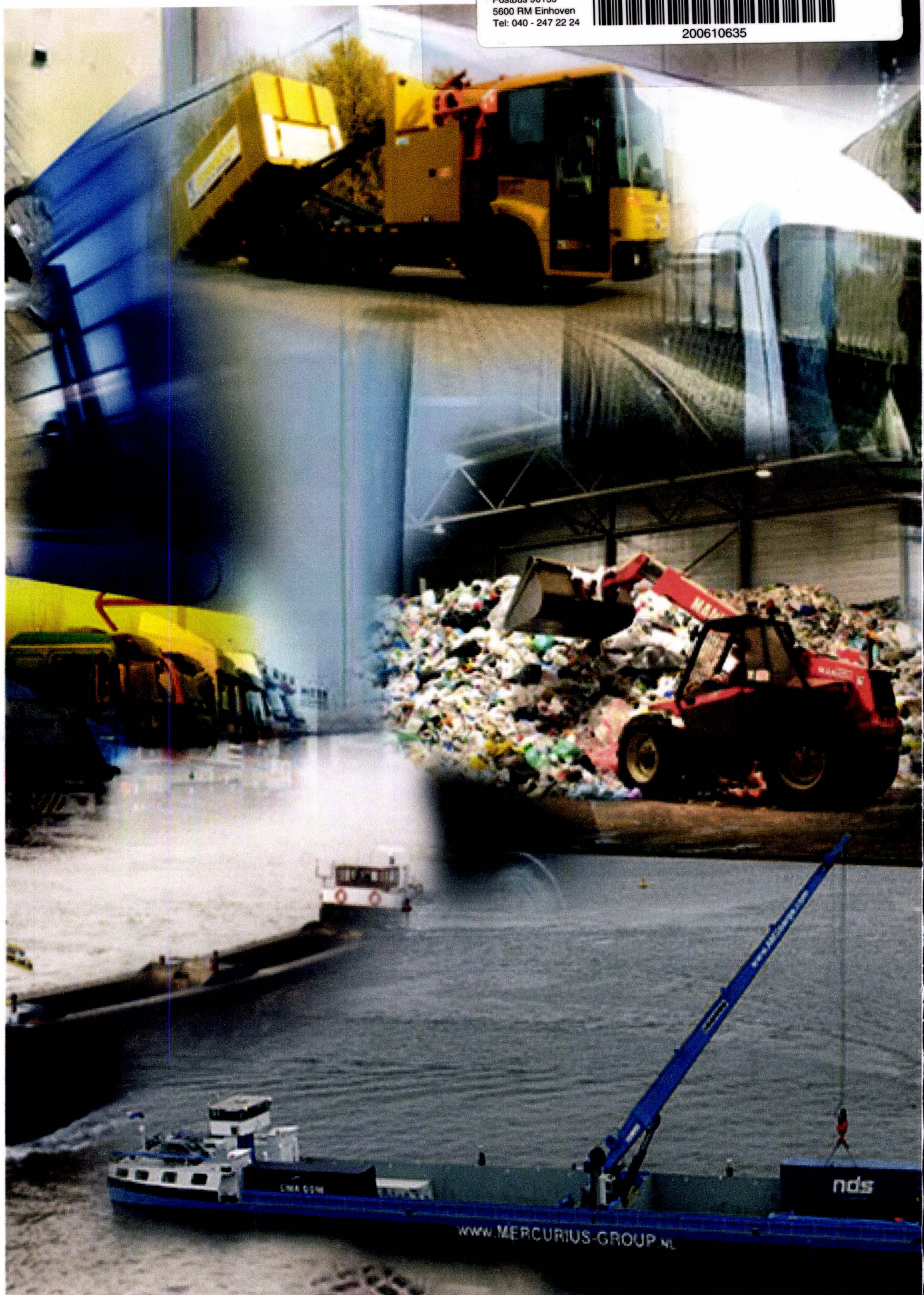
Internetsites:

- [43] www.translift.nl, laatst geraadpleegd op: 23-8-2005
- [44] www.essent.nl, laatst geraadpleegd op: 1-7-2005
- [45] www.limburg.nl, laatst geraadpleegd op: 8-1-2006
- [46] www.kringloopblik.nl, laatst geraadpleegd op: 13 dec 2005
- [47] www.senternovem.nl, laatst geraadpleegd op: 11-11-2005
- [48] www.verenigingafvalbedrijven.nl, laatst geraadpleegd op: 20-10-2005

Postbus 90159
5600 RM Eindhoven
Tel: 040 - 247 22 24



200610635



Bijlagen

Bijlage 0. Afkortingen en definities

Afkortingen

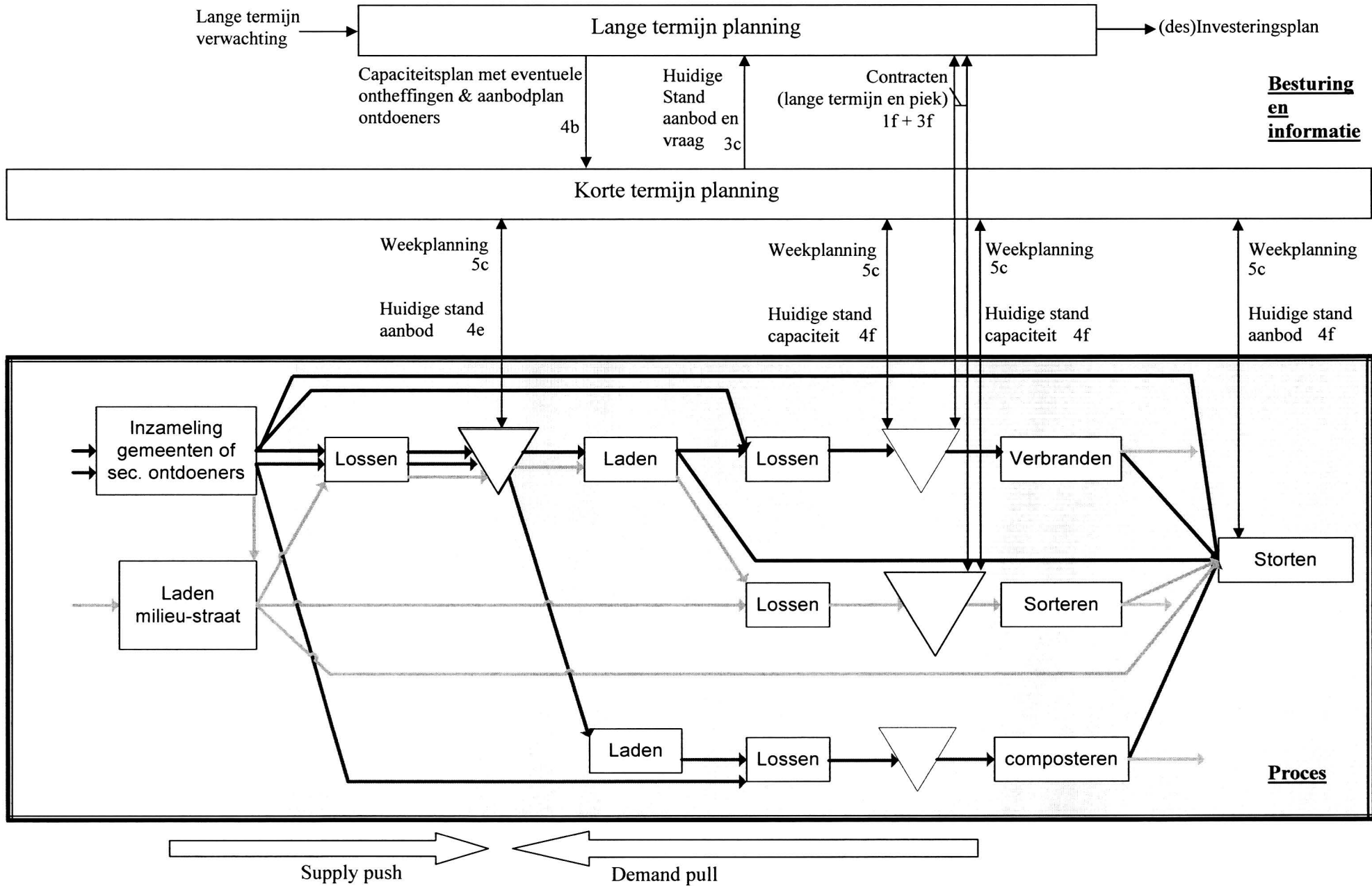
ACTS	=	Afzet Container Transport Systeem
AOO	=	Afval Overleg Orgaan
AOS	=	Afval Overslag Station
AVI	=	Afvalverbrandingsinstallatie
AZN	=	Afvalverbranding Zuid-Nederland
BBA	=	Brandbaar bedrijfsafval
BHA	=	Brandbaar huishoudelijk Afval
EVOA	=	Europese Verordening Afval
GAVI	=	Geïntegreerde afvalverwerkingsinstallatie
GFT	=	Groente-, Fruit- en Tuinafval
GHA	=	Grof huishoudelijk afval
IES	=	Integrated Environment System
LALO	=	Openbare Laad- en Losplaats
LAP	=	Landelijk afvalbeheerplan
MILP	=	Mixed integer lineair probleem
P/P/M	=	Product-, Proces- en Marktkarakteristieken
ROC	=	Regionaal overslag Centrum

Definities

<u>Afvalverwijderingsproces;</u>	Het gehele proces vanaf dat het afval wordt opgehaald bij de ontdoeners tot en met de verwerking ervan.
<u>Brandbaar afval;</u>	Brandbaar huishoudelijk afval en brandbaar bedrijfsafval.
<u>Brandbaar huishoudelijk afval;</u>	Huishoudelijk restafval = Deel van het huishoudelijk afval dat overblijft na gescheiden inzameling van onder andere GFT-afval, glas, papier etc.
<u>Brandbaar bedrijfsafval;</u>	Het mengsel van afvalstoffen dat ontstaat bij bedrijven nadat afzonderlijke componenten (keukenafval, papier/karton, glas, kunststoffen, enz.) gescheiden zijn gehouden en gescheiden zijn afgevoerd.
<u>Groente-, Fruit-en Tuinafval;</u>	De naam GFT-afval geeft al aan waaruit deze stroom bestaat. De gescheiden inzameling van GFT-afval uit huishoudens voor de productie van compost is in 1994 ingevoerd. Compost wordt in de land- en tuinbouw gebruikt voor verbetering van de bodem.
<u>Grof huishoudelijk afval;</u>	Grof huishoudelijk afval zijn alle, van particuliere huishoudens afkomstige afvalstoffen, die te groot of te zwaar zijn om op dezelfde wijze als huishoudelijke afvalstoffen te worden aangeboden.
<u>Houdbaarheid;</u>	De periode, gedurende welke de fysieke eigenschappen die het product op het moment van verkoop dient te bezitten aanwezig blijven. De houdbaarheid heeft daarom uitsluitend betrekking op fysieke eigenschappen. [20]
<u>Lange termijn contracten/korte termijn contracten;</u>	Contracten die gelden voor een periode langer dan een jaar/korter dan een jaar (piekcontracten).
<u>Ontdoener;</u>	Persoon die zich ontdoet van ontstane afvalstoffen door afgifte aan iemand die hiervoor bevoegd is.
<u>Rentekosten;</u>	Dit zijn de rentekosten voor het op voorraad houden van goederen. Het kunnen betaalde rente zijn en ook het verlies aan rente over het eigen geld.

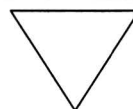
<u>Ruime markt;</u>	Markt waarbij het aanbod van afval hoger is dan de vraag (capaciteit) naar afval.
<u>Ruimtekosten;</u>	Kosten die moeten worden betaald voor de ruimte waar de goederen op voorraad liggen. Hiertoe behoren ook de beheerskosten zoals de bewaking en het track en trace systeem.
<u>Risicokosten;</u>	Dit zijn de kosten voor incurante goederen.
<u>Sturingsorganisatie;</u>	Organisatie die ervoor zorgt dat het afval vanaf de ontdoener bij de verschillende verwerkers komt. Deze verwerkers kunnen het eigendom zijn van derden, maar ook van de sturingsorganisatie zelf.
<u>Vendor managed inventory;</u>	Situatie waarin de leverancier de voorraad beheert bij de klant.
<u>Verpakkingsdichtheid;</u>	Het aantal verpakkingseenheden per gehanteerde volume-eenheid. Als verpakkingseenheid wordt gekozen de kleinst mogelijke standaardverpakking waarin het product kan worden verkocht. De verpakkingseenheid is dus het aantal verpakkingen per m ³ . [20]
<u>Verschijningsvorm;</u>	Een fysische toestand waarin het product voorkomt. Een drietal verschijningsvormen kan worden onderscheiden: vaste stof, vloeibare stof of gasvormige stof. [20]
<u>Vollast;</u>	De verwerkers geven vollast af als hun capaciteit niet meer toerijkend is om extra afval van nog niet gecontracteerde partijen te ontvangen.
<u>Volume/gewicht verhouding;</u>	De verhouding tussen het volume en het gewicht van een product. Als volume wordt gekozen de kleinst mogelijke verzendeenheid van een product en als gewicht het gewicht van die kleinst mogelijke verzendeenheid. Het volume wordt uitgedrukt in kubieke meters en het gewicht in tonnen. [20]
<u>Vrije contractruimte</u>	de maximale capaciteit min de capaciteit die reeds gevuld is door lange termijn contracten
<u>Waardedichtheid;</u>	De waarde van een product per gehanteerde volume-eenheid. De waarde van een product wordt gedefinieerd als de waarde van het product op de plaats waar het zich in de logistieke keten bevindt, uitgedrukt in euro's per m ³ . [20]
<u>Wissellaadbak;</u>	Container die los op het voertuig zit, zodat deze ook op een ander voertuig kan worden gezet.

Bijlage 1. Het afvalverwijderingsproces met het besturingssysteem en de informatiestromen



Legenda

 Informatiestroom



Vorraadpunt

 GFT-afval

Afval overslagstation
(AOS)


 Brandbaar afval

Verwerker

 Grof Huishoudelijk afval

1f,3c,3f,4f,5c

verwijzen naar
informatiestromen m.b.t
adviesbevoegdheden uit
paragraaf 2.1.7

 Monostroom: slakken hout metaal,
compost etc.

Voor een omschrijving van de verschillende afvalstromen zie bijlage 2

Bijlage 2. Omschrijving afvalstromen

Brandbaar huishoudelijk afval

Brandbaar huishoudelijk afval, ofwel huishoudelijk restafval, is dat deel van het huishoudelijk afval dat overblijft na gescheiden inzameling van onder andere GFT-afval, glas, papier enz.

Brandbaar Bedrijfsafval

Brandbaar bedrijfsafval is het mengsel van afvalstoffen dat ontstaat bij bedrijven nadat afzonderlijke componenten (keukenafval, papier/karton, glas, kunststoffen, enz.) gescheiden zijn gehouden en gescheiden zijn afgevoerd. Het brandbare bedrijfsafval is vergelijkbaar met dat van brandbaar huishoudelijk afval. Deze twee stromen kunnen hierdoor ook samen worden aangeduid onder de noemer brandbaar afval. [1]

Grof huishoudelijk afval

Grof huishoudelijk afval zijn alle, van particuliere huishoudens afkomstige afvalstoffen, die te groot of te zwaar zijn om op dezelfde wijze als huishoudelijke afval te worden aangeboden. [3]

Groente, Fruit en Tuin afval

De naam GFT-afval geeft al aan waaruit deze stroom bestaat. De gescheiden inzameling van GFT-afval uit huishoudens voor de productie van compost is in 1994 ingevoerd. Compost wordt in de land- en tuinbouw gebruikt voor verbetering van de bodem. [1]

Bijlage 3. Berekening omslagpunt rechtstreeks naar verwerker of via AOS in de huidige situatie

1. Omslagpunt bij inzameling van GFT-afval en brandbaar afval met een achterlader in de huidige situatie:

- S = Gemiddelde snelheid van een vol voertuig = 50 km/uur¹
X = Capaciteit van een vol voertuig, X_{bulk} = 27 ton, X_{achterlader} = 9 ton²
U = Kosten per uur van een voertuig U_{bulk} = 57 euro/uur, U_{achterlader} = 95 euro/uur³
O = Kosten van het overslaan van 1 ton afval = 5,95 euro/ton⁴
D = Break even afstand in kilometers
La = Tijd die nodig is om een inzamelvoertuig te laden = ½ uur²
Lo = Tijd die nodig is om een bulkvoertuig te lossen = ¾ uur²

$$\left(\frac{D}{S} * 2 * U_{bulk}\right) + O + (La + Lo) * \frac{U_{Bulk}}{X_{Bulk}} = \left(\frac{D}{S} * 2 * U_{inzamelv}\right) + O + (La + Lo) * \frac{U_{Bulk}}{X_{Bulk}}$$

D = 25,6 km

2. Omslagpunt bij inzameling van gft en brandbaar afval met een zijlader in de huidige situatie

Hiervoor wordt dezelfde formule gehanteerd, waarbij de volgende variabelen en dus de break even afstand D verschillen:

U_{zijlader} = 100 euro³
X_{zijlader} = 13,5 ton²

D_{zijlader} = 40,8 km

3. Omslagpunt bij inzameling van grof huishoudelijk afval met een achterlader in de huidige situatie

Hiervoor wordt dezelfde formule gehanteerd, waarbij de volgende variabelen en dus de break even afstand D verschillen ten opzichte van berekening 1:

X_{achterlader GHA} = 5 ton²
X_{bulk GHA} = 18 ton²

D_{GHA} = 14,7 Km

4. Omslagpunt bij grof huishoudelijk afval vanaf de milieustraat in de huidige situatie

Hiervoor wordt dezelfde formule gehanteerd als in situatie 1, waarbij de volgende variabelen en dus de break even afstand D verschillen ten opzichte van berekening 1:

X_{bulkmilieustraat} = 10 ton²
X_{bulkGHA} = 18 ton²

D_{GHA milieustr.} = 39,3 km

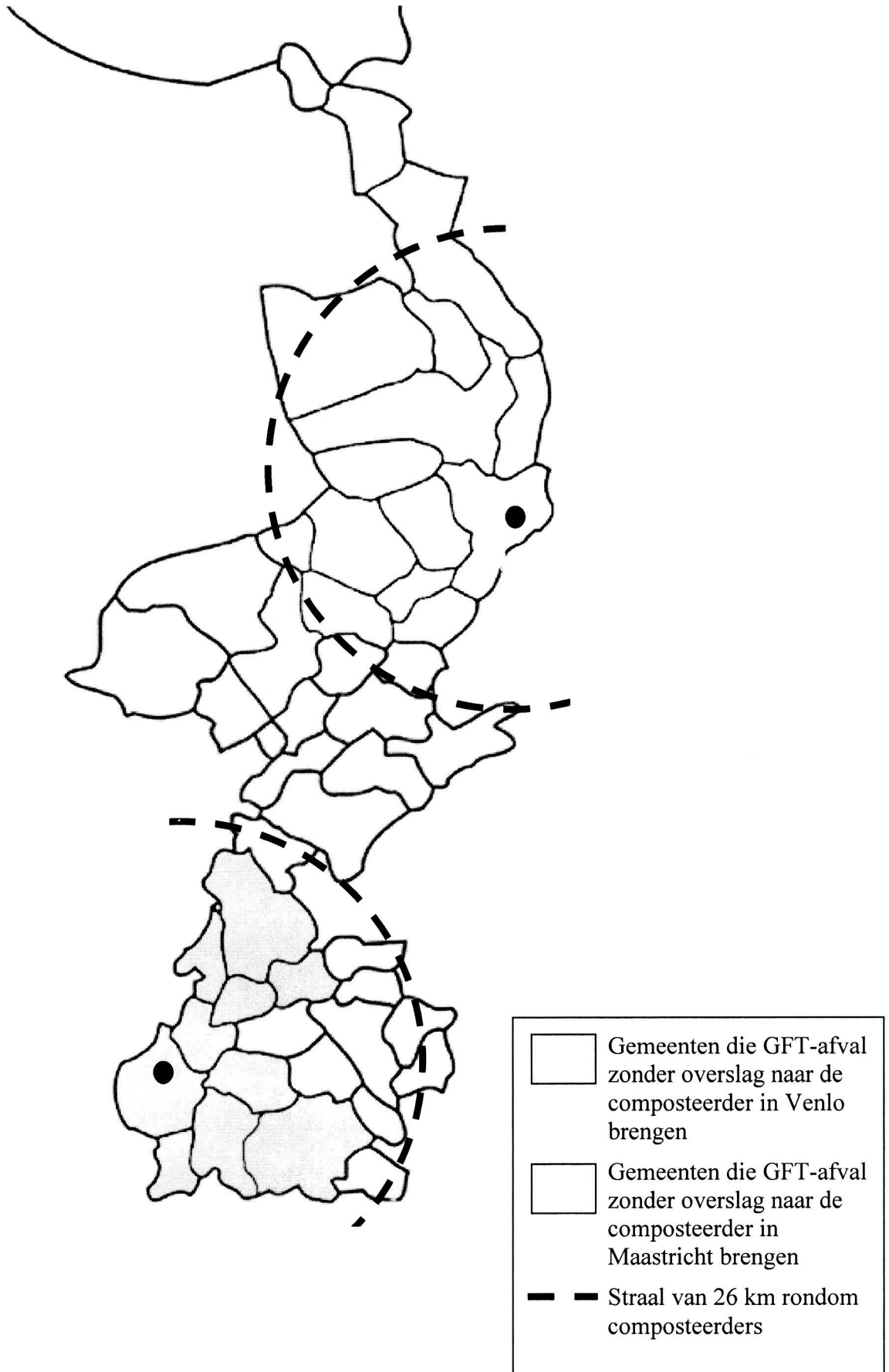
¹ Informatie verkregen uit een gesprek met dhr. Prinsen, medewerker bij van Gansewinkel, 8-9-2005

² Informatie verkregen van Ad Pellemans

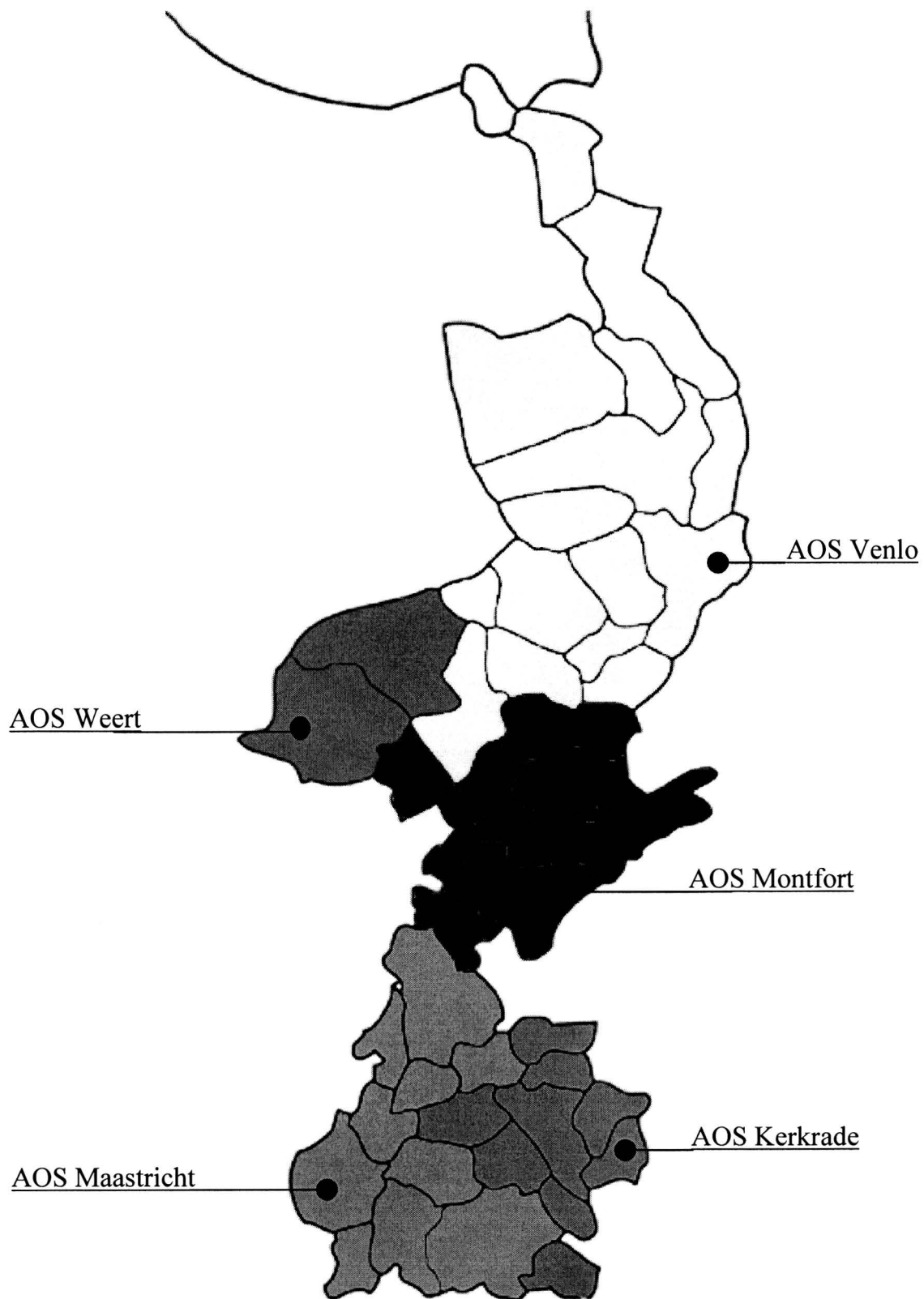
³ Voor berekening hiervan zie bijlage 25.

⁴ Interne gegevens Essent Milieu, 10-8-2005

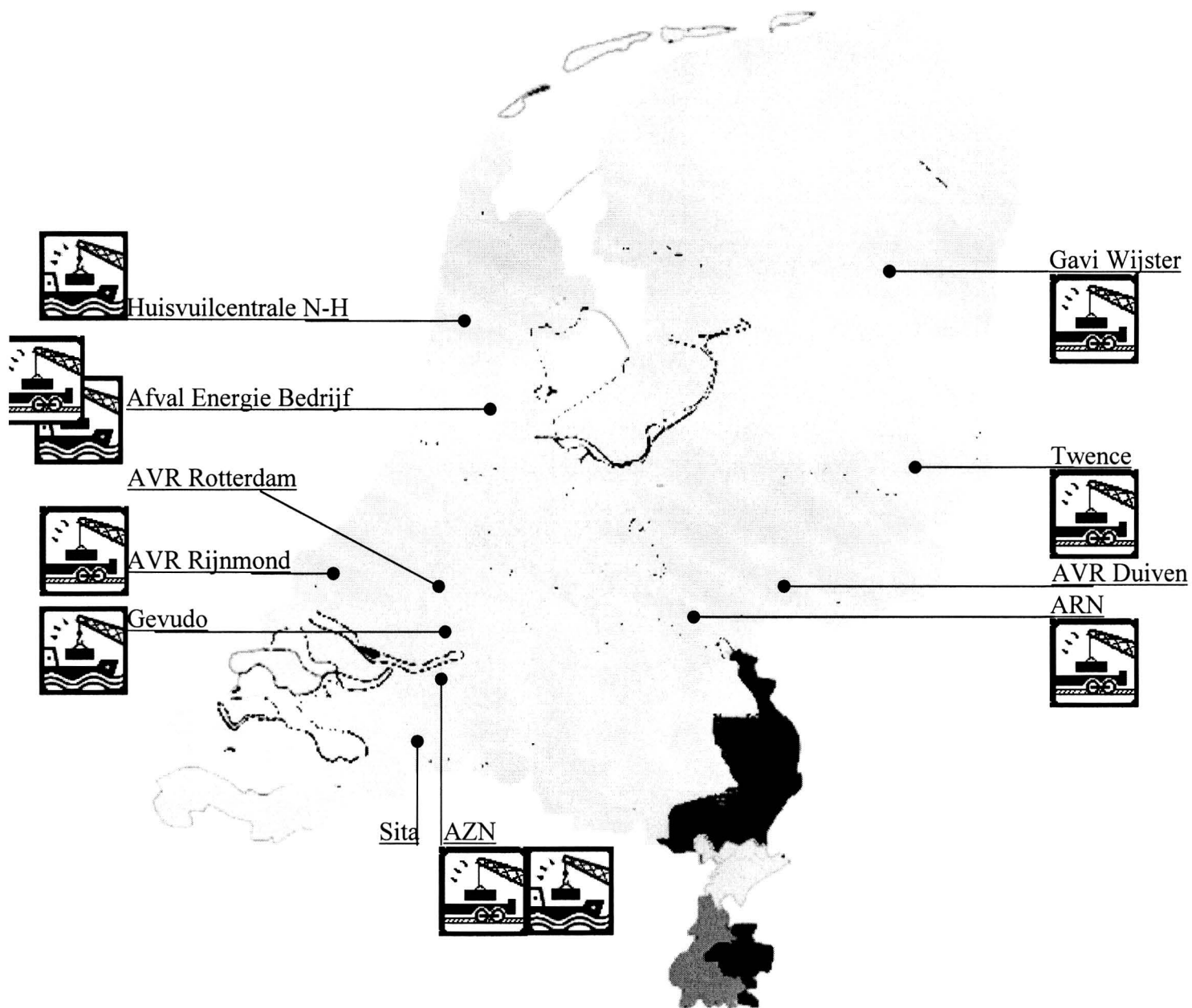
Bijlage 4. Huidige rechtstreekse aanlevering op composteerders



Bijlage 5. Huidige overslagstations en aanleverende gemeenten in Limburg



Bijlage 6. Verbrandingsinstallaties in Nederland 2004 [36]



AVI ligt aan het water

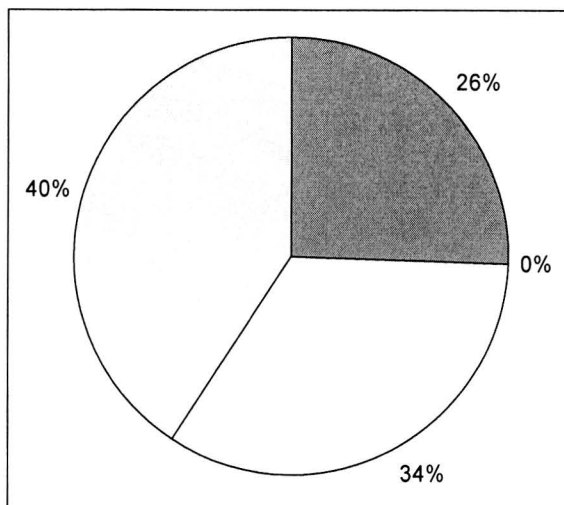


AVi ligt aan het spoor

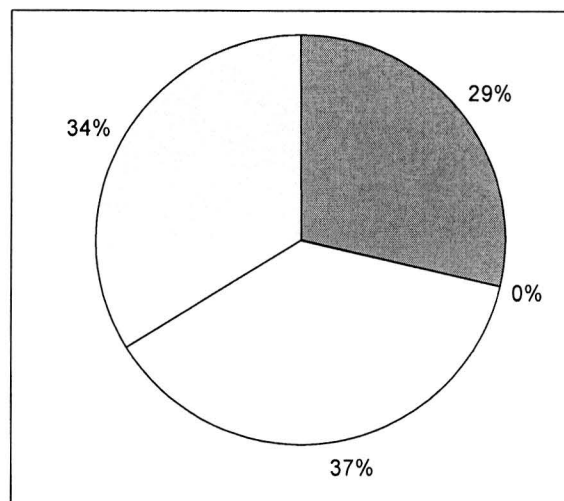
De verschillende kleuren in Limburg geven de gemeenten aan die op hetzelfde overslagstation aanleveren.

Bijlage 7. De gemiddelde kosten/ton per deelsysteem van de grondvorm

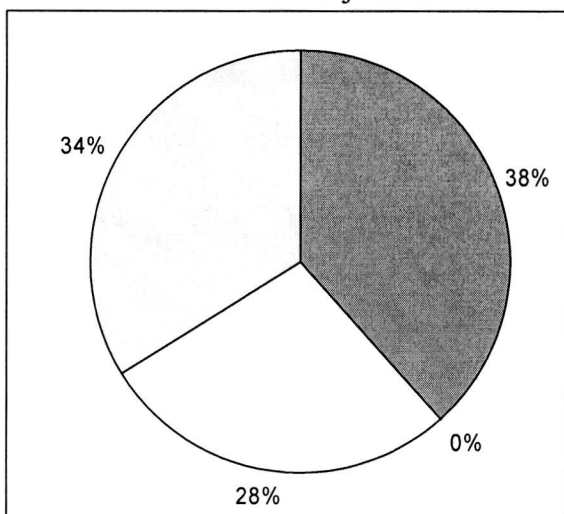
Brandbaar afval



GFT-afval



Grof huishoudelijk afval



	Transport naar AOS
	Opslag
	Overslag
	Transport naar verwerkers

Interne gegevens Essent Milieu 2005:

Deelsystemen	Kosten BA	Kosten GFT	Kosten GHA
Transport naar AOS ⁷	5,04	5,04	9,07
Opslag ⁸	0	0	0
Overslaan ⁹	6,6	6,6	6,6
Transport naar verwerker ¹⁰	8	6	8

⁷ Voor berekening zie bijlage 8. Hierbij zijn de kosten van een achterlader genomen, aangezien er nauwelijks zijladers zijn in Limburg.

⁸ Op dit moment vindt er geen opslag plaats

⁹ Gemiddelde overslagkosten per ton afval (euro/ton) = $\frac{\sum_{R=1}^5 Q_R * C_R}{\sum_{R=1}^5 Q_R}$, Q_R = Hoeveelheid afval op overslagstation R,

C_R = Kosten voor het overslaan van 1 ton afval op overslagstation R. $R=1, \dots, 5$ = De 5 overslagstations van Limburg.

¹⁰ De gemiddelde transportkosten per ton afval type P naar de verwerkers = $\frac{\sum_{R=1}^5 \sum_{C=1}^{N_C} Q_{PRC} * I_{RC}}{\sum_{R=1}^5 \sum_{C=1}^{N_C} Q_{PRC}}$

Q_{PRC} = Hoeveelheid van afval type P dat van overslagstation R naar verwerker C gaat (ton), I_{RC} = Kosten per ton voor het transport van overslagstation R naar verwerker C (euro/ton).

$C=1, \dots, N_C$ = Alle verwerkers waar op dit moment gebruik van wordt gemaakt. $S=1, \dots, N_S$ = Alle gemeenten in Limburg

Bijlage 8. Berekening transportkosten/ton van een vol inzamelvoertuig

1. Bij het gebruik van een achterlader voor brandbaar of GFT-afval is dit¹:

T	=	Transportkosten per ton van een vol inzamelvoertuig (euro/ton)	
X	=	Capaciteit van een vol inzamelvoertuig (ton)	= 9 ton
S	=	Gemiddelde snelheid van een vol voertuig (km/u)	= 50 km/uur
U	=	Kosten per uur van een inzamelvoertuig (euro/uur)	= 95 euro/uur
D	=	Gemiddeld af te leggen afstand met een inzamelvoertuig	= 11,94 ²

$$T_{\text{achterlader}} = \frac{\left(\frac{D}{S} * 2 * U_{\text{Achterlader}}\right)}{X_{\text{Achterlader}}} = \mathbf{5,04 \text{ euro/ton}}$$

2. Bij het gebruik van een achterlader voor grof huishoudelijk afval is dit:

$$X_{\text{GHA}} = 5 \text{ ton}^{(2)}$$

$$T_{\text{achterlader}} = \frac{\left(\frac{D}{S} * 2 * U_{\text{Achterlader}}\right)}{X_{\text{Achterlader}}} = \mathbf{9,07 \text{ euro/ton}}$$

3. Bij het gebruik van een zijlader is dit:

$$U_{\text{zijlader}} = 100 \text{ euro/uur}^{(3)}$$

$$X_{\text{zijlader}} = 13,5 \text{ ton}^{(2)}$$

$$T_{\text{zijlader}} = \frac{\left(\frac{D}{S} * 2 * U_{\text{Zijlader}}\right)}{X_{\text{Zijlader}}} = \mathbf{3,53 \text{ euro/ton}}$$

¹ Voor bronnen zie bijlage 3.

² Voor berekening zie bijlage 9

Bijlage 9. Berekening afstand inzamelvoertuig van bron naar AOS*

Limburg	BHA (ton/jaar)	GFT (ton/jaar)	Wegings- factor**	Afstand Kerkrade 6471WV	Afstand (km) Maastricht 6222NW	Afstand (km) Montfort 6065NN	Afstand (km) Venlo 5928LK	Afstand (km) Weert 6006SR	Afstand (km) ARN 6551DX	Gewogen Afstand (km)
Heerlen	27805	6494	0,116	8,3						0,96
Brunssum	8131	2578	0,036	11,1						0,40
Kerkrade	13525	3646	0,058	5,5						0,32
Landgraaf	10428	4128	0,049	4,5						0,22
Nuth	4266	520	0,016	16,5						0,27
Onderbanken	2408	2105	0,015	11,4						0,17
Simpelveld	1966	1505	0,012	12,0						0,14
Vaals	2190	1136	0,011	22,0						0,25
Voerendaal	2491	1954	0,015	15,5						0,23
Beek	2620	1085	0,013		11,7					0,15
Eijsden	1220	461	0,006		13,8					0,08
Gulpen-Wittem	2706	2449	0,017		18,3					0,32
Maastricht	14063	11409	0,086		6,1					0,53
Margraten	1298	883	0,007		13,1					0,10
Meerssen	2043	4006	0,020		7,6					0,16
Schinnen	2081	965	0,010		23,0					0,24
Sittard-Geleen	13905	5541	0,066		23,1					1,52
Stein	3383	1692	0,017		15,6					0,27
Valkenburg	1988	2625	0,016		10,7					0,17
Ambt Montfort	1119	432	0,005			6,7				0,04
Echt-Susteren	4031	1613	0,019			7,4				0,14
Heel	1328	740	0,007			11,5				0,08
Hunsel	990	532	0,005			14,8				0,08
Maasbracht	1869	975	0,010			5,1				0,05
Roerdalen	1127	446	0,005			12,2				0,07
Roermond	9195	3367	0,043			8,1				0,34
Swalmen	991	372	0,005			14,0				0,06
Thorn	377	214	0,002			10,9				0,02
Arcen en Velden	1253	1367	0,009				15,9			0,14
Beesel	1295	862	0,007				17,7			0,13
Bergen	1796	1105	0,010				35,3			0,35
Gennep	2247	1290	0,012				52,4			0,63
Haelen	1615	915	0,009				23,5			0,20
Helden	3235	2121	0,018				15,2			0,28
Heythuysen	1976	1018	0,010				28,6			0,29
Horst /d Maas	5436	276	0,019				12,3			0,24
Kessel	566	432	0,003				14,0			0,05
Maasbree	2379	1633	0,014				10,5			0,14
Meerlo-										
Wanssum	1061	523	0,005				19,4			0,10
Meijel	938	656	0,005				19,0			0,10
Roggel en Neer	1314	732	0,007				26,5			0,18
Sevenum	887	520	0,005				6,5			0,03
Venlo	17754	9398	0,092				5,8			0,53
Venray	5771	1988	0,026				25,1			0,66
Mook	1069	538	0,005						18	0,10
Nederweert	8967	643	0,033					9,2		0,30
Weert	2299	3938	0,021					5,7		0,12
Totaal	201402	93828	1							11,94

*Afstanden zijn in kilometers verkregen met behulp van een routeplanner,

**De wegingsfactor is genomen op basis van de hoeveelheid GFT-afval en brandbaar huishoudelijk afval per gemeente (interne gegevens Essent Milieu 2004). Grof en bedrijfsafval zijn hierbij niet meegenomen. Grof huishoudelijk afval wordt in slechts hele lage frequentie ingezameld waarbij het overgrote deel van dit afval wordt gebracht [25]. De bedrijven zijn zelf verantwoordelijk voor het ophalen van bedrijfsafval en de hoeveelheden bedrijfsafval verschillen tevens erg per jaar.

Bijlage 10. Huishoudelijk afval Limburg per week in 2002, 2003 en 2004³

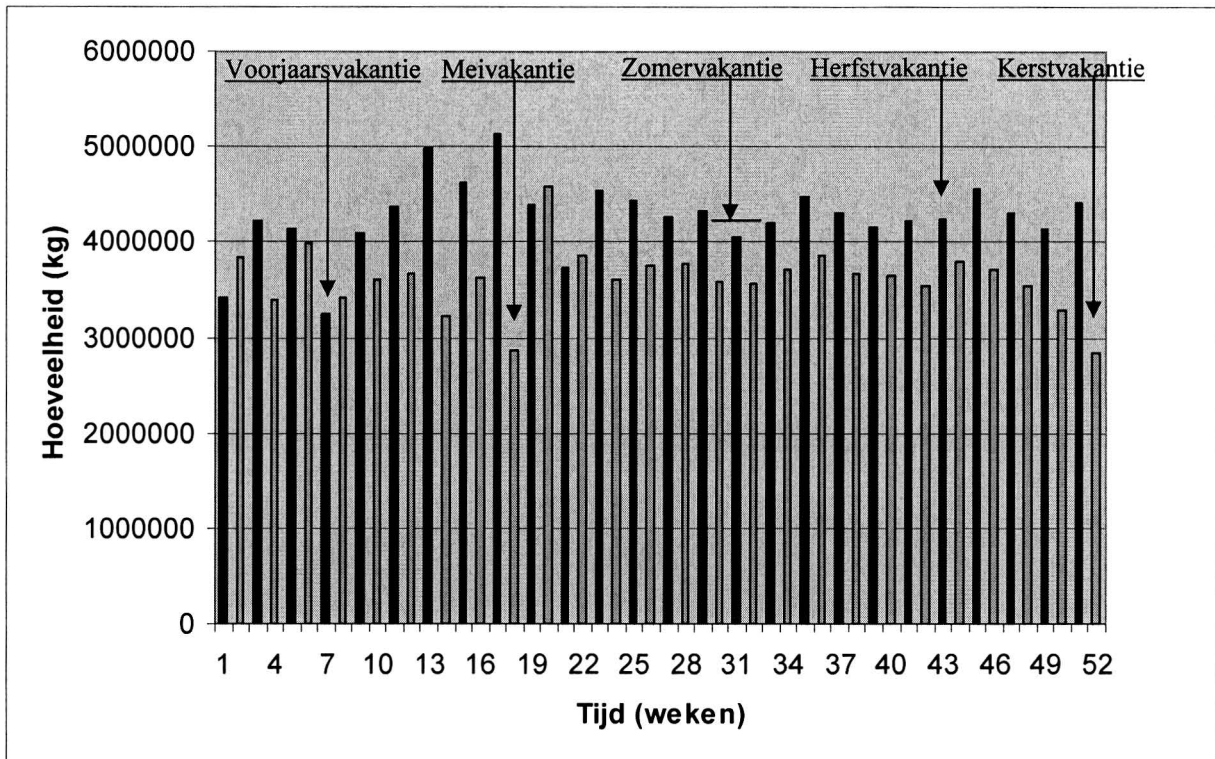


Fig. 1.. Huishoudelijk afval afkomstig uit Limburg, 2002.

■ Oneven weken
 ■ Even weken

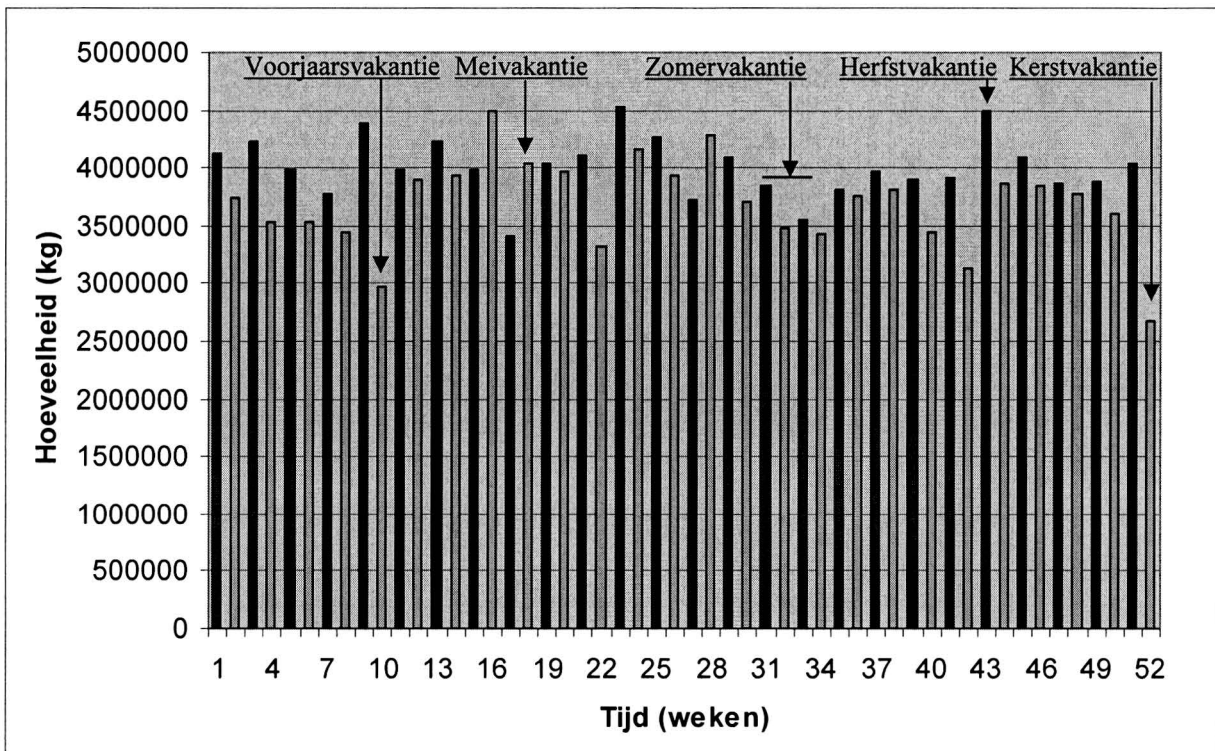


Fig. 2.. Huishoudelijk afval afkomstig uit Limburg, 2003.

³ Interne gegevens Essent Milieu.

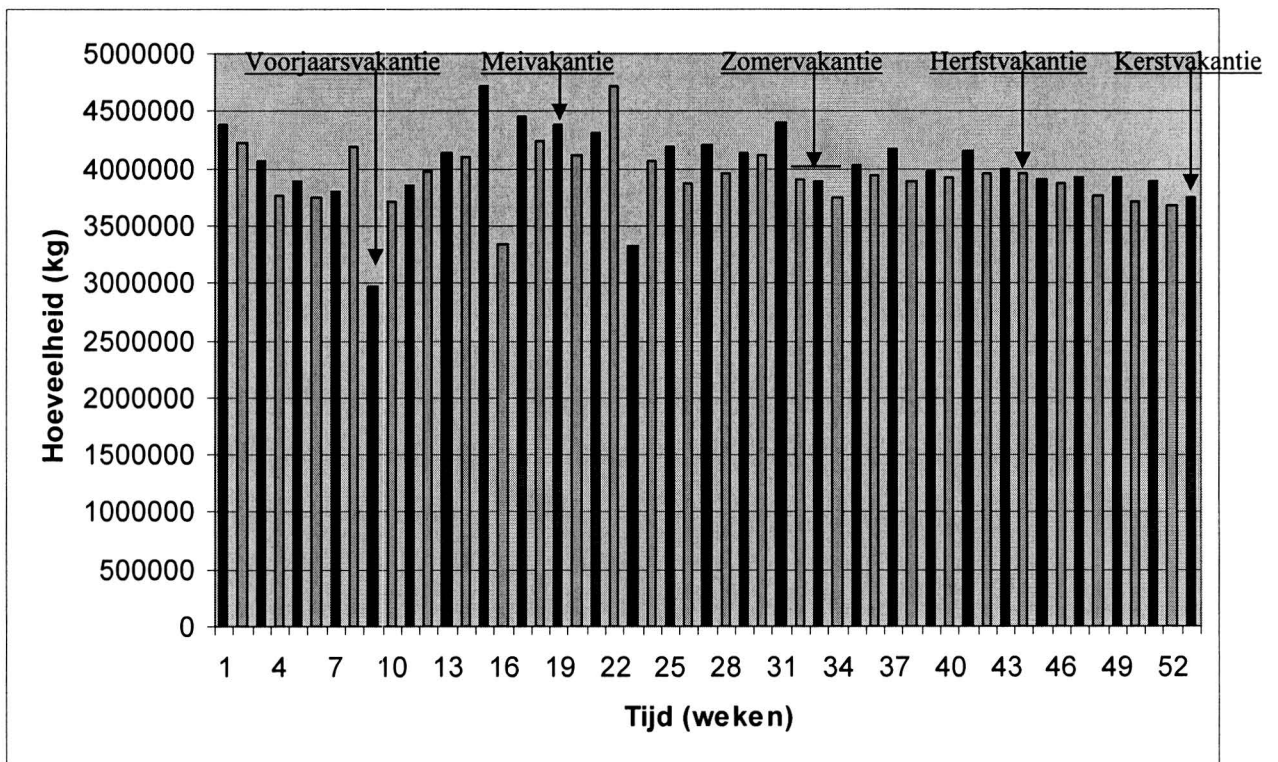
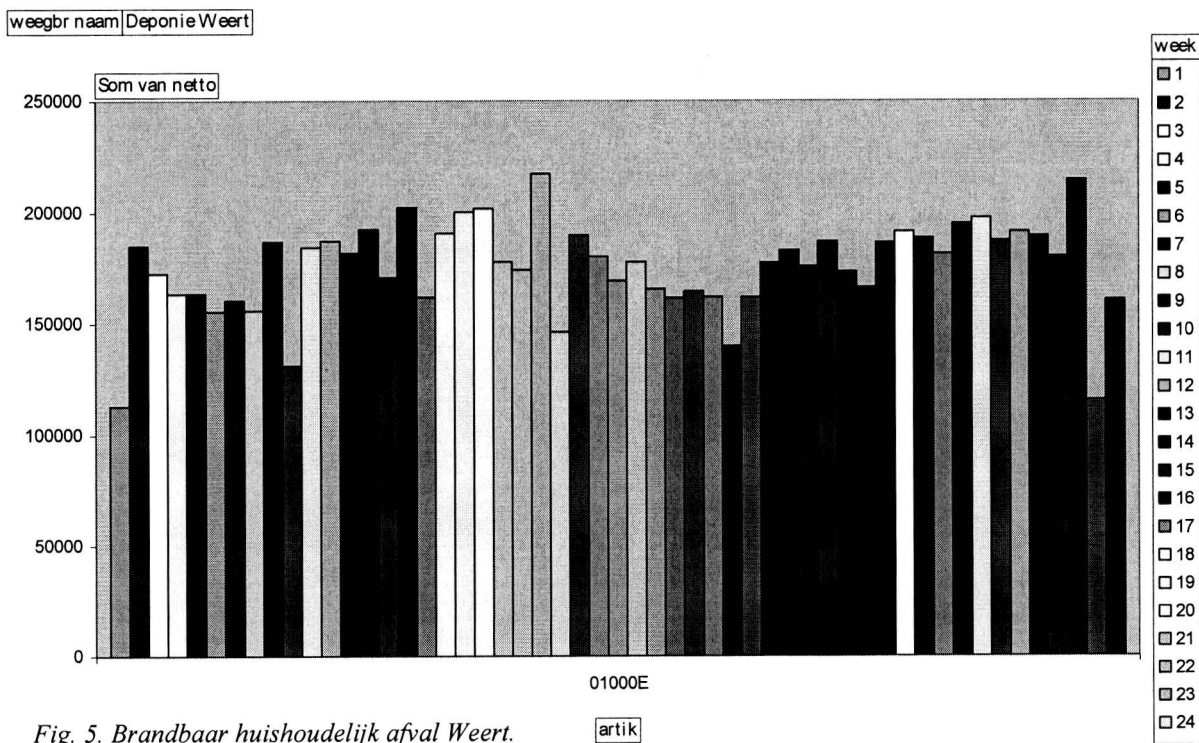
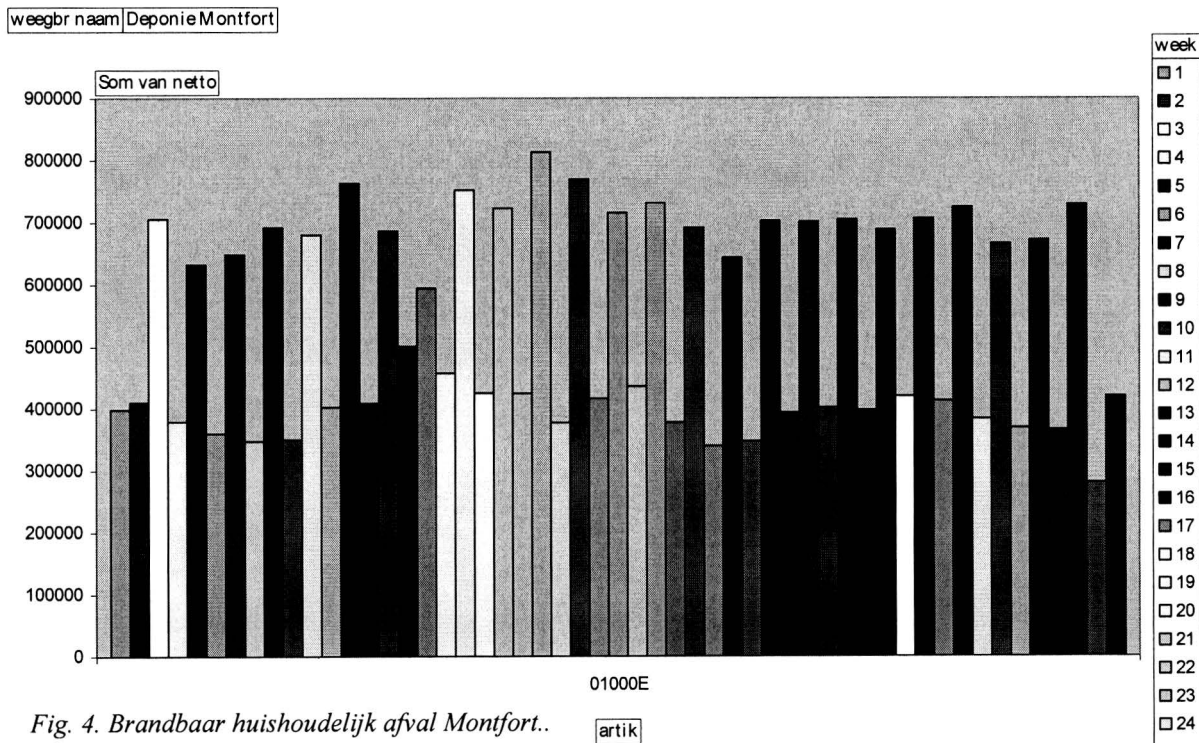


Fig. 3.. Huishoudelijk afval afkomstig uit Limburg, 2004.

Bijlage 11. Wekelijks aangeleverde hoeveelheid brandbaar huishoudelijk afval op de 5 overslagstations in Limburg in 2003⁴



⁴ Interne gegevens Essent Milieu.

weegbr naam Logistiek Kerkrade

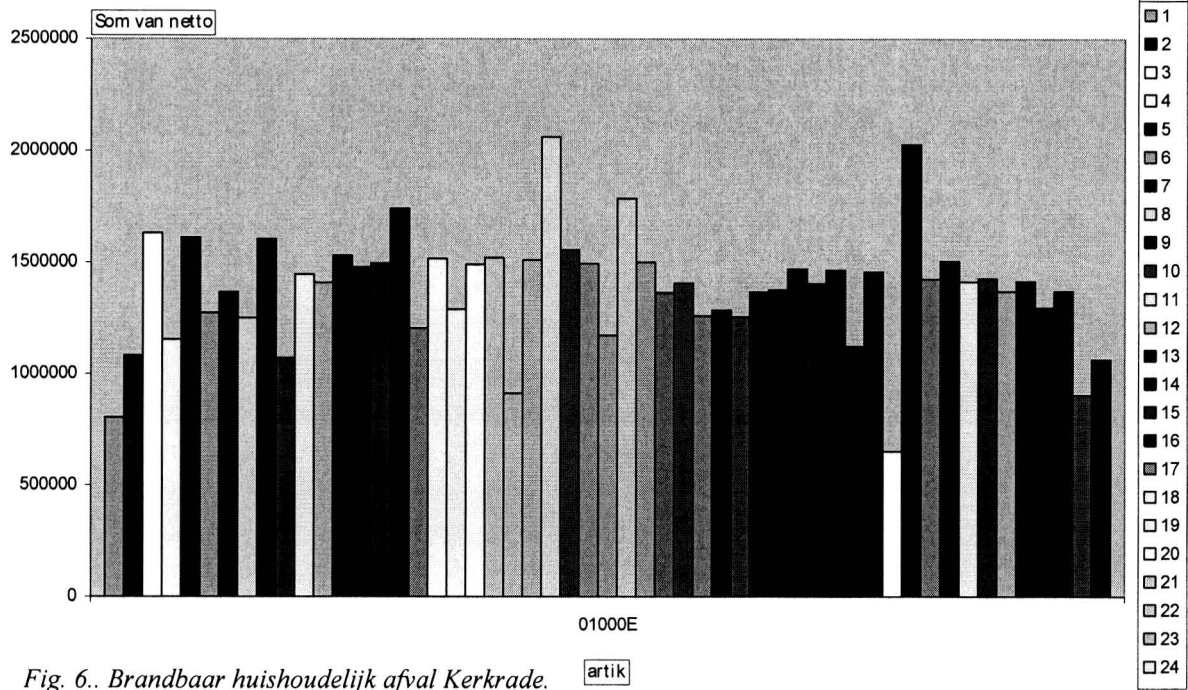


Fig. 6.. Brandbaar huishoudelijk afval Kerkrade.

weegbr naam Logistiek Maastricht

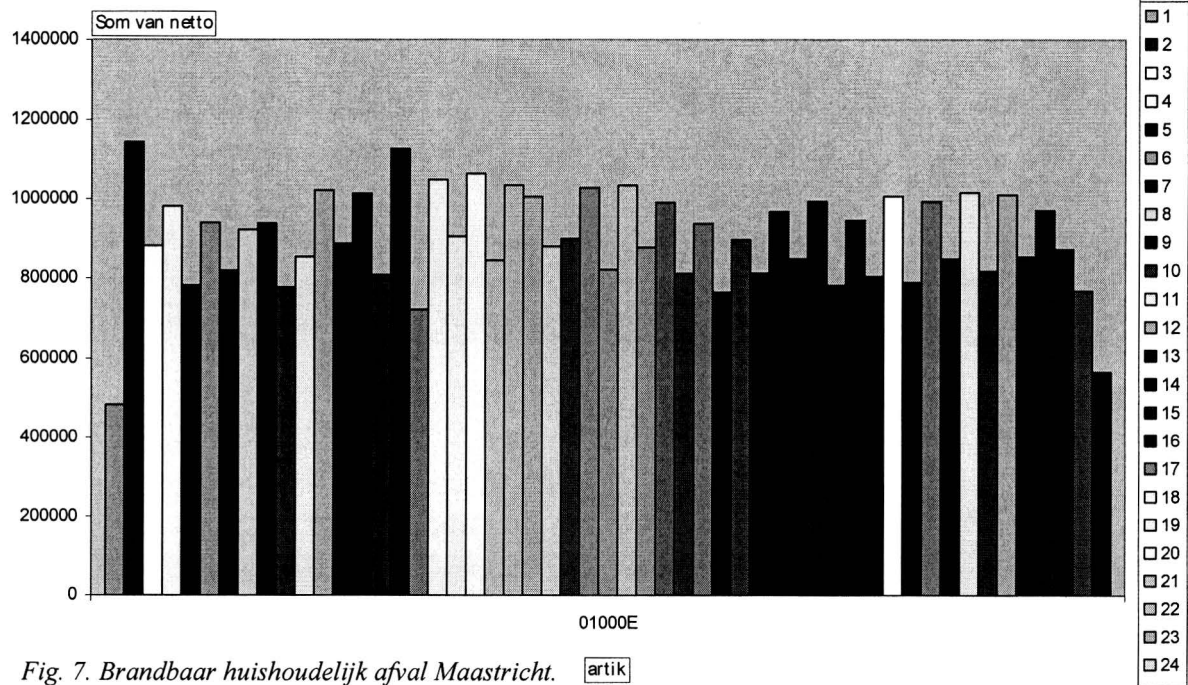


Fig. 7. Brandbaar huishoudelijk afval Maastricht.

weegbr naam Logistiek Venlo

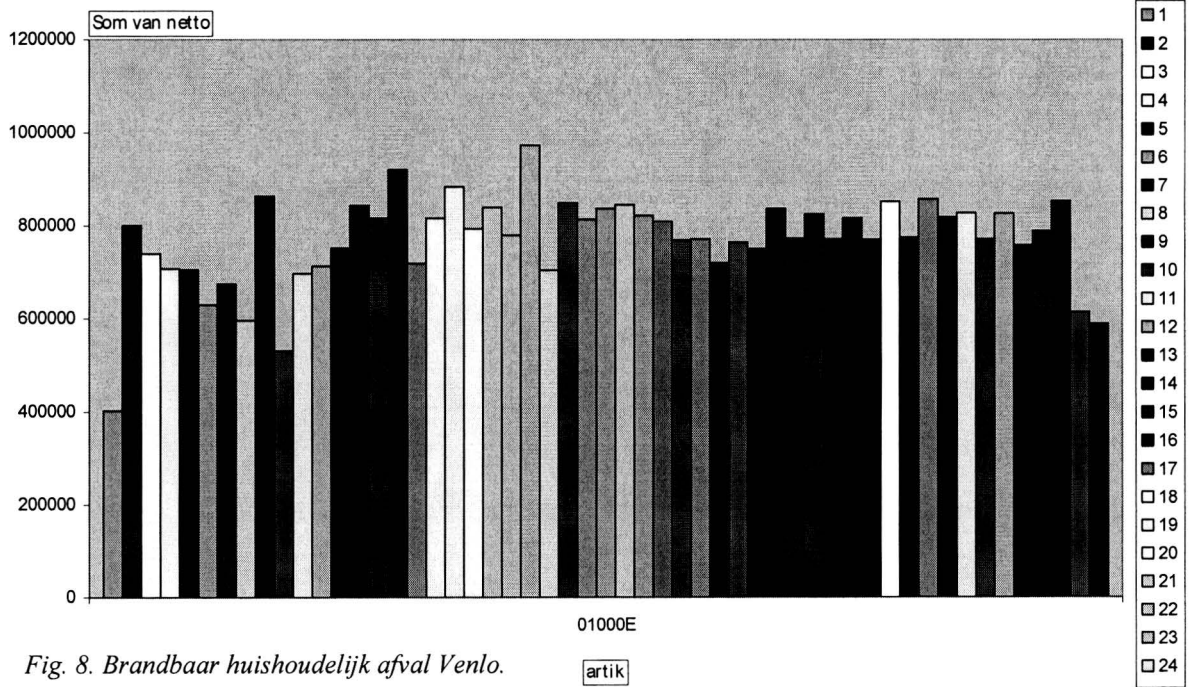
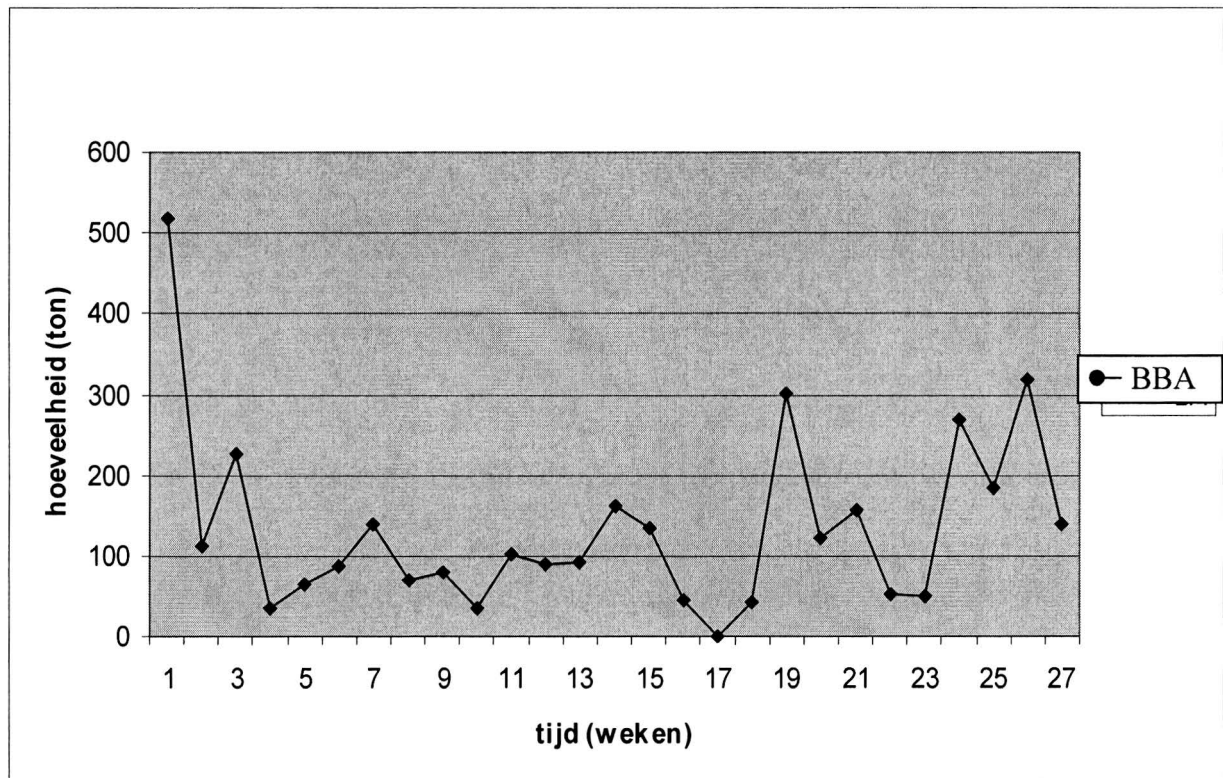


Fig. 8. Brandbaar huishoudelijk afval Venlo.

Bijlage 12. Wekelijkse aanlevering bedrijfsafval afkomstig uit Limburg, eerste helft 2005⁵



⁵ Interne gegevens Essent Milieu.

Bijlage 13. Wekelijkse aanlevering grof huishoudelijk afval afkomstig uit Limburg in jaar 2002, 2003 en 2004⁶

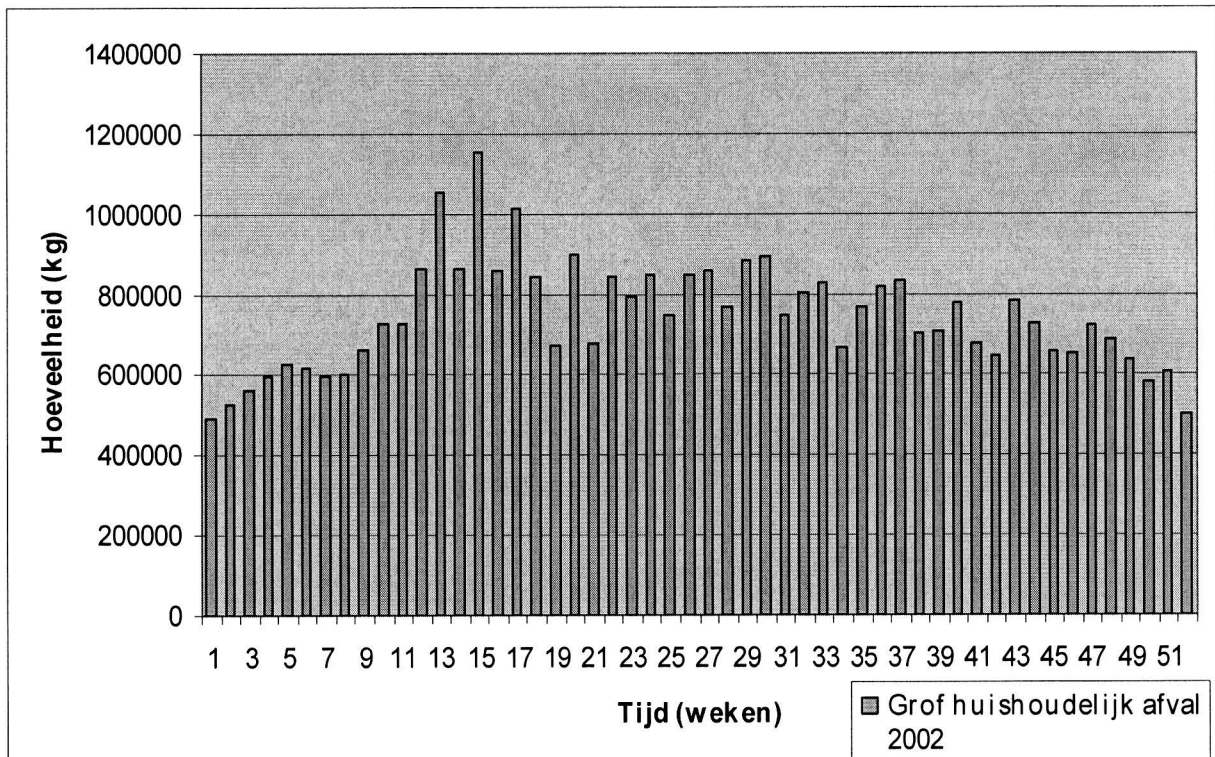


Fig. 9. Limburgs grof huishoudelijk afval 2002

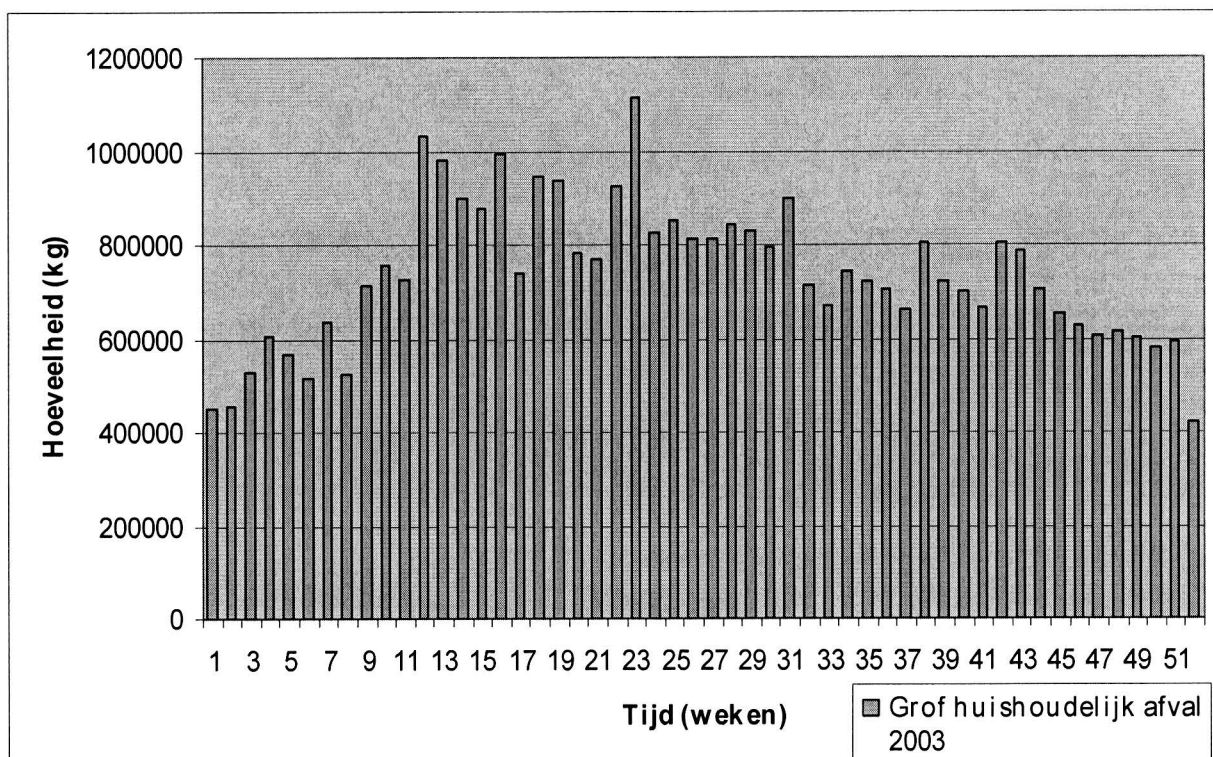


Fig. 10. Limburgs grof huishoudelijk afval 2003.

⁶ Interne gegevens Essent Milieu.

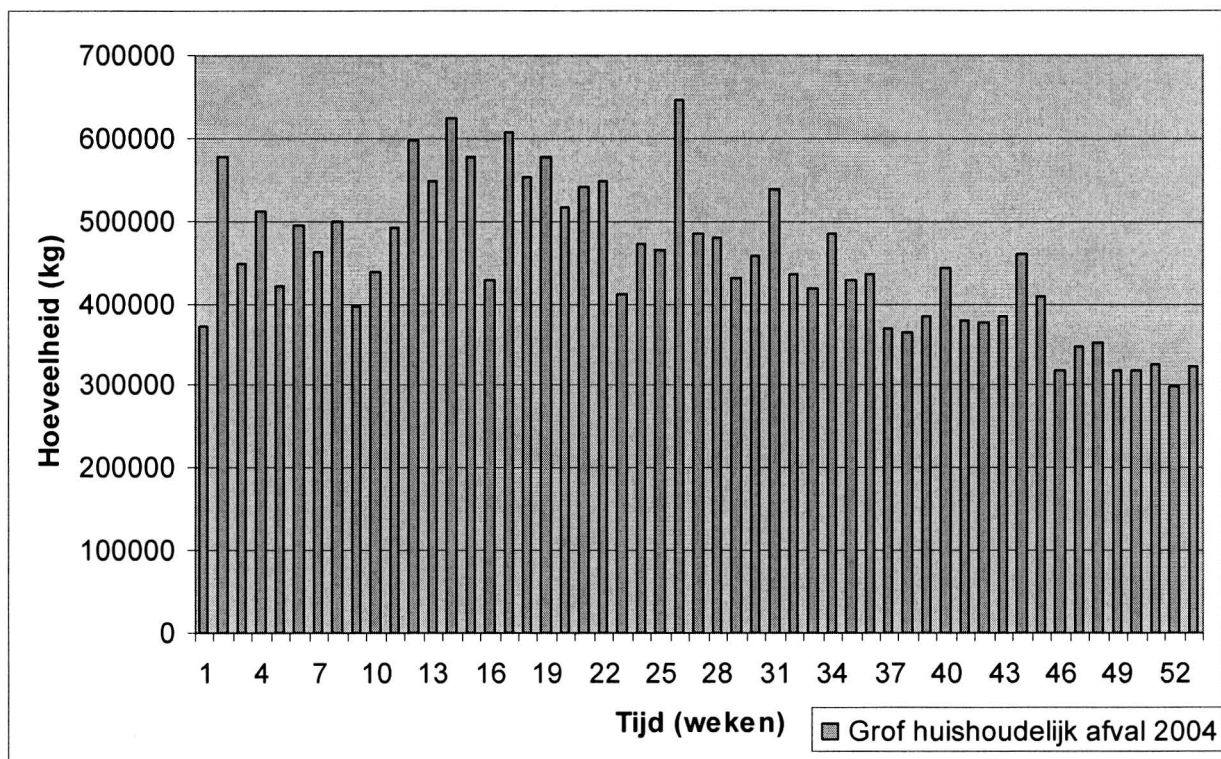
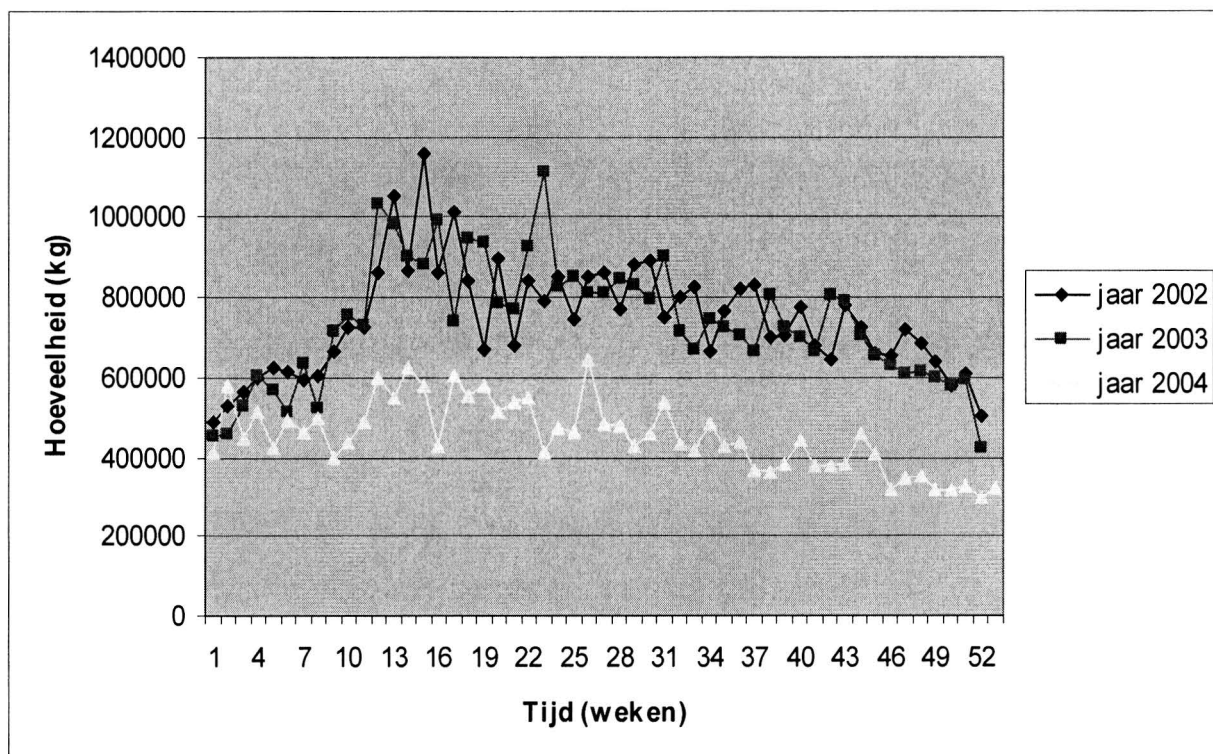


Fig. 11. Limburgs grof huishoudelijk afval 2004.

Bijlage 14. Grof huishoudelijk afval per week in 2002, 2003 en 2004



Bijlage 15. GFT-afval van Limburg per week in 2002, 2003 en 2004

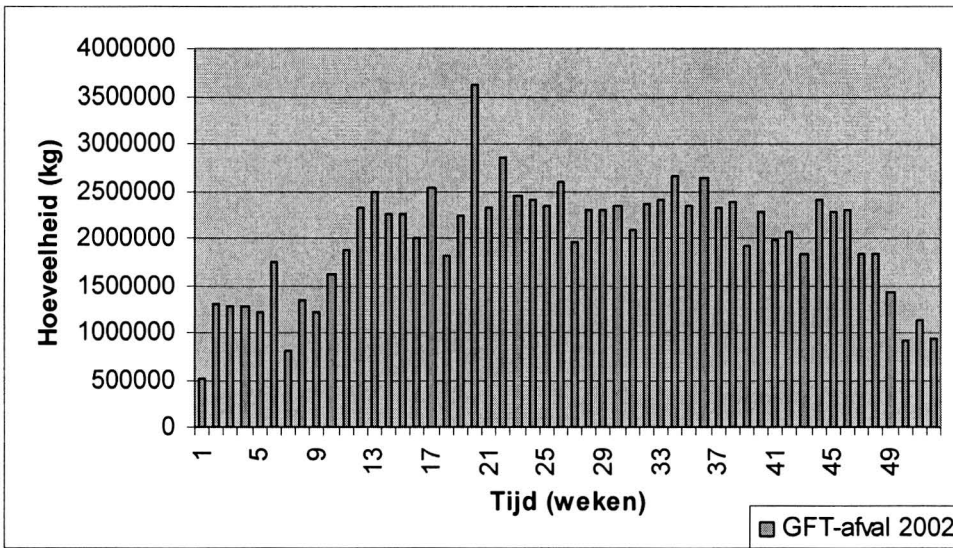


Fig. 12.. GFT-afval 2002

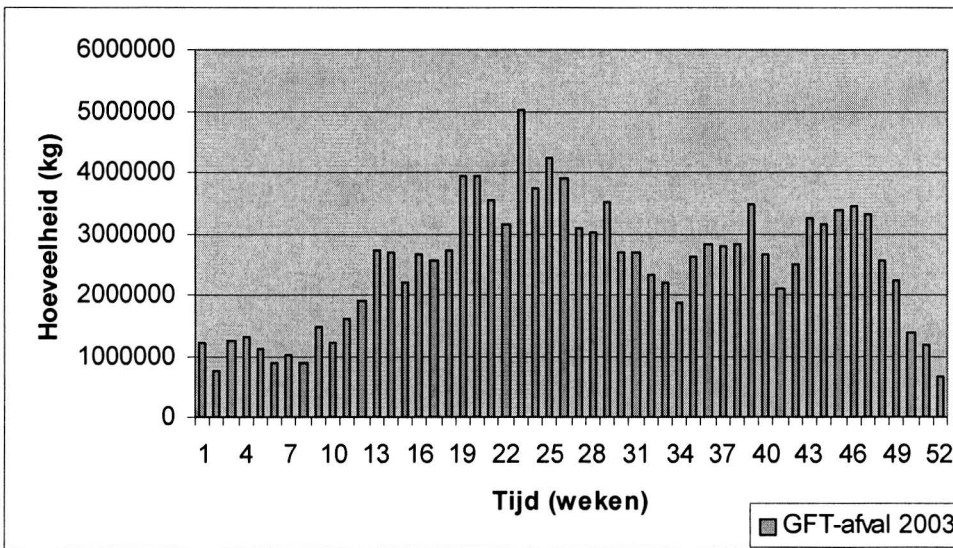


Fig. 13.. GFT-afval 2003

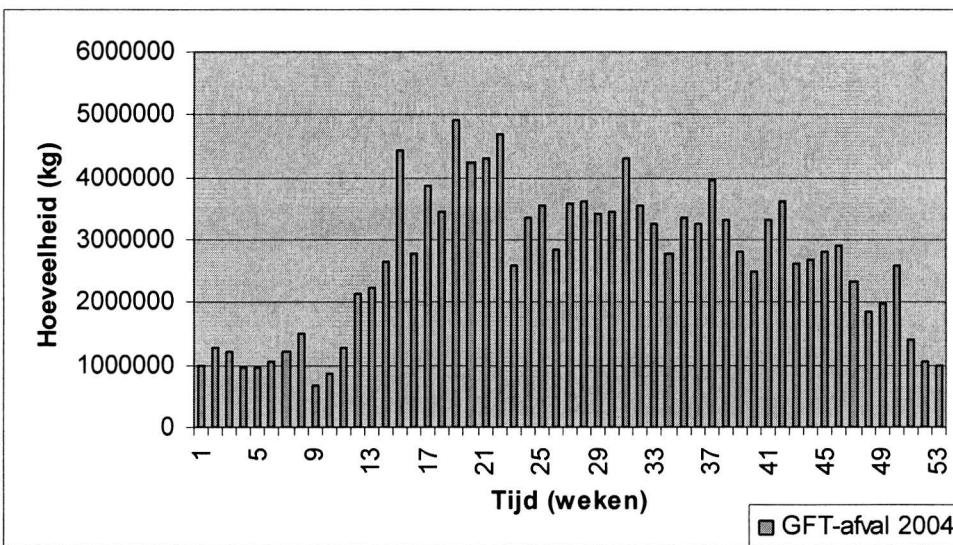


Fig. 14. GFT-afval 2004

Bijlage 18. ACTS/IES [24]

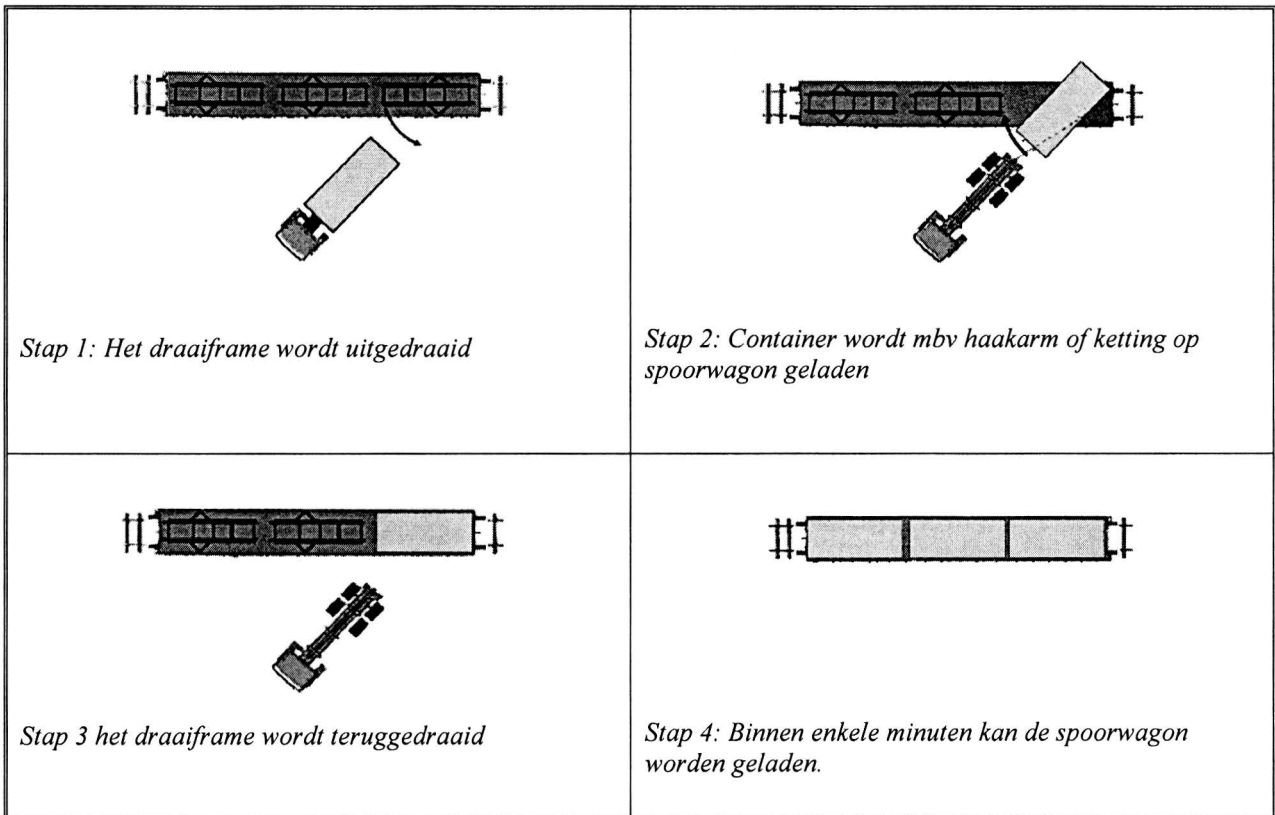
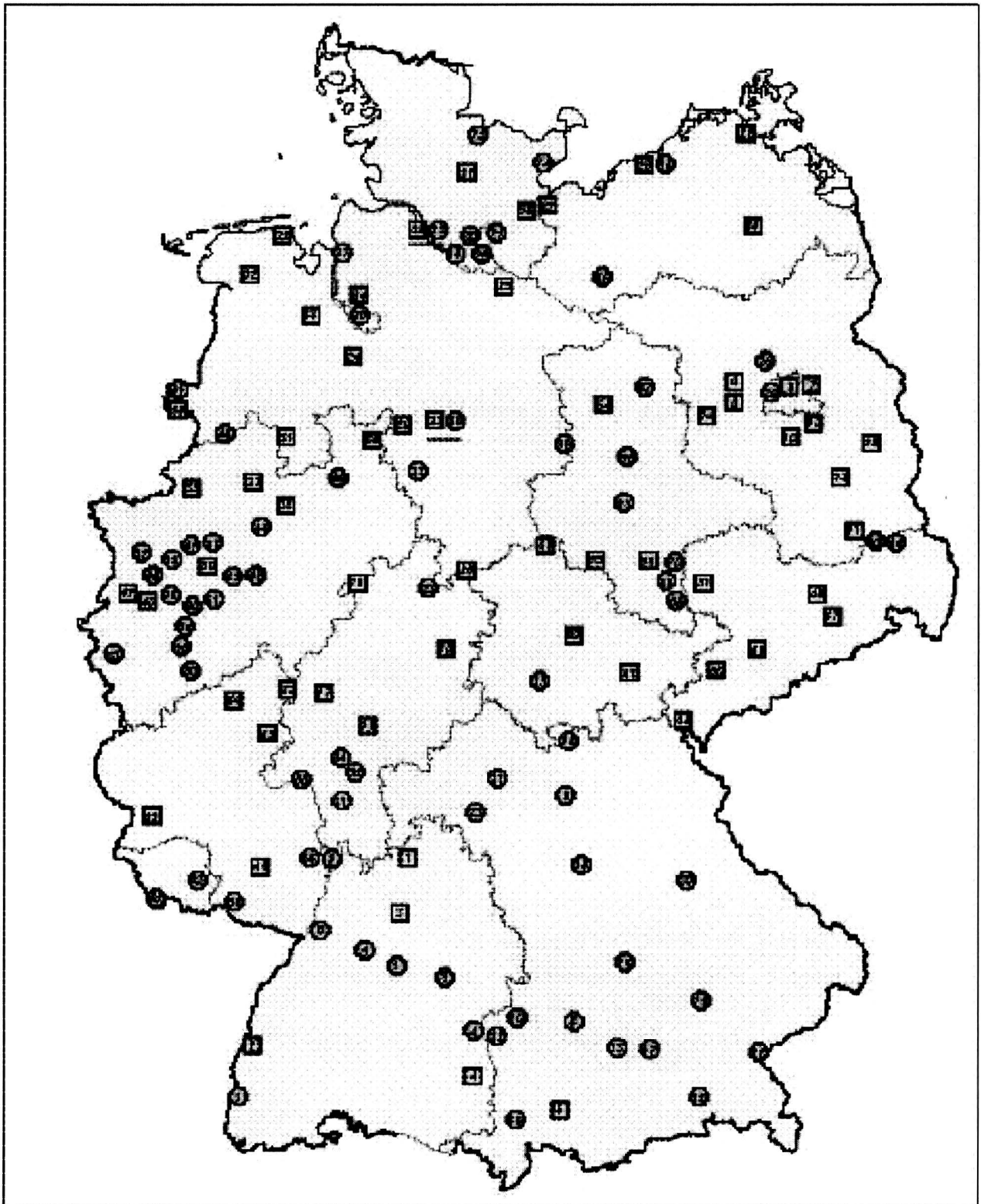


Fig. 15. De wissellaadbakken van het inzamelvoertuig worden op een trein geladen.

Bijlage 19. Kosten achterladers/zijladers [22]

	Stedelijk gebied	Stedelijk gebied	Stedelijk gebied	Stedelijk gebied
	Achterlader 3 chauffeurs >39	Achterlader 1 chauffeurs, 2 beladers<30	Achterlader 2 chauffeurs, geen norm	IES range 2 pers
Investerings (euro)				
Chasis	70000	70000	70000	70000
Opbouw	50000	50000	50000	110000
Automatische belading	20000	20000	20000	
Registreren	11000	11000	11000	11000
IES wisselcontainers				30000
Totale investeringen	151000	151000	151000	221000
Kapitaallasten (euro/jaar)				
Afschrijving 8 jr	18497,5	18497,5	18497,5	27072,5
rente	4152,5	4152,5	4152,5	6077,5
Exploitatie kosten (euro/jaar)				
Variabel				
Onderhoud chassis	4000	4000	4000	4000
Onderhoud opbouw	12000	12000	12000	12000
Onderhoud diftarsysteem	1200	1200	1200	1200
Banden	2000	2000	2000	2500
Brandstof	12187,5	12187,5	12187,5	18281,25
Onvoorzien	500	500	500	2000
Vaste kosten (euro/jaar)				
Verzekering	600	600	600	1000
Personeelskosten	135000	115000	104062,5	90000
Kosten aftransport				43501,42
Totale kosten per jaar (euro/jaar)	190137,5	170137,5	159200	207632,67
Per dag	760,55	680,55	636,8	803,53
Arbeidsuren	8	8	9	8
Kosten per uur	95,07	85,07	70,76	100,44

Bijlage 20. Verbrandingsovens in Duitsland (rood) in 2005⁷



⁷ Bron: www.abfallverbrennung.de, laatst bezocht op 14-11-2005.

Nr.	Plaats
40	Salzbergen
41	Emlichheim
42	Hagen
43	Iserlohn
44	Hamm
45	Bielefeld-Herford
46	Düsseldorf
47	Essen-Karnap
48	Krefeld
49	Oberhausen
50	Solingen
51	Wuppertal
53	Bonn
54	Leverkusen
55	Weisweiler
56	Köln
57	Herten

Tabel 1. De dichtstbijzijnde verbrandingsovens uit bijlage 20

Bijlage 21. Wegafstanden vanaf de overslagstations naar de dichtstbijzijnde Duitse AVI's (km)^{8,9}

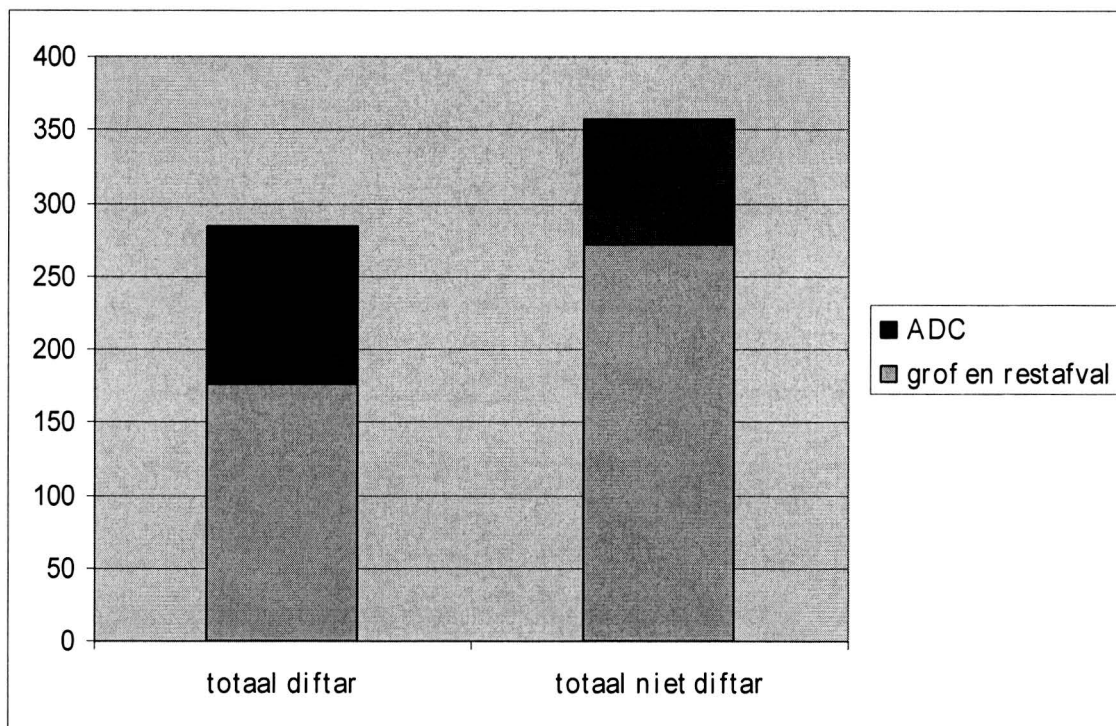
	AZN	Wijster	Salzbergen	Emlichheim	Hagen	Iserlohn	Hamm	Bielefeld	Dusseldorf
Maastricht	171,3	311	247	283,2	169,9	187,9	214,6	289,6	111,8
Venlo	141,1	220,3	166,5	202,6	120,9	125,9	140,8	212,9	56,8
Weert	110,6	250,3	205,5	256	145,9	164,9	179,8	251,9	80,8
Montfort	137,3	277	213,9	250	134,6	152,7	179,3	248,3	69,5
Kerkrade	180,2	306,2	231,3	267,4	137,5	155,6	182,2	257,2	79,4

	Essen-Karnap	Krefeld	Oberhausen	Solingen	Wuppertal	Bonn	Leverkusen	Weisweiler	Koeln	Herten
Maastricht	152,5	118,7	137,9	137,3	142,5	125,2	115	55,8	105,8	166,4
Venlo	65,2	36,6	57,3	89,4	94,5	115	97,5	78,4	88,9	85,9
Weert	104,3	70,9	96,3	113,4	118,5	139,2	115,9	91	112,9	124,9
Montfort	100,3	59,6	104,7	102,1	107,2	145,1	104,6	75,8	101,6	133,3
Kerkrade	120,2	86,3	122,1	105	110,1	103,1	93	33,8	83,8	149,1

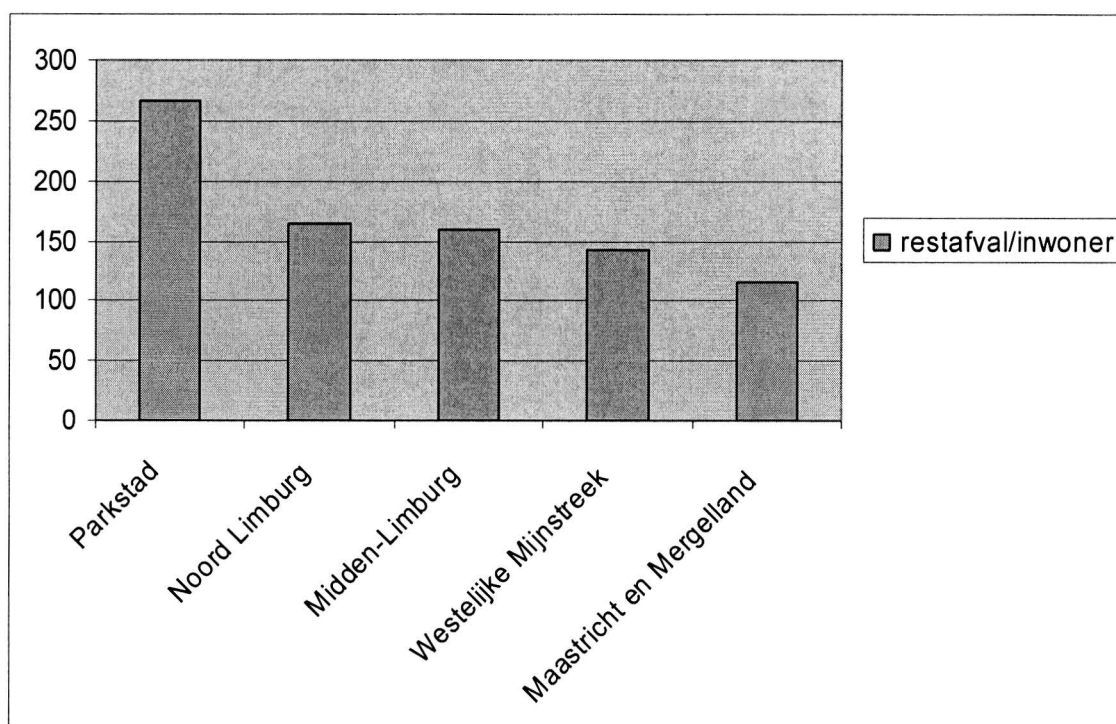
⁸ Afstanden berekend met routeplanner.

⁹ Blauwe kleur geeft aan dat de Duitse avi dichterbij de huidige overslagstations ligt dan de Nederlandse avi's.

Bijlage 22. Hoeveelheden grof en restafval per inwoner per jaar verdeeld in diftar en niet diftar [3]



Bijlage 23. Restafval per inwoner per jaar van de Limburgse gewesten [3]



Bijlage 24. Kosten/baten - analyse storten en verbranden [12]

	Landfilling	Incineration
Net Private Costs	36	79
Environmental costs	5.84	17.26
-emissions to air	0	0
-emissions to water	2.63	28.69
-chemical waste	17.88	0
-land use	26.35	45.95
Environmental costs savings		
-energy function	-4.21	-22.55
-materials function	-0	-5.76
Net environmental costs	22.14	17.64
Total costs	58.14	96.64

Bijlage 25. Emmissies per Tonkm en energieverbruik per transportwijze [8][27]

Transportwijze	Energieverbruik	CO ₂	CO	NO _x	SO ₂	VOS
	mlnJ/tonkm	g/tkm	g/tkm	g/tkm	g/tkm	g/tkm
Weg	2,9	235	0,89	2,04	0,067	0,3
Spoor	0,4	26,3	0,1	0,39	0,026	0,026
Binnenvaart	0,6	46,7	0,14	0,86	0,049	0,047

Bijlage 26. De kosten van scheepstransport versus die van wegtransport

Kosten	Type	1. Containers op schip [20]	2. Containers op schip [20]	3. Balen op schip [20]	4. Balen op schip [20]	5. Wegvervoer [20]	6. Containers op schip ¹⁰	7. Wegvervoer	8. Overslag ROC ¹¹
Afstand traject (km)		200-300	200-300	200-300	200-300	200-300	180	180-300	200
	Hoeveelheid per AOS (ton/jaar)	30000	60000	30000	60000		80000	80000	80000
Overslag	Investering (euro)	1468000	2193000	1700000	2250000		805500	805500	805500
	Afschrijving (euro/jaar)	122000	184000	146000	194000		80550	80550	80550
	Exploitatie (euro/jaar)	144000	211000	161000	226500		395255	395255	395255
Overslagkosten (euro/ton)		8,9	6,6	10,2	7	6	5,95	5,95	5,95
Voortransport (euro/ton)		-	-	0,2	0,2				
Op de kade opstellen	Investering (euro)	260000	380000	120000	200000				
	Afschrijving (euro/jaar)	17000	26000	8000	14000				
	Exploitatie (euro/jaar)	4000	7000	1000	4000				
Per ton (euro/ton)		0,7	0,6	0,3	0,3	-	1,1	-	-
Laden	Investering (euro)	720000	860000	250000	410000				
	Afschrijving (euro/jaar)	66000	77000	23000	38000				
	Exploitatie (euro/jaar)	81000	122000	57000	94000				
Per ton (euro/ton)		4,9	3,3	2,7	2,2		4,5	-	-
Transport naar avi (euro/ton)		3,9-4,8	3,9-4,8	2,1-3,8	2,1-3,8	12,6-18,9	4,29	11,31-16,30	20
Ladingdrager (euro/ton)		3,5	3,5	3,3	3,3	-	1,5	-	1,5
Lossen	Investering (euro)	5700000	5700000	4900000	4900000				
	Exploitatie (euro/jaar)	11000	11000	970000	970000				
Per ton (euro/ton)		3,4	3,4	3	3	-	6,19	-	-
Balen losmaken (euro/ton)		-	-	4	4	-	-	-	-
Totaal (euro/ton)		25,3-26,2	21,3-22,2	26,6-27,5	22,9-23,8	18,6-24,9	23,53	17,25-22,30	27,45

¹⁰ Informatie verkregen van Ad Pellemans, 16-11-2005.

¹¹ Informatie verkregen van A. Stokbroekx, medewerker Waalhaven-group, 30-11-2005 (De kosten zijn inclusief laden en lossen).

Berekeningen innovaders [20]:

- Per schip wordt 320.000 ton afval per jaar getransporteerd, met 2 afvaarten/week.
- De belading van een bulkwagen is 27 ton.

Berekeningen Ad Pellemans:

- Geen voortransport, aangezien er wordt gewerkt met kranen op eigen terrein.
- Er wordt uitgegaan van een schip met 90 containers (900 ton) en 1 afvaart per week.
- Scheepstransport vindt plaats vanaf eigen kade in Maastricht naar Moerdijk.

1,1 euro/ton : De kosten voor het opstellen op de kade; bestaan uit het afnetten en verzendgereed maken van containers.

4,29 euro/ton : De kosten voor het transport naar de avi; bestaan uit 3200 euro/duwbak transportkosten plus de huur van de duwbak a 220 euro/dag.

1,5 euro/ton : De kosten van een ladingdrager; bestaan uit 60 euro/maand huur van IGAT

6,19 euro/ton : De loskosten; bestaan uit 4,5 euro/ton loskosten in Moerdijk en 1,69 euro/ton loskosten bij AZN.

- De kosten voor het wegtransport zijn gegeven voor het traject Kerkrade-Moerdijk (180 km) en Kerkrade-Wijster (300 km) en 27 ton per bulkwagen en zijn inclusief laden en lossen.

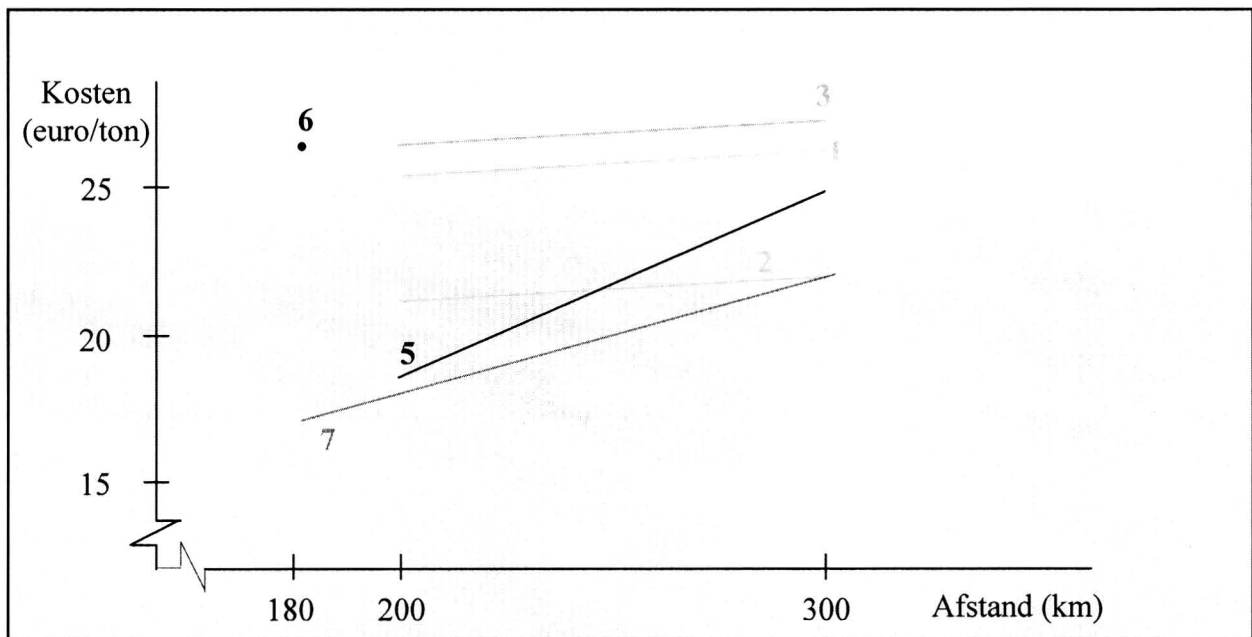


Fig. 16 Kosten voor scheeps- en wegtransport van afval inclusief overslag op AOS. (nummers corresponderen met de nummers uit de tabel)

Bijlage 27 en 28 Kosten alternatieve binnenvaart

Kosten (euro/ton)	Wegvervoer	Wegvervoer IES	Scheepsvervoer IES	Zelflossend schip	Zelflossend schip met IES
Afstand traject (km)	200-300	200	200	200	200
Extra inzamelkosten zijlader	-	3,76	3,76	-	3,76
Extra sets perscontainers	-	-	1,29	-	1,29
Overslagkosten	5,95	1,11	1,11	7,5	1,11
Op de kade opstellen	-	-	1,1	-	-
Laden	-	-	4,5	-	-
Transport naar avi	11,31-16,30	15,08-21,73 ¹²	4,29	9,36	9,36
Ladingdrager	-	-	-	1,5	-
Lossen	-	-	6,19	1,69	1,69
Totaal (euro/ton)	17,25-22,30	19,95-25,96	22,24	20,05	17,21

Tabel 2. De kosten van alternatieven van de traditionele binnenvaart inclusief overslag. De aannames/berekeningen die hiervoor zijn gemaakt staan in bijlage 30.

Bijlage 29 Kosten treintransport

Kosten (euro/ton)	Wegvervoer	Treinvervoer	Treinvervoer IES/ACTS
Afstand traject (km)	200-300	200-300	200-300
Extra inzamelkosten zijlader	-	-	3,76
Extra set perscontainers	-	-	1,29
Overslagkosten	5,95	7,5	1,11
Vaste Kosten	-	4,34	4,34
Transport naar avi	11,31-16,30	8,64-10.69	8,64-10.69
Ladingdrager	-	0,25	-
Infraheffing	-	0,1	0,1
Totaal	17,25-22,30	20,83-22,88	19,39-21,44

Tabel 3. De kosten van treintransport voor afval inclusief overslag. De aanname/berekeningen die hierbij zijn gemaakt staan in bijlage 30.

¹² Transportkosten zijn hoger in vergelijking met de huidige transportkosten over de weg. Bij wegvervoer wordt er door de transporteurs vanuit gegaan dat op 50% een retourlading kan worden gevonden. Bij wegvervoer met IES moet de perscontainer weer terug naar Essent Milieu waardoor dit niet mogelijk is.

Bijlage 30. Aannames/berekeningen bij bijlagen 27 t/m 29

Inzamelkosten IES:

Kosten per uur IES: 100,44 euro/uur (zie bijlage 19)

Aantal huishoudens in Limburg: 487600.[45]

Hoeveelheid brandbaar huishoudelijk afval afkomstig uit Limburg: 205220 ton/jaar (zie paragraaf 2.1.3.3).

Om de week Brandbaar huishoudelijk afval ophalen.

1000 ledigingen per dag (informatie verkregen van Erik Prinsen)

Berekeningen:

Jaarlijkse hoeveelheid brandbaar huishoudelijk afval per huishouden: 0,42 ton.

Inzamelen per dag: 16.15 ton.

Inhoud inzamelvoertuig: 13,5 ton

Aantal keer rijden per dag: 1,2

Tijd kwijt met 1 keer op en neer rijden naar het AOS: half uur.

Kosten inzameling: $100,44 * 7,4 / 16,15 = 46$ euro/uur

Inzamelkosten Achterlader:

3 Vuilnisophalers, waarvan 1 chauffeur.

P90norm.

Verhouding vuilnisophalers naar leeftijd: 13:14:10 (informatie verkregen van Jasper Hersbach, mederwerker van Van Gansewinkel).

Maximaal aantal tonnen wat een vuilnisophaler mag ophalen: 7,99 ton

$(11,3 * 0,35 + 8,3 * 0,38 + 5,2 * 0,27 * 5/8)$

Inzamelen per dag: 15.973

Inhoud inzamelvoertuig: 9 ton.

Aantal keer naar AOS rijden per dag: 1,8

Kosten inzameling: $7,1 * 95 / 15,973 = 42,23$

Extra inzamelkosten: $46 - 42,23 = 3,76$ euro/ton.

Kosten wisselcontainer door scheepsvervoer

Kosten 3 wisselcontainers per dag: 5,79 euro (bijlage 19)

Kosten wisselcontainer per ton per dag: $5,79 / 16,15 = 0,36$

Extra containers nodig door slooptransport: $3 * 1,2 = 3,6$ (transport duurt 3 dagen)

Extra kosten wisselcontainer: 1,29 euro/ton.

Overslagkosten bij IES (informatie Ad Pellemans)

Investeringskosten 50.000 euro/jaar.

Capaciteit 45.000 euro/jaar.

Overslagkosten per ton: 1,11 euro/ton.

Transportkosten Zelflossend schip (informatie Robert F. Zimmerman, directeur van Mercurius scheepvaart b.v)

Jaarhuur all-in: 1.200.000 euro.

Capaciteit 128250 ton. (bij gebruik van perscontainers met 13,5 ton)

Transportkosten: 9,36 euro/ton

Kosten Treinvervoer (informatie Ad Pellemans)

Vaste kosten wagonhuur en terminalkosten: 889000

Tonnen: 205.000

Vaste kosten treinvervoer: 4,34 euro/ton

Bijlage 31. Lijst met gebruikte variabelen in hoofdstuk 5

ca_C	=	Kosten (€/ton) voor het verwerken van 1 ton afval bij verwerker C
cb	=	Variabele kosten (€/ton) voor het laden van 1 ton grof huishoudelijk afval in een bulkvoertuig.
CB_K	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) voor het laden van afval op milieustraat K.
cb_{KC}	=	Variabele kosten (€/ton) voor het laden van 1 ton grof huishoudelijk afval in het voertuig wat van milieustraat K naar verwerker C rijdt.
cb_{PRC}	=	Variabele kosten (€/ton) voor het laden van 1 ton afval type P dat vanaf overslagstation R naar verwerker C wordt vervoerd.
CB_R	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) voor het laden van afval op overslagstation R.
CD_C	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) om afval door verwerker C te laten verwerken..
CE_S	=	Jaarlijkse/wekelijkse extra kosten (€) t.o.v. een achterlader om afval in te zamelen bij bronpunt S.
ci_P	=	Wekelijkse bewakingskosten op een overslagstation voor afval type P.
CI_R	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) voor het opslaan van afval op overslagstation R.
CIX_R	=	Extra voorraadkosten op overslagstation R om te voorkomen dat in week 52 zoveel mogelijk op voorraad wordt gelegd om zo de verwerkingsprijs te ontlopen.
cl_P	=	Kosten (€/ton) voor het lossen van 1 ton afval type P op een overslagstation met een inzamelvoertuig.
$cl2p$	=	Kosten (€/ton) voor het lossen van 1 ton afval type P op een overslagstation met een bulkvoertuig.
CL_C	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) voor het lossen van afval bij verwerker C.
CL_R	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) voor het lossen van afval op overslagstation R.
cl_{RCP}	=	Variabele kosten (€/ton) voor het lossen van 1 ton afval type P voor het traject van overslagstation R naar verwerker C.
CT_{KC}	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) om afval vanaf milieustraat K naar verwerker C te transporteren.
ct_{KC}	=	Variabele kosten (€/km/ton) voor het transport van 1 ton grof huishoudelijk afval vanaf milieustraat K naar verwerker C.
CT_{KR}	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) om afval vanaf milieustraat K naar overslagstation R te transporteren.
ct_{KR}	=	Variabele kosten (€/km/ton) voor het transport van 1 ton grof huishoudelijk afval vanaf milieustraat K naar overslagstation R met een bulkvoertuig.
ct_P	=	Variabele kosten (€/km/ton) voor het transport van 1 ton afval type P over 1 kilometer.
CT_{SC}	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) om afval rechtstreeks vanaf bronpunt S naar verwerker C te transporteren.
CT_{SR}	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) om afval vanaf bronpunt S naar AOS R te transporteren.
CT_{RC}	=	Jaarlijkse/wekelijkse kosten (€) om afval vanaf AOS R naar verwerker C te transporteren.
ct_{RCP}	=	Variabele kosten (€/km/ton) voor het transport per ton afval type P vanaf overslagstation R naar verwerker C.
ct_{RCP}	=	Variabele kosten (€/km/ton) voor het transport per ton afval type P vanaf overslagstation R naar verwerker C.
cv_{IRT}	=	Vaste jaarlijkse kosten voor het openen van hal T voor de opslag bij overslagstation R
cv_L_C	=	Jaarlijkse wekelijkse vaste kosten voor het openen of open houden van de losfaciliteiten bij verwerker C.
cv_L_K	=	Wekelijkse vaste kosten die verbonden zijn aan het openen of openhouden van de laad- en losfaciliteiten op milieustraat K.
cv_L_R	=	Jaarlijkse/wekelijkse vaste kosten die verbonden zijn aan het openen of openhouden van de laad- en losfaciliteiten op overslagstation R.
CV_R	=	Jaarlijkse/wekelijkse openingskosten (€) van overslagstation R.
cv_R	=	Wekelijkse vaste kosten die verbonden zijn aan het openen of openhouden van overslagstation R.
D_{KC}	=	Afstand in kilometer vanaf milieustraat K naar verwerker C
D_{KR}	=	Afstand in kilometer vanaf milieustraat K naar overslagstation R
D_{RC}	=	Afstand in kilometer vanaf AOS R naar verwerker C.
D_{SC}	=	Afstand in kilometer vanaf bronpunt S naar verwerker C
D_{SR}	=	Afstand in kilometer vanaf bronpunt S naar overslagstation R
J_C	=	Afgesproken wekelijkse contracthoeveelheid bij verwerker C.
$J2_C$	=	Maximale capaciteit die wekelijks beschikbaar is bij verwerker C voor grof huishoudelijk afval
$J3_C$	=	Maximale capaciteit die per week beschikbaar is bij verwerker C voor GFT-afval
Ji_{RPW}	=	Maximale huidige opslagcapaciteit per week W voor afvaltype P op AOS R
$Ji2_{RPWH}$	=	Bij te bouwen wekelijkse opslagcapaciteit T voor afvaltype P op AOS R
J_{RH}	=	Maximale wekelijkse overslagcapaciteit van AOS R configuratie H voor het overslaan van afval.
M_i	=	Groot getal i

- $Q_{I_{RPW}}$ = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat aan het eind van week W ligt opgeslagen op overslagstation R.
- Q_{KP} = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat gemiddeld per week naar milieustraat K wordt gebracht
- $Q_{K_{PW}}$ = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W naar milieustraat K wordt gebracht
- $Q_{K_{RP}}$ = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in gemiddeld per week vanaf milieustraat K naar AOS R gaat.
- $Q_{K_{RPW}}$ = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W vanaf milieustraat K naar AOS R gaat.
- $Q_{K_{CP}}$ = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat gemiddeld per week vanaf milieustraat K naar verwerker C wordt getransporteerd.
- $Q_{2_{K_{CP}}}$ = Deel van het grof huishoudelijk afval dat gemiddeld per week rechtstreeks vanaf milieustraat K naar verwerker C gaat en niet wordt gesorteerd maar verbrand.
- $Q_{K_{CPW}}$ = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W vanaf milieustraat K naar verwerker C wordt getransporteerd.
- Q_{scp} = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat gemiddeld per week rechtstreeks vanaf bronpunt S naar verwerker C gaat.
- Q_{SCPW} = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W rechtstreeks vanaf bronpunt S naar verwerker C gaat.
- Q_{sp} = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat gemiddeld per week in bronpunt S wordt opgehaald.
- Q_{SPW} = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W in bronpunt S wordt opgehaald.
- Q_{SRP} = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat gemiddeld per week van bronpunt S naar AOS R gaat.
- Q_{SRPW} = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W van bronpunt S naar AOS R gaat.
- Q_{RCP} = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat gemiddeld per week van AOS R naar verwerker C gaat.
- $Q_{2_{RCP}}$ = Deel van het grof huishoudelijk afval dat gemiddeld per week vanaf overslag station R naar naar verwerker C gaat en niet wordt gesorteerd maar verbrand.
- Q_{RCPW} = Hoeveelheid afval (ton) van type P dat in week W van AOS R naar verwerker C gaat.
- y_{RH} = Binaire variabele welke aangeeft of overslagstation R type H open is of dicht.
- $y_{I_{RPW}}$ = Binaire variabele welke aangeeft of product P aan het eind van week W op overslagstation R op voorraad ligt.
- $y_{i_{RT}}$ = Binaire variabele die aangeeft of er extra ruimte voor opslag wordt gemaakt op overslagstation R.
- Z_C = Boete hoeveelheid omdat er te weinig afval is geleverd ten opzichte van het contract met verwerker C.
- Z_{CW} = Boete hoeveelheid per week omdat er te weinig afval is geleverd ten opzichte van het contract met verwerker C.
- Z_{p2} = Extra hoeveelheid bovenop de contracthoeveelheid die wordt getransporteerd per trein.

Bijlage 32. Gedetailleerde kostenfuncties deel 1: Bepaling locatie en aantal AOS

Rechtstreeks transport van de bron naar de verwerker (CT_{SC})

De kosten voor het transport vanaf het bronpunt S naar verwerker C zijn afhankelijk van:

- de transporthoeveelheid;
- de variabele transportkosten;
- en de af te leggen afstand.

De variabele kosten, uitgedrukt in euro per kilometer per ton, van het transport zijn afhankelijk van het type product dat wordt vervoerd, aangezien de volume/gewicht verhouding van grof huishoudelijk afval hoger is dan die van GFT of brandbaar afval. Tenslotte zijn de variabele transportkosten ook afhankelijk van het gebruikte transportvoertuig. Bij rechtstreeks transport van bron naar verwerker is het inzamelvoertuig het enig mogelijke transportvoertuig.

$$(1) \quad CT_{SC} = \sum_{P=1}^2 Q_{SCP} * ct_P * D_{SC}$$

ct_P = Variabele kosten (€/km/ton) voor het transport van 1 ton afval type P over 1 kilometer.

D_{SC} = Afstand in kilometer vanaf bronpunt S naar verwerker C.

Transport van de bron naar het AOS (CT_{SR})

Deze transportkosten zijn identiek opgebouwd als de transportkosten in paragraaf 5.3.1, alleen gaat het hier om het transport vanaf bron S naar overslagstation R. De gedetailleerde kostenfunctie wordt dan:

$$(2) \quad CT_{SR} = \sum_{P=1}^2 Q_{SRP} * ct_P * D_{SR}$$

D_{SR} = Afstand in kilometer vanaf bronpunt S naar overslagstation R.

Openingskosten (CV_R)

Openingskosten zijn de jaarlijkse vaste kosten die verbonden zijn aan het openen of openhouden van een overslagstation. Hieronder vallen kosten voor benodigde vergunningen, grond en het gebouw. Hierbij horen ook de vaste kosten die verbonden zijn aan het open zijn of openhouden van de laad- en losfaciliteiten overslagstation R. Als er in de voorselectie is bepaald dat er vanaf een overslagstation gebruik wordt gemaakt van een andere modaliteit dan bulktransport over de weg, zullen de vaste kosten die hieraan verbonden zijn worden meegenomen in de openingskosten van deze AOS. Er zijn 2 verschillende configuraties van overslagstations, H=1 en H=2. Deze configuraties verschillen in investeringskosten en de maximale capaciteit die er kan worden overgeslagen.

$$(3) \quad CV_R = \sum_{H=1}^2 y_{RH} * (cv_{RH} + cvl_R)$$

cv_R = Wekelijkse vaste kosten die verbonden zijn aan het openen of openhouden van overslagstation R.

cvl_R = Wekelijkse vaste kosten die verbonden zijn aan het openen of openhouden van de laad- en losfaciliteiten op overslagstation R.

Een overslagstation kan maar 1 configuratie hebben, H=1 of H=2. Vergelijking 5 geeft dit weer.

$$(4) \quad \sum_{H=1}^2 y_{RH} \leq 1$$

Loskosten op AOS (CL_R)

De loskosten bestaan uit de tijd die het inzamelvoertuig of het bulkvoertuig met lossen bezig is maal het uurtarief van deze voertuigen. De loskosten zijn derhalve afhankelijk van de gebruikte transportmodaliteit, de hoeveelheden die gelost moeten worden en het te transporteren product. Afval op een AOS komt rechtstreeks vanaf de ondoener of vanaf een milieustraat. Als het vanaf de ondoener komt is de gebruikte transportmodaliteit een inzamelvoertuig en vanaf de milieustraat wordt een bulkvoertuig gebruikt.

$$(5) \quad CL_R = \sum_{S=1}^{46} \sum_{P=1}^2 Q_{SRP} * cl_P + \sum_{K=1}^{22} \sum_{P=3}^3 Q_{KRP} * cl_{2P}$$

cl_P = Kosten (€/ton) voor het lossen van 1 ton afval type P op een overslagstation met een inzamelvoertuig.

cl_{2P} = Kosten (€/ton) voor het lossen van 1 ton afval type P op een overslagstation met een bulkvoertuig.

Laadkosten op AOS (CB_R)

De laadkosten bestaan uit de tijd die een voertuig bezig is met laden maal het uurtarief van deze dit voertuig. De laadkosten zijn derhalve afhankelijk van de gebruikte transportmodaliteit, de hoeveelheden en het type afval dat moet worden geladen. De gebruikte transportmodaliteit is afhankelijk van het af te leggen traject. Al het afval dat wordt vervoerd vanaf de overslagstations naar de verwerkers zal moeten worden geladen. De gedetailleerde kostenfunctie hiervan staat hieronder.

$$(6) \quad CB_R = \sum_{C=1}^9 \sum_{P=1}^3 Q_{RCP} * cb_{PRC}$$

cb_{PRC} = Kosten (€/ton) voor het laden van 1 ton afval type P dat vanaf overslagstation R naar verwerker C wordt vervoerd.

De transportkosten van overslagstation naar verwerker (CT_{RC})

Evenals de hiervoor genoemde transportkosten zijn de transportkosten van het overslagstation naar de verwerker afhankelijk van de transporthoeveelheid, de transportkosten uitgedrukt in euro's per ton per kilometer en de af te leggen afstand. De variabele kosten voor het transport zijn afhankelijk van het type product dat wordt vervoerd en de te gebruiken transportmodaliteit. De transportmodaliteit ligt per traject vast en de variabele kosten zijn derhalve afhankelijk van het overslagstation R en de verwerker C.

$$(7) \quad CT_{RC} = \sum_{P=1}^3 Q_{RCP} * ct_{RCP} * D_{RC}$$

ct_{RCP} = Variabele kosten (€/km) voor het transport per ton afval type P vanaf overslagstation R naar verwerker C.

D_{RC} = Afstand in kilometer vanaf AOS R naar verwerker C.

Verwerkingskosten (CD_C)

Voor de verwerkingskosten worden de in 2009 nog lopende contracten meegenomen, waardoor er ook boetes moeten worden meegenomen. Een boete bestaat uit het betalen van de niet geleverde maar wel gecontracteerde tonnen.

$$(8) \quad CD_C = Z_C * ca_C + \sum_{S=1}^{46} \sum_{R=1}^{46} \sum_{K=1}^{22} \sum_{P=1}^3 (Q_{SCP} + Q_{RCP} + Q_{KCP}) * ca_C$$

Z_C = Boete hoeveelheid omdat te weinig afval is geleverd ten opzichte van het contract met verwerker C.
 ca_C = Kosten in euro's voor het verwerken van 1 ton afval bij verwerker C.

Loskosten bij Verwerker (CL_C)

De loskosten bij de verwerker bestaan uit variabele en vaste kosten. De variabele kosten ontstaan doordat het lossen van het afval voor het transportvoertuig tijd kost en zijn afhankelijk van de hoeveelheid afval, de transportmodaliteit en het type product. De vaste kosten zijn de kosten die verbonden zijn aan het open zijn van de losfaciliteiten bij verwerker C.

$$(9) \quad CL_C = \sum_{S=1}^{46} \sum_{P=1}^3 Q_{SCP} * cl_P + \sum_{K=1}^{22} \sum_{P=1}^3 Q_{KCP} * cl_{2P} + \sum_{R=1}^{46} \sum_{P=1}^3 Q_{RCP} * cl_{PRC} + cvl_C$$

cl_{PRC} = Variabele kosten (€/ton) voor het lossen van 1 ton afval type P voor het traject van af overslagstation R naar verwerker C.
 cvl_C = Wekelijkse vaste kosten voor het openen of open houden van de losfaciliteiten bij verwerker C.

Laden op Milieustraat (CB_K)

De laadkosten zijn afhankelijk van de gebruikte transportmodaliteit en de hoeveelheden die geladen moeten worden. De laadkosten bestaan uit een variabel deel, afhankelijk van de tijd dat het voertuig met laden bezig is en een vast deel voor de investeringen in de laadfaciliteiten voor een bepaalde modaliteit.

$$(10) \quad CB_K = \sum_{R=1}^{46} \sum_{P=3}^3 Q_{KRP} * cb + \sum_{C=1}^9 \sum_{P=3}^3 Q_{KCP} * cb_{KC} + cvl_K$$

cb = Variabele kosten (€/ton) voor het laden van 1 ton grof huishoudelijk afval in een bulkvoertuig.
 cb_{KC} = Variabele kosten (€/ton) voor het laden van 1 ton grof huishoudelijk afval in het voertuig dat van milieustraat K naar verwerker C rijdt.
 cvl_K = Wekelijkse vaste kosten die verbonden zijn aan het openen of openhouden van de laad- en losfaciliteiten op milieustraat K.

Transportkosten van milieustraat naar overslagstation (CT_{KR})

Ook hier zijn de transportkosten afhankelijk van de hoeveelheid, de variabele transportkosten en het type product. In hoofdstuk 4 is gebleken dat voor korte afstanden tussen milieustraat en overslagstation een bulkvoertuig het voordeligst is. Hierdoor is een bulkvoertuig het enig mogelijk in te zetten transportvoertuig op dit traject. De gedetailleerde kostenfunctie wordt dan:

$$(11) \quad CT_{KR} = \sum_{P=3}^3 Q_{KRP} * ct_{KR} * D_{KR}$$

ct_{KR} = Variabele kosten (€/km) voor het transport van 1 ton grof huishoudelijk afval vanaf milieustraat K naar overslagstation R met een bulkvoertuig.
 D_{KR} = Afstand in kilometer vanaf milieustraat K naar overslagstation R.

Transportkosten van milieustraat naar verwerker (CT_{KC})

Voor deze transportkosten geldt hetzelfde als bij de transportkosten bij paragraaf 4.3.6, alleen wordt het afval hier vanaf milieustraat K naar verwerker C getransporteerd en gaat het alleen om grof huishoudelijk afval.

$$(12) \quad CT_{KC} = \sum_{P=3}^3 Q_{KCP} * ct_{KC} * D_{KC}$$

ct_{KC} = Variabele kosten (€/km) voor het transport van 1 ton grof huishoudelijk afval vanaf milieustraat K naar verwerker C.

D_{KC} = Afstand in kilometer vanaf milieustraat K naar verwerker C.

Bijlage 33. Gedetailleerde kostenfuncties deel 2: Bepaling van de voorraad

Voorraadkosten (CI_R)

De kosten voor het op voorraad houden van afval bestaan uit bewakingskosten van het afval en eventueel uit de kosten voor het bouwen van een extra gebouw voor de opslag. De bewakingskosten zijn afhankelijk van het type product aangezien er geen bewaking voor grof huishoudelijk afval nodig is.

$$(13) \quad CI_R = \sum_{P=1}^3 \sum_{W=1}^{52} y_{RPW} * c_{iP} + \sum_{T=1}^2 y_{RT} * cv_{iRT}$$

c_{iP} = Variabele bewakingskosten per week op een overslagstation voor afval type P.

cv_{iRT} = Vaste jaarlijkse kosten voor het openen van hal T voor de opslag bij overslagstation R

y_{RPW} = Een binaire variabele welke aangeeft of product P aan het eind van week W op overslagstation R op voorraad ligt.

Laadkosten op AOS (CB_R)

De laadkosten bestaan uit de tijd die een voertuig bezig is met laden maal het uurtarief van het voertuig en zijn derhalve afhankelijk van de gebruikte transportmodaliteit, de afvalhoeveelheden en het type afval dat moet worden geladen. De gebruikte transportmodaliteit is vooraf vastgesteld voor elk traject. Al het afval dat wordt vervoerd vanaf de overslagstations naar de verwerkers zal ook moeten worden geladen. De gedetailleerde kostenfunctie hiervan staat hieronder.

$$(14) \quad CB_R = \sum_{C=1}^9 \sum_{P=1}^3 \sum_{W=1}^{52} Q_{RCPW} * cb_{PRC} + cv_{lR}$$

cb_{PRC} = Variabele kosten (€/ton) voor het laden van 1 ton afval type P dat vanaf overslagstation R naar verwerker C wordt vervoerd.

Transportkosten van overslagstation naar verwerker (CT_{RC})

Evenals de hiervoor genoemde transportkosten zijn de transportkosten van het overslagstation naar de verwerker afhankelijk van de transporthoeveelheid, de variabele transportkosten en de af te leggen afstand. De variabele kosten voor het transport zijn afhankelijk van het type product dat wordt vervoerd, de locatie van het overslagstation en de verwerker en ten slotte van de te gebruiken transportmodaliteit. De transportmodaliteit ligt per traject vast en de variabele kosten zijn derhalve afhankelijk van het overslagstation R en de verwerker C.

$$(15) \quad CT_{RC} = \sum_{P=1}^3 \sum_{W=1}^{52} Q_{RCPW} * ct_{RCP} * D_{RC}$$

ct_{RCP} = Variabele kosten (€/km) voor het transport per ton afval type P vanaf overslagstation R naar verwerker C.

D_{RC} = Afstand in kilometer vanaf AOS R naar verwerker C.

Loskosten bij verwerker (CL_C)

De loskosten bij de verwerker bestaan uit variabele en vaste kosten. De variabele kosten ontstaan doordat het lossen van het afval het transportvoertuig tijd kost en zijn afhankelijk van de transportmodaliteit, de hoeveelheid afval en het type afval. Welke transportmodaliteit wordt gebruikt op een bepaald traject is tevoren per traject bepaald. De vaste kosten zijn de kosten die verbonden zijn aan het open zijn van losfaciliteiten bij verwerker C.

$$(16) \quad CL_C = \sum_{R=1}^{N_1} \sum_{P=1}^3 \sum_{W=1}^{52} Q_{RCPW} * cl_{RCP} + cvl_C$$

cl_{RCP} = Variabele kosten (€/ton) voor het lossen van 1 ton afval type P voor het traject van overslagstation R naar verwerker C.

cvl_C = Jaarlijkse vaste kosten voor het openen of open houden van de losfaciliteiten bij verwerker C.

Verwerkingskosten (CD_C)

De verwerkingskosten bestaan uit de tarieven die moeten worden betaald aan de verschillende verwerkers.

$$(17) \quad CD_C = Z_C * ca_C + \sum_{R=1}^{N_1} \sum_{P=1}^3 \sum_{W=1}^{52} Q_{RCPW} * ca_C + \sum_{W=1}^{52} Z_{cw} * ca_C$$

Z_{cw} = Boete hoeveelheid per week omdat er te weinig afval is geleverd ten opzichte van het contract met verwerker C.

Z_c = Boete hoeveelheid per jaar omdat er over het gehele jaar te weinig afval is geleverd ten opzichte van het contract met verwerker C.

Extra voorraadkosten (CIX_R)

Om te voorkomen dat afval wordt opgeslagen in de laatste week van het jaar om zo onder de verwerkingskosten uit te komen zijn er extra voorraadkosten toegevoegd. Dit zijn de kosten voor het verwerken van de tonnen die de laatste week (week 52) op voorraad liggen. De minimale verwerkingsprijs voor het brandbaar afval is 95 euro/ton. Tevens kan er ook worden gekeken of het resultaat nog verandert bij 106 euro per ton, de hoogste prijs van verbranden.

$$(18) \quad CIX_R = \sum_{P=1}^3 \sum_{W=52}^{52} QI_{RPW} * 95$$

CIX_R = Extra voorraadkosten om te voorkomen dat in week 52 zoveel mogelijk op voorraad wordt gelegd om zo de verwerkingsprijs te ontlopen.

Bijlage 34. Waarden van de variabelen gebruikt in het model

Verwerkers

In het basismodel is uitgegaan van verwerkers waarmee Essent Milieu een lange termijn contract heeft. Derhalve zijn afgesproken contractprijzen en hoeveelheden gehanteerd. Voor de gehanteerde capaciteiten en de prijzen zie bijlage 36.

De stortcapaciteit is op oneindig gesteld. In het Landelijk Afvalbeheerplan (LAP) is aangegeven dat het Rijk een bijzondere verantwoordelijkheid heeft met betrekking tot storten. Er zal altijd voldoende capaciteit moeten zijn en de continuïteit zal moeten worden gewaarborgd. De huidige stortcapaciteit is in Limburg nog zeker voldoende voor de komende 25 jaar (bijlage 37). Aangenomen wordt dat de stortcapaciteit geen belemmerende factor vormt om afval afkomstig uit Limburg te storten. Er mag echter enkel worden gestort als er te weinig verbrandingscapaciteit aanwezig is voor het verbranden van brandbaar afval.

In het model zijn geen boetekosten gehanteerd bij de sorteerdere, waarmee een korte termijn contract is afgesloten. Immers het contract kan in het vervolg zo worden afgesloten dat er geen boetekosten nodig zijn. Tevens zullen er gevoeligheidsanalyses worden uitgevoerd op de prijs en de contracthoeveelheid, om de invloed van een ander contract duidelijk te maken. Ten slotte wordt ook bij de composteerdere geen boetehoeveelheid gehanteerd. Al het GFT-afval, afkomstig uit Limburg, gaat naar eigen composteerdere, zodat het heffen van een boete geen enkel effect heeft.

Investerings overslagstations

De kosten van een overslagstation zijn gebaseerd op een gemiddelde doorzet van 80.000 ton afval per jaar. Als er meer afval wordt overgeslagen is er te weinig materiaal. De capaciteit van de infrastructuur is echter nog voldoende om zeker het dubbele over te kunnen slaan. In het Optimaliseringsmodel zijn daarom 2 configuraties van het AOS mogelijk; een AOS met een doorzet van 80000 ton per jaar, en één met een doorzet van 160.000 ton per jaar.

In 2009 zijn de huidige overslagstations economisch afgeschreven. Technisch zijn ze echter nog bruikbaar, maar wel verouderd en moeten worden gerenoveerd. Als er niks wordt gerenoveerd en er slechts een nieuwe vergunning wordt aangevraagd, zullen de kosten 76% van de kosten voor een nieuwe AOS bedragen. In het optimaliseringsmodel is er echter vanuit gegaan dat er weldegelijk gerenoveerd gaat worden. Voor de investeringskosten in de huidige overslagstations wordt 83% van de nieuwprijs aangehouden. (bijlage38).

Transportkosten

In het optimaliseringsmodel worden 46 gemeenten onderscheiden. Binnen een gemeente wordt verondersteld dat afvalaanbiedere op één locatie aanwezig zijn, zodat transportkosten binnen een gemeente constant zijn. Het model houdt vervolgens rekening met de transportkosten tussen de verschillende gemeenten. Om nu transportkosten te kunnen berekenen van verschillende inzamellocatie naar de verwerkere en overslagstation is er met behulp van een routeplanner de kortst mogelijke afstand berekend tussen de genoemde plaatsen, daarbij rekeninghoudend met het feit dat een zwaar voertuig niet overal mag komen. Voor de afstand die inzamelaars moeten rijden als het overslagstation in de gemeente ligt, is de afstand vanaf de kern tot aan de rand van de gemeente genomen. De transportkosten per ton zijn verkregen door een functie op te stellen aan de hand van de huidige transportkosten van Essent Milieu. Dit is te zien in bijlage 39. Op het traject Kerkrade-Wijster wordt gebruikt gemaakt van treinvervoer.

Hoeveelheden

De afvalhoeveelheden waarmee gerekend is in het basismodel zijn de werkelijke afvalhoeveelheden uit 2003 en 2005, gebaseerd op interne gegevens van Essent Milieu. Voor het jaar 2003 is gekozen aangezien deze gegevens binnen Essent Milieu beschikbaar waren en deze ook gecontroleerd konden worden aan de hand van gegevens van de provincie Limburg. Bovendien is er geen aanwijzing dat in 2003 een afwijkend aanbod van afval is geweest. In 2004, zoals

geconcludeerd in paragraaf 2.1.33, lag het aanbod van grof huishoudelijk afval lager dan in de voorgaande jaren. Voor 2005 is er geen externe bron beschikbaar aan de hand waarvan de gegevens kunnen worden gecontroleerd. Toch is er gekozen om het model door te rekenen met het afvalaanbod uit de tweede helft van 2005. Dit aangezien 2005 het meest recente jaar is en er geen redenen zijn om aan te nemen dat het tweede deel van dit jaar afwijkend is. Het eerste deel van 2005 heeft, net als in 2004, minder aanbod van grof huishoudelijk afval dan te verwachten is in de toekomst.

Vorraadkosten

De voorraadkosten bestaan uit de kosten voor het bewaken van het afval en de kosten voor apparatuur die hiervoor nodig is. De investeringskosten in de apparatuur bedragen 50.000 euro en kunnen worden afgeschreven in 10 jaar. De kosten voor het bewaken van het afval bestaan uit het inhuren van een toezichthouder. Deze kosten bedragen 290 euro per week.

Bijlage 35. Gehanteerde verwerkingstarieven en capaciteiten verwerkers.¹³

Verwerkers	Verwerkingstarief (euro/ton)	Capaciteit verwerker (ton/jaar)
AZN Moerdijk	100	95.500
GAVI Wijster	106	93.500
Twence	95	40.000
AVL Maastricht	60	79.000
AVL Venlo	60	108.000
Sorteren Sittard	125	20.000
Sorteren Weert	125	15.000
Storten Montfort	125	-
Storten Weert	125	-

¹³ Interne gegevens Essent Milieu.

Bijlage 36. Totaal verwerkte hoeveelheden op de stortplaats en restcapaciteit [36]

Provincie	Netto gestort (Mton)			Totaal op de stort gebracht ² (Mton)			Restcapaciteit (10 ⁶ m ³)			Capaciteit in procedure (10 ⁶ m ³)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Groningen	0,19	0,15	0,11	0,26	0,28	0,13	1,2	1,0	1,1	-	-	-
Friesland	0,23	0,13	0,18	0,31	0,19	0,20	1,9	1,8	1,6	-	-	-
Drenthe	0,36	0,23	0,17	0,42	0,24	0,24	5,4	5,1	5,5	-	-	-
Overijssel	0,32	0,10	0,10	0,35	0,13	0,21	5,3	5,2	5,1	3,7	3,7	3,7
Gelderland	0,83	0,79	0,52	1,10	1,18	0,67	8,1	7,1	6,7	4,6	4,6	4,6
Flevoland	0,11	0,14	0,24	0,15	0,16	0,24	0,4	0,3	4,4	4,2	4,2	-
Utrecht	0,14	0,17	0,14	0,15	0,18	0,15	2,7	2,6	2,4	-	-	-
Noord-Holland	0,59	0,48	0,23	0,78	0,72	0,29	4,9	4,6	4,4	3,7	4,0	4,0
Zuid-Holland ¹	0,50	0,51	0,43	0,50	0,54	0,47	6,0	5,6	5,2	-	-	-
Zeeland	0,20	0,19	0,21	0,24	0,22	0,21	2,3	2,2	2,1	-	-	-
Noord-Brabant	0,49	0,32	0,14	0,54	0,74	0,28	9,4	9,0	7,4	0,7	0,7	0,7
Limburg	0,25	0,15	0,16	0,27	0,17	0,16	6,6	6,5	6,3	-	-	-
DOP-NOAP ²	0,05	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-
Nederland	4,27	3,36	2,65	5,15	4,78	3,26	54,2	51,0	52,2	16,9	17,2	12,9

¹ Zuid-Holland excl. DOP-NOAP (= Definitieve Opslagplaats Verontreinigde Grond); deze is vanwege de landelijke functie apart opgenomen.

² Netto gestort plus hoeveelheid Bsb-bouwstoffen.

Bijlage 37. Investeringskosten nieuw overslagstation ¹⁴

	Investeringskosten (euro)	Exploitatiekosten (euro/jaar)
Vergunnings-, voorbereidingskosten	29.000	
Hal incl. fundering	505.000	
Overige kosten	150.000	
Civiel incl overkluizing	340.000	
Diversen, onvoorzien, bouwrente	50.000	
Totale investeringen	1074.000	
Restwaarde	268.500	
Afschrijvingskosten (in 10 jaar)		80.550
Rente		34.905
Erfpacht		75.000
Onderhoud		25.350
Exploitatie		25.000
Shovel+1 fte		135.000
CAR + 1 fte		25.000
Toezicht 1 fte		25.000
Bedrijfsleiding, administratie, etc		50.000
Totaal		475.805

Investeringskosten oud overslagstation zonder renovatie

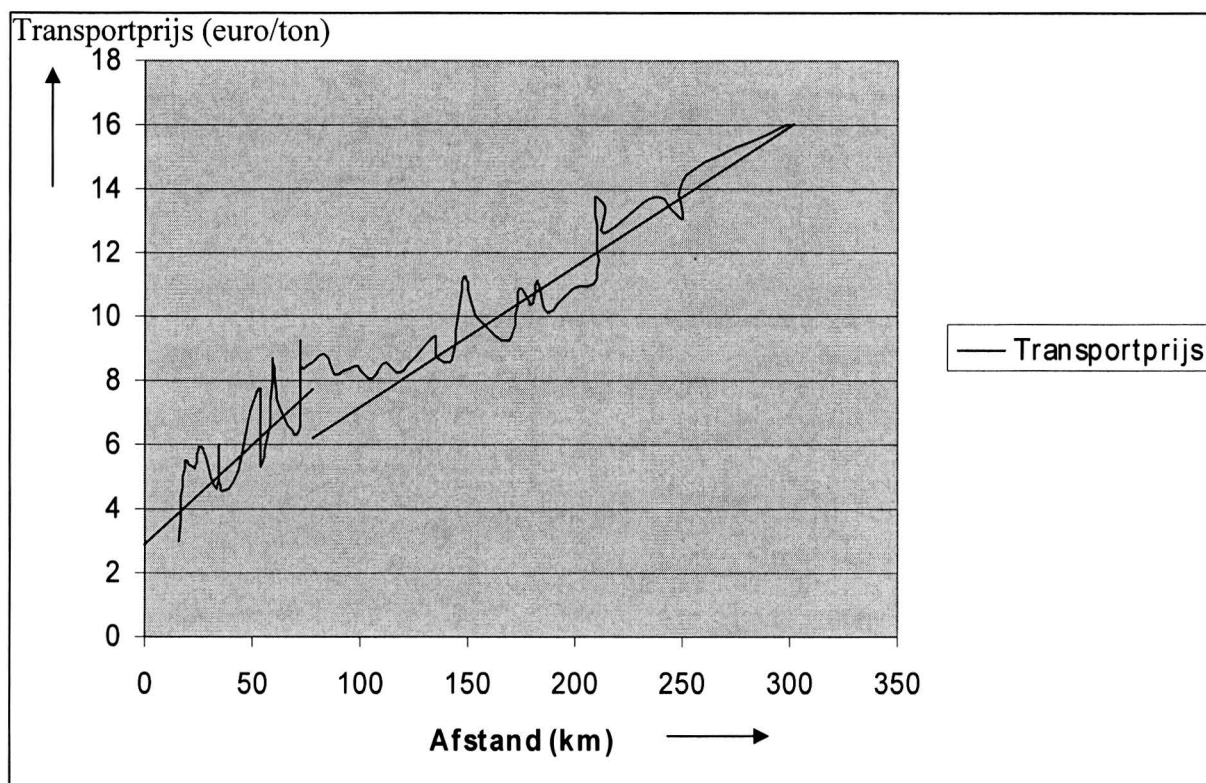
	Investeringskosten (euro)	Exploitatiekosten (euro/jaar)
Vergunnings-, voorbereidingskosten	29.000	
Hal incl. fundering	0	
Overige kosten	0	
Civiel incl overkluizing	0	
Diversen, onvoorzien, bouwrente	0	
Totale investeringen	29.000	
Restwaarde	7.250	
Afschrijvingskosten (in 10 jaar)		2.175
Rente		942
Erfpacht		75.000
Onderhoud		25.350
Exploitatie		25.000
Shovel+1 fte		135.000
CAR + 1 fte		25.000
Toezicht 1 fte		25.000
Bedrijfsleiding, administratie, etc		50.000
Totaal		363.467

¹⁴ Bron: Ad Pellemans

Investeringskosten oud overslagstation met renovatie

	Investeringskosten (euro)	Exploitatiekosten (euro/jaar)
Vergunnings-, voorbereidingskosten	29.000	
Hal incl. fundering	151.000	
Overige kosten	150.000	
Civiel incl overkluizing	0	
Diversen, onvoorzien, bouwrente	25.000	
Totale investeringen	355.000	
Restwaarde	88.750	
Afschrijvingskosten (in 10 jaar)		26.625
Rente		11.537
Erfpacht		75.000
Onderhoud		25.350
Exploitatie		25.000
Shovel+1fte		135.000
CAR + 1fte		25.000
Toezicht 1 fte		25.000
Bedrijfsleiding, administratie, etc		50.000
Totaal		398.512

Bijlage 38. Transportkosten per ton inclusief laden en lossen



Deze grafiek is tot stand gekomen door de huidige transportprijzen uit te zetten tegenover de afstanden die hierbij horen. De trendlijn die hier doorheen getrokken is, wordt in het optimalisatiemodel gebruikt als de transportprijs voor een bepaalde afstand.

Transporteurs berekenen bij afstanden groter dan 80 km 1,5 keer de afstand aangezien ervan uit wordt gegaan dat in 50% van de gevallen een retourlading gevonden kan worden. Onder de 80 km wordt de dubbele afstand in rekening gebracht. Dit onderscheid is in werkelijkheid niet zo strikt maar zal in het model wel worden gehanteerd.

Een voertuig kost 58 euro per uur en heeft een capaciteit van 27 ton. Het laden en lossen van een bulkvoertuig duurt 1,25 uur; de laad en loskosten zijn derhalve 2,7 euro. Dit is het nulpunt in de grafiek.

Bijlage 39. Berekening perskosten

Logistieke kosten in een situatie zonder overslagstations (euro/week):	284.302
Logistieke kosten in een situatie met 1 overslagstation (euro/week):	153.704 -
Verschil in kosten tussen beide situaties (euro/week):	130.598

Als de kosten van een pers de situatie met 1 overslagstation duurder maken dan de situatie zonder overslagstation moeten de kosten van de pers per jaar 6.791.096 (130.598*52) euro bedragen.

In 1996 heeft Essent Milieu een pers overgenomen en de prijs hiervan zat in de totale overnameprijs. De prijs werd geschat op 270.000 euro. De prijzen zijn nu gestegen door o.a. inflatie, maar het is zeker niet realistisch uit te gaan van 6791.096 euro/jaar. Derhalve kan met zekerheid worden gezegd dat het weglaten van de perskosten geen invloed heeft op de optimale logistieke structuur.

Bijlage 40. Gevoeligheidsanalyses

Hieronder wordt besproken welke variabelen worden gevarieerd tijdens de gevoeligheidsanalyses en welke waarden hiervoor worden gebruikt.

Verwerkers

De verwerkingstarieven van de avi's worden niet gevarieerd tijdens de gevoeligheidsanalyses. Dit aangezien er in het basismodel enkel rekening is gehouden met de huidige contracten, waarbij contractprijzen al vast staan. De sorteerdere hebben korte termijn contracten, zodat hiervan de prijzen nog niet vaststaan. De prijs van de sorteerdere zal derhalve gevarieerd worden, om zo de invloed van een verandering in het contract op het herontwerp duidelijk te maken. Gekeken wordt voor welk sorteertarief er veranderingen ontstaan.

Investerings overslagstation

Zoals eerder is aangegeven zijn de huidige overslagstations toe aan een renovatie. Zonder deze renovatie zouden de jaarlijkse kosten van de huidige overslagstations neerkomen op 76% van de nieuwbouwkosten. Deze waarde is als minimum meegenomen in de gevoeligheidsanalyse. Als maximum is uitgegaan van de volledige nieuwbouwprijs.

De investeringskosten in een nieuw overslagstation kunnen tevens anders uitvallen dan verwacht. De investeringskosten zullen worden gevarieerd tussen de 90% en 110 % van de huidige kosten.

De maximale capaciteit van een AOS is in het optimaliseringsmodel gesteld op 80.000 ton per jaar. Deze hoeveelheid wordt op dit moment bijna gehaald op 1 van de huidige overslagstations. Dit overslagstation geeft aan nog te kunnen groeien. Om deze reden is er bij de gevoeligheidsanalyses ook gekeken wat voor gevolg een capaciteitsvergroting zou kunnen hebben voor de optimale logistieke structuur.

Transportkosten

De invloed van een verhoging of verlaging van de transportkosten is bekeken tijdens de gevoeligheidsanalyses. De kosten zullen worden gevarieerd tussen de 90% en 110% van de huidige kosten.

Hoeveelheden

Ten slotte is er ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op de afvalhoeveelheden. Bezien wordt in hoeverre hogere afvalhoeveelheden invloed hebben op de conclusies door het draaien van een gevoeligheidsanalyse met 110% van de huidige afvalhoeveelheid. Tevens wordt er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd bij een verlaging van 10% van de huidige afvalhoeveelheden. Uit paragraaf 2.1.3.3 blijkt dat het niet te verwachten is dat het afvalaanbod met meer dan 10% verandert.

Bijlage 41. Resultaten gevoeligheidsanalyses met trein

nr	Invest oud	Hoeveelheid	Capaciteit	Investeringsk	Transportprijs	Kosten Euro/ week	AOS open ¹⁵	Kosten verschil met optimale situatie (%)
1	H	100	110	H	110	706997	(18,2)(43,1)	0,12
2	L	100	110	H	110	699658	(18)(23)(43)	-
3	G	100	110	H	110	701326	(18)(23)(43)	-
4	H	100	110	H	90	686737	(18,2)(43,1)	0,17
5	L	100	110	H	90	681429	(18)(23)(43)	-
6	G	100	110	H	90	682413	(18)(23)(43)	-
7	H	100	110	G	100	695406	(18,2)(43,1)	0,07
8	L	100	110	G	100	690705	(18)(23)(43)	-
9	G	100	110	G	100	692376	(18)(23)(43)	-
10	H	100	110	G	110	705703	(3,18,43)	0,06
11	L	100	110	G	110	699654	(18)(23)(43)	-
12	G	100	110	G	110	701327	(18)(23)(43)	-
13	H	100	110	G	90	691699	(18,2)(43,1)	0,17
14	L	100	110	G	90	685087	(18)(23)(43)	-
15	G	100	110	G	90	681429	(18)(23)(43)	-
16	H	100	110	H	100	695890	(18,2)(43,1)	0,19
17	L	100	110	H	100	690708	(18)(23)(43)	-
18	G	100	110	H	100	692376	(18)(23)(43)	-
19	H	100	100	G	110	705703	3,18,43	0,07
20	L	100	100	G	110	699670	(18)(23)(43)	-
21	G	100	100	G	110	701338	(18)(23)(43)	-
22	H	100	100	G	90	687122	(18,2)(43,1)	0,12
23	L	100	100	G	90	681440	(18)(23)(43)	-
24	G	100	100	G	90	683108	(18)(23)(43)	-
25	H	100	100	H	100	696218	(18,2)(43,1)	0,15
26	L	100	100	H	100	690763	(18)(23)(43)	-
27	G	100	100	H	100	692431	(18)(23)(43)	-
28	H	100	100	H	110	706165	(18)(23)(43)	-
29	L	100	100	H	110	699670	(18)(23)(43)	-
30	G	100	100	H	110	701338	(18)(23)(43)	-
31	H	100	100	H	90	687122	(18,2)(43,1)	0,12
32	G	100	100	H	90	681440	(18)(23)(43)	-
33	L	100	100	H	90	683108	(18)(23)(43)	-
34	H	100	100	G	100	696172	(3)(18)(43)	0,16
35	L	100	100	G	100	690763	(18)(23)(43)	-
36	G	100	100	G	100	692431	(18)(23)(43)	-
37	H	110	110	H	110	773761	(18,2)(43,1)	0,03
38	L	110	110	H	110	767498	(18)(23)(43)	-
39	G	110	110	H	110	769166	(18)(23)(43)	-
40	H	110	110	H	90	752711	(18,2)(43,1)	0,18

¹⁵ Getallen corresponderen met de 46 gemeenten waarin een overslagstation kan worden geopend. 18 is Kerkrade, 23 Maastricht en 43 Venlo.

41	L	110	110	H	90	749533	(18)(23)(43)	-
42	G	110	110	H	90	749211	(18)(23)(43)	-
43	H	110	110	G	100	763053	(18,2)(43,1)	0,21
44	L	110	110	G	100	758188	(18)(23)(43)	-
45	G	110	110	G	100	759842	(18,2)(43,1)	0,002
46	H	110	110	G	110	775339	(3,18,43)	0,07
47	L	110	110	G	110	767498	(18)(23)(43)	-
48	G	110	110	G	110	769166	(18)(23)(43)	-
49	H	110	110	G	90	752711	(18,2)(43,1)	0,18
50	G	110	110	G	90	749211	(18)(23)(43)	-
51	L	110	110	G	90	747543	(18)(23)(43)	-
52	H	110	110	H	100	763053	(18,2)(43,1)	0,21
53	L	110	110	H	100	758188	(18)(23)(43)	-
54	G	110	110	H	100	759842	(18,2)(43,1)	0,002
55	H	110	100	G	110	773558	(3)(18)(43)	0,1
56	L	110	100	G	110	767815	(18)(23)(43)	-
57	G	110	100	G	110	769483	(18)(23)(43)	-
58	H	110	100	G	90	753555	(18,2)(43,1)	0,1
59	L	110	100	G	90	747803	(18)(23)(43)	-
60	G	110	100	G	90	749471	(18)(23)(43)	-
61	H	110	100	H	100	763971	(18,2)(43,1)	0,15
62	L	110	100	H	100	758632	(18)(23)(43)	-
63	G	110	100	H	100	760300	(18)(23)(43)	-
64	H	110	100	H	110	774310	(18)(23)(43)	-
65	L	110	100	H	110	767815	(18)(23)(43)	-
66	G	110	100	H	110	769483	(18)(23)(43)	-
67	H	110	100	H	90	754555	(18,2)(43,1)	0,1
68	G	110	100	H	90	749471	(18)(23)(43)	-
69	L	110	100	H	90	747803	(18)(23)(43)	-
70	H	110	100	G	100	763611	(3)(18)(43)	0,2
71	L	110	100	G	100	758632	(18)(23)(43)	-
72	G	110	100	G	100	760300	(18)(23)(43)	-
73	H	90	110	H	110	666469	(18,2)(43,1)	0,1
74	L	90	110	H	110	661563	(18)(23)(43)	-
75	G	90	110	H	110	663231	(18)(23)(43)	-
76	H	90	110	H	90	649272	(18,2)(43,1)	0,1
77	L	90	110	H	90	644289	(18)(23)(43)	-
78	G	90	110	H	90	645957	(18)(23)(43)	-
79	H	90	110	G	100	658097	(18,2)(19,1)	0,25
80	L	90	110	G	100	653474	(18)(23)(43)	-
81	G	90	110	G	100	655142	(18)(23)(43)	-
82	H	90	110	G	110	666185	(18,2)(19,1)	0,01
83	L	90	110	G	110	661563	(18)(23)(43)	-
84	G	90	110	G	110	663231	(18)(23)(43)	-
85	H	90	110	G	90	653707	(18,2)(19,1)	0,26
86	G	90	110	G	90	645957	(18)(23)(43)	-
87	L	90	110	G	90	644289	(18)(23)(43)	-
88	H	90	110	H	100	658355	(18,2)(43,1)	0,24

89	L	90	110	H	100	653474	(18)(23)(43)	-
90	G	90	110	H	100	655142	(18,2)(43,1)	0,1
91	H	90	100	G	110	666185	(19,1)(18,2)	0,02
92	L	90	100	G	110	661563	(18)(23)(43)	-
93	G	90	100	G	110	663231	(18)(23)(43)	-
94	H	90	100	G	90	653707	(19,1)(18,2)	0,02
95	L	90	100	G	90	644289	(18)(23)(43)	-
96	G	90	100	G	90	645957	(18)(23)(43)	-
97	H	90	100	H	100	658355	(18,2)(43,1)	-
98	L	90	100	H	100	653474	(18)(23)(43)	0,24
99	G	90	100	H	100	655142	(18)(23)(43)	-
100	H	90	100	H	110	667602	(18,2)(43,1)	0,07
101	L	90	100	H	110	661563	(18)(23)(43)	-
102	G	90	100	H	110	663231	(18)(23)(43)	-
103	H	90	100	H	90	649272	(18,2)(43,1)	0,23
104	G	90	100	G	100	655142	(18)(23)(43)	-
105	G	90	100	H	90	645957	(18)(23)(43)	-
106	H	90	100	G	100	658097	(18,2)(19,1)	0,04
107	L	90	100	G	100	653474	(18)(23)(43)	-
108	L	110	110	H	110	644289	(18)(23)(43)	-

Bijlage 42. Resultaten gevoeligheidsanalyses zonder trein

nr	Invest oud	Hoeveelheid	Capaciteit	Investeringsk	Transportprijs	Kosten (euro/ week)	AOS	Kosten verschil met optimale situatie (%)
1	H	100	110	H	110	692607	(43,1)(45,2)	0,05
2	L	100	110	H	110	696542	(18)(23)(43)	0,17
3	G	100	110	H	110	698210	(18)(23)(43)	0,02
4	H	100	110	H	90	678628	(43,1)(45,2)	0,02
5	L	100	110	H	90	676471	(18)(23)(43)	0,13
6	G	100	110	H	90	677902	(13,2)(43,1)	-
7	H	100	110	G	100	687392	(13,2)(43,1)	-
8	L	100	110	G	100	685227	(13,2)(43,1)	-
9	G	100	110	G	100	685783	(13,2)(43,1)	-
10	H	100	110	G	110	691407	(43,1)(45,2)	0,18
11	L	100	110	G	110	696542	(18)(23)(43)	0,09
12	G	100	110	G	110	697142	(13,2)(43,1)	-
13	H	100	110	G	90	687392	(13,2)(43,1)	-
14	L	100	110	G	90	676702	(13,2)(43,1)	-
15	G	100	110	G	90	676146	(13,2)(43,1)	-
16	H	100	110	H	100	688592	(13,2)(43,1)	-
17	L	100	110	H	100	686195	(18)(23)(43)	0,03
18	G	100	110	H	100	686983	(13,2)(43,1)	-
19	H	100	100	G	110	691793	(13,2)(43,1)	-
20	L	100	100	G	110	696615	(18)(23)(43)	0,04
21	G	100	100	G	110	697457	(13,2)(43,1)	-
22	H	100	100	G	90	677681	(13,2)(43,1)	-
23	L	100	100	G	90	676404	(13,2)(43,1)	-
24	G	100	100	G	90	676960	(13,2)(43,1)	-
25	H	100	100	H	100	689264	(13,2)(43,1)	-
26	L	100	100	H	100	686336	(18)(23)(43)	0,05
27	G	100	100	H	100	687264	(13,2)(43,1)	-
28	H	100	100	H	110	700266	(13,2)(43,1)	-
29	L	100	100	H	110	696615	(18)(23)(43)	0,17
30	G	100	100	H	110	698283	(18)(23)(43)	0,05
31	H	100	100	H	90	679769	(13,2)(43,1)	-
32	G	100	100	H	90	676530	(23,2)(43,1)	-
33	L	100	100	H	90	678043	(18)(23)(43)	0,02
34	H	100	100	G	100	687673	(13,2)(43,1)	-
35	L	100	100	G	100	685508	(13,2)(43,1)	-
36	G	100	100	G	100	686064	(13,2)(43,1)	-
37	H	110	110	H	110	767005	(13,2)(43,1)	-
38	L	110	110	H	110	763851	(18)(23)(43)	0,13
39	G	110	110	H	110	765396	(13,2)(43,1)	-
40	H	110	110	H	90	745720	(13,2)(43,1)	-
41	L	110	110	H	90	742888	(18)(23)(43)	0,09
42	G	110	110	H	90	744111	(13,2)(43,1)	-

43	H	110	110	G	100	727392	(13,2)(43,1)	-
44	L	110	110	G	100	752722	(13,2)(43,1)	-
45	G	110	110	G	100	753278	(13,2)(43,1)	-
46	H	110	110	G	110	765805	(13,2)(43,1)	-
47	L	110	110	G	110	763640	(13,2)(43,1)	-
48	G	110	110	G	110	764196	(13,2)(43,1)	-
49	H	110	110	G	90	744520	(13,2)(43,1)	-
50	G	110	110	G	90	742911	(13,2)(43,1)	-
51	L	110	110	G	90	742355	(13,2)(43,1)	-
52	H	110	110	H	100	756087	(13,2)(43,1)	-
53	L	110	110	H	100	753922	(13,2)(43,1)	-
54	G	110	110	H	100	754478	(13,2)(43,1)	-
55	H	110	100	G	110	766761	(13,2)(43,1)	-
56	L	110	100	G	110	764311	(18)(23)(43)	0,04
57	G	110	100	G	110	765152	(13,2)(43,1)	-
58	H	110	100	G	90	745303	(13,2)(43,1)	-
59	L	110	100	G	90	743138	(13,2)(43,1)	-
60	G	110	100	G	90	743694	(13,2)(43,1)	-
61	H	110	100	H	100	756957	(13,2)(43,1)	-
62	L	110	100	H	100	754637	(18)(23)(43)	0,02
63	G	110	100	H	100	755348	(13,2)(43,1)	-
64	H	110	100	H	110	767961	(13,2)(43,1)	-
65	L	110	100	H	110	764311	(18)(23)(43)	0,005
66	G	110	100	H	110	765979	(18)(23)(43)	0,05
67	H	110	100	H	90	746503	(13,2)(43,1)	-
68	G	110	100	H	90	744894	(13,2)(43,1)	-
69	L	110	100	H	90	743264	(18)(23)(43)	0,15
70	H	110	100	G	100	755757	(13,2)(43,1)	-
71	L	110	100	G	100	753592	(13,2)(43,1)	-
72	G	110	100	G	100	754148	(13,2)(43,1)	-
73	H	90	110	H	110	660285	(43,1)(45,1)	0,02
74	L	90	110	H	110	657135	(18)(23)(43)	0,16
75	G	90	110	H	110	657135	(18)(23)(43)	0,08
76	H	90	110	H	90	641825	(43,1)(45,2)	0,09
77	L	90	110	H	90	638938	(23,2)(43,1)	0,12
78	G	90	110	H	90	640051	(23,2)(43,1)	0,03
79	H	90	110	G	100	649615	(13,2)(19,1)	0,4
80	L	90	110	G	100	647511	(13,2)(43,1)	-
81	G	90	110	G	100	647996	(13,2)(43,1)	-
82	H	90	110	G	110	658939	(19,1)(45,2)	0,01
83	L	90	110	G	110	655867	(43,1)(45,2)	0,13
84	G	90	110	G	110	657476	(43,1)(45,2)	0,22
85	H	90	110	G	90	640505	(19,1)(45,2)	0,13
86	G	90	110	G	90	639016	(43,1)(13,2)	-
87	L	90	110	G	90	638460	(43,1)(45,2)	0,05
88	H	90	110	H	100	650876	(13,2)(43,1)	-
89	L	90	110	H	100	648587	(18)(23)(43)	0,02
90	G	90	110	H	100	649174	(13,2)(43,1)	-

91	H	90	100	G	110	658939	(19,1)(45,2)	0,37
92	L	90	100	G	110	656920	(43,1)(45,2)	0,04
93	G	90	100	G	110	657476	(43,1)(45,2)	0,19
94	H	90	100	G	90	640505	(19,1)(45,2)	0,31
95	L	90	100	G	90	638460	(43,1)(45,2)	0,006
96	G	90	100	G	90	639016	(43,1)(45,2)	0,06
97	H	90	100	H	100	650876	(13,2)(43,1)	-
98	L	90	100	H	100	648587	(18)(23)(43)	0,019
99	G	90	100	H	100	649267	(13,2)(43,1)	-
100	H	90	100	H	110	660285	(43,1)(45,2)	0,03
101	L	90	100	H	110	657135	(18)(23)(43)	0,16
102	G	90	100	H	110	658676	(43,1)(45,2)	0,01
103	H	90	100	H	90	641825	(43,1)(45,2)	0,17
104	G	90	100	G	100	754148	(13,2)(43,1)	-
105	G	90	100	H	90	640051	(23,2)(43,1)	0,03
106	H	90	100	G	100	649615	(13,2)(19,1)	
107	L	90	100	G	100	647511	(13,2)(43,1)	-
108	L	110	110	H	110	639654	(18)(23)(43)	0,01

Bijlage 43. De optimale verwerker per gemeenten, zonder boetekosten van de avi.

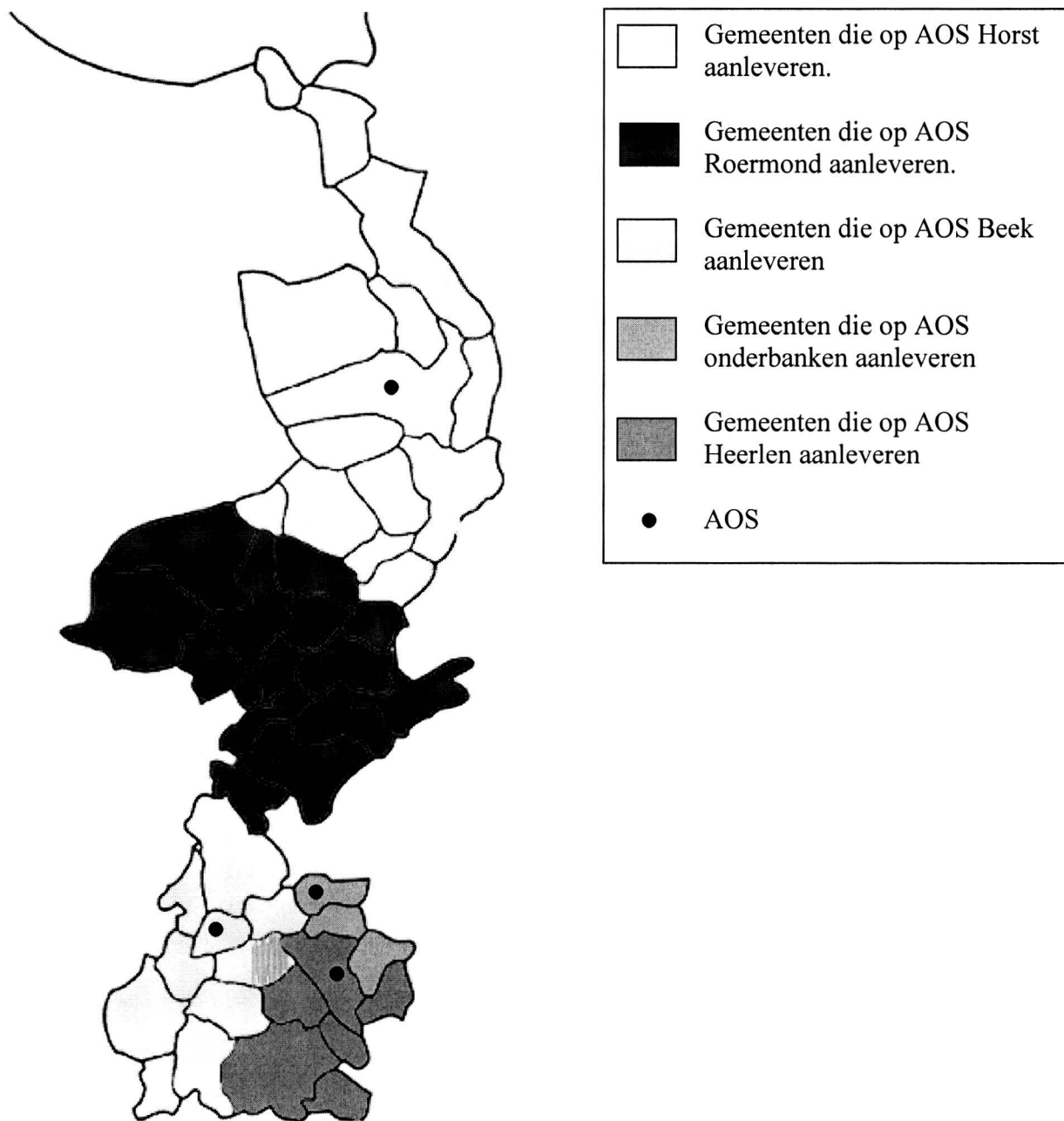


Gemeenten die grof huishoudelijk afval aanleveren op een sorteerder



Gemeenten die grof huishoudelijk afval naar een avi brengen, zowel direct of via een AOS.

Bijlage 44 Logistische structuur bij gebruik van IES zonder treinvervoer



Bijlage 45. Logistieke structuur bij gebruik Duitse avi

