

DE GRENSOVERSCHRIJDENDE CO₂-REDUCTIE DOOR AFVALBELEID

D.J. GIELEN
J.C. RÖMER

Verantwoording

Dit rapport betreft een door ECN-Beleidsstudies verrichte studie in opdracht van Senter. De studie staat geregistreerd onder projectnummer 7.7017.

Abstract

Dutch waste policies aim at 3,5 to 4,5 Mt CO₂ emission reduction in 2000, compared to the reference situation 1989/1990. The calculation of waste policy effects is complicated because part of the emission reduction takes place abroad. On one hand, some waste types are recycled abroad (e.g. steel scrap). On the other hand, part of the recycling activity in the Netherlands results in reduced primary production abroad (e.g. in the case of paper). The reverse also occurs: foreign waste policies result in CO₂ emission reduction in the Netherlands. This report discusses a method how to calculate such transboundary effects. The method is applied to aluminium, glass, plastic paper/board and steel scrap. The impact of transboundary effects, compared to the reference year 1989 is calculated. Calculations show that a significant net emission reduction takes place abroad. The total effect is approximately 1,5 Mt additional net export of emission reduction in 1994, compared to the reference year 1989.

INHOUD

SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	7
2. ONDERBOUWING VAN DE METHODE	9
2.1 Definities en systeemafbakening van de CO ₂ -effecten van afvalbeleid	9
2.2 De begrippen instroom en uitstroom	13
2.3 Grensoverschrijdende materiaalstromen	14
2.4 Specifieke CO ₂ -emissies	18
2.5 Afleiding van de berekeningsmethode	20
2.6 Berekening van de coëfficiënten voor grensoverschrijdende effecten	26
2.7 De problematiek rond intermediaire stoffen	27
2.8 Benodigde en beschikbare gegevens	29
3. MONITORING	35
3.1 Monitoring voor 1994	35
3.2 Gevoeligheidsanalyse en nauwkeurighedsanalyse	37
4. CONCLUSIES: EVALUATIE VAN HET MONITORINGPROCES EN SUGGESTIES VOOR VERBETERINGEN	41
REFERENTIES	45
BIJLAGE A. Berekening van de instroom en de uitstroom	47
BIJLAGE B. Definitie van afvalstoffen	49
BIJLAGE C. Adressen en telefoonnummers	51

SAMENVATTING

In het kader van de reductie van CO₂-emissies is er voor afvalbeleid een doelstelling van 3,5-4,5 Mt CO₂-emissiereductie in 2000 ten opzichte van 1989/1990. Nederland is een klein land en heeft daardoor relatief grote grensoverschrijdende materiaal- en afvalstromen. Het grensoverschrijdende karakter van deze stromen heeft gevolgen voor de CO₂-emissiereductie die binnen Nederland via afvalstoffenbeleid wordt bereikt.

Het doel van deze studie is een methode op te stellen voor grensoverschrijdende CO₂-effecten van afvalbeleid, de zogenaamde 'instroom' en 'uitstroom'. Hiermee wordt bedoeld op de grensoverschrijdende wijzigingen in CO₂-emissies die gerelateerd zijn aan afvalstromen. Instroom van CO₂-reductie treedt op bij vermindering van de Nederlandse primaire materialenproductie ten gevolge van afvalbeleid in het buitenland. Uitstroom van CO₂-reductie treedt op bij vermindering van buitenlandse primaire materialenproductie ten gevolge van afvalbeleid in Nederland. Dit betekent, met andere woorden, dat als gevolg van het Nederlandse afvalbeleid er CO₂-reductie in het buitenland optreedt. Deze methode wordt geoperationaliseerd door toepassing op een vijftal afvalstromen (aluminium, papier, kunststof, ferro, glas). De studie bestaat uit drie fasen:

1. opzet van de monitoring methode
2. monitoring voor 1994
3. evaluatie van het monitoringproces.

Er wordt een methode afgeleid voor de berekening van de grensoverschrijdende CO₂-effecten door afvalverwijdering, het instroom en het uitstroom-effect. In de methode wordt onderscheid gemaakt tussen enerzijds grensoverschrijdende stromen (afval wordt in het ene gebied ingezameld en in het andere gebied gerecycled) en anderzijds grensoverschrijdende effecten (afval wordt in het ene gebied gerecycled maar leidt in het andere gebied tot reductie van de materialenproductie uit natuurlijke grondstoffen). Verder is onderscheid gemaakt tussen recycling en energiewinning. Bij recycling-processen is verder onderscheid gemaakt tussen enerzijds processen waarin recycling de productie uit natuurlijke grondstoffen in een bepaald proces vervangt (bijvoorbeeld de schrootinzet in de primaire staalproductie) en anderzijds processen waarbij dit niet het geval is (bijv. aluminiumrecycling). Voor het eerste soort processen is de toerekening van de effecten eenduidig (het leidt tot reductie van de productie uit natuurlijke grondstoffen in het land waar de afvalstoffen worden ingezet). Voor het tweede type is de toerekening niet eenduidig, recycling kan dan immers ook elders tot vervanging van de primaire productie leiden. In zulke gevallen vindt de toerekening plaats op basis van de herkomst van het materiaal, dat in een land wordt gebruikt (eigen productie voor eigen gebruik als fractie van het totale eigen gebruik) dan wel op basis van de Nederlandse primaire productie als fractie van de totale primaire productie. De gesommeerde wijziging in deze effecten (voor alle afvalstromen grensoverschrijdende effecten en grensoverschrijdende stromen) ten opzichte van het basisjaar 1989 wordt als maat gebruikt voor de wijziging in instroom en uitstroom die relevant is bij de toetsing aan de beleidsdoelstelling. Uit de gevoeligheidsanalyses

blijkt dat de waarde van de uitkomst vooral in het trendmatige karakter ligt en minder in de absolute getallen.

De uitkomsten van de berekening voor aluminium, glas, kunststoffen, staal en papier laten zien dat de wijzigingen in instroom en uitstroom tussen 1989 en 1994 met name belangrijk zijn voor papier, staal, kunststof en aluminium. Voor glas zijn grensoverschrijdende effecten van ondergeschikt belang. De relevantie van de effecten is af te lezen uit tabel S.1, waarin deze effecten vergeleken zijn met het totale CO₂-effect van de wijziging in de afvalverwijdering. Het netto effect blijkt een uitstroom van 1,5 Mt CO₂-emissiereductie in 1994 ten opzichte van het referentiejaar 1989.

Tabel S.1 *Vergelijking van instroom en uitstroom met het totale effect van wijzigingen in de afvalverwijdering, 1994, ten opzichte van het referentiejaar 1989*

Materiaal	Totaal effect [Mt CO ₂ /jaar]	Netto uitstroom [Mt CO ₂ /jaar]
Aluminium	0,04	0,17 ± 0,33
Glas	0,03	-0,03 ± 0,00
Kunststof	-0,3	0,38 ± 0,02
Papier/karton	0,51	0,56 ± 0,06
Staal	0,4	0,38 ± 0,16
Totaal		1,46 ± 0,57

Vanuit de doelstelling voor afvalverwijdering geredeneerd (3,5-4,5 Mt CO₂-reductie in 2000) zijn deze cijfers relevant. Uit deze studie blijkt dat 1,5 Mt CO₂-reductie van de 3,5-4,5 Mt CO₂-reductiedoelstelling voor 2000 in 1994 in het buitenland bereikt is. Zowel grensoverschrijdende stromen als grensoverschrijdende effecten blijken van belang te zijn.

Ten aanzien van de gegevens geldt dat de meeste cijfers voor de onderzochte materialen binnen een jaar na dato beschikbaar komen. De onzekerheid van de instroom en uitstroom is relatief groot (0,57 versus 1,46, zie tabel S.1). Om tot nauwkeurigere cijfers te komen is een inspanning nodig op statistisch gebied. Fysieke gecombineerde dynamische materiaal-, produkt- en afvalbalansen voor Nederland en Europa kunnen belangrijke aanvullende inzichten verschaffen in de nauwkeurigheid van het cijfermateriaal. Op dit moment is de nauwkeurigheid van de gebruikte data slechts te schatten omdat dit totaalbeeld ontbreekt.

1. INLEIDING

Het CO₂-beleid is gericht op een reductie van de uitstoot van CO₂ via het afvalstoffenbeleid van 3,5-4,5 Mt in 2000 ten opzichte van het referentiebeeld 1989/1990 [1]. Nederland is echter een klein land met relatief grote grensoverschrijdende stromen van materialen en afvalstoffen. Het grensoverschrijdende karakter van deze stromen heeft gevolgen voor de CO₂-emissiereductie die binnen Nederland via afvalstoffenbeleid wordt bereikt. Deze problematiek is reeds eerder gesignaleerd, tot nog toe ontbreekt echter een geaccepteerde methode om grensoverschrijdende CO₂-effecten te meten.

Het doel van deze studie is een methode op te stellen voor grensoverschrijdende CO₂-effecten van afvalbeleid. Hiermee wordt bedoeld op de grensoverschrijdende wijzigingen in CO₂-emissies die gerelateerd zijn aan afvalstromen. Instroom van CO₂-reductie treedt op bij vermindering van de Nederlandse primaire materialenproductie ten gevolge van afvalbeleid in het buitenland. Uitstroom van CO₂-reductie treedt op bij vermindering van buitenlandse primaire materialenproductie ten gevolge van afvalbeleid in Nederland. De methode omvat de beschrijving van wat gemeten wordt, hoe dit gemeten wordt, welke gegevens daarvoor nodig zijn en waar deze gegevens beschikbaar zijn. Deze methode wordt geoperationaliseerd door toepassing op een vijftal afvalstromen (aluminium, papier, kunststof, ferro, glas). Dit resulteert in een monitoringhandboek voor deze stromen en een overzicht van de cijfers met betrekking tot instroom en uitstroom voor 1994. De studie bestaat uit drie fasen:

1. opzet van de methode
2. monitoring voor 1994
3. evaluatie van het monitoringproces.

1. Opzet van de methode

Het doel van fase 1 is een methode op te zetten om deze effecten te berekenen. Daarbij gaat het er enerzijds om de wijzigingen in de materiaalstromen ten gevolge van afvalbeleid te meten, anderzijds gaat het erom de bijbehorende CO₂-effecten te bepalen. Bij het opstellen van de methode wordt aansluiting gezocht bij eerdere publikaties in het kader van het programma CO₂ en afval. Bij het opstellen van de methode zal achtereenvolgens aangegeven worden:

- wat onder instroom en uitstroom verstaan wordt (definities, systeemafbakening);
- hoe instroom en uitstroom berekend kunnen worden (formules, schema's);
- welke gegevens daarvoor nodig zijn;
- wat de beschikbaarheid van gegevens is (per afvalstroom);
- op welke wijze deze gegevens bepaald worden;
- welke instanties geraadpleegd worden om de gegevens te achterhalen;
- wat de consequenties zijn van bepaalde keuzes in de berekeningsmethode (werkbaarheid, nauwkeurigheid etc.);
- hoe de keuzes in de berekeningsmethode ingevuld worden;
- waarom voor deze invulling gekozen is.

2. Monitoring voor 1994

Op basis van de methode uit fase 1 zullen de wijzigingen in instroom en uitstroom in 1994 ten opzichte van 1989 bepaald worden. Het gaat in deze fase met name om de toetsing van de methode die ontwikkeld is in fase 1. Tevens kan zo de relevantie van instroom en uitstroom voor de verschillende afvalstromen gekwantificeerd worden. Zoals reeds eerder is vermeld heeft de studie betrekking op de volgende afvalstromen:

- aluminium
- papier
- kunststof
- ferro
- glas.

De gegevens zullen afkomstig zijn uit handelsstatistieken, afvalstatistieken en informatie van branche-organisaties.

3. Evaluatie van het monitoringproces en suggesties voor verbeteringen

Op grond van de ervaringen uit fase 2 zal de methode geëvalueerd worden. Op basis van de berekeningen uit fase 2 zal de relevantie van instroom en uitstroom aangegeven worden. Tevens zullen op grond van de ervaringen uit het monitoringproces voorstellen worden gedaan hoe de methode bij toekomstige monitoringactiviteiten nog verbeterd kan worden.

Hoofdstuk 2 behandelt de methode, hoofdstuk 3 geeft de monitoringresultaten. Hoofdstuk 4 bevat de conclusies en de evaluatie en bespreekt de suggesties voor verbeteringen.

In het kader van deze studie is een werkgroep 'instroom en uitstroom van CO₂' ingesteld, die twee keer bij elkaar gekomen is. Op grond van de discussies die in deze werkgroep plaatsgevonden hebben en de keuzes die in deze werkgroep gemaakt zijn is de methode uitgewerkt. De werkgroep had de volgende samenstelling:

ir. R. Albers	RIVM
drs. A. Boom	Senter
drs. R. Cuelenaere	VROM
drs. T. Kolkena	EZ
ir. J. van der Waal	VROM
dr. E. Worrell	RUU-NWS
ir. G. van der Veen	Senter

De methode is voor een groot deel gebaseerd op de discussies en analyses tijdens de bijeenkomsten van deze werkgroep. De uitwerking komt natuurlijk alleen voor rekening van de auteurs.

2. ONDERBOUWING VAN DE METHODE

2.1 Definities en systeemaafbakening van de CO₂-effecten van afvalbeleid

Voor de discussie van grensoverschrijdende effecten van afvalbeleid is eerst enig begrip nodig van de berekening van CO₂-emissies en CO₂-emissiereductie. Recent is internationaal gekozen voor een algemene berekeningsmethode voor nationale CO₂-emissies: de zogenaamde IPCC-methode [2]. In deze methode wordt (in tegenstelling tot de 'bruto-NMP methode' die eerder in Nederland werd gebruikt) gecorrigeerd voor koolstofvastlegging in materialen. Het algemene uitgangspunt van de IPCC-methode is dat alle CO₂-emissies die binnen een land optreden aan dat land worden toegerekend.

Zoals reeds eerder is vermeld bestaat er een specifieke doelstelling voor emissiereductie via afvalbeleid. Dit noopt tot een nadere analyse van het begrip 'afvalbeleid'. Het gaat erom een onderscheid te kunnen maken tussen de velden 'afvalbeleid' en 'overig beleid'. Verder is het onduidelijk, in hoeverre ontwikkelingen het gevolg zijn van beleid of van autonome ontwikkelingen in de maatschappij (bijvoorbeeld nieuwe technologie, nieuwe economische activiteiten, duurdere natuurlijke grondstoffen). Het begrip 'afvalbeleid' is in de praktijk vaak synoniem aan 'gewenste wijzigingen in afvalbeheer': de gehele ontwikkeling in afvalbeheer ten opzichte van de situatie in het referentiejaar wordt getoetst aan de beleidsdoelstelling. Het is dus eigenlijk beter te spreken van effectmonitoring in plaats van beleidsmonitoring. De realisatie van de CO₂-reductiedoelstelling in de afvalsector richt zich op de opties preventie, hergebruik, nuttige toepassing en energiewinning. Het afvalbeleid richt zich dus niet alleen op het sturen van afvalstromen maar omvat ook alle ontwikkelingen die gevolgen hebben voor de richting, omvang en kwaliteit van afvalstromen.

In de nota klimaatverandering [1] zijn CO₂-doelstellingen gegeven voor de beleidsvelden energie (brandstofinzet en energiebesparing), verkeer en vervoer en afval. Tussen energie en afval bestaan interacties die tot problemen bij de toerekening van CO₂-reductie en tot dubbeltellingen leiden. De problematiek ten aanzien van energiewinning uit afvalverbranding zijn reeds eerder gesignaleerd. Bij deze energiewinning is gekozen voor een toerekening naar energie- en afvalbeleid op basis van een vaste ratio. Ten aanzien van recycling bestaan echter vergelijkbare problemen. Recycling kan gezien worden als afvalbeleid en als energiebeleid (het vergt immers minder energie dan produktie uit natuurlijke grondstoffen). Indien afvalstoffen worden gerecycled binnen hetzelfde bedrijf of binnen een bedrijfstak waarin de primaire produktie plaatsvindt (bijvoorbeeld de inzet van schroot uit de eigen walserij in de produktie van de staalindustrie) dan leidt dat tot een reductie van het energieverbruik per eenheid produkt, hetgeen gezien kan worden als energiebeleid. Het energiebesparingsbeleid ten aanzien van de industrie is uitgemond in meerjarenafspraken (MJA) met de belangrijkste industriële sectoren. De doelstelling voor energiebesparing voor de industrie

is gesteld op 20% verbetering van de energie-efficiëntie tussen 1990 en 2000. In principe wordt recycling als afvalbeleid gezien en niet als optie voor energiebeleid. De MJA laten op dit punt echter geen consistent beeld zien [3]. Het gebruik van energiedragers als grondstof is nadrukkelijk buiten de MJA gehouden. Dit is belangrijk voor processen waarbij zowel natuurlijke grondstoffen als afvalstoffen tegelijk kunnen worden ingezet (zoals het hoogovenproces en in de toekomst wellicht de kunststofindustrie) en waar het gebruik van energiedragers als grondstof (zgn. 'feedstocks') in rekening wordt gebracht. Feedstocks kunnen de helft tot driekwart van het energieverbruik van industrieën uitmaken die materialen produceren. Recycling (waarbij vooral op het feedstock gebruik wordt bespaard) leidt dus niet tot (significante) energiebesparing volgens de MJA. Er zijn echter twee uitzonderingen: de glasproductie en de cementproductie. Verhoging van het schervenaandeel in de glasproductie wordt gezien als optie voor energiebeleid. De productie van klinkerarme cementsoorten wordt ook gehonoreerd als energiebeleid. Klinkerarme cement wordt niet meegeteld voor het berekenen van de CO₂-doelstelling voor het afvalbeleid, glas echter wel [4]. Hier treedt dus een dubbeltelling op.

De doelstelling voor het afvalbeleid heeft zowel betrekking op consumptieafval (afgedankte producten) als op productieafval (industriële afval). Recycling van bedrijfsintern afval (bijvoorbeeld uit de staalwalserij bij Hoogovens) wordt niet tot afvalbeleid gerekend. Het is onduidelijk, of dit wel tot energiebeleid wordt gerekend.

Het effect van afvalbeleid wordt berekend ten opzichte van het jaar 1989. Ten aanzien van recycling geldt de extra hoeveelheid die gerecycled wordt ten opzichte van 1989 als maatstaf. Deze berekeningsmethode heeft de eenvoud als voordeel. Het nadeel is echter een te rooskleurig beeld van de effecten van recycling, omdat geen rekening wordt gehouden met de dynamiek van het materiaalgebruik. Indien de consumptie vanaf 1989 sterk stijgt (hetgeen daadwerkelijk is opgetreden voor een aantal materialen) komt er nu en in de nabije toekomst ook meer afval vrij van producten met een korte levensduur en treedt vanzelf meer recycling op. Deze extra recycling wordt vervolgens meegerekend als 'CO₂-reductie' door afvalbeleid. Dit is een overschatting van de beleidseffecten, omdat deze wijziging reeds autonoom optreedt. Het is eigenlijk dus juister te spreken van de CO₂-effecten van de wijziging in de afvalverwijdering. Een consequentie van deze berekeningsmethode is dat aan de CO₂-reductiedoelstelling voor afvalbeleid voldaan zou kunnen worden door de consumptie van wegwerp-artikelen te bevorderen, hetgeen per saldo tot een hogere CO₂-emissie leidt. De doelstelling voor CO₂-reductie door afvalbeleid zou in theorie dus gehaald kunnen worden door ontwikkelingen die in tegenspraak zijn met de intentie van het CO₂-beleid.

Het CO₂-effect van afvalrecycling wordt berekend met de formule:

$$CO_2\text{-effect} = \sum_{i,j} [k_{ijz} \times \Delta X_{ij} \times CO_{2z} - \Delta X_{ij} \times CO_{2ij}]$$

waarbij:

k_{ijz} = hoeveelheid nieuw materiaal z die vervangen wordt door recycling van afvalstof i via methode j [t/t]

ΔX_{ij} = wijziging in de hoeveelheid afvalstof i die via proces j verwijderd wordt [t]

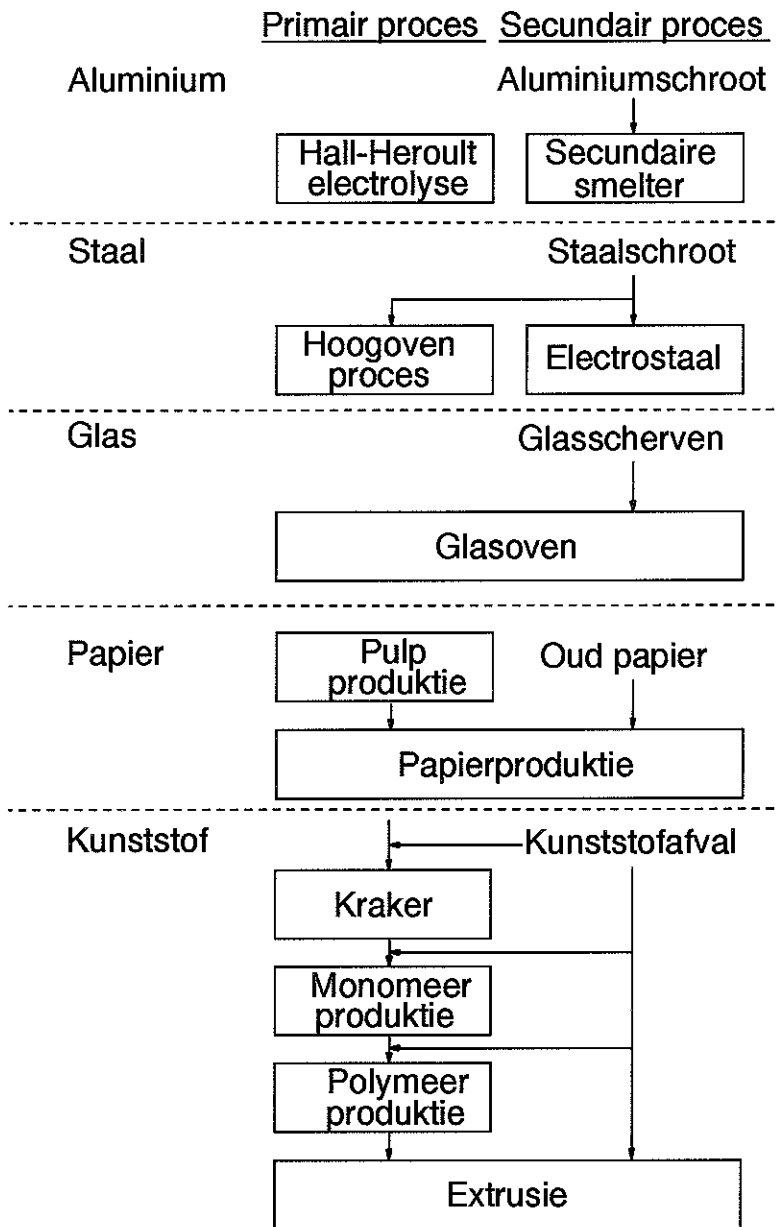
CO_{2z} = CO₂-emissie door produktie van 1 ton z [t/t]

CO_{2ij} = CO₂-emissie door recycling van 1 ton i via methode j [t/t]

In de berekeningen wordt k_{ijz} op 1 gesteld. Deze vereenvoudiging kan in bepaalde gevallen tot een afwijking van enkele procenten leiden. Zo treden bij aluminiumrecycling ongeveer 5% materiaalverliezen op ten gevolge van oxydatie en ten gevolge van aluminium dat verloren gaat via de slakken. Ook bij recycling van kunststofafval treden verliezen op doordat het afval verontreinigingen bevat of doordat de kwaliteit van het secundaire produkt niet aan de eisen voldoet. In Nederland bedroeg dit uitschot in 1994 5%. Als dergelijke verliezen verwaarloosd worden zijn secundaire produktie en inzet van afval gelijk.

Omdat recycling meestal minder energie kost dan primaire produktie uit natuurlijke grondstoffen treedt er een reductie van CO₂-emissies op bij een toename van recycling. De complexiteit van het berekenen van het CO₂-effect van recycling verschilt sterk per afvalstof. Dit is geïllustreerd in figuur 2.1. In dit figuur geeft het linker proces de produktie aan vanuit primaire (natuurlijke) grondstoffen, terwijl het rechter proces de produktie uit afvalstoffen weergeeft. Het onderscheid tussen beide processen is echter in de praktijk niet zo strikt. Staalschroot wordt ook ingezet in het hoogovenproces. In glasovens worden zowel natuurlijke grondstoffen als glasscherven als grondstof ingezet. Bij kunststoffen is het produktieproces het meest complex van alle te onderzoeken materialen. Kunststofafval kan (in de toekomst) op allerlei manieren in de primaire produktie ingebracht worden. Momenteel is echter re-extrusie nog de belangrijkste recyclingmethode.

Enig begrip van deze materie is belangrijk omdat de complexiteit van de berekening door de integratie van primaire en secundaire materiaalstromen ook sterk toeneemt van aluminium naar kunststof. Een tweede constatering is dat ieder materiaal een andere aanpak vergt vanwege het verschillende karakter van de recyclingprocessen.



Figuur 2.1 *Recyclingopties voor verschillende afvalstoffen*

De doelstelling voor het afvalbeleid is gebaseerd op systeemgrenzen die afwijken van de landsgrenzen. Afvalbeleid heeft zowel betrekking op inzameling als op recycling. Voorlopig is nog onduidelijk of de doelstelling voor het afvalbeleid betrekking heeft op recycling van afval dat is ingezameld in Nederland of op recycling van zowel Nederlands als buitenlands afval in Nederland. Het afvalbeleid omvat zowel afvalstromen die in Nederland ingezameld worden en in het buitenland gerecycled worden als ook afvalstromen die in Nederland gerecycled worden en in het buitenland tot verminderde primaire produktie leiden. Voor zulke grensoverschrijdende effecten zijn de begrippen 'instroom' en 'uitstroom' geïntroduceerd.

2.2 De begrippen instroom en uitstroom

De begrippen 'instroom' en 'uitstroom' zijn in het kader van CO₂ en afval nieuw. Algemene officiële definities ontbreken. Dit is reden om de beschikbare bronnen er op na te slaan om beide begrippen te analyseren. Omdat het probleem alleen relevant is in het kader van het programma CO₂ en afval komen alle citaten uit de statusrapportage voor dit programma. Voorheen werd in plaats van instroom en uitstroom gesproken over inlek en weglek. Deze termen hadden dezelfde betekenis. In het kader van deze studie is echter binnen de werkgroep afgesproken in het vervolg alleen nog van instroom en uitstroom te spreken. Er is voor twee nieuwe begrippen gekozen omdat inlek en weglek als verwarrende begrippen werden ervaren.

[van der Veen et al., 1993, pp. 3]

weglekeffect : 'in de Sentermethodiek worden ook effecten van het afvalbeleid meegenomen die leiden tot een vermindering van CO₂-emissie in het buitenland (voorbeeld: als er in Nederland meer aluminium gerecycled wordt betekent dit dat er in de wereld minder primair aluminium geproduceerd wordt. In Nederland zal echter (op korte en middellange termijn) geen verminderde aluminiumproductie plaatsvinden. Derhalve zal het gebruik van fossiele brandstoffen ten behoeve van aluminiumproductie niet afnemen. Volgens de NMP-methodiek wordt er dan geen CO₂-emissiereductie geboekt.'

[van der Veen et al., 1993, pp. 15]

'De berekende CO₂-emissie zal, gezien o.m. vanwege het feit dat de Nederlandse papierindustrie naast oud-papier geïmporteerde pulp als grondstof gebruikt, grotendeels in het buitenland gerealiseerd worden (het zgn. 'weglekeffect').'

[van der Veen et al., 1994, p.2-3][5]

'- hergebruik van afval leidt tot een verminderd gebruik van grondstoffen, en dus ook tot een verminderd gebruik van energie om die grondstoffen te produceren. Alle energie-effecten gedurende de hele keten van grondstof tot eindproduct die worden bespaard ten gevolge van hergebruik worden toegerekend aan het afvalstoffenbeleid, voor zover deze besparingen in Nederland plaatsvinden (indien het Nederlands afvalstoffenbeleid leidt tot CO₂-emissiereductie in het buitenland is er sprake van het zgn. weglekeffect). Mogelijk zijn er ook gevolgen van buitenlands afvalbeleid die in Nederland tot CO₂-emissiereductie leiden, het zgn. inlekeffect. Over de omvang van dit effect is echter weinig bekend. Het effect is in deze rapportage dan ook niet in beschouwing genomen.'

[van der Veen et al., 1994, p.3]

weglekeffect: 'Voorbeeld: als er in Nederland meer aluminium gerecycled wordt betekent dit dat er op wereld niveau minder primair aluminium geproduceerd hoeft te worden. Het is echter niet te verwachten dat de aluminiumproducenten in Nederland minder gaan produceren. De vermindering van de aluminiumproductie(groei) zal in het buitenland plaatsvinden. Derhalve zal het gebruik aan fossiele brandstoffen in Nederland ten behoeve van aluminiumproductie niet afnemen, en er wordt in Nederland geen CO₂-emissiereductie gerealiseerd.'

[van der Veen et al., 1994, p.16]

'De CO₂-emissiereductie ten gevolge van het Nederlandse afvalstoffenbeleid is aanzienlijk groter (0,9-1,0 Mton) dan de CO₂-emissie reductie in Nederland. Dit wordt verklaard door het eerder genoemde weglekeffect.'

Uit bovenstaande citaten kunnen een aantal conclusies worden getrokken:

- Het gaat om de CO₂-effecten van afvalbeleid.
- Alle voorbeelden hebben betrekking op materiaalhergebruik. Het is onduidelijk of de CO₂-effecten van afvalpreventie (waaronder produkthergebruik) en verbranding in dit kader relevant zijn.
- Uitstroom: Nederlands afvalbeleid leidt tot CO₂-emissiereductie in het buitenland. Instroom: buitenlands afvalbeleid leidt tot CO₂-emissiereductie in Nederland. Het kan bij uitstroom dus enerzijds gaan om afval dat in Nederland extra ingezameld wordt en in het buitenland gerecycled wordt (zoals bij staal het geval is). Anderzijds kan het gaan om Nederlands afval dat in Nederland extra ingezameld en gerecycled wordt, maar in het buitenland tot vervanging van primaire materiaalproductie leidt (zoals bijvoorbeeld bij papier en aluminium). De begrippen instroom en uitstroom hebben op beide varianten betrekking.
- Uit het eerste en het laatste citaat zou geconcludeerd kunnen worden dat de doelstelling van het afvalbeleid getoetst wordt aan alle effecten, die aan het Nederlandse beleid kunnen worden toegeschreven (zowel in Nederland als in het buitenland). De IPCC methode wijst echter in een andere richting: effecten van Nederlands en buitenlands afvalbeleid in Nederland. In de IPCC methode worden immers alle emissies die binnen een bepaald land optreden aan dat land toegerekend. De keuze voor de ene of de andere toets maakt uitstroom respectievelijk instroom tot beleidsrelevante informatie.

Instroom en uitstroom hebben in principe betrekking op alle grensoverschrijdende effecten. Het gaat dus zowel om preventie als om recycling en verbranding. Omdat een conceptuele uitwerking van preventie nog volledig ontbreekt wordt het preventie-effect voorlopig buiten beschouwing gelaten. In beginsel mag geen afval geëxporteerd worden dat in het buitenland verbrand wordt. Toch wordt deze optie conceptueel uitgewerkt, omdat enerzijds onduidelijk is of een dergelijke regel op termijn te handhaven is en anderzijds omdat de grens tussen verbranden en recycling niet scherp is (denk bijvoorbeeld aan het verbranden van kunststofafval in een hoogoven of het vergassen van kunststofafval).

2.3 Grensoverschrijdende materiaalstromen

Voor de opzet van de methode is het ook relevant van tevoren te kijken naar het belang en de karakteristieken van de grensoverschrijdende materiaalstromen. Daarom staan in tabel 2.1 data met betrekking tot de omvang van de Nederlandse productie en de grensoverschrijdende materiaalstromen voor kunststoffen, staal, papier, aluminium en glas. De analyse omvat de intermediaire stoffen (etheen, propeen, styreen, vinylchloride en pulp), materialen en afvalstoffen. De materiaalstromen in tabel 2.1 omvatten materialen en halfprodukten (bijvoorbeeld staalprofielen en platen). De definities (volgens de goederennaamlijst voor de Statistieken van de buitenland-

se handel) zijn opgenomen in bijlage A. Materialen in produkten zijn echter niet in deze grensoverschrijdende stromen opgenomen.

Tabel 2.1 Grensoverschrijdende materiaal- en afvalstromen (1992)

Materiaal	Productie/inzet [kt/jaar]	Export [kt/jaar]	Netto export ¹ [kt/jaar]
Etheen	2450	768	630
Polyetheen (primair)	1130	1157	830
Polyetheen afval ²	38 ³	61	-12
Propeen	1420	327	100
Polypropeen (primair)	620	521	370
Polypropeen afval ²	13 ³	7	-2
Styreen	1050	781	660
Polystyreen (primair)	190	227	70
Polystyreen afval ²	8 ³	8	-2
Vinylchloride	410	264	-
Polyvinylchloride (primair)	410	296	118
PVC afval ²	2 ³	46	18
Staal	5439	6001	1043
Staalschroot ²	525 ⁴	3250	1208
Pulp	150	7	-661
Papier	2811	2600	-512
Oud papier ²	1940 ⁴	985	-268
Aluminium	385	336	141
Aluminiumschroot ²	115 ⁴	145	11
Glas (1990)	980	n.a.	n.a.
Glasscherven ²	382 ⁴	72	-3,6

¹ Netto export = export - import

² Omvat zowel proces- als consumptieafval.

³ Afzet van secundaire kunststoffen door Nederlandse recyclingbedrijven in Nederland in 1994.

⁴ Inzet.

Data in tabel 2.1 laten een aantal aspecten van grensoverschrijdende materiaalstromen zien:

- De vergelijking van produktie en export laat zien dat de Nederlandse petrochemie, de staal- en de aluminiumindustrie vooral voor de export produceren.
- Voor een aantal materialen is de export zelfs groter dan de produktie. Er is dus sprake van doorvoer (polyetheen, polystyreen, staal).
- Voor papier treedt in Nederland een netto verbruik op: zowel de netto export balans voor pulp als voor papier en oud papier is negatief.
- In de categorie afvalstoffen vindt vooral netto export plaats van staalschroot en in mindere mate van aluminium en PVC. Voor PE, PP en PS is de balans voor 1992 min of meer neutraal. Voor oud papier treedt een aanzienlijke netto import op.
- De vergelijking van export en netto export laat zien dat er aanzienlijke grensoverschrijdende import- en exportstromen van materialen en afval-

stromen zijn, die elkaar per saldo vaak min of meer opheffen. Op het eerste gezicht zou transportenergie gespaard kunnen worden door de import- en exportstromen tegen elkaar weg te strepen. De situatie is echter complexer dan ze op het eerste gezicht lijkt. Deze ogenschijnlijke inefficiëntie is namelijk vooral te wijten aan verschillende kwaliteiten binnen een materiaalgroep, die elkaar niet zondermeer kunnen substitueren.

- De situatie bij kunststoffen en papier is aanzienlijk complexer dan bij metalen en glas, omdat materiaalstromen van intermediaire materialen (pulp, etheen) ook een rol spelen.
- Voor glas zijn geen data beschikbaar over grensoverschrijdende materiaalstromen omdat glas in de handelsstatistieken voor een groot deel per m² geregistreerd wordt.
- Voor staal, papier, aluminium en glas is het moeilijk onderscheid te maken tussen grensoverschrijdende materiaalstromen en grensoverschrijdende produktstromen (veel export van halfabrikaten). Voor de afvalstromen bestaat een dergelijk probleem niet. Met name bij de toerekening van CO₂-effecten (de berekening van de omvang van instroom en uitstroom) kan dit probleem een rol spelen, zoals verderop zal worden uitgelegd.
- Het onderscheid tussen productie- en consumptieafval is niet te maken op grond van handelsstatistieken

De vergelijking van de netto export en de produktie kan als maat dienen voor het huidige belang van de grensoverschrijdende afvalstromen en de bijbehorende CO₂-effecten. Dit is weergegeven in tabel 2.2.

Tabel 2.2 *Het belang van grensoverschrijdende CO₂-effecten (1992)*

Materiaal	Export afval [kt/jr]	Netto export afval [kt/jr]	CO ₂ primair [t/t]	CO ₂ recycling [t/t]	Export CO ₂ [Mt/jr]	Netto export CO ₂ [Mt/jr]
Aluminium	145	11	10,0	0,4	1,39	0,11
Glas	72	-3,6	0,67	0,34	0,02	0,00
Kunststoffen ¹	122	2	2,4	1,1	0,16	0,00
Papier	985	-268	1,45	0,50	0,94	-0,27
Staal	3250	1208	1,5	0,2	4,23	1,57
Totaal					6,74	1,41

¹ Omvat de som van PE, PP, PS, PVC.

Tabel 2.2 laat zien dat het totale CO₂-effect van grensoverschrijdende afvalstromen uitkomt op 6,74 Mt export en 1,41 Mt netto export. Nederland exporteert dus een aanzienlijke 'CO₂-winst' via afvalexport, waarvan het leeuwedeel via export van staalschroot. Het verschil tussen export en netto export geeft het belang van importstromen aan. Deze zijn bijna even belangrijk als de exportstromen. Bij deze cijfers moet aangetekend worden dat het hier veelal om reeds lang bestaande verwijderingsstructuren gaat; het effect van afvalbeleid is slechts een fractie van deze hoeveelheid.

Verder is het interessant een analyse te maken van de bestemming van de materiaalstromen. In tabel 2.3 is de bestemming van de materiaal- en afvalexportstromen weergegeven. Deze analyse omvat niet alle exportstro-

men van de genoemde materialen, maar is gebaseerd op de som van de belangrijkste posten uit de handelsstatistiek.

Tabel 2.3 *Analyse van materiaal- en afvalexport (1992)*

	Bestemming materiaal [%]	Bestemming afval [%]
	Aluminium	Aluminiumschroot
België	41	28
Duitsland	17	32
Rest EU	39	19
Overig OECD-Europa	2	3
Rest wereld	1	21
	Glas	Glasafval
België	niet beschikbaar	37
Duitsland	niet beschikbaar	34
Rest EU	niet beschikbaar	31
Overig OECD-Europa	niet beschikbaar	0
Rest wereld	niet beschikbaar	0
	Kunststof ¹	Kunststofafval
België	17	15
Duitsland	26	9
Rest EU	40	15
Overig OECD-Europa	8	0
Rest wereld	9	59
	Papier	Papierafval
België	15	4
Duitsland	26	36
Rest EU	37	16
Overig OECD-Europa	4	3
Rest wereld	18	41
	Staal	Staalschroot
België	11	10
Duitsland	13	5
Rest EU	31	16
Overig OECD-Europa	8	41
Rest wereld	36	29

¹ LDPE + LLDPE + PP + PVC

Uit tabel 2.3 kan worden afgeleid dat de export van de meeste materialen voor meer dan 80% gericht is op OECD-Europa. Alleen bij staal bestaat ook een aanzienlijke export naar landen buiten Europa. Opvallend is dat bij een aantal afvalstoffen de export naar landen buiten Europa groter is dan de export van de bijbehorende primaire materialen. Dit is tegengesteld aan wat men zou verwachten, gezien de geringe waarde van afval. Een verklaring zou kunnen zijn dat de lagere lonen voor de opwerking of de lagere

milieueisen in landen buiten Europa tegen de hoge transportkosten opwegen.

Op basis van tabel 2.3 kan geconcludeerd worden dat een analyse van instroom en uitstroom in ieder geval op het niveau van OECD-Europa plaats dient te vinden en wellicht zelfs op wereldschaal. Het zou te overwegen zijn voor verschillende materialen verschillende zichtregio's te hantieren. De glasmarkt is naar alle waarschijnlijkheid een regionale markt (omringende landen), terwijl de exportmarkt in de volgorde kunststof, aluminium, papier en staal in toenemende mate globaler van karakter wordt.

2.4 Specifieke CO₂-emissies

In de berekening van de CO₂-reductie door afvalbeleid spelen de buitenlandse specifieke CO₂-emissies een belangrijke rol. Hiermee wordt bedoeld op de CO₂-effecten per eenheid primair of gerecycled materiaal. Deze emissies hangen af van het specifieke energieverbruik van het proces, van het type energiedrager en van de CO₂-emissies in de elektriciteitsopwekking. Deze kunnen sterk verschillen, zoals blijkt uit de cijfers in tabel 2.4. De emissies zijn gesplitst in directe emissies (tijdens de elektriciteitsopwekking) en alle bovenstroomse emissies (winning energiedragers, bouw centrale, transport etc.). Alle emissies zijn toegerekend aan de productie van elektriciteit (dus geen toerekening aan warmteproductie). Deze cijfers zijn vooral bedoeld om een beeld te geven van de spreidingen in de specifieke CO₂-emissies van elektriciteit: tussen 12 en 300 kg/GJ_{el}. Omdat de brandstofmix voor de nationale elektriciteitsopwekking sterk varieert (Noorwegen bijna 100% waterkracht, Frankrijk 80% kernenergie, Denemarken 90% kolen), variëren de CO₂-emissies per GJ elektriciteit bijna even sterk tussen landen.

Tabel 2.4 CO₂-emissies voor elektriciteitsopwekking met verschillende technieken [6,7]

Land	Direct [kg CO ₂ -equiv./GJ _{el}]	Upstream [kg CO ₂ -equiv./GJ _{el}]
Aardgas	125	25-175
Kernenergie	0	15
Kolen	270	45
Waterkracht	0	12

Als deze cijfers gecombineerd worden met de elektriciteitsbehoefte voor materialenproductie kan een schatting worden gemaakt van de spreiding van CO₂-emissiecoëfficiënten voor verschillende primaire en secundaire materialen (tabel 2.5).

Tabel 2.5 *Maximale en minimale CO₂-emissiecoëfficiënten, gebaseerd op verschillende brandstofinzet voor elektriciteitsopwekking*

Proces	Minimaal [t CO ₂ /t]	Maximaal [t CO ₂ /t]
Staal hoogoven	1,5	1,8
Staal electro	0,1	1,5
Aluminium primair	3,6	18,0
Aluminium recycling	0,4	0,4
Glas primair	0,5	0,7
Glas recycling	0,4	0,6
PE primair	2,2	2,6
PE re-extrusie	0,0	0,6
Papier primair	1,4	1,6
Papier recycling	0,4	0,6

In principe kan de spreiding van de besparingen liggen tussen de extrema voor primaire produktie en recycling (minimum primair - maximum recycling versus maximum primair - minimum recycling). Deze spreiding is weergegeven in tabel 2.6.

Tabel 2.6 *Spreidingen in CO₂-besparing door recycling*

Materiaal	Minimum besparing [t/t afval]	Maximum besparing [t/t afval]
Aluminium	3,2	17,6
Glas	0,1	0,3
Papier	0,8	1,2
PE	1,6	2,6
Staal	0,0	1,7

Deze spreidingen laten zien dat de invloed van de brandstofmix bij alle materialen aanzienlijk is. Het meest extreem is de situatie bij aluminium en staal. In de praktijk wijken de gemiddelde besparingen natuurlijk niet zo ver af als deze cijfers suggereren. In het algemeen kan gesteld worden dat in andere Europese landen meer waterkracht en kernenergie voor elektriciteitsopwekking wordt gebruikt, en de gemiddelde besparingen voor uitstroom naar schatting een kwart tot de helft lager liggen dan de besparingen die berekend worden met de Nederlandse kentallen (tabel 2.2). Vanwege het conceptuele karakter van deze studie wordt voorlopig geen rekening gehouden met deze spreidingen en worden de Nederlandse kentallen gebruikt.

2.5 Afleiding van de berekeningsmethode

In paragraaf 2.1 is de formule besproken die gebruikt wordt voor de berekening van de CO₂-effecten van afvalbeleid. Deze kan ook herschreven worden (uitgaande van 1 recyclingtechniek en 1 verbrandingstechniek met energierterugwinning):

$$\text{Beleidseffect} = \Delta R \times \Delta CO_{2R} + \Delta V \times \Delta CO_{2V} \quad (1)$$

Op nationaal niveau spelen import en exportstromen ook nog een rol. De wijziging in afvalverwijdering waarvan het CO₂-effect moet worden bepaald is gedefinieerd als:

- ΔR = Wijziging van recycling
- ΔV = Wijziging van verbranding
- ΔCO_{2R} = CO₂-effect van recycling
- ΔCO_{2V} = CO₂-effect van verbranding

$$\text{Wijziging van afvalverwijdering in Nederland} = \Delta R_{NI} + \Delta V_{NI} + \Delta E \quad (2)$$

waarbij:

- ΔR_{NI} = Wijziging van recycling in Nederland
- ΔV_{NI} = Wijziging van verbranding in Nederland
- ΔE = Wijziging van export uit Nederland

De vraag is in hoeverre een wijziging in de Nederlandse afvalverwijdering invloed heeft op emissies in het buitenland en in hoeverre wijzigingen in de buitenlandse afvalverwijdering invloed hebben op de emissies in Nederland. Voor uitstroom (U) en instroom (I) geldt dus:

$$U = \frac{\Delta CO_{2Bl}}{\Delta R_{NI}} + \frac{\Delta CO_{2Bl}}{\Delta V_{NI}} + \frac{\Delta CO_{2Bl}}{\Delta E} \quad (3)$$

$$I = \frac{\Delta CO_{2NI}}{\Delta R_{Bl}} + \frac{\Delta CO_{2NI}}{\Delta V_{Bl}} + \frac{\Delta CO_{2NI}}{\Delta I}$$

De tweede term in deze formule wordt op 0 gesteld. De derde term kan verder opgesplitst worden in een term voor export (import) die tot extra verbranding leidt en export die tot extra recycling leidt in het buitenland (in Nederland). De formules worden uitgewerkt volgens deze drie termen:

$$I = \sum_{\text{mat}} (I_{\text{gsr}} + I_{\text{gsv}} + I_{\text{gef}}) \quad (4)$$

$$U = \sum_{\text{mat}} (U_{\text{gsr}} + U_{\text{gsv}} + U_{\text{gef}}) \quad (5)$$

waarbij:

- I = instroom van CO₂-reductie [Mt CO₂/jaar]
- U = uitstroom van CO₂-reductie [Mt CO₂/jaar]
- gsr = grensoverschrijdende stromen die elders gerecycled worden
- gsv = grensoverschrijdende stromen die elders verbrand worden
- gef = grensoverschrijdende effecten van recycling
- \sum_{mat} = sommatie over alle afvalstoffen [-]

In de formules 4 en 5 geeft de eerste term het effect van extra inzameling in het ene gebied weer dat tot extra afvalexport leidt en tot extra recycling in het andere gebied. De tweede term geeft het effect van extra inzameling in het ene gebied weer dat tot extra afvalexport leidt en tot extra energiete-rugwinning in het andere gebied. Deze twee termen beschrijven dus het effect van wijzigingen in de grensoverschrijdende afvalstromen. De derde term geeft het effect weer van extra inzameling en recycling in het ene gebied weer dat tot reductie van primaire produktie in het andere gebied leidt (het grensoverschrijdende effect). De drie termen zullen afzonderlijk worden besproken.

Voor instroom geldt per afvalstof:

$$I_{gsr} = \frac{\delta P_{NI}}{\delta I} \times \Delta I \times \Delta CO_{2gsr} \quad (6)$$

$$I_{gsv} = \frac{\delta V_{NI}}{\delta I} \times \Delta I \times \Delta CO_{2gsv} \quad (7)$$

$$I_{gef} = \frac{\delta P_{NI}}{\delta R_{Bl}} \times \Delta R_{Bl} \times \Delta CO_{2gef} \quad (8)$$

Voor uitstroom geldt per afvalstof:

$$U_{gsr} = \frac{\delta P_{Bl}}{\delta E} \times \Delta E \times \Delta CO_{2gsr} \quad (9)$$

$$U_{gsv} = \frac{\delta V_{Bl}}{\delta E} \times \Delta E \times \Delta CO_{2gsv} \quad (10)$$

$$U_{gef} = \frac{\delta P_{Bl}}{\delta R_{NI}} \times \Delta R_{NI} \times \Delta CO_{2gef} \quad (11)$$

waarbij:

$\delta P/\delta I$ = verandering van de primaire produktie bij een verandering van de importactiviteit [t/t]

$\delta V/\delta I$ = verandering van de verbranding bij een verandering van de importactiviteit [t/t]

$\delta P/\delta R$ = verandering van primaire produktie bij een verandering van de recyclingactiviteit [t/t]

$\delta V/\delta E$ = verandering van de verbranding bij een verandering van de exportactiviteit [t/t]

$\delta P/\delta E$ = verandering van de primaire produktie bij een verandering van de exportactiviteit [t/t]

ΔE = verandering van de export [Mt/jaar]

ΔI = verandering van de import [Mt/jaar]

ΔR = verandering van de recycling [Mt/jaar]

ΔCO_2 = specifieke reductie van de CO_2 -emissie [t/t afval]

In deze formules wordt voor de afhankelijkheid tussen de marginale grensoverschrijdende effecten en de omvang van de afvalstromen verwaarloosd. De primaire produktie in bovenstaande formules heeft slechts betrekking op dat deel van de produktie dat terug kan worden gevoerd op natuurlijke grondstoffen. De inzet van schroot in het hoogovenproces wordt hier bijvoorbeeld niet toe gerekend. Deze schrootinzet wordt afgetrokken van de hoogovenstaalproduktie om de primaire staalproduktie te schatten. Voor papier wordt de inzet van houtpulp als maat voor de primaire produktie gebruikt. Voor kunststoffen wordt de produktie van etheen als maat genomen.

Er bestaat een verband tussen ΔI en ΔR_{NI} respectievelijk ΔE en ΔR_{BI} . Extra import van schroot leidt immers tot extra recycling in Nederland. Toch treedt er geen dubbeltelling op. Indien de uitstroom volgens formule (11) stijgt ten gevolge van extra import van schroot (een verhoging van de instroom volgens formule (6)) is er geen dubbeltelling omdat formule (6) bijdraagt aan instroom, terwijl formule (11) bijdraagt aan uitstroom. Een correctie van de instroom is nodig omdat niet alle extra recycling in Nederland (ook t.g.v. import) tot reductie van de Nederlandse CO₂-emissies leidt: er treedt uitstroom op. In principe zou hiervoor ook gecorrigeerd kunnen worden door de formule voor instroom te corrigeren voor grensoverschrijdende stromen (instroom) die weer tot grensoverschrijdende effecten (uitstroom) leiden. In deze formules is echter voor een andere aanpak gekozen (een overschatting van de instroom en een correctie via extra uitstroom). Omdat alleen het verschil tussen instroom en uitstroom relevant is wordt de uiteindelijke uitkomst niet door deze keuze beïnvloed. Vice versa geldt deze redenering voor ΔE en ΔR_{BI} .

Het probleem bij de berekening van de instroom en uitstroom volgens de formules 6-11 ligt in de berekening van de eerste term aan de rechterkant. Hiervoor zullen vergelijkingen worden afgeleid. Daarbij wordt eerst ingegaan op de grensoverschrijdende effecten (formules 8 en 11) en vervolgens op de grensoverschrijdende stromen (formules 6, 7, 9 en 10).

Grensoverschrijdende effecten

De term $\delta P / \delta R$ geeft de wijziging aan van de primaire produktie bij een wijziging van de hoeveelheid gerecycled materiaal. Een ton extra recycling leidt tot een ton minder primaire produktie. Er geldt dus:

$$\frac{\delta P}{\delta R} = -1 \quad (12)$$

Dit gegeven kan verder uitgewerkt worden voor recycling in Nederland en in het buitenland:

$$\frac{\delta(P_{Bl}+P_{NI})}{\delta R_{NI}} = -1 \quad (13)$$

$$\frac{\delta(P_{Bl}+P_{NI})}{\delta R_{Bl}} = -1 \quad (14)$$

Deze vergelijkingen kunnen herschreven worden:

$$\frac{\delta P_{Bl}}{\delta R_{NI}} + \frac{\delta P_{NI}}{\delta R_{NI}} = -1 \quad (15)$$

$$\frac{\delta P_{Bl}}{\delta R_{Bl}} + \frac{\delta P_{NI}}{\delta R_{Bl}} = -1 \quad (16)$$

Het probleem is hiermee verschoven naar de berekening van de term $\delta P_{NI}/\delta R_{NI}$. Deze term kan echter ook herschreven worden. In deze wordt onderscheid gemaakt tussen recycling in processen waarin afvalstoffen primaire grondstoffen vervangen (bijvoorbeeld in de glasproductie) en in processen waarin afvalstoffen geen primaire grondstoffen vervangen (bijvoorbeeld in de opwerking van aluminiumschroot). De som van de recycling via beide types van processen is voor elk materiaal gelijk aan de totale recycling in Nederland, zie figuur 2.1. Hierbij moet opgemerkt worden dat het om een arbitraire scheiding gaat. In de praktijk zal het van de knelpunten in het proces afhangen, of additionele recycling in de primaire productie tot vervanging van primaire productie leidt. De primaire staalproductie is een goed voorbeeld. Er is van uitgegaan dat de staalwalserijen de beperkende factor vormen. Dit houdt in dat extra inzet van schroot in de staalfabriek tot een reductie van de ruwijzerproductie in de hoogoven leidt. Indien de capaciteit van de hoogoven echter de beperkende factor vormt, zal extra inzet van schroot niet tot een vermindering van de ruwijzerproductie leiden, maar tot een stijging van de totale productie. Hoewel er dus eigenlijk sprake is van een glijdende schaal, worden processen ter gedachtenvorming toch in twee categorieën opgedeeld:

$$R_{NI} = IP_{NI} + SP_{NI} \quad (17)$$

waarbij:

R_{NI} = totale recycling van afval [t/jaar]

IP_{NI} = inzet van afval in een primair productieproces (bijvoorbeeld de inzet van staalschroot in het hoogovenproces) [t/jaar]

SP_{NI} = inzet van afval in een secundair productieproces (bijv. de inzet van staalschroot in de electrostaalproductie) [t/jaar]

Beide types van recyclingprocessen hebben echter een verschillend effect op de primaire productie:

$$\frac{\delta P_{NI}}{\delta R_{NI}} = \frac{dIP_{NI}}{dR_{NI}} \times \frac{\delta P_{NI}}{\delta IP_{NI}} + \frac{dSP_{NI}}{dR_{NI}} \times \frac{\delta P_{NI}}{\delta SP_{NI}} \quad (18)$$

waarbij:

$\delta P_{NI}/\delta IP_{NI}$ = wijziging van de primaire productie in Nederland bij een wijziging van recycling van afvalstof i via een primair productieproces [t/t]

$\delta P_{NI}/\delta SP_{NI}$ = wijziging van de primaire productie in Nederland bij een wijziging van recycling van afvalstof i via een secundair proces [t/t]

Een zelfde formule geldt voor het buitenland. Van de eerste term in deze formule staat vast dat recycling in primaire productieprocessen tot vervanging van primaire productie in Nederland leidt: $\delta P_{NI}/\delta IP_{NI} = -1$ (dit is het geval bij glasrecycling, bij het hoogovenproces, en in de toekomst wellicht bij de inzet van kunststofafval in de petrochemie. Bij papier zit het CO₂-voordeel in de vervanging van de pulpproductie, de vervanging van pulp in de papierfabricage heeft geen CO₂-voordeel, zie figuur 2.1). Het probleem ligt vervolgens in de schatting van de term $\delta P_{NI}/\delta SP_{NI}$. Recycling via secundaire processen in Nederland kan immers tot reductie van primaire productie in het buitenland leiden. Het effect op de productie in Nederland zal in principe afhankelijk zijn van de fractie van de materialen die in Nederland gebruikt worden die ook in Nederland geproduceerd worden. Daarom vindt toerekening plaats op basis van de herkomst van materialen die in Nederland gebruikt worden (n.b. dit is een keuze):

$$\frac{\delta P_{NI}}{\delta SP_{NI}} = -\frac{P-E}{P-E+I} \quad (19)$$

waarbij:

P = productie materiaal i in Nederland [t/jaar]

E = export materiaal i uit Nederland [t/jaar]

I = import materiaal i in Nederland [t/jaar]

In formule 19 wordt uitgegaan van de totale productie en van de totale import- en exportstromen. In principe zou ook uit kunnen worden gegaan van alleen de primaire productie en de import- en exportstromen van primair materiaal. Hiervoor is niet gekozen omdat import- en exportstromen vaak zowel primair als secundair materiaal bevatten waartussen geen onderscheid kan worden gemaakt (bijvoorbeeld bij staal, papier). Als wordt aangenomen dat de verhouding tussen grensoverschrijdende stromen en productie gelijk is voor primaire en secundaire productie dan zijn beide overigens gelijk. Hiermee is de berekening van de instroom- en uitstroom door grensoverschrijdende effecten (formules 8 en 11) herleid tot gegevens die beschikbaar zijn (de combinatie van formules 15, 16, 18 en 19).

Grensoverschrijdende stromen

Het effect van wijzigingen in de grensoverschrijdende afvalstromen wordt berekend volgens de formules 6, 7, 9, 10. Recycling en verbranding hangen echter samen via een massabalans voor afvalstoffen. Daarom bestaat er ook een verband tussen $\delta P_{NI}/\delta I$ en $\delta V_{NI}/\delta I$ respectievelijk $\delta P_{BI}/\delta E$ en $\delta V_{BI}/\delta E$. Grensoverschrijdende afvalstromen worden gerecycled dan wel verbrand (opslag wordt verwaarloosd, storten is verboden):

$$\frac{\delta(R_{BI}+V_{BI})}{\delta E}=1 \quad (20)$$

$$\frac{\delta(R_{NI}+V_{NI})}{\delta I}=1 \quad (21)$$

Formule 21 kan herschreven worden tot:

$$\frac{\delta R_{NI}}{\delta P_{NI}} \times \frac{\delta P_{NI}}{\delta I} + \frac{\delta V_{NI}}{\delta I} = 1 \quad (22)$$

Dit is gelijk aan:

$$\frac{\delta P_{NI}}{\delta I} = \frac{\delta P_{NI}}{\delta R_{NI}} \times \left[1 - \frac{\delta V_{NI}}{\delta I} \right] \quad (23)$$

$\delta P_{NI}/\delta R_{NI}$ is bekend uit formule 18. Een zelfde formule geldt voor de term $\delta P_{BI}/\delta E$. Met behulp van deze formules kunnen beide termen bepaald worden. In het algemeen zal vooraf bekend zijn of het afval in het andere gebied gerecycled of verbrand zal worden (het probleem speelt alleen bij papier/karton en bij kunststofafval).

Ten aanzien van de CO₂-effecten in de formules 6-11 geldt dat de ΔCO_{2gsr} , ΔCO_{2gsv} (de CO₂-effecten bij grensoverschrijdende stromen) gelijk zijn aan het verschil in CO₂-emissies tussen primaire productie en recycling. Voor ΔCO_{2gef} (het CO₂-effect bij grensoverschrijdende effecten) geldt echter dat recycling leidt tot CO₂-emissies van recycling in het ene gebied en besparing van primaire productie in het andere gebied. Het grensoverschrijdende effect is dan dus gelijk aan de CO₂-emissie van de primaire productie.

De volgende vraag is hoe moet worden omgegaan met complexe recyclingprocessen zoals bij kunststoffen. Doordat in de toekomst wellicht meerdere secundaire recyclingprocessen beschikbaar komen treedt weer een toerekeningsprobleem op. De problematiek sluit echter goed aan bij de problematiek ten aanzien van de toerekening van verbranding en recycling. Een totale massabalans voor afvalverwijdering, analoog aan formule 22, kan uitkomst bieden. Indien vooraf bekend is hoe het kunststofafval gerecycled zal worden (via welke techniek) kan gebruik worden gemaakt van deze gegevens. Indien deze gegevens ontbreken kan gebruik worden gemaakt van generieke data (gemiddelde waarden) over de inzet van recy-

clingtechnieken van kunststofafval in het buitenland respectievelijk Nederland.

2.6 Berekening van de coëfficiënten voor grensoverschrijdende effecten

In deze paragraaf zal de berekening van de coëfficiënten voor grensoverschrijdende effecten volgens de formules 18 en 19 ingevuld worden. De berekening van de grensoverschrijdende effecten is weergegeven in tabel 2.7 en tabel 2.8. Als voorbeeld zal deze toegelicht worden voor aluminium. In de primaire aluminiumproductie wordt geen aluminiumschroot ingezet. Daarom is de factor $\delta P_{NI}/\delta R_{NI}$ gelijk aan 0. De factor $\delta P_{NI}/\delta IP_{NI}$ geeft de vervanging van primaire productie aan door de inzet van afval in primaire productieprocessen. Deze is voor alle processen op 1 gesteld (voor het hoogovenproces zou deze factor wellicht kleiner dan 1 kunnen zijn). De meest complexe stap in deze berekening is de bepaling van $\delta P_{NI}/\delta R_{NI}$. Voor aluminium geldt (1992, zie tabel 2.1): productie (primaire + secundaire) 385 kt per jaar, export (primaire+secundaire) 336 kt, import (primaire + secundaire) 195 kt per jaar. $\delta P_{NI}/\delta R_{NI}$ is dus (zie formule 16): $-(385-336)/(385-141) = -0,2$. De berekening is uitgewerkt in bijlage B.

Tabel 2.7 *De geschatte wijziging van de primaire productie in Nederland bij een toename van recycling in Nederland*

Materiaal	$\delta IP_{NI}/\delta R_{NI}$ [-]	$\delta P_{NI}/\delta IP_{NI}$ [-]	$\delta SP_{NI}/\delta R_{NI}$ [-]	$\delta P_{NI}/\delta SP_{NI}$ [-]	$\delta P_{NI}/\delta R_{NI}$ [-]
Aluminium	0	-1	1	-0,2	-0,2
Glas	1	-1	0	-1,0	-1,0
Kunststof (etheen)	0	-1	1	-0,92 ¹	-0,92
Papier/karton	0	-1	1	-0,06 ²	-0,06
Staal	0,6	-1	0,4	0,00 ³	-0,6

¹ Etheen als maat genomen.

² Papier als maat genomen.

³ Gecorrigeerd; eigenlijke waarde +0,19 heeft geen betekenis.

Voor staal zijn de recyclingcijfers gecorrigeerd voor recycling van bedrijfsintern afval. In 1989 was de hoeveelheid bedrijfsintern schroot in Nederland 737 kt [8]. De totale hoeveelheid recycling bedroeg 1111 kt, de recycling van productieafval en consumptieafval bedroeg dus $1111 - 737 = 374$ kt. De recycling van bedrijfsintern afval is afgetrokken van de recycling in primaire processen. Voor 1994 ligt de hoeveelheid bedrijfsintern afval in de staalproductie aanzienlijk lager (602 kt) in verband met de volledige invoering van het continu-gietproces (waarbij minder afval vrijkomt) [9].

Voor het buitenland is OECD-Europa als maat genomen. Het doel is te berekenen in hoeverre extra recycling in dit gebied tot reductie van CO₂-emissies in Nederland leidt. Zowel de aard van recycling is anders (bij staal vindt bijvoorbeeld veel meer recycling via het electrostaalproces plaats), als het effect op de eigen productie is anders. Intuïtief moet het effect van een marginale wijziging van recycling in het buitenland op Nederland kleiner

zijn dan het effect van een marginale wijziging van recycling in Nederland op de primaire produktie in het buitenland. De Nederlandse produktie maakt immers slechts een klein deel uit van de Europese produktie. Deze intuïtie wordt bevestigd door de cijfers in tabel 2.9. Bij staal dient opgemerkt te worden dat ook weer gecorrigeerd is voor recycling van bedrijfsintern afval. Ten aanzien van kunststoffen valt op te merken dat etheen wellicht geen goed beeld geeft van de situatie voor alle kunststoffen. Dit zal in de volgende paragraaf verder geanalyseerd worden.

Tabel 2.8 *De geschatte wijziging van de primaire produktie in het buitenland bij een toename van recycling in het buitenland*

Materiaal	$\delta IP_{BI}/\delta R_{BI}$ [-]	$\delta P_{BI}/\delta IP_{BI}$ [-]	$\delta SP_{BI}/\delta R_{BI}$ [-]	$\delta P_{BI}/\delta SP_{BI}$ [-]	$\delta P_{BI}/\delta R_{BI}$ [-]
Aluminium	0	-1	1	-0,93	-0,93
Glas	1	-1	0	-1,00	-1,0
Kunststof	0	-1	1	-0,95	-0,95
Papier/karton	0	-1	1	-0,96	-0,96
Staal	0,12	-1	0,88	-0,96	-0,97

Tabel 2.9 *De coëfficiënten voor grensoverschrijdende effecten*

Materiaal	$\delta P_{NI}/\delta R_{BI}$ [-]	$\delta P_{BI}/\delta R_{NI}$ [-]
Aluminium	-0,07	-0,80
Glas	0,00	0,00
Kunststof ¹	-0,08	-0,05
Papier/karton	0,04	-0,94
Staal	-0,03	-0,39

¹ Op basis van etheen.

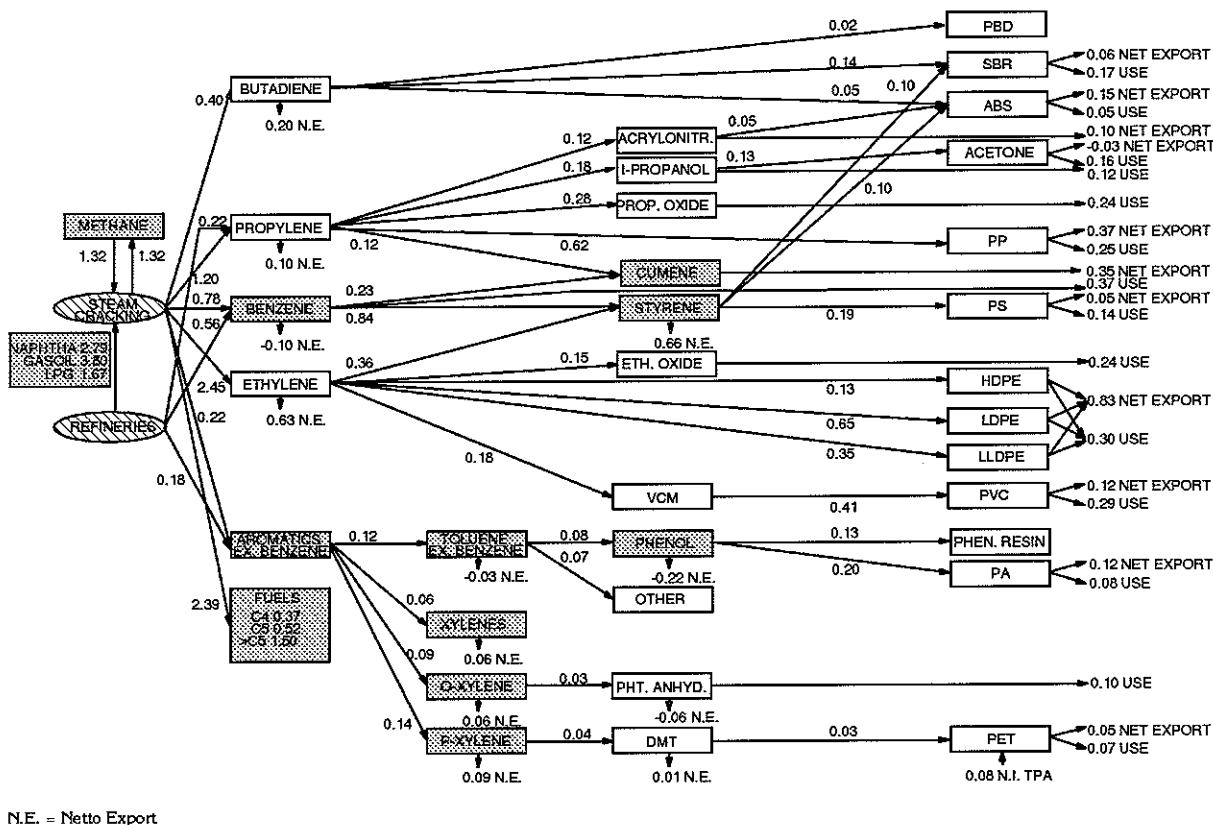
2.7 De problematiek rond intermediaire stoffen

Zoals reeds eerder is besproken is de situatie complex voor een aantal materialen die in verschillende stappen worden gemaakt, waarbij intermediaire materialen verhandeld worden. Dit probleem treedt op bij papier (pulp als intermediair) en bij kunststoffen (intermediaren als etheen, propeen, styreen etc.). Met name bij kunststoffen treden conceptuele problemen op die extra aandacht verdienen. Daarom wordt deze groep in meer detail besproken. Figuur 2.2 geeft een overzicht van de koolwaterstof-stromen in de Nederlandse petrochemische industrie.

Recycling van kunststoffen kan op een groot aantal manieren in dit complex ingrijpen. Zo speelt het een rol of olieproducten (LPG, nafta, gasolie), monomeren (bijv. etheen, propeen), of kunststoffen (PE, PP) vervangen worden. De impact van verschillende recyclingprocessen moet eigenlijk vergeleken worden met de primaire produktie van respectievelijk olieproducten, etheen en PE, afhankelijk van de output van het recyclingproces.

Bij recyclingprocessen met meerdere outputs dient een dergelijke analyse voor alle outputs gemaakt te worden.

Instroom en uitstroom zijn afhankelijk van de herkomst van Nederlandse consumptie: consumptie van Nederlands materiaal als fractie van de totale consumptie (formule 19). Deze factor kan sterk verschillen voor verschillende produkten. Ter illustratie is dit uitgewerkt in tabel 2.10. De factoren zijn gebaseerd op de gegevens uit figuur 2.2 en gegevens uit de handelstatistiek [10].



Figuur 2.2 Materiaalstromen in de Nederlandse petrochemische industrie in 1992 [Mt/jaar] [11]

Tabel 2.10 Toerekeningsfactor van grensoverschrijdende effecten voor verschillende materialen in de kunststofketen (1992 gegevens)

Materiaal	$\delta P_{NI} / \delta SP_{NI}$	$\delta P_{BI} / \delta SP_{NI}$
Nafta	-1,0	-0,0
Etheen	-0,92	-0,08
Ethylbenzeen	-1,0	-0,0
Styreen	-0,8	-0,2
PE	-0,0	-1,0
PP	-0,6	-0,4

De gegevens in tabel 2.10 maken duidelijk dat het nogal verschil maakt of bijvoorbeeld etheen of polyetheen gemaakt wordt in het recyclingproces: de toerekeningsfactor is -0,08 bij etheen (de meeste recycling treft de Neder-

landse productie) respectievelijk -1,0 bij polyetheen (recycling leidt alleen tot substitutie van buitenlandse productie). Het verschil tussen polyetheen en polypropeen (-1,0 respectievelijk -0,4) laat zien dat de geaggregeerde benadering van alle polymeren onnauwkeurigheden introduceert.

Voor de eenvoud wordt voorlopig alleen rekening gehouden met re-extrusie (recycling van kunststoffen). De toerekeningsfactor van PE (-1,0) lijkt te hoog voor de hele groep van kunststoffen. Daarom wordt voor de hele groep van kunststoffen voorlopig een factor van -0,8 voor dP_{bl}/dSP_{nl} aangehouden. Voor dP_{nl}/dSP_{bl} wordt deze factor op -0,1 gesteld.

Bij re-extrusie wordt ten aanzien van de CO₂-effecten uitgegaan van de vervanging van primair kunststof. In de praktijk worden echter grote hoeveelheden kunststofafval toegepast in producten waar kunststof hout of keramiek vervangt (paaltjes, bloempotten etc.). Schattingen van de hoeveelheden die zo verwerkt worden ontbreken echter. De CO₂-besparing, waarbij in de berekening wordt uitgegaan van de vervanging van primaire kunststof, kan bij dergelijke toepassingen aanzienlijk afwijken van de werkelijke besparing.

Ten aanzien van de recycling van kunststofafval speelt nog een probleem. De gearceerde stoffen in figuur 2.2 zijn ook opgenomen in de energiestatistieken. Indien een recyclingproces resulteert in een van deze producten (bijvoorbeeld pyrolyse of hydrogenering) kan een deel van de producten dus terechtkomen in de energiestatistieken als 'winning van energiedragers'. Het is afhankelijk van de aard van het bedrijf dat de recycling uitvoert (een nieuwe industrie of bijvoorbeeld de bestaande petrochemie) of deze boeking niet respectievelijk wel geboekt kan worden als energiebesparing. In het geval dat een dergelijk proces wel als energiebesparing geboekt wordt kan dus een dubbel telling optreden als het afvalbeleid de recycling ook als CO₂-reductie in rekening brengt. In deze studie zal deze problematiek niet verder worden uitgewerkt omdat het geen centraal probleem is met betrekking tot instroom en uitstroom. Dit vraagstuk verdient echter de aandacht om in de toekomst tot een sluitende CO₂-boekhouding te komen.

2.8 Benodigde en beschikbare gegevens

Naast de conceptuele aanzet moet in een vroeg stadium al rekening worden gehouden met de beschikbaarheid van gegevens. Met name de situatie met betrekking tot gegevens in het buitenland verdient hierbij de aandacht.

Benodigde gegevens voor de totale berekening zijn:

1. De totale materialenproductie i in een referentiejaar voor Nederland en voor OECD-Europa (1992 gebruikt).
2. De export van primair materiaal i in het referentiejaar (1992).
3. De import van primair materiaal i in het referentiejaar (1992).
4. De CO₂-emissie van primaire productie i .
5. De CO₂-emissie van recycling i .
6. De CO₂-emissie van de gemiddelde elektriciteitsopwekking in een referentiejaar.

7. De verdeling over recycling en verbranding voor afvalstof i in OECD-Europa.
8. De verdeling over recycling en verbranding voor afvalstof i in Nederland.
9. De verdeling over verschillende recyclingtechnieken voor Nederland.
10. De verdeling over verschillende recyclingtechnieken voor OECD-Europa.
11. De import van afvalstof i in Nederland voor 1989.
12. De export van afvalstof i uit Nederland voor 1989.
13. De import van afvalstof i in Nederland voor het zichtjaar.
14. De export van afvalstof i uit Nederland voor het zichtjaar.
15. Recycling van afvalstof i in Nederland voor 1989.
16. Recycling van afvalstof i in OECD-Europa voor 1989.
17. Recycling van afvalstof i in Nederland voor het zichtjaar.
18. Recycling van afvalstof i in OECD-Europa voor het zichtjaar.

In het algemeen kan onderscheid worden gemaakt tussen gegevens die verzameld zijn door de overheid, commerciële bureaus en industriële brancheorganisaties. Veel databestanden voor materialen bevatten ook data m.b.t. afvalstoffen, maar er bestaan ook speciale bronnen met betrekking tot deze stromen.

Indien niet gegevens beschikbaar zijn hoeft dat geen bezwaar te zijn. Er bestaan immers verbanden tussen variabelen door middel van materiaalbalansen. Zo geldt voor afvalstoffen:

$$\text{Recycling} + \text{Opslag} + \text{Export} = \text{Inzameling} + \text{Import}$$

De analyse wordt echter complexer en minder nauwkeurig als dergelijke omrekeningen moeten worden gebruikt. Daarom verdient het de voorkeur een methode te kiezen die aansluit bij de beschikbare gegevens. De beschikbaarheid van gegevens zal (voor zover relevant) besproken worden voor een tweetal regio's:

- Nederland
- OECD-Europa.

In dit stadium wordt nog niet ingegaan op de vertraging waarmee de data beschikbaar komen. Bij industriële bronnen zijn vaak recentere data beschikbaar dan bijvoorbeeld bij overheidsbronnen als Eurostat.

De voorkeur gaat uit naar actuele, jaarlijkse, goed gedocumenteerde en breed geaccepteerde schriftelijke bronnen en computerbestanden die gemakkelijk en tegen acceptabele kosten te gebruiken zijn. Mondelinge informatie, schattingen, incidentele artikelen en omrekeningen zijn veelal minder betrouwbaar en slechter te controleren. Zulke bronnen zullen alleen als aanvullende informatiebron dienen waar geen gegevens van het eerste type beschikbaar zijn.

De knelpunten met betrekking tot de beschikbaarheid van data zitten vaak in het detail, en dan met name voor wat betreft recycling en inzameling. Met betrekking tot recycling kunnen een aantal definities worden gehanteerd:

- recycling is de output van secundaire productie (bijv. in aluminiumstatistieken);
- recycling is de input van afval (bijv. bij staal);
- recycling omvat alleen consumptieafval of ook productie en bedrijfsintern afval.

Voor afvalstromen gelden vergelijkbare definitieproblemen:

- afval heeft alleen betrekking op consumptieafval (kunststoffen);
- afval heeft betrekking op consumptie + productieafval (aluminium);
- afval heeft betrekking op consumptie + productie + bedrijfsintern afval (bijv. bij staal);
- afval inclusief aanhangend vocht en verontreinigingen (bijv. bij glas, papier);
- afval inclusief bijmengingen (bijv. PVC, legeringen, composieten, laminaaten).

Het gebruik van verschillende bronnen moet dan ook kritisch beoordeeld worden om tot eenduidige en consistente resultaten te komen.

Het belang van de verschillende definities voor inzameling is geïllustreerd in tabel 2.11. In deze tabel zijn cijfers weergegeven voor de relatieve hoeveelheden bedrijfsintern afval, productieafval en consumptieafval voor de verschillende afvalstoffen. Bedrijfsintern afval (ook wel procesafval genoemd) heeft betrekking op afval dat vrijkomt in dezelfde fabrieken waarin het materiaal geproduceerd wordt (en wordt niet meegerekend voor de effecten van afvalbeleid), productieafval heeft betrekking op afval uit de industrieën waarin het materiaal tot producten verwerkt wordt (en wordt wel meegerekend voor de effecten van afvalbeleid). Bedrijfsintern en productieafval worden al voor het grootste deel gerecycled.

Tabel 2.11 *Het vrijkomen van afval uit verschillende ketenstappen*

Materiaal	Bedrijfsintern [%]	Proces [%]	Consumptie [%]	Totaal [%]
Aluminium	2	30	68	100
Glas	3	3	94	100
Kunststof	1	15	84	100
Papier/karton	5	10	85	100
Staal	11	28	61	100

De verschillende bronnen zullen nu per onderwerp worden besproken. In bijlage C wordt een overzicht gegeven van de adressen van de instituten waar deze publikaties verschijnen.

Grensoverschrijdende materiaal- en afvalstromen

Aluminium

CBS handelsstatistiek

Aluminumschroot

CBS handelsstatistiek

Glas

CBS handelsstatistiek is onbruikbaar (m² als eenheid, vergt aanzienlijke omrekening); export is echter klein

Glasscherven

CBS handelsstatistiek

Kunststoffen

CBS handelsstatistiek

Kunststofafval

CBS handelsstatistiek voor zuiver afval

Papier/karton

CBS handelsstatistiek

Oud papier/karton

CBS handelsstatistiek

Staal

CBS handelsstatistiek/IISI steel statistical yearbook

Staalschroot

CBS handelsstatistiek

Recycling Nederland

Aluminium

-European Aluminium Association

-Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters (OAE)

Glas

-FEVE

Kunststoffen

-NFK

Papier/karton

-CBS produktiestatistieken industrie

Staal

-IISI (International Iron and Steel Institute)

Recycling Europa

Aluminium

European Aluminium Association

Glas

FEVE

Kunststoffen

APME

Papier/karton

CEPI

Staal

IISI

3. MONITORING

3.1 Monitoring voor 1994

In het vorige hoofdstuk is een beeld geschetst van de problematiek ten aanzien van de berekening van het grensoverschrijdende CO₂-effect van afvalbeleid, en is een methode uitgewerkt die ter berekening van instroom en uitstroom kan dienen. De methode zal nu voor 1994 toegepast worden. Het gaat daarbij enerzijds om de bepaling van de werkbaarheid van de methode, anderzijds gaat het om de berekening van de relevantie van instroom en uitstroom. De belangrijkste punten uit de methode worden hier nog een keer opgesomd:

- Nederlands beleid
Alle ontwikkelingen die betrekking hebben op afvalstromen waarvoor beleidsdoelstellingen zijn opgesteld t.o.v. het referentiejaar.
- Buitenland
OECD-Europa
- Buitenlands beleid
Alle ontwikkelingen in afvalstromen in OECD-Europa t.o.v. het referentiejaar
- Instroom/uitstroom
Internationale CO₂-reductie door een toename van grensoverschrijdende afvalstromen en door grensoverschrijdende reductie van primaire materialenproductie (grensoverschrijdende effecten). Instroom en uitstroom hebben betrekking op bruto import en export stromen. Preventie wordt niet meegerekend voor instroom en uitstroom.
- Grensoverschrijdende effecten
Toerekening op basis van de herkomst van materiaal dat in Nederland resp. het buitenland gebruikt wordt.
- CO₂-emissie coëfficiënt
De CO₂-emissiecoëfficiënten voor Nederland worden voor heel OECD-Europa toegepast.

Tabel 3.1 en 3.2 bevatten de data voor het basisjaar 1989.

Tabel 3.1 *Afvalrecycling in Nederland en OECD-Europa, 1989*

Materiaal	Recycling Nederland [kt/jaar]	Recycling OECD-Europa [kt/jaar]
Aluminium	130 ¹ [12]	1625 ¹ [12]
Glas	350 [13]	4566 [13]
Kunststof	120 (est. [14])	846 ² [15]
Papier/karton	1691 [16]	20940 ³ [16]
Staal	376 ⁴ [17]	61508 ⁴ [17]

¹ Productie secundair aluminium.

² Alleen consumptieafval; recycling van productieafval ± 1000 kt per jaar.

³ Exclusief Turkije.

⁴ Gecorrigeerd voor recycling van bedrijfsintern afval.

Tabel 3.2 *Import en export van afvalstoffen, Nederland, 1989* [10]

Materiaal	Afval export [kt/jaar]	Afval import [kt/jaar]
Aluminium	149,9	138,3
Glas	111,7	77,4
Kunststof	111,3	124,0
Papier/karton	588,4	787,8
Staal	2815,5	1114,1

Na het bepalen van de referentie 1989 worden dezelfde gegevens voor het zichtjaar 1994 weergegeven in tabel 3.3-3.4.

Tabel 3.3 *Import en export van afvalstoffen, Nederland, 1994* [18]

Materiaal	Afval export [kt/jaar]	Afval import [kt/jaar]
Aluminium	149,7	144,0
Glas	25,7	64,5
Kunststof	262,7	233,5
Papier/karton	1099,4	1079,4
Staal	3694,6	2935,5

Opvallend is de sterke stijging van de staalschroot import en export tussen 1989 en 1994. De vergelijking van tabel 3.1 en 3.4 leert dat de hoeveelheid staalschroot recycling in Nederland in dezelfde periode met 200 kt gestegen is, terwijl de netto export (export-import) per saldo met 1 Mt gedaald is. Voor dit verschil lijkt voorraadvorming de enige verklaring. Dit is een probleem omdat formules 20-23 in paragraaf 2.5 alleen gelden indien geen voorraadvorming optreedt. Daarom is een extra correctie ingevoerd voor opslag: de instroom van staal voor recycling is met 800 kt verlaagd (zie bijlage A).

Tabel 3.4 *Afvalrecycling in Nederland en OECD-Europa, 1994*

Materiaal	Recycling Nederland [kt/jaar]	Recycling OECD-Europa [kt/jaar]
Aluminium	150 ¹ [19]	1635 ¹ [19]
Glas	406 [20]	7320 [20]
Kunststof	252 ² [21]	915 ^{3,4} [22,23]
Papier/karton	2137 [24]	29399 ⁵ [24]
Staal	585 ⁶ [9]	61940 ⁶ [?,9]

¹ Productie secundair aluminium.

² Geschat op basis van enquêteresultaat in de referentie: inzet 200 kt, waarvan 11 kt virgin, dekkingspercentage enquête 75%.

³ Alleen consumptieafval; recycling van produktieafval ± 1000 kt per jaar.

⁴ 1993 cijfer; bevat 15 kt feedstock recycling.

⁵ Exclusief Turkije.

⁶ Gecorrigeerd voor recycling van bedrijfsintern afval.

De vergelijking van de data in tabel 3.1 en tabel 3.4 laat een aantal opvallende verschillen zien. Recycling van glas en papier is met name in Europa sterk gestegen, recycling van staal is licht gestegen en recycling van aluminium is min of meer gestabiliseerd. Dit laatste is waarschijnlijk te verklaren door de sterke opkomst van aluminiumimporten uit Rusland, die tijdelijk tot voorraadvorming van aluminiumschroot leiden.

Op grond van de gegevens in tabel 3.1-3.4 en de coëfficiënten uit tabel 2.9 en paragraaf 2.7 (kunststoffen) plus de correctie voor opslag van staal-schroot kan het effect van instroom en uitstroom berekend worden. Het resultaat is weergegeven in tabel 3.5 (zie bijlage A voor de berekening). Het blijkt dat instroom voor de vijf bestudeerde groepen van materialen een besparing van 1,28 Mt CO₂ oplevert, terwijl uitstroom een besparing van 2,27 Mt CO₂ oplevert. Er treedt dus meer besparing buiten Nederland op door Nederlands afvalbeleid dan er besparing in Nederland optreedt door buitenlands afvalbeleid. Ten opzichte van de totale doelstelling van afvalbeleid (3,5-4,5 Mt CO₂-reductie in 2000) gaat het dus om relevante hoeveelheden CO₂ die netto uitstromen (1,5 Mt CO₂).

Tabel 3.5 *Wijziging van CO₂-emissies door instroom en uitstroom, 1994 ten opzichte van 1989*

	Instroom [Mt CO ₂ /jaar]	Uitstroom [Mt CO ₂ /jaar]
Aluminium	0,01 ± 0,03	-0,16 ± 0,30
Glas	0,00 ± 0,00	0,03 ± 0,00
Kunststof	-0,05 ± 0,01	-0,43 ± 0,01
Papier/karton	-0,51 ± 0,02	-1,07 ± 0,04
Staal	-0,84 ± 0,07	-1,22 ± 0,09
Totaal	-1,38 ± 0,13	-2,86 ± 0,44

3.2 Gevoeligheidsanalyse en nauwkeurighedsanalyse

Gevoeligheidsanalyse

In de berekeningen in de vorige paragraaf is uitgegaan van OECD-Europa als buitenland. De relevantie van deze systeemgrens is nog niet gekwantificeerd. Daarom is de geslotenheid van de OECD-Europa economie onderzocht (import versus eigen materialenproductie). Dit is uitgewerkt in tabel 3.6. De tabel laat zien dat OECD-Europa voor alle materialen behalve aluminium voor 90-95% zelfvoorzienend is. Dit laat zien dat de aannames in paragraaf 2.6 acceptabel zijn. Alleen voor aluminium zou nog voor de import van buiten OECD-Europa gecorrigeerd kunnen worden.

Tabel 3.6 *De geslotenheid van het materialensysteem OECD-Europa (exclusief grensoverschrijdende materiaalstromen in de vorm van producten, afval en verpakkingen)*

Materiaal	Import [Mt/jaar]	Productie [Mt/jaar]	Import/productie [-]
Aluminium	1,6 ¹	8,40	0,19
Glas	1,6	25	0,06
Kunststof	<2	30,3 ¹	<0,07
Papier/karton	1,0	19,5 ²	0,05
Staal	11,3	158,5	0,07

¹ Alleen primair aluminium; secundair is verwaarloosd.

² Inclusief vezels, harsen etc..

³ Pulp als maat genomen.

Een andere vraag is of andere toerekeningsmethoden voor grensoverschrijdende effecten dan volgens formule 19 tot vergelijkbare resultaten leiden. Dit is uitgewerkt in tabel 3.7. In deze tabel zijn drie toerekeningsmethoden voor Nederland naast elkaar gezet: de toerekening volgens formule 16 (omvat primaire + secundaire materiaalstromen)(1), de toerekening volgens dezelfde formule waarbij alleen rekening wordt gehouden met primaire materiaalstromen (2) en de toerekening waarbij de fractie van de Nederlandse primaire productie als fractie van de totale primaire productie in OECD-Europa als maat gebruikt wordt (3). Glas is in deze vergelijking buiten beschouwing gelaten, omdat de term $\delta SP_{nl}/\delta R_{nl}$ 0 is (zie tabel 2.7, glasscherven worden altijd in de primaire glasproductie ingezet). De term $\delta P_{nl}/\delta SP_{nl}$ heeft daarom voor glas geen betekenis.

Tabel 3.7 *Vergelijking van drie toerekeningsmethoden voor grensoverschrijdende effecten ($\delta P_{nl}/\delta SP_{nl}$)*

	(1)	(2)	(3)
Aluminium	-0,2	0	-0,08
Kunststof	-0,2	niet beschikbaar	-0,16
Papier/karton	-0,06	niet beschikbaar	-0,00
Staal	0	0	-0,05

Tabel 3.7 laat zien dat toerekeningsfactor kan wijzigen als een andere toerekeningsmethode wordt gehanteerd (vgl. 1 en 3). De keuze voor de toerekening volgens formule 19 is dus een belangrijke keuze binnen de hele methode. Het verschil is van dezelfde orde-grootte als de onnauwkeurigheid van de berekening, die verderop in meer detail zal worden besproken.

De kentallen $\delta P_{nl}/\delta R_{nl}$ en $\delta P_{nl}/\delta SP_{nl}$ (grensoverschrijdende effecten) kunnen veranderen als de productie en import/exportstromen van materialen veranderen. In de berekeningen is uitgegaan van de kentallen voor 1992 (als gemiddelde voor de periode 1989/1994). Om de gevoeligheid te onderzoeken zijn voor aluminium en papier ook de kentallen m.b.t. uitstroom voor 1989 berekend (zie tabel 3.8). Voor de andere afvalstoffen is een vergelijking niet zinvol, omdat bij glas, kunststof en staal de kentallen voor 1992 al op basis van eigen inzichten zijn aangepast.

Tabel 3.8 *Vergelijking van de kentallen voor 1989 en 1992*

Afvalstroom	$\delta P_{bl}/\delta R_{nt}$	
	1989	1992
Aluminium	-0,75	-0,80
Papier/karton	-0,76	-0,94

De vergelijking laat zien dat de kentallen voor aluminium en papier in 1989 8 respectievelijk 20% lager liggen dan in 1992. Deze wijzigingen geven een indicatie van de nauwkeurigheid van de kentallen. Het kan voor toekomstige berekeningen belangrijk zijn om na te gaan of het zich hierbij om fluctuaties dan wel trendmatige wijzigingen handelt.

Nauwkeurigheid

Ten aanzien van de nauwkeurigheid van de berekening is het belangrijk op te merken dat het tweede cijfer achter de komma een grotere nauwkeurigheid suggereert dan deze cijfers eigenlijk hebben. Deze onzekerheid wordt vooral veroorzaakt doordat de monitoring gebaseerd is op het (kleine) verschil tussen twee grote cijfers: recycling en import/export in 1989 en 1994. Een eenvoudig rekenvoorbeeld: stel, de recycling in 1989 is 1 t en in 1994 1,1 t. De onzekerheid in beide recyclingcijfers is 1% (waarschijnlijk een optimistische schatting voor gegevens m.b.t. materiaalstromen). De onzekerheid van het verschil tussen beide cijfers is echter veel groter: $0,1 \pm 0,02$, dus een nauwkeurigheid van 20%. Verder speelt in de berekeningen de onzekerheid met betrekking tot de specifieke CO₂-emissies (zie paragraaf 2.4) en met betrekking tot de toerekeningscoëfficiënten. Het betreft in beide gevallen echter geen meetfouten; deze onzekerheden zijn van een ander karakter en worden daarom buiten beschouwing gelaten. De resultaten van de berekening hebben een onzekerheid van tientallen procenten, behoudens in gevallen waar recycling of grensoverschrijdende afvalstromen ten opzichte van het referentiejaar sterk wijzigen (een wijziging van meer dan 10%). Dit blijkt ook uit de getallen in tabel 3.5, waar de nauwkeurigheid van de uitkomsten berekend is, gebaseerd op een meetnauwkeurigheid van import, export en recycling van 1%. De nauwkeurigheid van de instroom is $-1,38 \pm 0,13$, een nauwkeurigheid van 10%. De nauwkeurigheid van de uitstroom is $-2,86 \pm 0,44$, een nauwkeurigheid van 15%. Omdat de wijzigingen in de materiaalstromen bij staal, papier en kunststof relatief groot zijn (>10%) is de nauwkeurigheid van de instroom en uitstroom voor deze stoffen ook relatief hoog. Bij aluminium treedt de grootste onzekerheid op, omdat een kleine (relatief onnauwkeurige) wijziging in de materiaalstroom al grote gevolgen heeft voor het CO₂-effect.

4. CONCLUSIES: EVALUATIE VAN HET MONITORINGPROCES EN SUGGESTIES VOOR VERBETERINGEN

In hoofdstuk 2 is een methode afgeleid voor de berekening van de grensoverschrijdende CO₂-effecten door afvalverwijdering, het instroom en het uitstroomeffect. In de methode wordt onderscheid gemaakt tussen enerzijds grensoverschrijdende stromen (afval wordt in het ene gebied ingezameld en in het andere gebied gerecycled) en anderzijds grensoverschrijdende effecten (afval wordt in het ene gebied gerecycled maar leidt in het andere gebied tot reductie van de materialenproductie uit natuurlijke grondstoffen). Verder is onderscheid gemaakt tussen recycling en energiewinning. Bij recyclingprocessen is verder onderscheid gemaakt tussen processen waarin recycling de productie uit natuurlijke grondstoffen in een bepaald proces vervangt (bijvoorbeeld de schrootinzet in de primaire staalproductie) en anderzijds processen waarbij dit niet het geval is (bijv. aluminiumrecycling). Voor het eerste soort processen is de toerekening van de effecten eenduidig (het leidt tot reductie van de productie uit natuurlijke grondstoffen in het land waar de afvalstoffen worden ingezet). Voor het tweede type is de toerekening niet eenduidig, recycling kan dan immers ook elders tot vervanging van de primaire productie leiden. In zulke gevallen vindt de toerekening plaats op basis van de herkomst van het materiaal, dat in een land wordt gebruikt (eigen productie voor eigen gebruik als fractie van het totale eigen gebruik) dan wel op basis van de Nederlandse primaire productie als fractie van de totale primaire productie. De gesommeerde wijziging in deze effecten (voor alle afvalstromen grensoverschrijdende effecten en grensoverschrijdende stromen) ten opzichte van het basisjaar 1989 wordt als maat gebruikt voor de wijziging in instroom en uitstroom die relevant is bij de toetsing aan de beleidsdoelstelling.

Uit de gevoeligheidsanalyses blijkt dat de resultaten worden beïnvloed door de keuze van de methode voor toerekening van de grensoverschrijdende effecten. Anderzijds spelen de onnauwkeurigheden in de grensoverschrijdende stromen een belangrijke rol. Beide effecten beïnvloeden de uitkomst zo sterk dat de waarde van de uitkomst vooral in het trendmatige karakter ligt en minder in de absolute getallen.

De uitkomsten van de berekening voor aluminium, glas, kunststoffen, staal en papier laten zien dat de wijzigingen in instroom en uitstroom tussen 1989 en 1994 met name belangrijk zijn voor papier, staal en aluminium. Instroom en uitstroom zijn voor kunststoffen ook significant gewijzigd, maar beide effecten zijn even groot. Voor glas zijn grensoverschrijdende effecten van ondergeschikt belang. De relevantie van de effecten is af te lezen uit tabel 4.1, waarin deze effecten vergeleken zijn met het totale CO₂-effect van de wijziging in de afvalverwijdering.

Tabel 4.1 *Vergelijking van instroom en uitstroom met het totale effect van wijzigingen in de afvalverwijdering, 1994, ten opzichte van het referentiejaar 1989 [25]*

Materiaal	Totaal effect [Mt CO ₂ /jaar]	Netto uitstroom [Mt CO ₂ /jaar]
Aluminium	0,04	0,17 ± 0,33
Glas	0,03	-0,03 ± 0,00
Kunststof	-0,3	0,38 ± 0,02
Papier/karton	0,51	0,56 ± 0,06
Staal	0,4	0,38 ± 0,16
Totaal		1,46 ± 0,57

In vergelijking met de totale CO₂-emissies in Nederland (in 1992 177 Mt CO₂, gecorrigeerd voor feedstocks en temperatuur [26]) gaat het slechts om kleine wijzigingen. Op andere fronten in de berekening van CO₂-emissies zijn er veel grotere onzekerheden (bijvoorbeeld de vastlegging van fossiel koolstof in kunststoffen schatten nationale statistieken minstens 4 Mt CO₂ te laag in [27]). Vanuit de doelstelling voor afvalverwijdering geredeneerd (3,5-4,5 Mt CO₂-reductie in 2000) zijn de cijfers echter relevant. Zowel grensoverschrijdende stromen als grensoverschrijdende effecten blijken van belang te zijn.

Ten aanzien van de gegevens geldt dat de meeste cijfers voor de onderzochte materialen binnen een jaar na dato beschikbaar komen. Voor import en export kan volstaan worden met cijfers van het Centraal Bureau voor Statistiek (CBS), voor recyclingcijfers kan gebruik worden gemaakt van cijfers van Nederlandse en Europese branche-organisaties. Kwantitatieve cijfers over de nauwkeurigheid ontbreken. Het algemene gevoel is echter dat deze cijfers binnen enkele procenten nauwkeurig zijn. Op basis van 1% nauwkeurigheid voor deze cijfers is in tabel 4.1 een nauwkeurigheid van het de netto uitstroom van + 1,46 ± 0,57 berekend, een onnauwkeurigheid van 40%.

De berekeningsmethode zoals deze nu is vastgelegd kan naar verwachting in komende jaren binnen korte tijd op basis van de jaarlijkse statistieken uitgevoerd worden, indien van verdere verfijning wordt afgezien en indien van de gegeven kentallen wordt uitgegaan.

De onzekerheid van de instroom en uitstroom is relatief groot. Om tot nauwkeurigere cijfers te komen is een inspanning nodig op statistisch gebied. Fysieke gecombineerde dynamische materiaal-, produkt- en afvalbalansen voor Nederland en Europa kunnen belangrijke aanvullende inzichten verschaffen in de nauwkeurigheid van het cijfermateriaal. Op dit moment is de nauwkeurigheid van de gebruikte data nauwelijks te kwantificeren vanwege het ontbreken van dit totaalbeeld.

Ten aanzien van een verdere verfijning van de methode gelden de volgende onderzoeksvragen:

- Wat is de nauwkeurigheid van de exportcijfers en de recyclingcijfers.
- Hoe groot is de efficiency van recyclingprocessen ([t materiaal/t afvalinput]).
- Leidt de inzet van afvalstoffen in de primaire produktie (met name bij staal) wel altijd tot vervanging van de produktie vanuit grondstoffen, of is ook sprake van capaciteitsuitbreiding.
- Bij recycling kan een groter aantal processen worden onderscheiden indien meer processen voorkomen waarin afvalstoffen ingezet worden.
- Bij import en export is nog geen rekening gehouden met grensoverschrijdende produktstromen (bijv. auto's, tweedehands koelkasten).
- Ten aanzien van kunststoffen is meer detail wenselijk, indien bepaalde nieuwe recyclingprocessen gaan doorbreken.
- Andere afvalstoffen kunnen ook nog bijdragen aan instroom en uitstroom (bijvoorbeeld koper, zink, afgewerkte olie, textiel).
- Wat is de ontwikkeling van de kentallen in de tijd.
- De problematiek rond de voorraadvorming verdient extra aandacht.

REFERENTIES

- [1] Tweede Kamer: *Nota Klimaatverandering. Vergaderjaar 1990-1991, 22232, nrs.1-2.* SDU, 's Gravenhage, 1991.
- [2] IPCC: *IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 1-3.* IPCC/OECD, Parijs, 1994.
- [3] Ministerie van Economische Zaken: *Meerjarenafspraken met de industrie over energie-efficiency.* Eerste resultaten. EZ/DGE, januari 1995.
- [4] G. van der Veen, L. Ogg, W. Zwolve: *Rapportage programma CO₂ en afvalstoffen 1992-1993.* Senter, Den Haag, september 1993.
- [5] G. van der Veen, L. Ogg: *Statusrapportage 'programma CO₂ en afval' 1993/1994.* Senter, Den Haag, september 1994.
- [6] J. van der Vate: *Persoonlijke mededeling.* IAEA, Wenen.
- [7] J.R. Ybema, P.A. Okken: *Full fuel chains and the basket of greenhouse gases.* ECN-C-93-050. Petten, december 1993.
- [8] United Nations Economic Commission for Europe: *Iron and Steel scrap.* ECE Steel Series. New York en Genève, 1991.
- [9] United Nations Economic Commission for Europe: *Iron and steel scrap: its significance and influence on further developments in the iron and steel industries.* New York en Genève, 1995.
- [10] CBS: *Jaarstatistiek van de buitenlandse handel, 1992.* SDU, s'-Gravenhage, 1994.
- [11] D.J. Gielen, D. Vos, A.W.N. van Dril: *The petrochemical industry and its energy use.* ECN, Petten, in voorbereiding.
- [12] European Aluminium Association: *European Aluminium Statistics 1990.* Düsseldorf, ongedateerd.
- [13] G. Maeyaert: *Overview of EC glass industry performance.* Glass Augustus 1993, pp. 303-305.
- [14] Nederlandse Federatie van Kunststoffen: *De structuur van de kunststofherverwerkingsindustrie, de knelpunten bij recycling en eventuele oplossingen.* Woerden, 1988.
- [15] APME: *Plastic recovery in perspective. A statistical survey of plastics consumption and plastics waste in Western Europe, 1990.* Summary document. Brussel, 1992.
- [16] OECD: *l'industrie des pâtes et papiers.* Paris, 1992.
- [17] International Iron and Steel Institute: *Steel statistical yearbook, 1994.* Committee on statistics, Brussels, 1995.

- [18] CBS: *Schriftelijke mededeling*.
- [19] Organisation of European Aluminium Smelters: *Secondary aluminium Europe Japan USA 94/95*. Düsseldorf, December 1995.
- [20] FEVE: *Schriftelijke mededeling*. Brussel.
- [21] Nederlandse Federatie van Kunststoffen: *Kunststofrecycling 1994. Inzameling en herverwerking materiaalstromen in kaart*. Leidschendam, Oktober 1995.
- [22] APME: *Plastics consumption and recovery in Western Europe 1993*. Brussel, 1995.
- [23] APME: *Schriftelijke mededeling*.
- [24] Confederation of European Paper Industries: *1994 annual statistics*. Brussel, 1995
- [25] G. van der Veen, L. Ogg: *Statusrapportage 'Programma CO₂ en afval' 1994/1995*. Senter, maart 1996.
- [26] A.R. van Amstel (ed.) et al.: *Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990, 1991, 1992 and projections for 1990-2010*. RIVM rapport 773001003. Bilthoven, september 1994.
- [27] D.J. Gielen: *Calculation of potential CO₂ emissions in the Netherlands*. Ambio, in voorbereiding.

BIJLAGE A. BEREKENING VAN DE INSTROOM EN DE UITSTROOM

Kentallen voor Nederland

	1992			dPnl/dSPnl berekend [-]	dPnl/dSPnl gecorrigeerd [-]	1994			Fractie IP [-]	Fractie SP [-]
	Productie NI [kt/j]	Import NI [kt/j]	Export NI [kt/j]			Recycling Totaal [kt/j]	Recycling IP [kt/j]	Recycling SP [kt/j]		
Aluminium	385	195	336	-0,20	-0,20	150,2	0	150,2	0,00	1,00
Glas	980	0	0	-1,00	-1,00	405,8	405,8	0	1,00	0,00
Kunststof (etheen)	2450	138	768	-0,92	-0,20	252	0	252	0,00	1,00
Papier/karton (papier data)	2800	3112	2600	-0,06	-0,06	2136,9	0	2136,9	0,00	1,00
Staal	5439	4958	6001	0,13	0,00	577	354	223	0,61	0,39

Kentallen voor Europa

	1992			dPbl/dSPbl berekend [-]	dPbl/dSPbl gecorrigeerd [-]	1994			Fractie IP [-]	Fractie SP [-]
	Productie OECD-Eur [kt/j]	Import NI [kt/j]	Export NI [kt/j]			Recycling Totaal [kt/j]	Recycling IP [kt/j]	Recycling SP [kt/j]		
Aluminium	4561	195	336	-0,93	-0,93	1600	0	1600	0,00	1,00
Glas	24000	0	0	-1,00	-1,00	7320	7320	0	1,00	0,00
Kunststof (etheen data)	15500	138	768	-0,95	-0,90	915	0	915	0,00	1,00
Papier/karton (papier data)	65000	3112	2600	-0,96	-0,96	29399	0	29399	0,00	1,00
Staal	156387	4958	6001	-0,96	-0,96	61940	7419	54521	0,12	0,88

Kentallen voor Nederland

	dIPnl/dRnl	dPnl/dIPnl	dSPnl/dRnl	dPnl/dSPnl	dPnl/dRnl	dPbl/dRnl
Aluminium	0,00	-1	1,00	-0,20	-0,20	-0,80
Glas	1,00	-1	0,00	-1,00	-1,00	0,00
Kunststof (etheen data)	0,00	-1	1,00	-0,20	-0,20	-0,80
Papier/karton (papier data)	0,00	-1	1,00	-0,06	-0,06	-0,94
Staal	0,61	-1	0,39	0,00	-0,61	-0,39

Kentallen voor Europa

	dIPbl/dRbl	dPbl/dIPbl	dSPbl/dRbl	dPbl/dSPbl	dPbl/dRbl	dPnl/dRbl
Aluminium	0,00	-1	1,00	-0,93	-0,93	-0,07
Glas	1,00	-1	0,00	-1,00	-1,00	0,00
Kunststof (etheen data)	0,00	-1	1,00	-0,90	-0,90	-0,10
Papier/karton (pulp data)	0,00	-1	1,00	-0,96	-0,96	-0,04
Staal	0,12	-1	0,88	-0,96	-0,97	-0,03

Afvalstromen in Nederland en Europa

	1989		1994		Verschil 1994-1989		Correctie netto opslag 1994 [kt/j]
	Import [kt/j]	Export [kt/j]	Import [kt/j]	Export [kt/j]	D import [kt/j]	D export [kt/j]	
Grensoverschrijdende stromen							
Aluminium	138,3	149,9	144	149,7	5,7	-0,2	0
Glas	77,4	111,7	64,5	25,7	-12,9	-86	0
Kunststof	124	111,3	233,5	262,7	109,5	151,4	0
Papier/karton	787,8	588,4	1079,4	1099,4	291,6	511	0
Staal	1114,1	2815,5	2935,5	3694,6	1821,4	879,1	800

Recyclingactiviteiten in Nederland en Europa

	1989		1994		D recycl NI [kt/j]	D recycl Eur [kt/j]
	NI [kt/j]	Europa [kt/j]	NI [kt/j]	Europa [kt/j]		
Recycling						
Aluminium	129,7	1625	150,2	1600	20,5	-25
Glas	350	4566	405,8	7320	55,8	2754
Kunststof	120	846	252	915	132	69
Papier/karton	1690,7	20940	2136,9	29399	446,2	8459
Staal	374	61508	577	61940	203	432

De grensoverschrijdende CO₂-reductie door afvalbeleid

Kentallen voor CO₂-emissies

CO ₂ -emissiecoëfficiënten	Primaire [t/t]	Recycling [t/t]	Besparing [t/t]
Aluminium	10	0,4	9,6
Glas	0,67	0,34	0,33
Kunststof	2,4	1,1	1,3
Papier/karton	1,45	0,5	0,95
Staal	1,5	0,2	1,3

Overige kentallen

Afgeleides	dPnl/dRbl [t/t]	dPbl/dRni [t/t]	dVnl/dI [t/t]	dVbl/dE [t/t]	dPnl/dI [t/t]	dPbl/dE [t/t]
Aluminium	-0,07	-0,80	0	0	-0,20	-0,93
Glas	0,00	0,00	0	0	-1,00	-1,00
Kunststof	-0,10	-0,80	0	0	-0,20	-0,90
Papier/karton	-0,04	-0,94	0	0	-0,06	-0,96
Staal	-0,03	-0,39	0	0	-0,61	-0,97

Verandering van instroom en uitstroom 1994-1989

	Recyclingstromen		Verbrandingsstromen		Effecten		Totaal	
	Instroom [Mt CO ₂ /j]	Uitstroom [Mt CO ₂ /j]	Instroom [Mt CO ₂ /j]	Uitstroom [Mt CO ₂ /j]	Instroom [Mt CO ₂ /j]	Uitstroom [Mt CO ₂ /j]	Instroom [Mt CO ₂ /j]	Uitstroom [Mt CO ₂ /j]
Aluminium	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,16	0,01	-0,16
Glas	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Kunststof	-0,03	-0,18	0,00	0,00	-0,02	-0,25	-0,05	-0,43
Papier/karton	-0,02	-0,47	0,00	0,00	-0,49	-0,61	-0,51	-1,07
Staal	-0,81	-1,10	0,00	0,00	-0,02	-0,12	-0,84	-1,22
Totaal	-0,87	-1,72	0,00	0,00	-0,51	-1,14	-1,38	-2,86

δP/δE = verandering van de primaire productie bij een verandering van de exportactiviteit [t/t]

δP/δI = verandering van de primaire productie bij een verandering van de importactiviteit [t/t]

δP/δR = verandering van primaire productie bij een verandering van de recyclingactiviteit [t/t]

δV/δE = verandering van de verbranding bij een verandering van de exportactiviteit [t/t]

δV/δI = verandering van de verbranding bij een verandering van de importactiviteit [t/t]

δP/δIP = wijziging van de primaire productie bij een wijziging van recycling van afvalstof i via een primair productieproces [t/t]

δP/δSP = wijziging van de primaire productie bij een wijziging van recycling van afvalstof i via een secundair proces [t/t]

E = export materiaal i uit Nederland [t/jaar]

I = import materiaal i in Nederland [t/jaar]

IP = inzet van afval in een primair productieproces (bijvoorbeeld de inzet van staalschroot in het hoogovenproces) [t/jaar]

P = productie materiaal i [t/jaar]

R = totale recycling van afval [t/jaar]

SP = inzet van afval in een secundair productieproces (bijv. de inzet van staalschroot in de electrostaalproductie) [t/jaar]

BIJLAGE B. DEFINITIE VAN AFVALSTOFFEN

Voor de export en import van afvalstoffen is uitgegaan van een aantal posten uit de statistiek van de buitenlandse handel. In dit overzicht worden de posten opgesomd die in deze analyse mee zijn genomen. Alleen voor primair staal is uitgegaan van de gegevens van het IISI steel statistical yearbook.

Aluminium

760110000 Niet-gelegeerd aluminium, ruw
760120100 Aluminiumlegeringen, ruw
760120900 Aluminiumlegeringen, secundair, ruw

Aluminiumschroot

760200110 Draaisels, krullen e.d. van aluminium
760200190 Andere resten van aluminium
760200900 Afval van aluminium

Ferro

Semi-finished and finished steel products volgens steel statistical yearbook, IISI

Ferro-schroot

720410000 Resten en afval van gietijzer
720421000 Resten en afval van roestvrij staal
720429000 Resten en afval van gelegeerd staal
720430000 Resten en afval van vertind ijzer en staal
720441100 Draaisels, krullen, slijpsel e.d. van ander ijzer etc.
720441910 Afval van stampen of stansen
720441990 Afval van stampen of stansen
720449100 Andere resten en afval van ijzer
720449300 Andere resten en afval van ander ijzer en niet-gelegeerd staal
720449910 Andere resten en afval van ander ijzer en niet-gelegeerd staal
720449990 Andere resten en afval van ander ijzer en niet-gelegeerd staal
720450100 Afvalingots
720450900 Afvalingots

Papier/karton

480100900-481190900

Oud papier/karton

470710000 Resten en afval ongebleekt kraft papier en karton
470720000 Resten en afval ander papier en karton
470730100 Oude en onverkochte kranten en tijdschriften
470730900 Andere resten en afval van papier en karton
470790100 Andere resten papier en karton, niet gesorteerd
470790900 Andere resten papier en karton, gesorteerd

Kunststof

PE

- 390110100 Lineair PE, s.g. <0,94, in primaire vorm
- 390110900 Ander PE, s.g. <0,94, in primaire vorm
- 390120000 PE, s.g. >0,94, in primaire vorm
- 390190000 Andere polymeren van ethyleen, in primaire vorm

PP

- 390210000 PP, in primaire vorm
- 390230000 Copolymeren van propyleen, in primaire vorm
- 390290000 Andere polymeren van propyleen of andere olefinen, in primaire vorm

PS

- 390311000 Polystyreen, expandeerbaar, in primaire vorm
- 390319000 Ander polystyreen, in primaire vormen
- 390390000 Andere polymeren van styreen, in primaire vormen

PVC

- 390410000 PVC, niet gemengd, in primaire vormen
- 390421000 Andere PVC, zonder weekmakers, in primaire vormen
- 390422000 Andere PVC, met weekmakers, in primaire vormen

Kunststofafval

- 391510000 Resten en afval van polymeren van ethyleen
- 391520000 Resten en afval van polymeren van styreen
- 391530000 Resten en afval van polymeren van vinylchloride
- 391590110 Resten en afval van polypropeen
- 391590130 Resten en afval van acrylpolymeren
- 391590190 Resten en afval andere
- 391590990 Resten en afval ander kunststof
- 400400000 Resten en afval niet-geharde kunststof

Glas

Glasscherven

- 700100100 Glasscherven e.a. glasafval

BIJLAGE C. ADRESSEN EN TELEFOONNUMMERS

Association of Plastic Manufacturers in Europe (APME)

Adres: Avenue E. van Nieuwenhuysse 4
Box 3
B-1160 Brussel
Tel.: 32-2-6728259
Fax: 32-2-6753935

Confederation of European paper industry (CEPI)

Adres: Avenue Louise 306
B-1050 Brussel
Tel.: 32-2-6274911
Fax: 32-2-6468137

Comite permanent des industries du verre de la communaute economique
europeenne (CPIV)

Adres: Avenue Louise 89
B-1050 Brussel
Tel.: 32-2-5384446
Fax: 32-2-5378469

European Aluminium Association (EAA)

Adres: Avenue de Broqueville 12
B-1150 Brussel
Tel.: 32-2-7756355
Fax: 32-2-7790523

Food and Agricultural Organisation (FAO)
Statistical Analysis Service (ESSA)

Adres: Viale delle Terme di Caracalla
00100 Rome, Italië
Tel.: 6-52252923
Fax: 6-52253152

Federation Europeenne de verre d'emballage (FEVE)

Adres: Avenue Louise 89
B-1050 Brussel
Tel.: 32-2-25393434
Fax: 32-2-25393752

Federatie Herwinning Grondstoffen (FHG)

Adres: Laan Copes van Cattenburch 77
Postbus 85645
2508 CH Den Haag
Tel.: 070-3624610
Fax: -

International Iron and Steel Institute (IISI)

Adres: Rue Colonel Bourg 120
B-1140 Brussel
Tel.: 32-2-7265095
Fax: 32-2-7264012

Nederlandse Federatie van Kunststoffen (NFK)

Adres: Vlietweg 16
Postbus 420
2260 AK Leidschendam
Tel.: 070-3175490
Fax: 070-3177408

Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO)

Adres: 2, Rue André-Pascal
75775 Parijs Cedex 16
Frankrijk
Tel.: 33-1-45249817
Fax: 33-1-45248865

Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters (OAE)

Adres: Am Bonneshof 5
D-40474 Düsseldorf
Postfach 200840
D-40105 Düsseldorf
Tel.: ++49-211-451933
Fax: ++49-211-431009

United Nations Economic Commission for Europe (UN/ECE)

Adres: Palais des Nations
CH-1211 Genève
Tel.: +41-22-9172613
Fax: +41-22-9170084