

RIVM rapport 778001 005

**DIMITRI 1.0: Beschrijving en toepassing van
een dynamisch input-output model**

H.C. Wilting, W.F. Blom, R. Thomas,
A.M. Idenburg

april 2001

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de directie van het RIVM, in het kader van project 778001, Milieu en Economie.

Abstract

DIMITRI, the Dynamic Input-Output Model to study the Impacts of Technology Related Innovations, was developed in the framework of the RIVM Environment and Economy project to answer questions about interrelationships between economy, technology and the environment. DIMITRI, a meso-economic model, operates at the level of production sectors, focusing on production and related environmental pressure in the Netherlands, and for the Dutch population. Production for the Dutch population takes place partly outside the national borders of the Netherlands. Technology installed in the production sectors is described here, as usual, in input–output tables, using inputs like energy, materials, capital and labour per sector. This dynamic input–output model is described both in general and mathematical terms; the structure is also outlined and possibilities for use presented. Data required for the model in the base year and scenarios are described. The comparison of production calculated with the model to actual production figures from statistics ensures validation of the model for a historical period. The calculated energy use related to Dutch consumption is also compared to the outcomes of a hybrid energy analysis model for the base year. Most of the differences observed were found to be explainable. DIMITRI can explore the future by using scenarios on demand and technological developments. Demand refers to consumption of the population and national exports. Technological changes can be implemented by changing the set of inputs for each production sector. Three scenarios concerning changes in demand, energy-efficiency, and production structure have been developed to illustrate DIMITRI's application and further possibilities. Finally, the model was evaluated and possible applications discussed in relation to other RIVM models.

Inhoud

Samenvatting	7
1. Inleiding	9
2. Het Model	11
2.1 <i>Input-output analyse</i>	11
2.2 <i>Modelbeschrijving</i>	13
2.3 <i>Modelvergelijkingen</i>	16
2.4 <i>Data voor het model</i>	24
2.5 <i>Benodigde gegevens voor scenario's</i>	26
3. Validatie van het model	29
3.1 <i>Vergelijking met gerealiseerde data voor de periode 1980-97</i>	29
3.2 <i>Validatie basisjaar</i>	31
3.3 <i>Conclusies</i>	34
4. Resultaten model	35
4.1 <i>Analyse veranderingen in 1980-97</i>	35
4.2 <i>Scenario 0: Een basisscenario</i>	37
5. Drie scenario's voor 1995-2030	43
5.1 <i>Scenario 1: Verandering in finale vraag</i>	43
5.2 <i>Scenario 2: Verandering in energie-efficiency</i>	44
5.3 <i>Scenario 3: Basismetaalindustrie uit Nederland</i>	47
6. Evaluatie en verbeterpunten	51
6.1 <i>Mogelijkheden van DIMITRI</i>	51
6.2 <i>Verbeterpunten</i>	53
Literatuur	55
Bijlage A Sector- en landenindeling	57
Bijlage B Input-output tabellen voor 1995	59
Bijlage C Energiegebruik en emissies in 1995	63
Bijlage D Energie- en emissiecoëfficiënten	67
Bijlage E Verzendlijst	71

Samenvatting

Deze rapportage beschrijft de structuur en mogelijkheden van het dynamisch input-output model DIMITRI (Dynamic Input-output Model to study the Impacts of Technology Related Innovations). Het model is ontwikkeld in het kader van het project Milieu en Economie om vragen rond relaties tussen economische parameters, technologie en milieu te kunnen beantwoorden. DIMITRI is een meso-economisch model (op het niveau van productiesectoren) en richt zich zowel op productie en daaraan gerelateerde milieudruk in Nederland als op productie ten behoeve van de inwoners van Nederland (die ook gedeeltelijk in het buitenland plaats vindt). De geïnstalleerde technologie in een productiesector wordt, zoals gebruikelijk in input-output tabellen, beschreven aan de hand van alle inputs van die sector, zoals energie, materialen, kapitaal en arbeid.

Het rapport bevat zowel een globale beschrijving van het model als een uitgebreide formele beschrijving. Daarnaast wordt een overzicht gegeven van de gegevens die nodig zijn voor het model zowel voor het basisjaar als voor scenario's. Het model is gevalideerd door voor een historische periode de berekende productie te vergelijken met gerealiseerde gegevens. Daarnaast is voor het jaar 1995 het berekende energiegebruik als gevolg van de consumptie van Nederlanders vergeleken met de uitkomsten van een ander model. De geconstateerde verschillen blijken voor een groot deel te verklaren.

Het model rekent op basis van scenario's betreffende ontwikkelingen in vraag en technologie per sector. De vraag betreft de consumptie van de inwoners van Nederland en de exporten van Nederland. Technologische veranderingen worden in het model gebracht door per productiesector de verzameling inputs te wijzigen. Aan de hand van drie voorbeeldscenario's worden de mogelijkheden en toepassing van DIMITRI geïllustreerd. Deze voorbeeldscenario's betreffen respectievelijk een andere finale vraag, verbeteringen in de energie-efficiency in de productiesectoren en de (fictieve) verplaatsing van de productie van de basismetaalindustrie van Nederland naar het buitenland.

Bij de evaluatie wordt ingegaan op een aantal verbeterpunten en het mogelijke belang van DIMITRI in relatie tot andere modellen. Uitkomsten uit STREAM kunnen gebruikt worden om voor DIMITRI technologiescenario's op te stellen. Daarnaast kunnen uitkomsten van DIMITRI als input dienen voor het Integrale Energie Model en het Consumentenmodel.

1. Inleiding

Het begrip ont koppeling heeft betrekking op de ‘macro’ relatie tussen economie en milieu. Ontkoppeling wordt dan ook veelal weergegeven in termen van economische grootheden en milieu-indicatoren op macro-schaal en de relatie daartussen. Voorbeelden van economische grootheden zijn het bruto nationaal product (BNP) en de werkgelegenheid. Voor het milieu zijn het CO₂-emissies, energie- en materiaalgebruik, en verzurings- of verspreidingsindicatoren. Als het gaat om een beschrijving van ontwikkelingen in het verleden is dit een prima schaalniveau om ont koppeling te bekijken. Echter om beleid te kunnen voeren is een beschrijving van de ont koppeling niet voldoende, maar wil men voor de toekomst ook kunnen sturen op die ont koppeling. Daarvoor is inzicht nodig in wat de effecten van de beschikbare sturingsmogelijkheden op de ont koppeling kunnen zijn.

De macro-relaties laten zich statistisch beschrijven. Op basis daarvan zou een model gemaakt kunnen worden met toevoeging van beleid, bijvoorbeeld in de vorm van heffingen op energie en grondstoffen. Hiermee kan ont koppeling worden ‘verklaard’ en ‘verkend’ indien verondersteld wordt dat de achterliggende causale relaties, te weten technologie en gedrag, niet zodanig veranderen dat de statistische verbanden niet meer gelden. Deze veronderstelling kan echter niet gefundeerd gemaakt worden. Sterker nog, zo’n veronderstelling is zelfs verre van wenselijk. Met name technologische vernieuwingen worden gezien als de manier om ont koppeling te bewerkstelligen. Het gaat dan niet alleen om technologieën die een ‘extrapolatie’ zijn van historische vernieuwingen (een volgend type benzine auto zal weer zuiniger zijn) maar ook om ‘doorbraak’ technologieën (een auto die op waterstof rijdt). Dit laatste type technologieën wordt juist zo aantrekkelijk geacht omdat de relatie tussen economische activiteit en milieudruk fundamenteel kan veranderen. Het nadeel van deze aanpak is echter dat de gevolgen van de introductie van dergelijke technologieën (en bijbehorende gedragsveranderingen) op het niveau van die technologische toepassingen bestudeerd moeten worden.

In dit onderzoek is er voor gekozen een model te ontwikkelen op meso-niveau, dat wil zeggen op het niveau van afzonderlijke economische sectoren. Voor elke sector wordt de technologie beschreven aan de hand van informatie betreffende de benodigde inputs zoals energie en materialen, kapitaal en toegevoegde waarde van een sector. Een technologische verandering in een sector wordt gemodelleerd door een verandering in de mix van inputs. Technologische veranderingen bevinden zich hiermee zowel op het niveau van energie-efficiency verbeteringen of materiaalsubstitutie als geheel nieuwe productieprocessen. De technologiebeschrijvingen voor alle sectoren gezamenlijk in een bepaald jaar wordt opgevat als de productiestructuur van de economie.

Gezien het open karakter van de Nederlandse economie is er tevens voor gekozen het model interregionaal te maken. Aan de ene kant is een belangrijk deel van de milieudruk in Nederland gerelateerd aan productie voor het buitenland. Aan de andere kant is een gedeelte van de milieudruk in het buitenland gerelateerd aan de productie en consumptie in Nederland. De interregionale structuur van het model biedt de mogelijkheid de afwenteling van de Nederlandse milieudruk op het buitenland en omgekeerd te onderzoeken. Door de interregionale structuur van het model is het tevens mogelijk om bijvoorbeeld te laten zien hoeveel meer of minder milieudruk per eenheid toegevoegde waarde in Nederland optreedt vergeleken met het buitenland.

De resultaten van dit onderzoek zijn gericht op ondersteuning van de Milieuplanbureau functie van het RIVM. In het bijzonder gaat het in dit onderzoek om de ondersteuning van de beleidsanalyse en –adviesering t.a.v. de kabinetsdoelstelling te komen tot een ‘absolute’ ont koppeling tussen milieu en economie.

Vragen waar het model een antwoord op zal moeten geven zijn:

1. Wat is het verband tussen economische vraag (bijvoorbeeld consumptie of exporten) en de productie in binnen- en buitenland?
2. Wat is het verband tussen milieudruk, energie- en materiaalgebruik en deze productie?
3. Wat is de rol van technologie in die verbanden?
4. Hoe kan het ont koppelingspotentieel van nieuwe technologieën bepaald worden?

Het doel van deze rapportage is het weergeven van de stand van zaken omtrent de ontwikkeling van het dynamische input-output model DIMITRI dat ontwikkeld is ter beantwoording van bovenstaande vragen. DIMITRI is een acroniem van ‘Dynamic Input-output Model to study the Impacts of Technology Related Innovations’. Dit rapport heeft voornamelijk betrekking op DIMITRI versie 1.0 waarin twee buitenlandse regio’s worden onderscheiden. Een eerdere versie van het model, die zich tot de Nederlandse economie beperkt, is gepresenteerd op internationale congressen in Wenen en Marcerata. Op enkele plaatsen in het rapport worden uitkomsten van deze eerdere versie besproken.

Allereerst wordt in hoofdstuk 2 een uitgebreide beschrijving van DIMITRI versie 1.0 gegeven. Hoofdstuk 3 gaat vervolgens in op de validatie van het model (gedeeltelijk op basis van de eerdere versie). Hoofdstuk 4 toont enkele mogelijkheden van DIMITRI aan de hand van een historische analyse voor de periode 1980-97 en door de resultaten van een scenario voor de periode 1995-2030 te bespreken. Het scenario voor 1995-2030 dient vervolgens als basis-scenario voor een vergelijking met drie scenario’s die in hoofdstuk 5 worden beschreven. Hoofdstuk 6 tenslotte gaat in op een evaluatie van de mogelijkheden van DIMITRI 1.0 en op de punten die nog voor verbetering open staan.

2. Het Model

2.1 Input-output analyse

Input-output analyse is een uit de economie afkomstig gereedschap en is ontwikkeld door Leontief in de twintiger en dertiger jaren van de twintigste eeuw (Leontief, 1941). Bij input-output analyses wordt gebruik gemaakt van zogenaamde input-output tabellen waarin de stromen van goederen en diensten door een economie worden beschreven. Input-output tabellen geven op die manier een beschrijving van de productiestructuur in een bepaald land of regio in een bepaald jaar. Met behulp van input-output analyse kunnen verkenningen worden gedaan over bijvoorbeeld de productie van economische sectoren op basis van een verwachte toekomstige vraag. De koppeling van fysieke parameters aan input-output tabellen maakt tevens een onderzoek naar de relaties tussen economie en milieu mogelijk. Sinds de publicaties van Wright (1974) en Bullard en Herendeen (1975) aangaande de berekening van sectorale energie-intensiteiten heeft input-output analyse zijn waarde bewezen bij het bestuderen van energie- en materiaalstromen door de economie. Deze energie-intensiteiten betreffen het totale energiegebruik per eenheid productie langs de gehele productieketen van die productie. Wilting (1996) geeft een uitgebreide beschrijving van de berekening van energie-intensiteiten en de toepassing daarvan in input-output analyses voor Nederland in de jaren zeventig en tachtig van de twintigste eeuw.

Ter illustratie geven we een voorbeeld van een input-output tabel voor een fictieve economie (Wilting, 1996). Deze economie bestaat uit slechts twee producerende sectoren. De fictieve input-output tabel staat in Tabel 2.1. De finale leveringen en bruto toegevoegde waarde zijn elk samengevat in één vector. De finale leveringen omvatten exporten, leveringen aan gezinshuishoudens en overheid, investeringen van overheid en bedrijven en de toeneming van de voorraden. De finale leveringen worden ook wel finale bestedingen of finale vraag genoemd. Naast de finale leveringen zijn er leveringen van goederen en diensten tussen de economische sectoren onderling. Dit zijn de zogenaamde intermediaire leveringen. Deze leveringen zijn nodig om de finale leveringen te kunnen uitvoeren. Deze leveringen vinden plaats van 'output'-sectoren naar 'input'-sectoren. Verder omvat de input-output tabel gegevens betreffende de primaire kosten. Deze bestaat uit de waarde van de invoer van goederen en diensten, en de bruto toegevoegde waarde. Deze laatste omvat afschrijvingen, indirecte belastingen en prijsverlagende subsidies, lonen en salarissen, sociale lasten en winsten.

Tabel 2.1 Voorbeeld input-output tabel met twee sectoren (in guldens).

	sector 1	sector 2	finale leveringen	totale productie
sector 1	25	40	85	150
sector 2	30	80	50	160
invoer	65	28	37	
bruto toegevoegde waarde	30	12		
totale kosten	150	160		

Op een regel staat de output van een sector, dat wil zeggen de waarde van de leveringen van een sector verdeeld over de verschillende bestemmingen. Sector 1 levert voor een waarde van 25 gulden aan sector 1, voor een waarde van 40 gulden aan sector 2 en voor 85 gulden in de vorm van finale leveringen. De totale productiewaarde van sector 1 is dan 150 gulden. In een kolom staat de input van een sector. De input omvat de kosten van de leveringen uit andere sectoren en de primaire kosten. Om voor een waarde van 150 gulden te produceren, besteedt sector 1 voor 25 gulden in sector 1, voor 30 gulden in sector 2 en bedragen de primaire kosten 95 gulden, waarvan 65 gulden de importen van goederen en diensten betreffen en 30 gulden de bruto toegevoegde waarde.

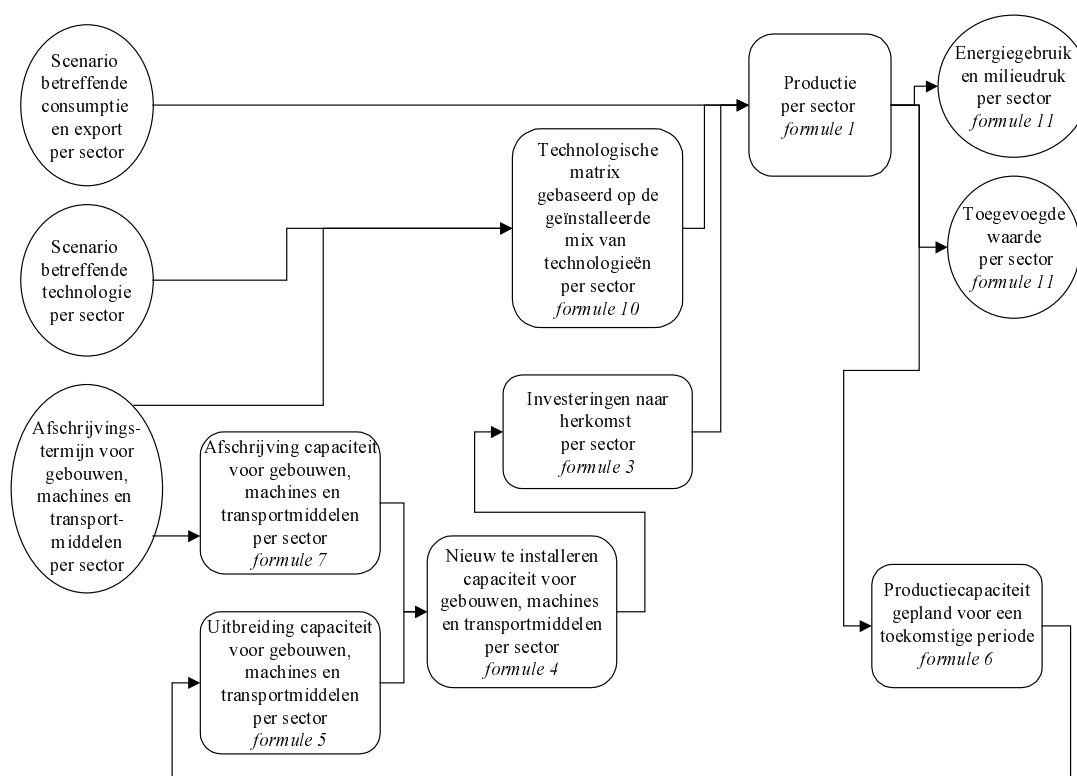
Uit een input-output tabel kan de zogenaamde technologische matrix worden afgeleid door per productiesector de kolomelementen te delen door de totale productiewaarde van die sector. Een kolom van de technologische matrix bevat dan de benodigde inputs per financiële eenheid productie van een sector. Een kolom in de technologische matrix kan hiermee worden gezien als een beschrijving van de technologie in de bijbehorende sector. Met technologie wordt bedoeld de manier waarop intermediaire inputs, kapitaal en toegevoegde waarde gecombineerd worden voor de productie van een sector. Dus de kolommen kunnen beschouwd worden als de koppeling tussen beschrijvingen van technologieën op micro-niveau en de productie op macro-niveau. Veranderingen in de kolomelementen in de tijd geven inzicht in technologische verandering. Rose (1984) geeft een overzicht van de literatuur betreffende technologische verandering in combinatie met input-output analyse. Het onderzoek naar technologische verandering in input-output tabellen beperkt zich niet tot het analyseren van historische reeksen. Met behulp van input-output analyse is het ook mogelijk de effecten van nieuwe technologieën op milieu en economie te bestuderen door het aanpassen van input-output coëfficiënten (Idenburg, 1993; Duchin en Lange, 1994; Blom, 1999).

Een statisch input-output model is in het algemeen voldoende om de effecten van nieuwe technologieën in een eindjaar te bepalen. In statische input-output modellen maken de leveringen van investeringsgoederen deel uit van de finale vraag (en zijn daarmee exogeen). Om ook de penetratie van nieuwe technologieën en de daarmee gepaard gaande investeringen te kunnen onderzoeken is een dynamisch input-output model vereist. In dynamische modellen zijn de leveringen van investeringen endogeen. Duchin en Szyld (1985) hebben een eerste dynamisch model voor de VS ontwikkeld. Leontief en Duchin (1986) hebben dit basismodel vervolgens uitgebreid ten behoeve van een onderzoek naar de effecten van nieuwe technologieën op werkgelegenheid. Voor dezelfde doeleinden hebben Kalmbach en Kurz (1992) een dynamisch input-output model voor Duitsland ontwikkeld. DIMITRI is een dynamisch input-output model voor Nederland en is gebaseerd op het werk van Duchin en Szyld (1985), en Duchin en Lange (1992).

In paragraaf 2.2 wordt de structuur van DIMITRI in grote lijnen beschreven. Het doorlezen van deze paragraaf geeft inzicht in de globale opbouw van het model. De lezer die geïnteresseerd is in een meer gedetailleerde beschrijving van het model wordt verwezen naar paragraaf 2.3 waar alle modelvergelijkingen worden gepresenteerd en besproken.

2.2 Modelbeschrijving

Centraal in DIMITRI staat de productie per sector die berekend wordt op basis van de finale vraag per sector en de technologische matrix (Figuur 2.1). De finale vraag per sector bestaat enerzijds uit een exogeen deel, te weten binnenlandse consumptie en exporten, en anderzijds uit een endogene vraag naar investeringsgoederen. De technologische matrix beschrijft de geïnstalleerde mix van technologieën per sector op elk moment in de tijd. Ieder jaar verandert deze mix per sector als gevolg van afschrijving van oude technologie en installatie van nieuwe op dat moment beschikbare technologie. De informatie over de nieuwe beschikbare technologie is exogeen en maakt deel uit van de scenariogegevens.



Figuur 2.1 Basisschema DIMITRI; de formules worden besproken in paragraaf 2.3.

Eveneens van belang in het model is het in stand houden van de productiecapaciteit. De vraag naar investeringsgoederen omvat vervangings- en uitbreidingsinvesteringen. Voor elk jaar wordt voor elke sector bepaald welk deel van de capaciteit dient te worden vervangen en met hoeveel capaciteit de bestaande capaciteit dient te worden uitgebreid. De capaciteit betreft drie typen kapitaalgoederen, te weten gebouwen, machines en transportmiddelen, ieder met een eigen afschrijvingstermijn. Voor de bestaande capaciteit wordt bijgehouden in welk jaar deze is geplaatst. Het deel van de capaciteit dat de afschrijvingstermijn overschrijdt wordt vervangen. De uitbreidingscapaciteit wordt in het model bepaald aan de hand van de benodigde productiecapaciteit in de toekomst. Dit gebeurt op basis van een gewogen gemiddelde van de verandering in de productie in de voorafgaande vier jaren waarbij de meest recente jaren het zwaarst worden gewogen. Daarnaast wordt rekening gehouden met de bezettingsgraad van de capaciteit die gedefinieerd is als de productie gedeeld door de capaciteit. Indien

de bezettingsgraad lager is dan bepaalde waarden wordt de afgeschreven capaciteit slechts gedeeltelijk of helemaal niet vervangen. Deze waarden zijn arbitrair gekozen en is voor gedeeltelijke vervanging 0,9 en voor geen vervanging 0,5. Op deze manier wordt voorkomen dat de productiecapaciteit onnodig wordt uitgebreid wanneer er al sprake is van veel overcapaciteit.

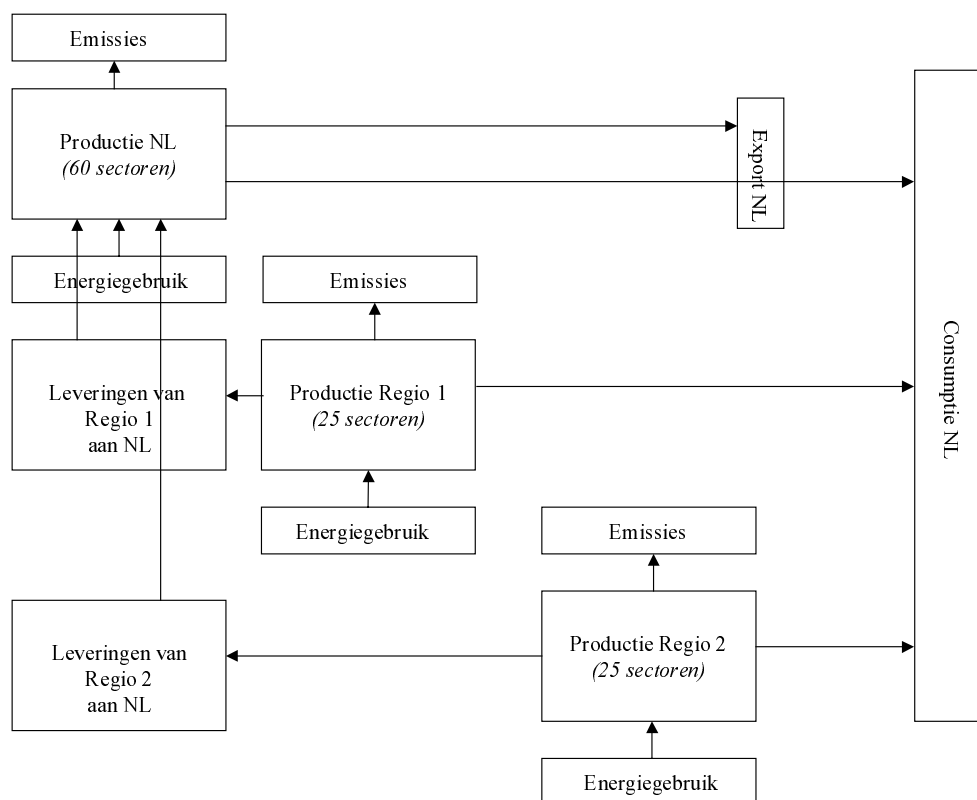
Het energiegebruik en de milieudruk per sector wordt bepaald aan de hand van de productie per sector met behulp van energie- en milieudrukcoëfficiënten. Deze coëfficiënten zijn endo-geen en maken deel uit van de technologiescenario's. Met behulp van toegevoegde waarde coëfficiënten kan op een zelfde manier de toegevoegde waarde per sector worden bepaald.

De besproken situatie geeft de situatie voor Nederland weer waarbij de milieudruk als gevolg van de productie in Nederland voor consumptie en exporten wordt berekend. DIMITRI is echter ook ontwikkeld om de milieudruk langs de gehele productieketen van de Nederlandse consumptie en exporten te bepalen. Een deel van deze productieketen betreft de productie in het buitenland ten behoeve van de Nederlandse importen. Hiermee vindt ook een deel van de milieudruk ten gevolge van Nederlandse consumptie en exporten in het buitenland plaats. Deze milieudruk is gerelateerd aan de in het buitenland geïnstalleerde technologie. In veel studies betreffende het milieubeslag van importen wordt voor de importen de productiestructuur in het buitenland gelijk verondersteld aan die in Nederland. Dit betekent dat de productie van een bepaald product in Nederland dezelfde milieudruk heeft als de productie van dat product in het buitenland. Battjes et al (1998) hebben aangetoond dat er voor wat betreft energie-intensiteiten al verschillen zijn voor landen binnen de Europese Unie. Op wereldschaal zullen de verschillen zeker groter zijn. Daarom is er voor gekozen om DIMITRI multiregionaal te maken. In de huidige versie van het model worden naast Nederland twee buitenlandse regio's onderscheiden ieder met een eigen productiestructuur. Regio 1 komt in grote lijnen overeen met de landen behorend tot de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) exclusief Nederland. Regio 2 omvat de overige landen. Deze indeling is gekozen op basis van de verwachting dat de landen die deel uit maken van de OESO een meer geavanceerde productiestructuur hebben dan de niet-OESO landen. Tabel A.4 (in Bijlage A) bevat de landen die als indicatorlanden voor beide regio's hebben gediend (zie ook Bijlage B).

Figuur 2.2 laat de structuur van DIMITRI zien wat betreft de stromen van goederen en diensten vanuit het buitenland naar Nederland. Het model zoals weergegeven is een vereenvoudigde versie van een volledig multiregionaal input-output model. DIMITRI bevat geen terugkoppelingen in de vorm van goederenstromen van Nederland via de exporten naar de buitenlandse regio's. Daarnaast worden de handelsstromen tussen de beide buitenlandse regio's buiten beschouwing gelaten. Voor beide buitenlandse regio's wordt verondersteld dat de benodigde productie geheel in de eigen regio plaats vindt. De productie in de buitenlandse regio's betreft slechts de productie die nodig is ten behoeve van de leveringen aan Nederland, namelijk de levering van goederen voor de Nederlandse productie en consumptie, en de productie voor het in stand houden van de buitenlandse productiecapaciteit (voor de productie van leveringen aan Nederland).

Figuur 2.2 laat tevens zien dat iedere regio zijn eigen specifieke energiegebruik en emissies per sector heeft. Door de aanwezigheid van buitenlandse regio's is het mogelijk de milieudruk als gevolg van Nederlandse consumptie en exporten te alloceren aan Nederland of één van beide buitenlandse regio's. Daarnaast is het mogelijk om het effect op de milieudruk op

wereldschaal van een verschuiving van de productie van een sector van Nederland naar het buitenland of omgekeerd te onderzoeken.



Figuur 2.2 Structuur van DIMITRI betreffende productie in Nederland en twee buitenlandse regio's en daaraan gekoppeld energiegebruik en emissies.

DIMITRI is een dynamisch model, dat startend in een basisjaar met startwaarden voor de parameters, een scenario voor een bepaalde periode kan doorrekenen. Een scenario beschrijft het verloop van de exogene vraag en de ontwikkelingen in technologie per sector. Een onderzoek naar een verschuiving van productie tussen regio's of materiaalsubstitutie in een bepaalde sector kan ook via het technologiescenario plaats vinden. In de hoofdstukken 4 en 5 worden de veronderstellingen en resultaten voor een aantal scenario's beschreven.

Ter afsluiting geeft Tabel 2.2 een overzicht van de inputs en outputs van DIMITRI.

Tabel 2.2 Overzicht invoer- en uitvoervariabelen DIMITRI (NL is Nederland; BL is buitenland).

Input DIMITRI	Output DIMITRI
- consumptie en exporten NL	- productie, sectorstructuur in NL en BL
- technologie NL en BL (basisjaar en nieuwe technologieën)	- energiegebruik en emissies in NL en BL
- energie- en emissiecoëfficiënten NL en BL (basisjaar en nieuwe technologieën)	- energie- en milieubeslag NL consumptie en NL exporten
- afschrijftermijnen	- energie- en emissie-intensiteiten van sectoren in NL en BL

2.3 Modelvergelijkingen

Deze paragraaf geeft de mathematische beschrijving van DIMITRI.

Volumemodel

Het volumemodel beschrijft de relaties tussen productie en finale vraag in de tijd. De productie wordt als gebruikelijk in (dynamische) input-output modellen bepaald:

$$x(t) = [I - A(t)]^{-1} y(t) \quad (1)$$

met:

$x(t)$ vector van totale productie per sector in jaar t ;

I eenheidsmatrix;

$A(t)$ matrix met technologische coëfficiënten in jaar t (zie formule 10);

$y(t)$ vector van finale vraag (inclusief investeringen) per sector in jaar t (zie formule 2).

Het volumemodel geldt zowel voor Nederland als voor de buitenlandse regio's. De productie in Nederland wordt bepaald op basis van de technologische matrix voor Nederland exclusief importen. De Nederlandse productie betreft hiermee alleen de productie die in Nederland plaats vindt. Op basis van de productie in Nederland worden vervolgens de benodigde importen voor Nederland bepaald (zie formule 2c). Deze importen behoren tot de finale vraag van de buitenlandse regio's. Hiervoor kan met behulp van formule 1 op basis van de buitenlandse productiestructuren de productie in de buitenlandse regio's berekend worden. De buitenlandse productie betreft dus alleen die productie die ten behoeve van de Nederlandse finale vraag benodigd is.

Finale vraag

Vector $y(t)$ beschrijft de finale vraag in de tijd; deze bestaat uit exporten, consumptie en investeringen:

$$y(t) = p(t) + c(t) + z(t) \quad (2a)$$

met:

$y(t)$ finale vraag in jaar t ;

$p(t)$ exporten in jaar t (exogeen);

$c(t)$ consumptie in jaar t (exogeen);

$z(t)$ berekende vraag naar investeringsgoederen in jaar t (endogeen; zie formule 3).

Voor Nederland zijn de exporten en de consumptie exogeen in het model. Deze zijn afkomstig uit scenario's. De consumptie omvat zowel de consumptieve bestedingen van gezinshuishoudingen als ook die van de overheid. De consumptie van de overheid is uiteindelijk ook bestemd voor de inwoners van Nederland. De vraag naar investeringsgoederen is endogeen en wordt bepaald in formule 3. Hiermee onderscheidt DIMITRI zich van statische input-output modellen waarin de gehele vraag exogeen is. De investeringen zijn benodigd voor het in stand houden van de productiecapaciteit.

Formule 2a geldt ook voor de buitenlandse regio's. De consumptie in het buitenland wordt buiten beschouwing gelaten (door deze op nul te stellen). Meer van belang in het model zijn de exporten van de buitenlandse regio's, te weten alleen de goederen en diensten die naar

Nederland worden geëxporteerd. Deze zijn gedeeltelijk exogeen en gedeeltelijk endogeen (gebaseerd op de productie in Nederland). De exporten voor een buitenlandse regio Ri zijn:

$$p_{Ri}(t) = p_{Ri}^x(t) + p_{Ri}^c(t) + p_{Ri}^z(t) \quad (2b)$$

$p_{Ri}(t)$ exporten van buitenlandse regio Ri (ten behoeve van Nederland) in jaar t;

$p_{Ri}^x(t)$ leveringen van regio Ri ten behoeve van productie in Nederland in jaar t (endogeen; zie formule 2c);

$p_{Ri}^c(t)$ leveringen van regio Ri voor Nederlandse consumptie in jaar t (exogeen);

$p_{Ri}^z(t)$ leveringen van regio Ri voor Nederlandse investeringen in jaar t (endogeen; zie formule 3b).

Dus de exporten van de buitenlandse regio's zijn alleen de goederen en diensten die naar Nederland gaan. De buitenlandse leveringen ten behoeve van de productie in Nederland worden als volgt bepaald:

$$p_{Ri}^x(t) = A_{Mi}(t) x_{NL}(t) \quad (2c)$$

$A_{Mi}(t)$ matrix van importcoëfficiënten betreffende de invoer van Nederland uit regio Ri ten behoeve van de productie in Nederland in jaar t (endogeen; zie formule 10);

$x_{NL}(t)$ productie in Nederland in jaar t (endogeen; zie formule 1);

De nu volgende formules 3-11 gelden zowel voor Nederland als voor de buitenlandse regio's.

Investerings

In het model worden investeringen in een sector bepaald op basis van de bestaande capaciteit, afschrijvingen en de verwachte of geplande capaciteit voor de komende jaren. Uitgaande van de nieuw te installeren capaciteit per sector worden de investeringen naar herkomst, $z(t)$, bepaald met de zogenaamde matrix van kapitaalcoëfficiënten:

$$z(t) = \sum_k B^{N,k}(t) c^{\Delta,k}(t) \quad (3a)$$

met:

$B^{N,k}(t)$ matrix van kapitaalcoëfficiënten; deze matrix geeft de vereisten voor kapitaalgoed k weer per eenheid productie geïnstalleerd in jaar t (exogeen);

$c^{\Delta,k}(t)$ nieuw te plaatsen capaciteit (inclusief vervanging van afgeschreven capaciteit) van kapitaalgoed k in jaar t (formule 4).

We veronderstellen dat investeringen voor vervanging en voor uitbreiding met dezelfde, op het moment van investeren nieuw beschikbare technologie gebeurt. In DIMITRI worden drie typen kapitaalgoederen onderscheiden, te weten: gebouwen, machines en transportmiddelen. De matrix van kapitaalcoëfficiënten, $B^{N,k}$, beschrijft de benodigde hoeveelheid kapitaalgoederen per eenheid capaciteit per type kapitaalgoed per sector. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen kapitaalgoederen die in Nederland worden geproduceerd en die geïmporteerd worden. De benodigde leveringen van investeringsgoederen uit regio i, p_{Ri} , zijn:

$$p(t) = \sum_k B_M^{N,k}(t) c^{\Delta,k}(t) \quad (3b)$$

met:

$B_M^{N,k}(t)$ matrix van kapitaalcoëfficiënten betreffende de importen; deze matrix geeft de vereisten voor kapitaalgoed k weer afkomstig uit regio i per eenheid productie geïnstalleerd in jaar t (exogeen);

Uitbreiding en vervanging van capaciteit

De nieuw te installeren capaciteit in een bepaald jaar omvat vervanging van bestaande capaciteit die in dat jaar wordt afgeschreven en uitbreiding van de capaciteit op basis van verwachtingen van de benodigde capaciteit in toekomstige jaren. Uitbreiding- en vervangingsinvesteringen vinden alleen plaats wanneer dit nodig is. In DIMITRI is dit gemodelleerd door slechts uitbreidingsinvesteringen te doen als de bezettingsgraad groter is dan 0,9. Is de bezettingsgraad 0,9 dan worden alle vervangingsinvesteringen gedaan en bij een lagere bezettingsgraad (tussen 0,5 en 0,9) wordt de vervanging gedeeltelijk gedaan (lineair aflopend). In geval de bezettingsgraad lager is dan 0,5 is er sprake van een forse overcapaciteit en worden ook geen vervangingsinvesteringen gepleegd. De nieuwe capaciteit per type kapitaalgoed k in sector i is:

$$c_i^{\Delta,k}(t) = \begin{cases} c_i^{a,k}(t) + c_i^{u,k}(t), & \text{indien } b_i^k(t-1) > 0,9 \\ (2,5 * b_i^k(t-1) - 1,25) * c_i^{a,k}(t), & \text{indien } 0,5 < b_i^k(t-1) \leq 0,9 \\ 0, & \text{indien } b_i^k(t-1) \leq 0,5 \end{cases} \quad (4)$$

met:

$c_i^{\Delta,k}(t)$ de nieuw te installeren capaciteit van kapitaalgoed k in sector i in jaar t ;

$b_i^k(t)$ bezettingsgraad van de capaciteit van kapitaalgoed k voor sector i in jaar t (is het quotiënt van productie en capaciteit per type kapitaalgoed);

$c_i^{a,k}(t)$ afschrijving van kapitaalgoed k in sector i in jaar t (zie formule 8);

$c_i^{u,k}(t)$ uitbreidingscapaciteit voor kapitaalgoed k in sector i in jaar t (zie formule 5).

In het model wordt er naar gestreefd een bezettingsgraad van ongeveer 1 in stand te houden. In het model kan een bezettingsgraad groter dan 1 voorkomen, terwijl dit in werkelijkheid niet mogelijk is.

Uitbreidingscapaciteit

De uitbreiding van de capaciteit is op basis van de huidige capaciteit en de geplande capaciteit voor toekomstige jaren. De planning van nieuwe capaciteit wordt een aantal jaren vooruit gedaan afhankelijk van het type kapitaalgoed. Dit onderscheid wordt gemaakt omdat de planning en realisatie van nieuwe gebouwen gewoonlijk meer tijd in beslag neemt dan de aanschaf en implementatie van nieuwe machines of transportmiddelen. In het model is verondersteld dat de installatie van nieuwe gebouwen 5 jaar duurt en dat aanschaf van machines en transportmiddelen 2 jaar vergt. Voor elk type kapitaalgoed wordt tijdens de bijbehorende planningsperiode jaarlijks een evenredig deel geïnstalleerd. Dus het eerstvolgende jaar zal de uitbreiding een vijfde deel van de gebouwen en de helft van de geplande machines en transportmiddelen betreffen. Merk op dat het resterende viervijfde en halve deel

niet wordt geïnstalleerd. De uitbreiding van capaciteit wordt bepaald onafhankelijk van de planning in voorafgaande jaren. De planning wordt hiermee dus jaarlijks bijgesteld. De uitbreidingscapaciteit van kapitaalgoed type k in sector i is:

$$c_i^{u,k}(t) = \max\left(0, \frac{c_i^{*\theta_k}(t) - c_i^k(t)}{\theta_k}\right) \quad (5)$$

met:

$c_i^{*\theta_k}(t)$ capaciteit van sector i gepland in jaar t voor jaar $t+\theta_k$ (zie formule 6);

$c_i^k(t)$ capaciteit van kapitaalgoed k in sector i in jaar t (zie formule 9);

θ_k aantal jaren nodig om kapitaalgoed van type k te realiseren.

De nieuw te plaatsen capaciteit mag niet negatief zijn. Dit betekent dat het verlagen van de capaciteit door bijvoorbeeld de verkoop van delen van de voorraad kapitaalgoederen niet mogelijk is. Dus de capaciteit kan alleen verlaagd worden via afschrijvingen.

De planning van toekomstige capaciteit

Om te bepalen hoeveel nieuwe capaciteit in een jaar moet worden toegevoegd, moeten sectoren een schatting maken van de benodigde capaciteit in toekomstige jaren. In het Duchin en Szyld model hangt de geplande capaciteit per sector af van de ontwikkelingen in de productie van die sector in eerdere jaren. Wij baseerden de planning van capaciteit op basis van het MESEMET model (van Bergeijk et al., 1995). In dat model wordt de beslissing voor uitbreiding gebaseerd op de verandering in de productie in de laatste vier voorafgaande periodes. Hierbij worden de jaarlijkse groeivoeten gewogen zodanig dat de groeivoeten in de meest recente jaren het hoogste gewicht hebben. In DIMITRI wordt in jaar t de geplande capaciteit voor jaar $t+\tau$ ($\tau > 0$) als volgt bepaald:

$$c_i^{*,\tau}(t) = \min\left(1 + \alpha_i, \left\{ \begin{array}{l} 1 + 0,4 * gx_i(t-1) + 0,3 * gx_i(t-2) + \\ 0,2 * gx_i(t-3) + 0,1 * gx_i(t-4) \end{array} \right\}^{\tau+1} x_i(t-1)\right) \quad (6)$$

met:

α_i maximale jaarlijkse groei voor sector i (exogeen);

$gx_i(t)$ groeivoet van de totale productie in sector i in jaar t tot jaar t-1; i.e.

$(x_i(t) - x_i(t-1)) / x_i(t-1)$;

$x_i(t)$ totale productie van sector i in jaar t (zie formule 1).

In elk jaar wordt de geplande capaciteit vergeleken met de werkelijke capaciteit (zie formule 5). Op deze manier worden eerdere voorspellingen voor toekomstige capaciteiten bijgesteld. De sectorspecifieke parameter α_i moet er voor zorgen dat de groei van de productie niet uit de hand loopt vanwege te sterke schommelingen in de productie van jaar tot jaar.

Afschrijvingen

Kapitaalgoederen worden afgeschreven op basis van afschrijvingsperiodes per type kapitaalgoed per sector. Formule (7) beschrijft de berekening van de aandelen van de capaciteit die in een bepaald jaar worden afgeschreven. Het aandeel $S_i^{\tau,k}(t)$ beschrijft het aandeel van de

capaciteit van kapitaalgoed k in sector i geïnstalleerd in jaar $t-\tau$ (en voor de eerste keer in gebruik in jaar $t-\tau+1$):

$$\begin{aligned} S_i^{\tau,k}(t) &= 0, & \text{als } \tau > \text{dep}_{i,k}, \\ S_i^{\tau,k}(t) &= \frac{S_i^{\tau-1,k}(t-1) c_i^k(t-1)}{c_i^k(t)}, & \text{als } 1 < \tau \leq \text{dep}_{i,k}, \\ S_i^{\tau,k}(t) &= \frac{c_i^{\Delta,k}(t-1)}{c_i^k(t)}, & \text{als } \tau = 1, \end{aligned} \quad (7)$$

met:

$S_i^{\tau,k}(t)$ het aandeel in jaar t van de capaciteit van kapitaalgoed type k geïnstalleerd in jaar $t-\tau$ (en dat zal worden afgeschreven in jaar $t+\text{dep}_{i,k}-\tau$);
 $\text{dep}_{i,k}$ sector-specifieke afschrijvingsperiode van kapitaalgoed type k (exogeen).

Dus, $S_i^{\text{dep}_{i,k},k}(t)$ is het aandeel van de capaciteit van kapitaalgoed van type k geïnstalleerd in jaar $t-\text{dep}_{i,k}$, voor de eerste keer in gebruik in jaar $t-\text{dep}_{i,k}+1$, en dat zal worden afgeschreven in jaar $t+1$. De afschrijvingen worden nu:

$$c_i^{a,k}(t) = S_i^{\text{dep}_{i,k},k}(t) c_i^k(t) \quad (8)$$

Alle kapitaalgoederen die in een bepaald jaar zijn geplaatst worden afgeschreven aan het eind van de economische levensduur. Op deze manier wordt tussentijdse uitval van kapitaalgoederen buiten beschouwing gelaten. Een meer vloeiende afschrijving is mogelijk, maar dit zou het model veel gecompliceerder maken.

Huidige capaciteit

De capaciteit in jaar $t+1$ is de som van de capaciteit in jaar t minus de afschrijvingen, en de nieuw geïnstalleerde capaciteit in jaar t voor elk type kapitaalgoed i :

$$c_i^k(t+1) = \left[1 - S_i^{\text{dep}_{i,k},k}(t) \right] c_i^k(t) + c_i^{\Delta,k}(t) \quad (9)$$

Technologische matrix

De geïnstalleerde technologie is een mix van technologieën geïmplementeerd in eerdere jaren. Als gevolg van afschrijvingen en nieuwe investeringen zal de geïnstalleerde technologie per sector elk jaar veranderen. In het model geschiedt dit aan de hand van de volgende formule:

$$A_{ji}(t) = \sum_{\tau=1}^{\text{dep}_{i,\kappa_i}} A_{ji}^N(t-\tau) S_i^{\tau,\kappa_i}(t) \quad (10)$$

met:

κ_i type kapitaalgoed dat de technologie per sector specificeert (voor de transport sector betreft dit de transportmiddelen; voor de overige sectoren machines);

$A_{ji}^N(t)$ technologische coëfficiënten voor de nieuw te installeren technologieën in jaar t (exogeen).

Met behulp van formule (10) worden de technologische matrices voor elk jaar dynamisch berekend. Dit geldt ook voor de matrices van importcoëfficiënten, A_{Mi} , uit formule 2c.

Carter (1967) stelde reeds een dynamische aanpassing van de input-coëfficiënten voor. Deze aanpak wijkt af van de methode voorgesteld door Leontief and Duchin (1986) die technologische matrices voor een bepaald toekomstig jaar opstellen. Hierbij worden de technologische matrices voor de tussenliggende jaren vervolgens bepaald via interpolatie.

Berekenen toegevoegde waarde en milieudruk van de productie

DIMITRI is met name ontwikkeld om de effecten van nieuwe technologieën op economie (toegevoegde waarde, werkgelegenheid) en milieu (energie- en materiaalgebruik en emissies) in binnen- en buitenland te bepalen. Deze parameters zijn nauw gerelateerd aan de productie in sectoren en daarom kunnen ze vrij eenvoudig worden berekend door de productie te koppelen aan relevante coëfficiënten. Deze coëfficiënten betreffen het energiegebruik, de emissies, etc. per eenheid productie in een sector; deze coëfficiënten worden bepaald door de aanwezige technologie. Bijvoorbeeld de emissies per stof gerelateerd aan de productie worden als volgt berekend:

$$p_f(t) = P_f(t) x(t) \quad (11a)$$

met:

$p_f(t)$ vector met totale emissie per stof in jaar t ;

$P_f(t)$ matrix met emissiecoëfficiënten (emissie per eenheid productie) per stof per sector in jaar t (exogeen).

Energie- en materiaalgebruik, toegevoegde waarde en werkgelegenheid in een land of een regio in een bepaald jaar kunnen op een zelfde manier berekend worden als de emissies. In plaats van emissiecoëfficiënten moet dan gebruik worden gemaakt van coëfficiënten betreffende direct energie- en materiaalgebruik, toegevoegde waarde en werkgelegenheid per eenheid productie in jaar t . Voor bijvoorbeeld economische parameters geldt:

$$p_e(t) = P_e(t) x(t) \quad (11b)$$

met:

$p_e(t)$ vector met totalen per economische parameter in jaar t ;

$P_e(t)$ matrix met coëfficiënten (hoeveelheid per eenheid productie) per economische parameter in jaar t (exogeen).

De coëfficiënten P_f en P_e hangen af van de geïnstalleerde technologie. De coëfficiënten in een bepaald jaar worden evenals de coëfficiënten van de technologische matrix (formule 10) dynamisch bepaald op basis van de in eerdere jaren geïnstalleerde technologie.

Formule 11a geeft de emissies voor de totale productie in een land. Uiteraard kunnen met behulp van deze formule ook de emissies van de productie voor een afzonderlijke finale vraag categorie, bijv. de consumptie of de exporten, worden berekend.

Berekenen milieudruk als gevolg van de consumptie van Nederlanders

Met behulp van formule 11 wordt de milieudruk ten gevolge van de productie binnen de geografische grenzen van Nederland berekend. Een andere manier om milieudruk in kaart te brengen is via het milieubeslag van de inwoners van Nederland ten gevolge van consumptie. De milieudruk ten gevolge van consumptie van Nederlanders verschilt in ruimte en tijd van de milieudruk in Nederland in een bepaald jaar. Enerzijds vindt een deel van de productie voor de consumptie van Nederlanders in het buitenland plaats (hetzij de productie van consumentengoederen, hetzij de productie van halffabrikaten die in Nederland worden verwerkt tot producten). Daarnaast worden in het productieproces kapitaalgoederen ingezet, die in het verleden zijn geproduceerd. Dus een deel van het milieubeslag van Nederlanders betreft energiegebruik of emissies in eerdere jaren.

DIMITRI biedt de mogelijkheid om de milieudruk ten gevolge van de consumptie van Nederlanders te bepalen (over land- en tijdgrenzen heen). De volgende formule beschrijft hoe dit geschiedt voor energie. De berekening voor emissies verloopt analoog. Het energiebeslag ten gevolge van de consumptie van Nederlanders in jaar t is:

$$E^C(t) = (d_{NL}(t) + k_{NL}(t)) x_{NL}^C(t) + \sum_B (d_B(t) + k_B(t)) (x_B^{x,C}(t) + x_B^C(t)) \quad (12)$$

met:

$d_{NL}(t)$ rijvector van energiecoëfficiënten per sector in Nederland in jaar t (exogeen in technologiescenario);

$k_{NL}(t)$ rijvector van energieintensiteiten betreffende kapitaal per sector in Nederland in jaar t (endogeen);

$x_{NL}^C(t)$ vector van productie voor consumptie Nederlanders per sector in Nederland in jaar t (zie formule 1);

$d_B(t)$ rijvector van energiecoëfficiënten per sector in buitenlandse regio B in jaar t (exogeen);

$k_B(t)$ rijvector van energie-intensiteiten betreffende kapitaal per sector in buitenlandse regio B in jaar t (endogeen);

$x_B^{x,C}(t)$ vector van productie voor productie in Nederland voor consumptie Nederlanders per sector in buitenlandse regio B in jaar t (zie formule 1);

$x_B^C(t)$ vector van productie voor consumptie Nederlanders per sector in buitenlandse regio B in jaar t (endogeen; met behulp van formule 2c);

Het energiebeslag gerelateerd aan de Nederlandse exporten wordt op een zelfde manier berekend als het energiebeslag van de consumptie van de inwoners van Nederland. Hierbij worden in Nederland geïmporteerde goederen en diensten die vervolgens zonder verdere bewerking worden geëxporteerd (de wederuitvoer) buiten beschouwing gelaten.

De energie-intensiteiten betreffende kapitaalgoederen in een sector betreft het energiegebruik dat in het verleden heeft plaats gevonden voor de bouw en productie van de in een sector aanwezige kapitaalgoederenvoorraad. De energie-inhoud van een kapitaalgoed wordt toegekend aan de gehele productie die met dat kapitaalgoed is geproduceerd tijdens de (economische) levensduur van dat kapitaalgoed. Uit het jaargangenmodel van de capaciteit (formule 7) wordt afgeleid hoeveel kapitaalgoederen van elk type in het verleden jaarlijks zijn geïnstalleerd. Met de bijbehorende energie-intensiteiten van productie (voor de desbetreffende jaren) wordt vervolgens de energie-inhoud van de kapitaalgoederen berekend.

Hierbij worden in het buitenland geproduceerde kapitaalgoederen onderscheiden van in Nederland geproduceerde kapitaalgoederen.

De energie-intensiteit van een sector beschrijft het totale energiegebruik ten behoeve van één financiële eenheid productie van die sector. Met de energie-intensiteit wordt hiermee het totale energiegebruik langs de gehele productieketen tot en met de producerende sector beschreven (inclusief energiegebruik voor de productie van kapitaalgoederen in het verleden). De energie-intensiteiten voor de buitenlandse regio's worden bijvoorbeeld als volgt berekend:

$$e_B(t) = (d_B(t) + k_B(t)) (I - A_B(t))^{-1} \quad (13)$$

met:

$e_B(t)$ rijvector van energie-intensiteiten in buitenlandse regio B in jaar t;

$d_B(t)$ rijvector van energiecoëfficiënten in buitenlandse regio B in jaar t (exogeen);

$k_B(t)$ rijvector van energie-intensiteiten van de kapitaalgoederen per sector in buitenlandse regio B in jaar t (endogeen);

$A_B(t)$ technologische matrix voor buitenlandse regio B in jaar t (zie formule 10).

Op een zelfde manier worden ook de energie-intensiteiten voor Nederland berekend. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen energiegebruik binnen Nederland en energiegebruik in het buitenland:

$$e_{NL}(t) = (d_{NL}(t) + \sum_B e_B(t) A_{MB}(t) + k_{NL}(t)) (I - A_{NL}(t))^{-1} \quad (14)$$

met:

$e_{NL}(t)$ rijvector van energie-intensiteiten in Nederland in jaar t;

$d_{NL}(t)$ rijvector van energiecoëfficiënten in Nederland in jaar t (exogeen);

$A_{MB}(t)$ technologische matrix van importen van buitenlandse regio B naar Nederland in jaar t (zie formule 10);

$k_{NL}(t)$ rijvector van energie-intensiteiten van de kapitaalgoederen per sector in Nederland in jaar t (endogeen);

$A_{NL}(t)$ technologische matrix voor Nederland in jaar t (zie formule 10).

Met de energie-intensiteiten is het eveneens mogelijk het totale energiebeslag van Nederlandse consumptie of exporten te bepalen (zoals eerder gedaan is in formule 12). Dit kan door de intensiteiten te vermenigvuldigen met de vraag naar consumptiegoederen of de vraag naar exportgoederen in Nederland. Voor het energiebeslag van de consumptie van Nederlanders geldt dan:

$$E^c(t) = e_{NL}(t)c(t) + \sum_B e_B(t)p_B^c(t) \quad (15)$$

De berekening van het energiebeslag van de Nederlandse exporten gaat weer analoog.

2.4 Data voor het model

Om het model te kunnen gebruiken is een grote hoeveelheid data nodig. De data zijn onder te verdelen in een drietal groepen:

- algemene modelparameters (zie hieronder)
- startwaarden (voor het basisjaar) voor de endogene variabelen (zie hieronder)
- waarden van de exogene variabelen in de scenario's (zie paragraaf 2.5)

De algemene modelparameters gelden zowel voor Nederland als de beide buitenlandse regio's. De waarden van de endogene en exogene variabelen zijn per regio verschillend.

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de waarden voor de parameters zijn afgeleid. De gegevens zelf zijn in de bijlagen te vinden.

In DIMITRI worden voor Nederland 60 sectoren onderscheiden. Een overzicht van de sectorindeling voor Nederland staat in Tabel A.1 (in bijlage A). De sectorindeling voor de beide buitenlandse regio's is te vinden in Tabel A.2. Een overzicht van de indeling van de buitenlandse regio's naar landen is te vinden in Tabel A.4.

Algemene modelparameters

De algemene modelparameters in DIMITRI betreffen de investeringstermijn per type kapitaalgoed (θ_k in formule 5), de maximale jaarlijkse groei per sector (α in formule 6) en de afschrijvingsperiode per type kapitaalgoed per sector ($dep_{i,k}$ in formule 7).

Voor de investeringstermijn per type kapitaalgoed is in DIMITRI voor gebouwen 5 jaar gehanteerd en voor machines en transportmiddelen een waarde van 2 jaar. De maximale jaarlijkse groei per sector is bepaald door de gemiddelde productie in de jaren 1990-95 te verhogen met 2%. Tevens is er van uitgegaan dat de maximale groei minimaal 5% per jaar bedraagt. Voor de afschrijving per type kapitaalgoed is voor elke sector dezelfde termijn gebruikt. Deze is voor gebouwen 50 jaar, voor machines 15 jaar en voor transportmiddelen 10 jaar.

Technologische en primaire input coëfficiënten

Een groot deel van de economische data die gebruikt worden in DIMITRI zijn afkomstig van of afgeleid uit de input-output tabellen die zijn geconstrueerd voor Nederland en beide buitenlandse regio's voor het basisjaar 1995 (Bijlage B). Hier zal op de afleiding van de startwaarden voor 1995 worden ingegaan.

Uit de intermediaire matrix voor Nederland is de technologische matrix ($A(1995)$ in formule 1; 60×60) berekend door voor elke sector de kolomelementen te delen door de totale productie van die sector. Voor de sectoren die gedetailleerder zijn dan de CBS-indeling is verondersteld, dat de technologische inputcoëfficiënten van de gedetailleerde sectoren gelijk zijn aan die van de geaggregeerde sector. Per regel is een verdeling over de deelsectoren aangebracht betreffende de leveringen van de deelsector aan andere sectoren. In Bijlage B wordt beschreven hoe voor de beide buitenlandse regio's input-output tabellen zijn geconstrueerd (25 sectoren). Op een zelfde manier als hierboven voor Nederland beschreven zijn voor beide regio's technologische matrices (25×25) afgeleid.

Per regio zijn de afzonderlijke importcoëfficiënten ($A_{Mi}(1995)$ in formule 2b; 25×60) bepaald door per kolom de waarde uit de matrix van importen te delen door de totale productie in Nederland van de bijbehorende sector.

Uit de input-output tabel voor Nederland is eveneens de matrix van primaire inputcoëfficiënten afgeleid ($P_e(1995)$; formule 11; 1×60). Primaire inputs zijn bijvoorbeeld belastingen en subsidies, lonen en salarissen, en overig inkomen waaronder afschrijvingen. In het huidige model zijn alle primaire inputs voor een sector gesommeerd tot één primaire inputcoëfficiënt per sector door per sector de totale primaire inputs te delen door de totale productie. De primaire inputcoëfficiënten voor de buitenlandse regio's (1×25) zijn op een zelfde manier afgeleid uit de bijbehorende input-output tabellen.

Finale vraag

Voor de finale vraag ($y(1995)$ in formule 1; 60×2) worden in DIMITRI twee exogene finale vraagcategorieën onderscheiden, namelijk consumptie en exporten. De waarden voor Nederland voor het basisjaar zijn rechtstreeks afkomstig uit de naar 60 sectoren geaggregeerde input-output tabel voor Nederland (Bijlage B). De exogene finale vraag van de buitenlandse regio's (25×2) is afgeleid uit de buitenlandse input-output tabellen (Bijlage B). Het betreft hier de importen ten behoeve van de consumptie van Nederlanders bestaande uit de consumptie van gezinshuishoudingen en de overheid. De invoer van goederen en diensten die zonder verdere bewerking worden geëxporteerd (de wederuitvoer) wordt in DIMITRI buiten beschouwing gelaten.

Productie en capaciteit

De productie in de vijf jaar voorafgaand aan 1995 ($x(1990)$, ..., $x(1994)$ in formule 6; 60×1) is gebaseerd op modelruns. Hierbij is de gemiddelde groei in de met DIMITRI berekende productie in de eerste vijf jaar ($gx(1996)$, ..., $gx(2000)$ in formule 6) gebruikt om de productie in historische jaren te bepalen door voor de historische jaren dezelfde groei te veronderstellen. Dit geldt zowel voor Nederland als voor de buitenlandse regio's. Bij de modelruns is uitgegaan van het basisscenario zoals beschreven in paragraaf 4.2. Het bepalen van de historische productie betreft een iteratief proces, waarbij, uitgaande van startwaarden voor de historische groei, de groei in de eerste vijf jaar is bepaald. Dit resulteert in nieuwe historische groeicijfers net zo lang tot deze nauwelijks nog veranderen.

De capaciteit per type kapitaalgoed ($c^k(1995)$ in formule 9; 60×3) in het basisjaar is gelijk gesteld aan de berekende productie voor 1995. De bezettingsgraad (= productie/capaciteit) in het basisjaar is dan gelijk aan 1.

Voor de aanwezige capaciteit wordt verondersteld dat in het verleden (over de duur van de afschrijvingstermijn) jaarlijks hetzelfde aandeel is geplaatst. De waarde van $S_i^{r,k}(t)$ (in formule 7) is bijvoorbeeld $1/50$ voor gebouwen voor alle jaren in de periode 1946-95.

Kapitaalcoëfficiënten

Een matrix van kapitaalcoëfficiënten geeft per sector de kapitaalvereiste per eenheid productie weer. Met zo'n matrix wordt bepaald hoeveel investeringsgoederen moeten worden geproduceerd voor een bepaalde verandering in de capaciteit betreffende één van de drie typen kapitaalgoederen die worden onderscheiden (gebouwen, machines en transportmiddelen). In DIMITRI worden voor Nederland 14 sectoren onderscheiden die kapitaalgoederen leveren. Voor de buitenlandse regio's zijn dit 6 sectoren (zie Tabel A.3; Bijlage A). Voor Nederland wordt onderscheid gemaakt tussen matrices van kapitaalcoëfficiënten betreffende de binnenlandse levering van investeringsgoederen ($B^{N,k}(1995)$ in formule 3a; $3 \times 14 \times 60$) en matrices betreffende de importen van investeringsgoederen ($B_{Mi}^{N,k}(1995)$ in formule 3b; $3 \times 6 \times 60$). De matrices van kapitaalcoëfficiënten per type kapitaalgoed voor de buitenlandse regio's zijn afgeleid uit de matrix voor Nederland door deze te aggregeren naar het niveau van 6 sectoren die investeringsgoederen leveren en 25 buitenlandse economische

sectoren. Voor de buitenlandse regio's wordt geen onderscheid gemaakt tussen importen en binnenlands geproduceerd ($B^{N,k}$ (1995) in formule 3a; 3x6x25). De afleiding van de matrices staat beschreven in Bijlage B.

Energie- en emissiecoëfficiënten

De directe energie- en emissiecoëfficiënten per regio ($P_f(1995)$; formule 11) zijn nodig om de milieudruk in een sector te berekenen. Per regio en per sector zijn deze coëfficiënten bepaald voor het basisjaar door het energiegebruik en de emissies (Bijlage C) te delen door de bijbehorende productiewaarde (uit de input-output tabellen in Bijlage B). Bijlage D geeft de data voor deze coëfficiënten zoals ze in DIMITRI zijn gebruikt.

Met het model zijn cumulatieve energie- en emissiecoëfficiënten berekend voor 1995. Deze waarden worden weer gebruikt om startwaarden voor de kapitaalgoederenvoorraad in 1995 te berekenen betreffende energiegebruik en emissies bij de productie van de kapitaalgoederen in het verleden.

2.5 Benodigde gegevens voor scenario's

DIMITRI is uiteindelijk bedoeld om voor scenario's betreffende finale vraag en technologie het effect op economie en milieu te berekenen. Om met DIMITRI een scenario te kunnen doorrekenen zijn gegevens nodig omtrent de ontwikkelingen in de finale vraag als ook gegevens betreffende de ontwikkelingen in technologie. Voor de finale vraag zijn gegevens betreffende de ontwikkelingen in de volgende modelparameters vereist:

- consumptie van inwoners van Nederland betreffende in Nederland geproduceerde goederen en diensten ($c(t)$; formule 2a);
- consumptie van inwoners van Nederland betreffende in de buitenlandse regio's geproduceerde goederen en diensten ($p_{Ri}^c(t)$; formule 2b));
- exporten van Nederlandse productiesectoren ($p(t)$; formule 2a).

Voor deze parameters zijn waarden nodig voor alle jaren in de door te rekenen periode.

Voor een technologiescenario zijn gegevens voor de volgende modelparameters nodig:

- technologie matrix voor Nederland ($A_{NL}^N(t)$; formule 10);
- technologie matrices voor buitenlandse regio's ($A_{Ri}(t)$; formule 10);
- technologie matrix importen van Nederland ($A_{Mi}^N(t)$; formule 10);
- kapitaalcoëfficiënten matrix voor Nederland ($B_{NL}^{N,k}(t)$; formule 3a);
- kapitaalcoëfficiënten matrices voor buitenlandse regio's ($B_{Ri}^{N,k}(t)$; formule 3a);
- kapitaalcoëfficiënten matrix importen van Nederland ($B_{Mi}^{N,k}(t)$; formule 3b);
- primaire coëfficiënten matrix voor Nederland ($P_{e,NL}^N(t)$; formule 10 voor primaire coëfficiënten);
- primaire coëfficiënten matrices voor buitenlandse regio's ($P_{e,Ri}^N(t)$; formule 10 voor primaire coëfficiënten);
- fysieke coëfficiënten matrix voor Nederland ($P_{f,NL}^N(t)$; formule 10 voor fysieke coëfficiënten);
- fysieke coëfficiënten matrices voor buitenlandse regio's ($P_{f,Ri}^N(t)$; formule 10 voor fysieke coëfficiënten).

Voor de technologieparameters wordt gerekend aan de hand van steekjaren (bijvoorbeeld om de tien jaar). Voor elk steekjaar wordt de in dat jaar nieuw beschikbare technologie beschreven. De opgestelde technologie wordt vervolgens in DIMITRI voor alle jaren in de door te rekenen periode dynamisch berekend (zie formule 10).

3. Validatie van het model

Validatie van een model is zowel mogelijk via de gebruikte gegevens als via de uitkomsten van het model. In bijlage C wordt enige aandacht besteed aan validatie van de energie- en emissiedata die verzameld zijn voor Nederland en de buitenlandse regio's. In dit hoofdstuk zal voornamelijk worden ingegaan op validatie van de uitkomsten.

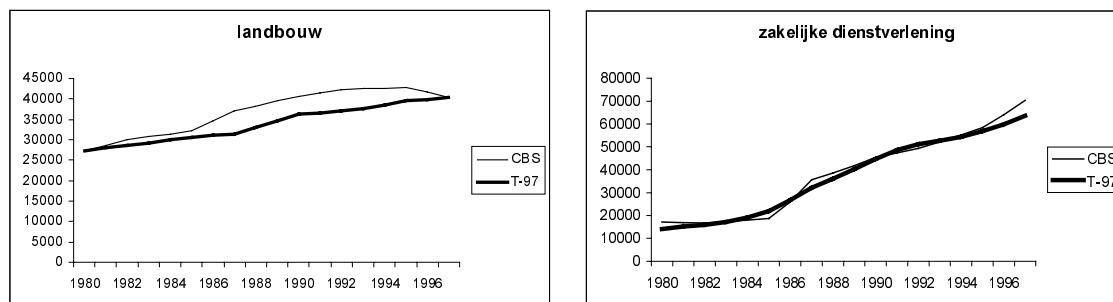
Een belangrijke modelparameter om te valideren is de productie in Nederland. Een validatie van de berekende sectorale productie in de buitenlandse regio's is veel moeilijker aangezien deze productie alleen de productie ten behoeve van de consumptie van Nederlanders of de Nederlandse exporten betreft. Deze gegevens zijn niet in statistieken beschikbaar.

Om iets te kunnen zeggen over het dynamische deel van het model is in paragraaf 3.1 voor de periode 1980-97 een vergelijking gemaakt tussen de modeluitkomsten en in werkelijkheid gerealiseerde waarden. Hiertoe is de eerdere versie van DIMITRI gebruikt voor een simulatie van deze periode. In paragraaf 3.2 worden uitkomsten van DIMITRI 1.0 voor het basisjaar 1995 gevalideerd. De uitkomsten voor de productie in Nederland worden vergeleken met de waarden in de Nederlandse input-output tabel. Daarnaast worden de berekende waarden voor het energiegebruik gerelateerd aan de consumptie van de inwoners van Nederland en vergeleken met de uitkomsten van een ander energie-analyse model.

3.1 Vergelijking met gerealiseerde data voor de periode 1980-97

De vergelijking van de modeluitkomsten voor de productie met gerealiseerde data voor de periode 1980-97 is gebaseerd op een eerdere versie van DIMITRI. Deze eerdere versie van DIMITRI heeft betrekking op alleen de Nederlandse economie en beperkt zich tot 30 sectoren. Het model beschrijft hiermee alleen de binnenlandse productie en geen importen. Ook de importen voor het in stand houden van de Nederlandse productiecapaciteit zijn hiermee buiten beschouwing gelaten. De in het model gebruikte data voor de periode 1980-97 zijn afkomstig van het CBS of afgeleid van data van het CBS (zoals in hoofdstuk 2 voor het jaar 1995 beschreven). Met behulp van sectorale prijsindices zijn alle economische data voor de onderzochte periode uitgedrukt in prijzen van 1980.

In deze paragraaf maken we voor enkele sectoren een vergelijking tussen de door DIMITRI berekende data en de gerealiseerde data. De in DIMITRI berekende data zijn gebaseerd op het scenario waarin alle nieuwe investeringen worden gedaan aan de hand van de productiestructuur van 1997. De gerealiseerde data zijn gebaseerd op de door het CBS gepubliceerde cijfers. De productiewaarden zijn berekend in reële prijzen van 1980. Figuur 3.1 laat zien dat voor de sectoren landbouw en zakelijke dienstverlening de door DIMITRI berekende waarden voor de productie redelijk overeen komen met de van het CBS afgeleide waarden.



Figuur 3.1 Productie (in miljoenen gulden in prijzen van 1980) voor de sectoren landbouw en zakelijke dienstverlening berekend met DIMITRI en afgeleid van CBS-gegevens voor de periode 1980-97.

Een nuttige methode om de verschillen tussen berekende en gerealiseerde waarden te kwantificeren is Theil's coëfficiënt (Pindyck and Rubinfeld, 1981; Theil, 1961):

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_t^s - Y_t^a)^2}}{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_t^s)^2 + \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_t^a)^2}},$$

met:

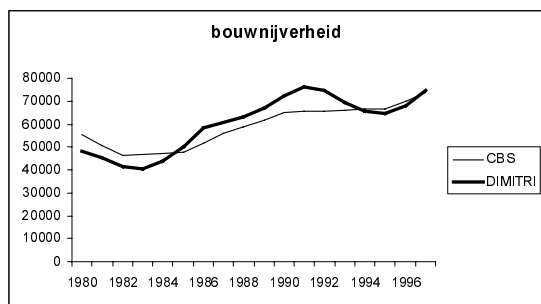
Y_t^s gesimuleerde waarde van variabele Y in jaar t;

Y_t^a werkelijke waarde van variabele Y in jaar t;

T aantal jaren in de simulatie.

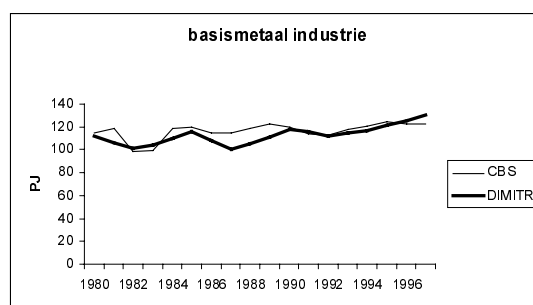
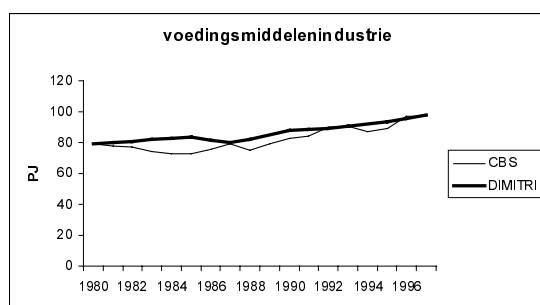
Theil's coëfficiënt neemt waarden aan op een schaal van 0 tot 1. Als de coëfficiënt 0 is, is er sprake van een perfecte fit: de berekende en werkelijke waarden zijn hetzelfde voor de gehele periode. Als Theil's coëfficiënt 1 is, is het voorspellend vermogen van het model zeer gering. Voor alle 30 DIMITRI sectoren is Theil's coëfficiënt berekend voor de productie lager dan of gelijk aan 0,05.

Kritieke sectoren in dynamische input-output analyse zijn de sectoren die kapitaalgoederen produceren zoals de bouwnijverheid en de machine- en transportindustrie. Dit komt omdat een groot deel van de finale vraag van deze sectoren endogeen is. Aangezien de berekeningen in deze paragraaf alleen Nederland betreffen is de bouwnijverheid lastiger in modeltermen dan de andere sectoren die kapitaalgoederen investeren, aangezien de productie van machines en transportmiddelen voor een groot deel in het buitenland gebeurt (en daardoor niet in de hier bekeken versie van het model zit). Figuur 3.2 laat de berekende en gerealiseerde waarden voor de productie van de bouwnijverheid zien. De met DIMITRI berekende productie van de bouwnijverheid ligt redelijk dicht bij de waarden voor de productie gebaseerd op CBS-gegevens (Theil's coëfficiënt is 0,05) alleen de met DIMITRI berekende reeks vertoont meer extreme pieken en dalen.



Figuur 3.2 Productie (in miljoenen guldens in prijzen van 1980) voor de bouwnijverheid berekend met DIMITRI en afgeleid van het CBS voor de periode 1980-97.

Ook voor het energiegebruik zijn de uitkomsten van DIMITRI vergeleken met de door het CBS gepubliceerde gegevens. Figuur 3.3 laat het energiegebruik zien in de sectoren voedingsmiddelenindustrie en de basismetaal. De berekende waarden komen redelijk overeen met de waarden van het CBS. Voor de meeste sectoren zijn de verschillen tussen beide reeksen klein (Theil's coëfficiënt kleiner dan 0,06). Alleen voor de bouwnijverheid (0,10) en de transportsector (0,11) is Theil's coëfficiënt wat hoger.



Figuur 3.3 Energiegebruik (PJ) van de voedingsmiddelenindustrie en de basismetaal berekend met DIMITRI en op basis van CBS-gegevens voor de periode 1980-97.

Tot zover de validatie van de productie in de tijd. In paragraaf 4.2 wordt hier nog op terug gekomen. Daar worden resultaten gepresenteerd van een scenario waarin voor de ontwikkelingen in de finale vraag wordt uitgegaan van gegevens uit een scenario van het Centraal Plan Bureau (CPB). De door DIMITRI berekende productie per sector wordt daar vergeleken met die uit het CPB scenario.

3.2 Validatie basisjaar

Voor de productie in Nederland per sector is voor het basisjaar 1995 een vergelijking gemaakt tussen de modeluitkomsten en de waarden uit de input-output tabel. Voor enkele individuele sectoren zijn er grote verschillen waar te nemen tussen modeluitkomsten en input-output gegevens. Dit geldt onder andere voor enkele sectoren in de bouw (bouwnijverheid 38,7% en weg- en waterbouw 10,4%) en daaraan verwante sectoren (houtindustrie 9,2%). Dit wordt veroorzaakt doordat de productie in deze sectoren bepaald wordt door de endogene vraag naar investeringsgoederen. De grote verschillen voor de deelsectoren in de bouwnijverheid hebben mogelijk te maken met de opdeling van deze sectoren. De productie voor de totale bouwnijverheid wijkt veel minder af van de gerealiseerde waarden in de periode 1980-97. Voor 43 sectoren (van de 60 DIMITRI sectoren) echter is het verschil tussen

de modeluitkomsten en de gerealiseerde waarde (gerapporteerd door het CBS) kleiner dan 2%. De totale productie over alle sectoren berekend wijkt minder dan 0,5% af van het totaal in de input-output tabel.

Een andere modeluitkomst om te valideren is het indirecte energiebeslag gerelateerd aan de consumptie van de inwoners van Nederland. Het indirecte energiebeslag berekend met DIMITRI wordt vergeleken met uitkomsten berekend in het kader van de vijfde milieuverkenning (MV5) in Vringer et al. (2000).

Tabel 3.1 *Vergelijking indirect energiebeslag (in PJ) gerelateerd aan consumptie van Nederlanders voor 1995 berekend met DIMITRI en uit Vringer et al. (2000).*

	in NL	in BL	totaal
DIMITRI	762	948	1711
Vringer et al. (2000)	604	575	1177

Tabel 3.1 laat zien dat het indirecte energiebeslag voor de huishoudelijke consumptie berekend met DIMITRI beduidend hoger is dan gerapporteerd in Vringer et al. (2000). De verdeling over Nederland en buitenland is afgeleid uit Ros en Wilting (2000). Enkele mogelijke verklaringen voor het verschil zijn:

1. Het verschil in methode. Ten behoeve van de MV5 is het energiebeslag in plaats van met input-output analyse berekend met een hybride energie-analyse methode. In Wilting (1996) is reeds geconstateerd dat voor 1990 het indirecte energiebeslag van huishoudens berekend met de hybride methode meer dan 20% lager is dan dat berekend met input-output analyse.
2. In DIMITRI bevat het indirecte energiegebruik gerelateerd aan consumptie het energiegebruik in de energiesectoren voor de productie van energie die direct door de consumenten wordt gebruikt. Bij de hybride energie-analyse methode is dit energiegebruik voor omzetting toegerekend aan het directe energiegebruik van consumenten (dat niet in de tabel is opgenomen).
3. In Vringer et al. (2000) is voor de importen verondersteld dat deze met een zelfde efficiency zijn geproduceerd als soortgelijke producten in Nederland. Aan producten uit het buitenland is dan dezelfde milieudruk gekoppeld als aan vergelijkbare producten uit Nederland.

De veronderstelling in punt 3 wordt in dit type berekeningen veelvuldig gedaan. Ten behoeve van DIMITRI echter is veel moeite gedaan om gegevens betreffende de productie in het buitenland te verzamelen. We geven hier aan in hoeverre het gebruik van deze buitenlandse gegevens van invloed is geweest op de uitkomsten van het energiebeslag ten behoeve van de consumptie van Nederlanders door verschillende situaties met DIMITRI te simuleren.

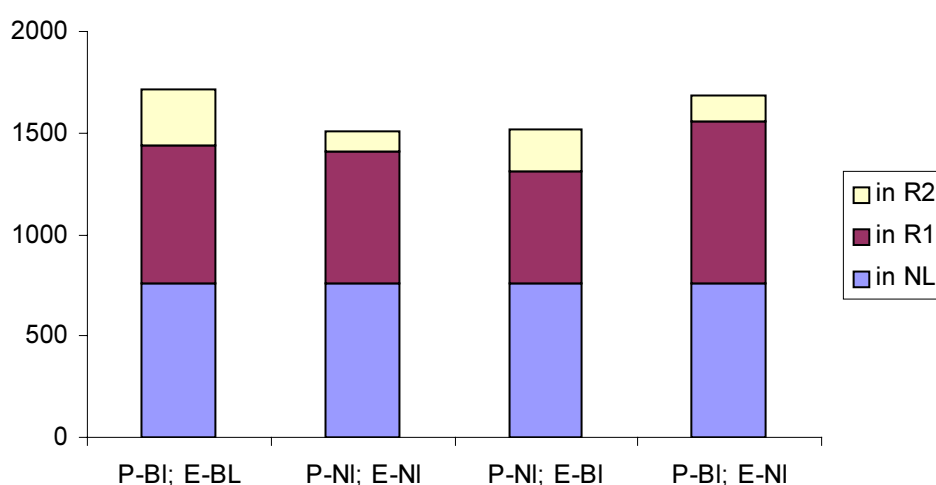
Het energiebeslag gerelateerd aan de consumptie van Nederlanders hangt af van de productiestructuur en de energie-efficiency per sector. Met de productiestructuur wordt het geheel van technologieën over alle sectoren bedoeld. Om inzicht te krijgen in verschillen tussen productiestructuur en energie-efficiency per regio is het energiebeslag gerelateerd aan de consumptie van Nederlanders berekend voor 4 situaties:

1. elke buitenlandse regio heeft zijn *eigen* productiestructuur en energie-efficiency (P-BL; E-BL);
2. elke buitenlandse regio heeft de productiestructuur en energie-efficiency van *Nederland* (P-NL; E-NL);

3. elke buitenlandse regio heeft de productiestructuur van *Nederland* en de *eigen* energie-efficiency (P-NL; E-BL);
4. elke buitenlandse regio heeft de *eigen* productiestructuur en de energie-efficiency van de *Nederlandse* sectoren (P-BL; E-NL).

Tabel A.4 geeft voor de beide onderscheiden regio's de landen waarop de productiestructuur van beide regio's is gebaseerd.

Figuur 3.4 laat het energiebeslag ten behoeve van de Nederlandse exporten zien voor de vier genoemde situaties. Voor regio 1 geldt dat het energiebeslag het grootst is in situatie 4 waarin gerekend wordt met de Nederlandse energiecoëfficiënten per sector in plaats van die van regio 1. Dit betekent dat de energie-efficiency van de Nederlandse sectoren lager is dan die in regio 1. Aan de andere kant geldt dat de Nederlandse productiestructuur efficiënter is dan die van regio 1 (het energiebeslag in regio 1 is het laagst in situatie 3). Dit houdt in dat over alle sectoren gerekend minder inputs nodig zijn.



Figuur 3.4 Energiebeslag gerelateerd aan de consumptie van Nederlanders in drie regio's voor vier situaties (zie tekst).

Voor regio 2 geldt dat het energiebeslag het hoogst is wanneer de werkelijke situatie wordt gesimuleerd (situatie 1). Dit betekent dat de productiestructuur en het energiegebruik in regio 2 minder efficiënt zijn dan die in Nederland. Het energiebeslag in deze regio is dan ook het laagst wanneer wordt uitgegaan van de Nederlandse productiestructuur en energie-efficiency (situatie 2). De verschillen worden veroorzaakt door verschillen in coëfficiënten tussen de verschillende regio's. Tabel 3.2 geeft een overzicht van de energiecoëfficiënten per regio gewogen naar productie gemiddeld over alle sectoren. Ter illustratie zijn ook de coëfficiënten voor de emissies opgenomen. Uit de tabel blijkt dat de Nederlandse coëfficiënten, zowel voor energie als voor emissies, lager zijn dan die van de twee buitenlandse regio's (zie ook Bijlage D). De coëfficiënten van regio 1 zijn weer lager dan die van regio 2.

Tabel 3.2 Energie- en emissiecoëfficiënten gemiddeld over alle sectoren gewogen naar productie voor Nederland en twee buitenlandse regio's.

	MJ/gld	g CO ₂ /gld	g SO ₂ /gld	g NO _x /gld
Nederland	1,9	120	0,12	0,30
Regio 1	2,5	160	0,54	0,67
Regio 2	7,0	570	4,8	2,0

In eerste instantie is het verrassend dat de Nederlandse coëfficiënten lager zijn dan die van regio 1. Regio 1 bestaat immers uit Westerse landen, die in grote lijnen dezelfde technologie toepassen als Nederland en die ook qua milieuregelgeving vergelijkbaar zijn. Hoewel een nadere analyse nuttig is, lijkt het er toch op dat de Nederlandse coëfficiënten inderdaad lager zijn dan in de twee DIMITRI regio's. Bij het interpreteren van de verschillen tussen Nederland en de twee buitenlandse regio's is het echter van belang zich te realiseren dat regio 1 gedomineerd wordt door de bijdrage van Noord Amerika, met name door de USA en regio 2 door de bijdrage van China.

Uit Davidson (2000) blijkt dat in 1997 de verhouding tussen energiegebruik en BNP in Noord Amerika 65% hoger was dan in West Europa. In Tabel 3.2 is deze verhouding voor Nederland versus regio1 'slechts' 1,32. De lagere CO₂-coëfficiënt voor Nederland is voor een groot deel gerelateerd aan de lagere energie-coëfficiënt. Uit Davidson (2000) blijkt tevens dat voor Noord Amerika / West Europa de verhouding tussen CO₂-emissie en BNP 1,56 is. De relatief lage SO₂- en NO_x-coëfficiënten (resp. -78% en -55%) voor Nederland kunnen waarschijnlijk verklaard worden uit het relatief lage energiegebruik, de brandstofmix (relatief veel aardgas), het strengere milieubeleid en verschillen in sectorstructuur.

Tenslotte, op basis van de resultaten in Figuur 3.4 werd geconcludeerd dat de energie-efficiency in regio 1 hoger is dan die in Nederland. Dit lijkt tegenstrijdig met de gegevens in Tabel 3.2. Echter de energiecoëfficiënt in de tabel is gewogen over de productie in alle sectoren. Het energiebeslag in Figuur 3.4 is gebaseerd op de productie gerelateerd aan de consumptie van de inwoners van Nederland. Dit energiegebruik vindt voor een belangrijk deel plaats in de sectoren basischemie en basismetaleen (Ros en Wilting, 2000). Deze sectoren hebben in regio 1 een lagere energiecoëfficiënt dan in Nederland (zie Bijlage D).

3.3 Conclusies

De resultaten van de vergelijking met de gerealiseerde data voor de periode 1980-97 geven voldoende vertrouwen voor wat betreft de werking van het dynamische deel van het model. De validatie betrof echter alleen Nederland en een belangrijk deel van de benodigde investeringen is daarbij buiten beschouwing gebleven (aangezien deze uit het buitenland komen). Daarom blijft een validatie van het model inclusief de buitenlandse regio's nodig, maar is lastig vanwege het ontbreken van een historische reeks. Voor het buitenland zijn geen gegevens betreffende de productie voor de leveringen aan Nederland bekend. Ook de uitkomsten van de productie voor de totale bouwnijverheid lijken bevredigend. Echter op het niveau van deelsectoren in de bouwnijverheid blijft een validatie van DIMITRI een punt van aandacht.

Het met DIMITRI berekende indirecte energiebeslag gerelateerd aan de consumptie van Nederlanders is hoger dan gerapporteerd in een eerdere studie. Een belangrijk deel van het geconstateerde verschil is toe te wijzen aan verschillen in de gehanteerde methoden. Echter een nadere analyse laat zien dat het al dan niet differentiëren naar productiestructuren over regio's nauwelijks bijdraagt om het geconstateerde verschil te verklaren. Een nader onderzoek naar de verschillen van beide methoden levert mogelijk meer inzicht in de verschillen tussen de uitkomsten.

4. Resultaten model

In dit hoofdstuk worden enkele resultaten van de berekeningen met DIMITRI gepresenteerd. Dit geeft een indruk van het type uitkomsten dat met DIMITRI kan worden verkregen. Eerst worden enkele analyses betreffende de periode 1980-97 besproken. Daarna worden uitkomsten gepresenteerd voor een scenario voor de periode 1995-2030. Dit scenario zal voor andere scenario's in hoofdstuk 5 als basisscenario dienen.

4.1 Analyse veranderingen in 1980-97

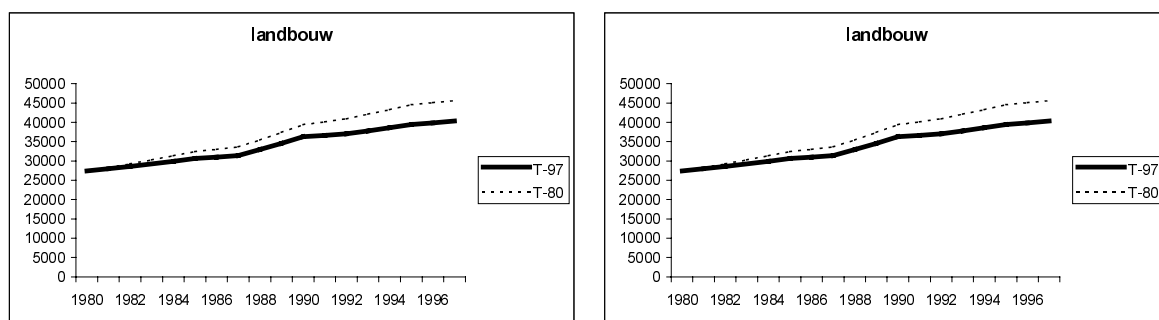
DIMITRI is gebruikt voor een simulatie van de periode 1980-1997. Een analyse van een historische periode maakt het mogelijk om ontwikkelingen in economie en milieudruk als gevolg van veranderingen in productiestructuur in het verleden te verklaren. Daarnaast biedt het de mogelijkheid om de uitkomsten van het model te vergelijken met in werkelijkheid gerealiseerde waarden (zie hoofdstuk 3).

De berekeningen voor de periode 1980-1997 zijn uitgevoerd met een versie van DIMITRI die betrekking heeft op alleen de Nederlandse economie en die zich beperkt tot 30 sectoren. Het model beschrijft hiermee alleen de binnenlandse productie en geen importen. Ook de importen voor het in stand houden van de Nederlandse productiecapaciteit zijn hiermee buiten beschouwing gelaten. De in het model gebruikte data voor de periode 1980-97 zijn afkomstig van het CBS of afgeleid van data van het CBS (zoals in hoofdstuk 2 voor het jaar 1995 beschreven). Door gebruik te maken van sectorale prijsindices zijn alle economische data voor de onderzochte periode uitgedrukt in prijzen van 1980.

In de analyse laten we de impact van veranderende technologieën op economie en milieu zien door middel van het berekenen van totale productie en energiegebruik per sector voor twee scenario's. Startpunt in de berekeningen is de productiestructuur van de Nederlandse economie in 1980 die een weergave is van de mix van in eerdere jaren geïnstalleerde technologieën. In het eerste scenario (T-97) worden in DIMITRI de gerealiseerde veranderingen in technologie gesimuleerd door in de periode tot 1997 alle nieuwe investeringen uit te voeren op basis van de technologische matrix van 1997. Deze matrix is op zijn beurt weer een weergave van de mix van technologieën geïnstalleerd in de jaren voorafgaand aan 1997. DIMITRI berekent vervolgens de productiestructuren voor de tussenliggende jaren. Het tweede scenario (T-80) betreft de denkbeeldige situatie dat geen technologische verandering optreedt: de 1980 technologie wordt opgelegd voor alle investeringen in de periode 1980-1997 en ook wordt voor de gehele periode met de 1980 productiestructuur gerekend.

Het model berekent voor elke sector de productie op basis van de productiestructuur en de sectorale finale vraag bestaande uit exporten, consumptie en investeringen. Figuur 4.1 laat voor beide scenario's de berekende waarden voor productie van de landbouw en de zakelijke dienstverlening zien. In het vaste technologie scenario (T-80) geeft de figuur de ontwikkeling in de productie van beide sectoren weer als gevolg van veranderingen in de finale vraag van alle sectoren. De verschillen tussen deze waarden en de waarden gebaseerd op het veranderende technologie scenario zijn een aanwijzing voor de effecten van veranderingen in de productiestructuur. De figuur laat zien dat het belang van de zakelijke dienstverlening in de binnenlandse Nederlandse productiestructuur sterk is toegenomen in de periode 1980-

1997. In geval de productiestructuur niet gewijzigd zou zijn, zou de productie van deze sector veel minder sterk zijn gestegen. Voor de landbouw daarentegen zien we dat het belang van deze sector in de productiestructuur in deze periode licht is afgenomen.



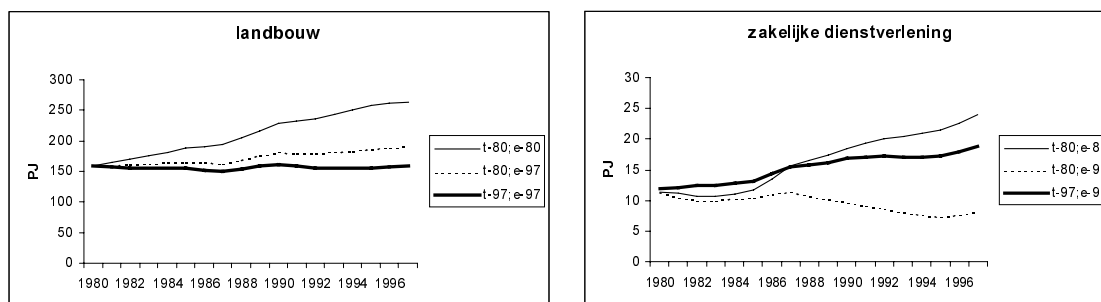
Figuur 4.1 Productie (in miljoenen guldens in prijzen van 1980) voor de sectoren landbouw en zakelijke dienstverlening berekend met twee scenario's voor de periode 1980-97.

Voor andere sectoren valt een soortgelijke analyse te maken. Het blijkt dat voor de overige sectoren de verschillen in productie tussen beide scenario's in de onderzochte periode minder extreem zijn dan voor de zakelijke dienstverlening. De analyse is in feite een vorm van decompositie-analyse waarin het verloop van de productie wordt verklaard op basis van veranderingen in de productiestructuur. Op een zelfde manier kunnen ook veranderingen in de finale vraag worden onderzocht.

Het effect van technologische verandering op het milieu wordt geïllustreerd aan de hand van het energiegebruik. Het energiegebruik in een sector wordt berekend aan de hand van de productie in een sector en de energiecoëfficiënt van die productie (die het energiegebruik per eenheid productie weergeeft). Figuur 4.2 laat het energiegebruik zien voor de periode 1980-1997 berekend met DIMITRI voor drie scenario's:

1. de ieder jaar nieuw te installeren technologie gebeurt op basis van de productiestructuur en energie-efficiency van 1997 (t-97;e-97);
2. de ieder jaar nieuw te installeren technologie geschiedt op basis van de productiestructuur en energie-efficiency van 1980 (t-80;e-80);
3. de ieder jaar nieuw te installeren technologie geschiedt aan de hand van de productiestructuur van 1980 en energie-efficiency van 1997 (t-80;e-97).

Het derde scenario laat de veranderingen in energie-efficiency zien die optreden in de periode 1980-1997.



Figuur 4.2 Energiegebruik (PJ) in de landbouw en zakelijke dienstverlening berekend met drie scenario's voor de periode 1980-1997.

Figuur 4.2 laat zien dat het energiegebruik in de landbouw in de periode 1980-97 ongeveer gelijk blijft: een toename in het energiegebruik als gevolg van een toename van de finale vraag wordt teniet gedaan vanwege verbeteringen in de energie-efficiency. Het verschil tussen scenario 2 en scenario 3 geeft het effect van de energie-efficiency verbeteringen weer. In de zakelijke dienstverlening zwakken energie-efficiency verbeteringen de groei in het energiegebruik af. De groei in het energiegebruik is het gevolg van een toenemend belang van deze sector in de totale productie.

De getoonde analyses voor de periode 1980-97 laten zien hoe DIMITRI kan worden gebruikt voor onderzoek naar de effecten van veranderende technologieën op economie en milieu. In paragraaf 4.2 en hoofdstuk 5 zullen we ons richten op scenario's die de toekomst betreffen.

4.2 Scenario 0: Een basisscenario

In deze paragraaf wordt een scenario voor de periode 1995-2030 besproken. Dit scenario zal als basisscenario dienen voor drie scenario's in hoofdstuk 5. Het basisscenario betreft alleen de finale vraag. Voor dit scenario zijn ontwikkelingen in de finale vraag afgeleid uit het Global Competition (GC) scenario van het CPB (1996). Voor de technologie is – in tegenstelling tot het GC-scenario - verondersteld dat deze gedurende de gehele periode 1995-2030 gelijk is aan de technologie van 1995. Dit betekent dat in het model de productiestructuren voor binnen- en buitenland gedurende deze periode niet wijzigen. Het werkdocument (CPB, 1996) bevat de volgende - voor de finale vraag - relevante gegevens:

- volumeontwikkeling van de particuliere consumptie;
- volumeontwikkeling van de uitvoer van goederen en diensten.

De genoemde gegevens zijn beschikbaar op het niveau van 18 productiesectoren en betreffen twee perioden, namelijk 1996-2010 en 2011-2020. Tabel 4.1 bevat de desbetreffende gegevens.

Uitgaande van de finale vraag in het basisjaar 1995 is met behulp van de groeivoeten in Tabel 4.1 de finale vraag voor de hele periode berekend. Hiertoe zijn de gegevens uit Tabel 4.1 gebruikt door ze toe te wijzen aan de 60 productiesectoren die in DIMITRI voor Nederland onderscheiden worden. Voor de particuliere consumptie die in het buitenland wordt geproduceerd vindt een toewijzing plaats aan de 25 sectoren die worden onderscheiden voor de buitenlandse regio's. Hierbij is dus verondersteld dat de verhouding tussen de herkomst van de particuliere consumptie gelijk blijft. Voor de periode 2021-2030 zijn in DIMITRI de groeivoeten voor de periode 2011-2020 gebruikt.

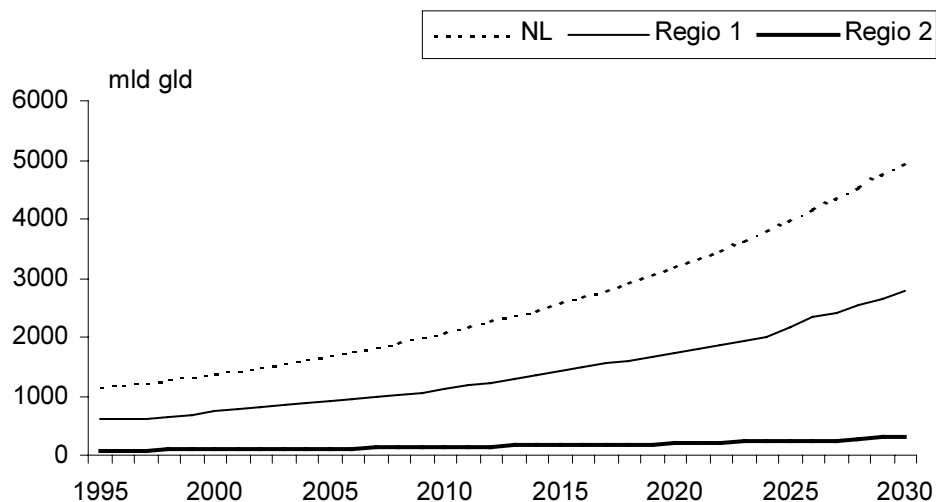
Voor de technologieparameters zijn voor alle zichtjaren de waarden in het jaar 1995 gebruikt.

Tabel 4.1 *Volumeontwikkeling van de particuliere consumptie en de uitvoer van goederen en diensten volgens het GC-scenario, 1996-2020 (CPB, 1996).*

	particuliere consumptie		uitvoer van goederen en diensten	
	1996/2010	2011/2020	1996/2010	2011/2020
	mutaties per jaar in %			
Landbouw en visserij	1,5	1,2	3,5	3,3
Voedings – en genotmiddelenindustrie	1,7	1,5	2,4	2,5
Overig industrie	2,9	3,8	5,4	4,1
Chemische, rubber- en kunststof-verwerkende industrie	4,2	5,4	6,8	5,4
Metaalindustrie	3,9	4,0	6,5	4,6
Aardolie-industrie	2,7	2,4	2,1	0,9
Delfstoffenwinning	2,0	2,3	-0,7	-9,5
Openbare nutsbedrijven	1,5	1,1	7,4	6,3
Bouwnijverheid- en installatiebedrijven	5,1	5,4	4,7	4,4
Exploitatie van onroerend goed	2,0	1,8	0,0	0,0
Groothandel en detailhandel	3,6	4,3	6,6	6,3
Zee- en luchtvaart	5,4	6,2	6,8	7,4
Overig transport-, opslagbedrijven	3,8	4,8	4,4	4,4
Communicatiebedrijven	5,9	7,0	7,4	6,3
Bank- en verzekeringswezen	3,5	3,9	4,1	4,3
Andere tertiaire diensten	4,4	5,1	6,5	6,3
Quartaire diensten	2,2	3,3	5,3	4,4
Overheid	3,5	4,3	0,0	0,0

Productie in Nederland en buitenland

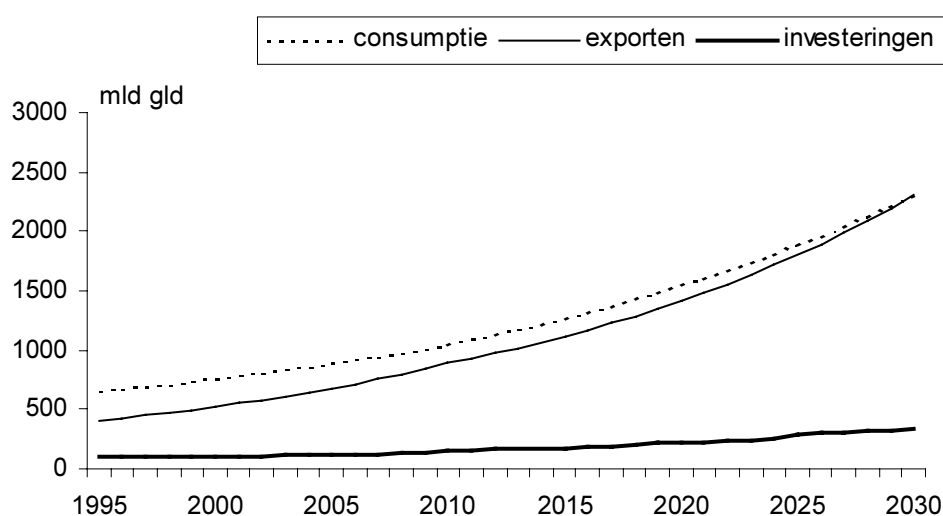
Voor het basisscenario zoals hierboven beschreven is met DIMITRI de bijbehorende productie berekend. Figuur 4.3 vertoont het verloop van de totale productiewaarde in Nederland en in de beide buitenlandse regio's (beschreven in Tabel A.4). Ten gevolge van de toename van de finale vraag in het basisscenario neemt zoals verwacht mocht worden de productie in alle drie de regio's toe.



Figuur 4.3 *Totale productie per regio berekend met DIMITRI voor het basisscenario.*

De productie in de buitenlandse regio's betreft de productie die benodigd is voor de leveringen ten behoeve van de buitenlandse finale vraag, te weten exporten en investeringen. De exporten in het buitenland betreffen de leveringen aan Nederland; de investeringen zijn nodig om het productiesysteem gericht op Nederland in stand te houden.

In het basisscenario nemen voor de Nederlandse sectoren de leveringen ten behoeve van de export sneller toe dan die ten behoeve van de particuliere consumptie. Dit komt tot uitdrukking in de totale productie voor de finale vraag (Figuur 4.4). De relatieve toename van de productie voor de exporten is ruim 5% gemiddeld per jaar. Dit is hoger dan de relatieve toename van de productie ten behoeve van de consumptie, die 3,7% gemiddeld per jaar bedraagt.



Figuur 4.4 Totale productie in Nederland per finale vraagcategorie.

De gepresenteerde figuren hebben betrekking op de totale productiewaarde op het niveau van regio's dan wel finale vraagcategorieën. Een vergelijking op sectorniveau brengt interessante verschillen aan het licht. Tabel 4.2 toont de volume-ontwikkeling in de bruto productie van 18 bedrijfstakken in Nederland berekend met DIMITRI. De jaarlijkse verandering is het hoogst voor de chemische en metaalindustrie, de transportbedrijven en de overige zakelijke dienstverlening. Tabel 4.2 bevat tevens de CPB-cijfers betreffende het GC-scenario voor de 18 bedrijfstakken. De met DIMITRI berekende productie is alleen gebaseerd op veranderingen in de finale vraag. Er is geen rekening gehouden met veranderingen in de productiestructuur. In het GC-scenario worden wel veronderstellingen gedaan omtrent dematerialisatie en upgrading. Als gevolg van dematerialisatie zal in veel productiesectoren het verbruik van grondstoffen en intermediaire producten achterblijven bij de productiestijging. Dit verklaart waarom vooral voor sectoren in het begin van de productieketen (landbouw, delfstoffenwinning en industrie) de met DIMITRI berekende groeivoeten hoger uitvallen. Daarnaast wordt in het GC-scenario een toename verondersteld in de uitbesteding van dienstenactiviteiten door de industriële sectoren aan de tertiaire sector. Dit verklaart de lagere groeivoeten voor de productie van de dienstensectoren berekend met DIMITRI.

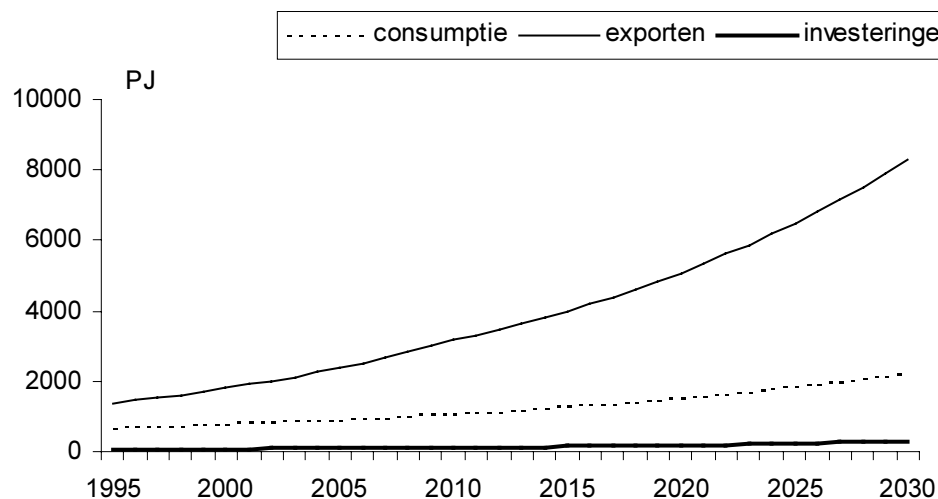
Tabel 4.2 *Volume-ontwikkeling van de bruto productie volgens het GC-scenario, 1996-2020 (CPB, 1996) en berekend met DIMITRI voor 18 bedrijfstakken in Nederland.*

	CPB		DIMITRI	
	1996/2010	2011/2020	1996/2010	2011/2020
	mutaties per jaar in %			
Landbouw en visserij	1,3	2,1	2,9	2,9
Voedings – en genotmiddelenindustrie	2,0	2,1	2,4	2,5
Overig industrie	3,6	2,9	4,4	4,3
Chemische, rubber- en kunststof- verwerkende industrie	5,8	4,8	6,3	5,3
Metaalindustrie	5,3	3,9	5,6	4,5
Aardolie-industrie	1,8	0,8	3,1	2,7
Delfstoffenwinning	0,8	-1,0	2,1	1,4
Openbare nutsbedrijven	1,5	1,7	3,1	3,2
Bouwnijverheid- en installatiebedrijven	3,3	3,1	4,0	4,8
Exploitatie van onroerend goed	2,4	2,4	2,4	2,5
Groothandel en detailhandel	4,5	4,8	4,5	4,8
Zee- en luchtvaart	6,4	7,1	6,5	7,1
Overig transport-, opslagbedrijven	4,6	4,7	4,7	5,1
Communicatiebedrijven	4,9	5,5	5,0	5,7
Bank- en verzekeringswezen	3,8	4,5	3,6	4,0
Andere tertiaire diensten	5,1	5,8	4,5	4,9
Quartaire diensten	2,3	3,3	2,5	3,5
Overheid	1,6	1,5	3,5	4,3

Milieudruk in Nederland

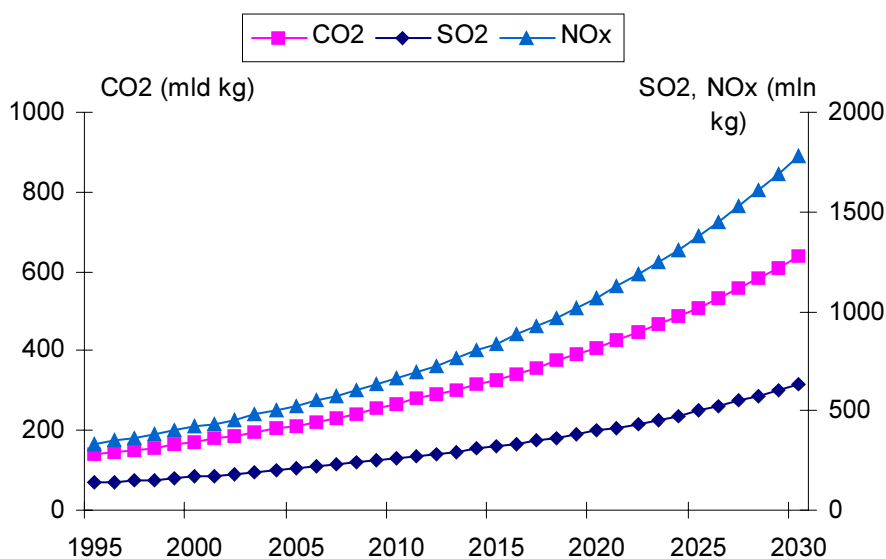
DIMITRI berekent de milieudruk op basis van de berekende productie voor de diverse sectoren. Figuur 4.5 laat het op deze manier berekende energiegebruik in Nederland zien toebedeeld naar bestemming volgens het basisscenario. Ofschoon in Nederland vooral ten behoeve van de consumptie wordt geproduceerd (Figuur 4.4), is het grootste deel van het energiegebruik in Nederland bestemd ten behoeve van de exporten. De exporten bestaan grotendeels uit energie-intensieve goederen. De toename van het aandeel van de productie voor exporten verklaart de toename in het aandeel van het energiegebruik ten behoeve van de exporten (in de periode 1995-2030 van 64% naar 77%). Het energiegebruik ten behoeve van investeringen in Nederland bedraagt zo'n 3% van het totale energiegebruik in Nederland.

Het totale energiegebruik in Nederland vervijfvoudigt in de periode 1995-2030 van ruim 2 EJ naar ruim 10 EJ. Hierbij zijn verbeteringen in de energie-efficiency buiten beschouwing gelaten. Immers in het basisscenario is verondersteld dat de technologie tijdens de gehele periode gelijk blijft aan die in 1995. Het scenario in paragraaf 5.2 houdt wel rekening met energie-efficiency verbeteringen.



Figuur 4.5 Energiegebruik in Nederland naar bestemming volgens het basisscenario (1995-2030).

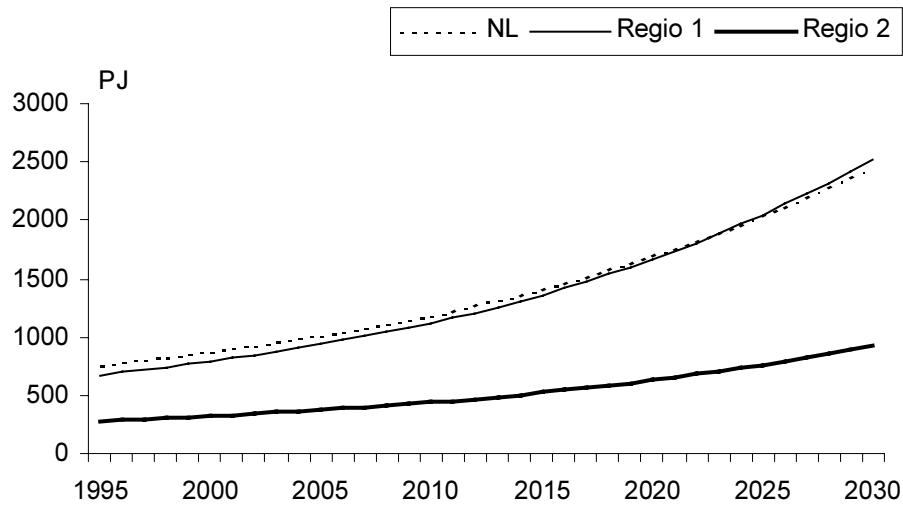
Een zelfde verloop als voor het energiegebruik zien we voor de totale emissies van CO₂, SO₂ en NO_x in Nederland voor de periode 1995-2030 (Figuur 4.6). Door de toenemende productie nemen ook de emissies toe.



Figuur 4.6 CO₂, SO₂ en NO_x-emissies in Nederland in het basisscenario (1995-2030).

Milieudruk in buitenland t.b.v. Nederland

Het energiegebruik ten behoeve van de Nederlandse consumptie vindt zowel in Nederland als in het buitenland plaats. Figuur 4.7 geeft het totale energiegebruik voor de consumptie van Nederlanders weer naar herkomst onderverdeeld in Nederland en twee buitenlandse regio's. Het betreft het indirecte energiegebruik van huishoudens. Zoals reeds in paragraaf 3.2 is besproken is het energiegebruik ten behoeve van de Nederlandse consumptie in het buitenland groter dan in Nederland zelf.



Figuur 4.7 Energiegebruik ten behoeve consumptie Nederlanders per regio van herkomst.

Analoog aan de berekening van het energiegebruik voor consumptie van Nederlanders naar herkomst kan DIMITRI ook het energiegebruik voor de Nederlandse exporten toedelen aan Nederland en de twee buitenlandse regio's.

5. Drie scenario's voor 1995-2030

In dit hoofdstuk worden een drietal scenario's voor DIMITRI besproken. De door te rekenen scenario's betreffen de periode vanaf het basisjaar 1995 tot 2030. Scenario 1 (in paragraaf 5.1) betreft de finale vraag en is gebaseerd op het European Coordination (EC) scenario van het CPB (1996). Aan de technologiescenario's is in het kader van deze rapportage een eigen invulling gegeven. Het scenario in paragraaf 5.2 beschrijft veranderingen in de energie-efficiency. Paragraaf 5.3 beschrijft een scenario waarin de productie van de Nederlandse basismetaalindustrie door het buitenland wordt overgenomen. Per scenario wordt eerst een beschrijving gegeven van de benodigde gegevens. Daarna worden ter illustratie enkele resultaten gepresenteerd en wordt een vergelijking gemaakt met het basisscenario.

5.1 Scenario 1: Verandering in finale vraag

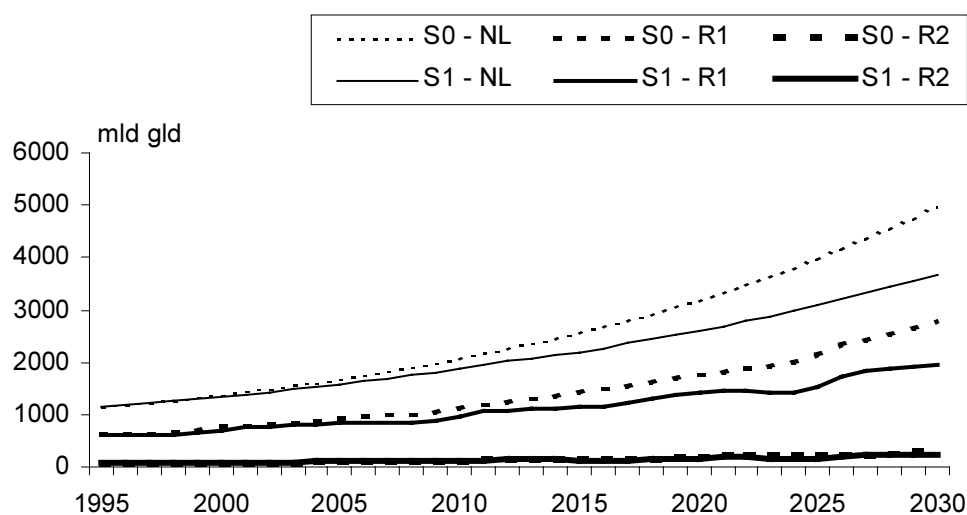
Het finale vraag scenario is gebruikt om de effecten van een andere finale vraag (dan in het basisscenario) op milieu en economie te berekenen. Ter illustratie is hiervoor het EC-scenario van het CPB gebruikt (CPB, 1996). De finale vraag (consumptie en exporten) volgens het EC-scenario is op een zelfde manier bepaald als in paragraaf 4.2 voor het basisscenario is gedaan.

Tabel 5.1 *Volumeontwikkeling van de particuliere consumptie en de uitvoer van goederen en diensten volgens het EC-scenario, 1996-2020 (CPB, 1996).*

	particuliere consumptie		uitvoer van goederen en diensten	
	1996/2010	2011/2020	1996/2010	2011/2020
	mutaties per jaar in %			
Landbouw en visserij	1,9	1,7	2,9	3,1
Voedings – en genotmiddelenindustrie	1,9	1,3	2,4	2,0
Overig industrie	2,1	2,5	4,5	3,5
Chemische, rubber- en kunststof-verwerkende industrie	3,9	5,1	5,7	4,1
Metaalindustrie	2,8	2,6	5,5	3,9
Aardolie-industrie	2,2	1,5	2,0	-0,3
Delfstoffenwinning	1,7	1,9	-0,8	-7,1
Openbare nutsbedrijven	1,5	0,3	6,3	4,9
Bouwnijverheid- en installatiebedrijven	4,4	4,4	3,9	3,4
Exploitatie van onroerend goed	1,9	1,6	0,0	0,0
Groothandel en detailhandel	2,7	3,2	5,6	5,0
Zee- en luchtvaart	4,5	7,6	5,9	5,7
Overig transport-, opslagbedrijven	3,3	4,4	3,6	3,4
Communicatiebedrijven	5,0	6,6	6,3	4,9
Bank- en verzekeringswezen	3,0	3,1	3,2	3,2
Andere tertiaire diensten	3,3	2,5	4,2	3,2
Quartaire diensten	2,3	3,3	4,5	3,4
Overheid	2,9	3,3	0,0	0,0

Aangaande technologie worden in dit scenario dezelfde veronderstellingen gemaakt als in het basisscenario: voor de gehele periode wordt zowel voor Nederland als de buitenlandse regio's uitgegaan van de technologie in 1995.

Figuur 5.1 geeft de productie in Nederland en de regio's 1 en 2 weer voor het basisscenario en scenario 1 betreffende de periode 1995-2030. In scenario 1 is de totale productie in Nederland 26% lager dan in het basisscenario. Op sectorniveau zijn de verschillen groter dan wel kleiner aangezien de verschillen in de vraag (exporten en consumptie) in beide scenario's per sector niet gelijk zijn (Tabel 4.1 en Tabel 5.1). Dit verklaart dat de verschillen in de productie van de voedingsmiddelenindustrie en de gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening beduidend kleiner zijn dan het gemiddelde. Bij de dienstverlening t.b.v. het vervoer en de overige zakelijke dienstverlening daarentegen is het verschil in productie voor beide scenario's juist meer dan gemiddeld. De verschillen in de groeivoeten van de vraag per sector in beide scenario's verklaren tevens dat in de beide buitenlandse regio's de productie gemiddeld zo'n 30% lager is in scenario 1 dan in het basisscenario.



Figuur 5.1 Productie in Nederland en twee buitenlandse regio's (in mld gld) voor twee scenario's voor 1995-2030.

Als gevolg van een verlaging van de productie in diverse sectoren in scenario 1 t.o.v. het basisscenario verandert ook de milieudruk in de vorm van energiegebruik en emissies. Aangezien energiegebruik en emissies direct aan de productie gerelateerd worden, zijn de verschillen in energiegebruik en emissies in beide scenario's overeenkomstig de verschillen in productie. Immers in beide scenario's is geen rekening gehouden met veranderingen in de productiestructuur dan wel verbeteringen in energie-efficiency of emissiecoëfficiënten. In de volgende paragraaf wordt daarom een scenario besproken waarin wel rekening is gehouden met veranderingen in energie-efficiency.

5.2 Scenario 2: Verandering in energie-efficiency

In het basisscenario en scenario 1 is gedurende de hele rekenperiode uitgegaan van de productiestructuur van het basisjaar 1995. In deze paragraaf laten we aan de hand van het energiscenario zien van hoe veranderingen in de productiestructuur doorwerken op de

productie en de hiermee gepaard gaande milieubelasting. Het energiescenario betreft een simulatie van verbeteringen in de energie-efficiency van de Nederlandse productiesectoren voor de periode 1995-2030. Voor de invulling van scenario 2 voor DIMITRI zijn de volgende parameters aangepast:

- de finale vraag: hiervoor wordt uitgegaan van het basisscenario (paragraaf 4.2);
- de coëfficiënten betreffende energieleveringen in de Nederlandse technologische matrix: de afleiding hiervan wordt hieronder beschreven;
- de energiecoëfficiënten van de Nederlandse productiesectoren: deze worden afgeleid uit de veranderingen in energiegebruik in dit scenario en veranderingen in productie volgens het GC-scenario;
- de emissiecoëfficiënten van de Nederlandse productiesectoren: deze worden met dezelfde verhoudingen veranderd als de energiecoëfficiënten;
- voor de buitenlandse regio's blijft de technologie ongewijzigd; hiervoor worden de 1995 waarden gebruikt.

In het energiescenario wordt berekend wat de gevolgen van een veranderd energiegebruik kunnen zijn voor de Nederlandse productiestructuur, de productie en de met energiegebruik gepaard gaande milieubelasting. Investerings in een bepaalde periode worden gedaan volgens een door het scenario opgelegde nieuwe technologie die beschikbaar komt in de steekjaren 2000, 2010 en 2020. De nieuwe technologie in een steekjaar wordt gesimuleerd door de technologiemix die verondersteld wordt te bestaan op een toekomstig tijdstip, in dit geval 'steekjaar +10'. Dit is analoog aan de historische analyse zoals beschreven in paragraaf 4.1. Het model berekent de mate en snelheid van introductie van de nieuwe technologie tot het volgende steekjaar. Dan volgt een nieuwe scenarioperiode waarin geïnvesteerd wordt in een volgende nieuwe technologie (de technologiemix van 'steekjaar +10').

Het energiescenario is alleen voor de Nederlandse productietechnologie uitgewerkt. Wanneer dit ook voor de buitenlandmodule van DIMITRI wordt uitgewerkt kunnen de gevolgen van het Nederlandse energiegebruik voor het buitenland in kaart gebracht worden, bijvoorbeeld als onderdeel van de 'ecological footprint'.

In de historische analyse (paragraaf 4.1) zijn de vereiste technologiemixen voor 1980 en 1995 afgeleid uit statistische gegevens. Voor de toekomst moeten de technologiemixen geconstrueerd worden op basis van veronderstellingen over ontwikkelingen in technologie en economische structuur. Voor het energiescenario is voor de technologiemix van 2020 uitgegaan van de mix van het basisjaar 1995 die vervolgens is aangepast voor het energiegebruik in 2020 dat ontleend is aan de Nationale Energie Verkenningen (NEV) 1995-2020 (ECN, 1998b). Met andere woorden: voor 2020 zijn ten opzichte van 1995 alleen de veranderingen in energieleveringen aangebracht. In modeltermen betekent deze aanpassing van de technologiemix dat in de matrix met technologische coëfficiënten de coëfficiënten in de rijen van de energieleverende sectoren veranderen.

Hierna wordt kort beschreven hoe voor 2020 de veranderde technologiecoëfficiënten voor energieleveringen zijn geconstrueerd. Voor de jaren 2010 en 2030 zijn de technologiemixen geconstrueerd door interpolatie van veranderingen tussen 1995 en 2020 en extrapolatie naar 2030.

De technologiecoëfficiënten geven aan hoeveel de sectoren aan elkaar leveren per eenheid productie (van de ontvangende sector). Voor het energiescenario worden de veranderingen in het energiegebruik tussen 1995 en 2020, zoals verondersteld door het NEV-scenario, vertaald in veranderingen van de technologiecoëfficiënten van de energieleverende sectoren. Voor deze vertaalslag zijn drie factoren van belang:

- Omdat de leveringen van de energiesectoren aan de andere sectoren maar voor een deel uit energieleveringen bestaan is het nodig het *energie-aandeel* in deze intermediaire leveringen te kennen.
- Daarnaast moet, uiteraard, bekend zijn in welke mate de energieleveringen veranderen. Dit wordt uitgedrukt in *procentuele verandering van het energiegebruik*.
- De technologiecoëfficiënten worden uitgedrukt in ‘levering per eenheid product’, waardoor de energieverandering moet worden uitgedrukt per eenheid product. Hiervoor is het nodig de verandering in *energiecoëfficiënt* per sector te kennen.

De producten van deze drie factoren en de technologiecoëfficiënten van 1995 leveren de technologiecoëfficiënten voor 2020.

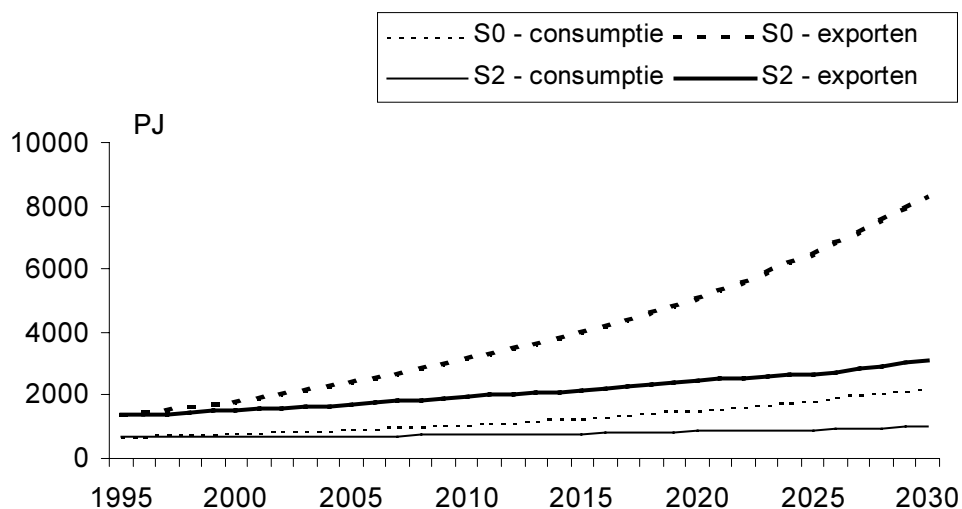
Om het energieaandeel in de intermediaire leveringen te bepalen is gebruik gemaakt van de aanbod- en gebruikstabellen van 1995 (CBS,1998a). Door combinatie van de energiegerelateerde gegevens uit deze tabellen is een nieuwe input-output tabel voor energiestromen (in financiële eenheden) voor 1995 geconstrueerd. Het quotiënt van deze tabel en de input-outputtabel van 1995 (CBS,1998b) levert een matrix op die voor 1995 het energie-aandeel in de intermediaire leveringen weergeeft. Deze matrix is gelijkvormig aan de matrix met technologiecoëfficiënten.

Om de percentuele veranderingen in het energiegebruik tussen 1995 en 2020 te bepalen zijn voor beide jaren aparte input-outputtabellen gemaakt met alleen energieleveringen in fysieke eenheden (PJ). De omvang van de leveringen is afgeleid van de NEV-cijfers uit het basisjaar en van de NEV-cijfers voor 2020 op basis van het GC-scenario. Voor de verdeling van de energieleveringen over de sectoren is weer gebruik gemaakt van de aanbod- en gebruikstabellen van 1995.

De verandering in de energiecoëfficiënt is per sector berekend uit de productiegroei volgens het GC-scenario van het CPB en de groei van het energiegebruik uit de NEV.

We illustreren hoe veranderingen in energie-efficiency doorwerken op het energiegebruik aan de hand van scenario 2. Het belangrijkste aspect van dit scenario is de verbetering van de energie-efficiency per sector in de periode 1995-2030. Aangezien de potentiële efficiency verbeteringen per sector verschillen zal ook de berekende reductie in het energiegebruik per sector verschillen. We illustreren dit aan de hand van het energiegebruik in Nederland ten behoeve van de finale leveringen (Figuur 5.2).

De verbeteringen van de energie-efficiency in de tijd hebben een aanzienlijke reductie van het energiegebruik in Nederland tot gevolg ten opzichte van het basisscenario. De groei in het energiegebruik ten gevolge van de groei in de vraag volgens het GC wordt bijna te niet gedaan. De reductie in het energiegebruik ten behoeve van de exporten (62%) is iets hoger dan de reductie in het energiegebruik voor de consumptie (55%). Dit wordt verklaard door het feit dat de te verwachten energie-efficiency verbeteringen het hoogst zijn voor sectoren die vooral ten behoeve van de exporten leveren zoals de basismetaalindustrie en de kunst- en meststoffenindustrie. Ook in de bouwnijverheid worden forse energie-efficiency verbeteringen verwacht. Dit verklaart het feit dat het energiegebruik ten behoeve van de investeringen 67% lager is in scenario 2 dan in het basisscenario.



Figuur 5.2 *Energiegebruik in Nederland voor de finale leveringen (in PJ) voor twee scenario's voor 1995-2030.*

In scenario 2 zijn niet alleen de energiecoëfficiënten voor Nederland aangepast, maar ook de productiestructuur van Nederland. Ten gevolge van substitutie van energiedragers (elektriciteit in plaats van aardolieproducten) treden er veranderingen in de intermediaire leveringen op. Dit heeft effect op de productie van individuele sectoren, vooral die van de energieleverende sectoren. Ten gevolgen van de genoemde substitutie neemt de productie van de aardolie- en aardgaswinning met 67% af ten opzichte van het basisscenario. De productie van de elektriciteitsbedrijven neemt zelfs nog met 3% toe ondanks de forse besparingen in het energiegebruik in scenario 2 ten opzichte van het basisscenario.

5.3 Scenario 3: Basismetaalindustrie uit Nederland

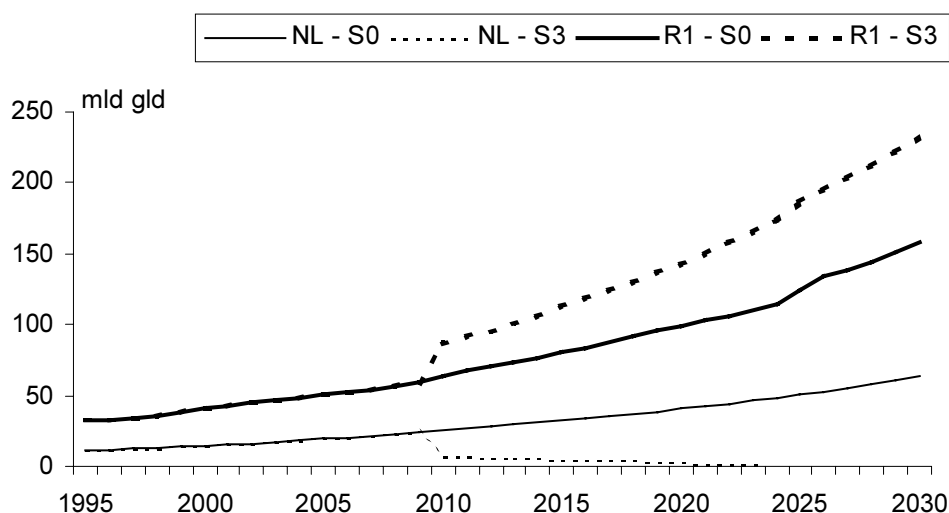
Het is met DIMITRI mogelijk om de effecten van een gedeeltelijke verschuiving van de productie van Nederland naar het buitenland of omgekeerd door te rekenen. Wanneer productiestructuren verschillen tussen landen kan zo'n verschuiving een overall positief of negatief effect hebben op bijvoorbeeld energiegebruik of emissies. Puur ter illustratie van dit soort berekeningen is een scenario geconstrueerd waarin de basismetaalindustrie uit Nederland verdwijnt. De productie van deze sector wordt vanaf 2010 overgenomen door buitenlandse bedrijven. Met behulp van scenario 3 wordt getoond hoe veranderingen in de productiestructuur doorgerekend kunnen worden.

Voor een invulling van scenario 3 voor DIMITRI zijn de volgende veronderstellingen gedaan:

- voor de finale vraag wordt uitgegaan van het basisscenario (paragraaf 4.2);
- vanaf 2010 wordt de productie van de basismetaalindustrie in Nederland verschoven naar het buitenland (regio 1); hiertoe wordt de afzet van de Nederlandse basismetaalindustrie (consumptie en exporten) na 2010 op nul gesteld; deze afzet wordt overgenomen door de basismetaalindustrie in het buitenland (en wordt toegekend aan de finale vraag in regio 1);
- in de technologische matrix voor Nederland worden de coëfficiënten betreffende de leveringen van de basismetaal aan andere sectoren op nul gezet; de waarde van deze coëfficiënten wordt opgeteld bij de overeenkomstige coëfficiënten in de matrix van

- importcoëfficiënten; dit houdt een verschuiving van de intermediaire leveringen van Nederland naar regio 1 in;
- voor alle andere parameters blijven de waarden ongewijzigd; hiervoor worden de 1995 waarden gebruikt;
 - voor afnemende sectoren van de basismetaalindustrie (bijv. de metaalproductenindustrie of machine-industrie) vindt geen verschuiving tussen regio's plaats.

Figuur 5.3 laat het effect van het verplaatsen van de Nederlandse basismetaalindustrie naar het buitenland zien op de productie van de basismetaalindustrie (ferro en non-ferro) in zowel Nederland als regio 1 in de periode 1995-2030. In scenario 3 is, voor het jaar 2030, de productie van de basismetaalindustrie in regio 1 met bijna 50% toegenomen t.o.v. het basis-scenario. De productie van deze sector in Nederland is naar nul teruggelopen. De productie van de basismetaal in Nederland is niet meteen nul geworden in 2010. Door de dynamische verandering van de technologische matrix voor Nederland zullen de intermediaire leveringen in de periode na 2010 geleidelijk af nemen naar nul. De productie voor de finale vraag leveringen verdwijnt wel in één keer uit Nederland. De productie van de basismetaal in regio 2 is eveneens lager in scenario 3 (19% in 2030) aangezien de leveringen ten behoeve van Nederland verlaagd zijn.



Figuur 5.3 Productie van de basismetaalindustrie in Nederland en Regio 1 voor twee scenario's voor 1995-2030.

Door het verdwijnen van de basismetaalindustrie uit Nederland wordt ook de productie van de aan de Nederlandse basismetaal leverende bedrijven verlaagd. Immers, in het model is verondersteld dat alle inputs van de basismetaalindustrie in regio 1 geproduceerd worden in regio 1. Dus ten opzichte van het basisscenario verandert in scenario 3 niet alleen de productie van de basismetaalindustrie per regio, maar ook de productie van de overige sectoren.

De veranderingen in productie per sector per regio hebben eveneens effect op het energiegebruik en de emissies per regio. Per saldo zal hierdoor het totale energiegebruik veranderen. Daarnaast verandert het totale energiegebruik, omdat de sectoren per regio verschillen in energie-efficiency. Aangezien de energiecoëfficiënten van de basismetaalindustrie in regio 1 lager zijn dan die in Nederland zal het totale energiegebruik dalen. De lagere energiecoëfficiënten in regio 1 lijken overigens in tegenspraak met Phylipsen (2000), waarin wordt

gesteld dat de Nederlandse ijzer- en staalindustrie tot de wereldtop behoort. Een verklaring kan zijn dat in scenario 3 de hele basismetaalindustrie (inclusief non-ferro) in beschouwing wordt genomen én dat in Nederland relatief veel primair ijzer / staal en weinig secundair (electro)staal wordt geproduceerd.

Een maat voor de verandering in het energiegebruik is het totale energiegebruik ten behoeve van de consumptie in Nederland. In scenario 3 is dit energiegebruik in 2030 bijna 0,5% lager dan in het basisscenario. Deze modeluitkomst betekent dat de verplaatsing van de basismetaalindustrie naar het buitenland een positief effect heeft op het totale energiegebruik (in Nederland en buitenland samen). Een zelfde vergelijking voor het energiegebruik ten behoeve van de Nederlandse exporten resulteert voor scenario 3 zelfs in een verlaging van 1,8% t.o.v. het basisscenario. De basismetaalindustrie produceert meer ten behoeve van de exporten dan voor de consumptie.

6. Evaluatie en verbeterpunten

In dit rapport hebben we aan de hand van enkele scenario's laten zien wat de mogelijkheden van het dynamische input-output model DIMITRI zijn. Dit slothoofdstuk geeft een samenvatting en evaluatie van deze mogelijkheden. Tevens wordt een inventarisatie gemaakt van eventuele verbeterpunten betreffende model en gebruikte gegevens.

6.1 Mogelijkheden van DIMITRI

Dit rapport beschrijft een aantal mogelijkheden van DIMITRI. De nadruk ligt bij deze mogelijkheden op het bepalen en bestuderen van de verbanden tussen economische productie, vraag en energiegebruik en milieudruk in binnen- en buitenland. Met DIMITRI is het mogelijk een vergelijking te maken tussen de milieudruk in Nederland en die van de inwoners van Nederland. Daarnaast is het met DIMITRI mogelijk de effecten van nieuwe technologieën op economie en milieu te berekenen. Hiermee blijkt het met DIMITRI mogelijk een antwoord te kunnen geven op de vragen 1 tot en met 4 die in Hoofdstuk 1 zijn gesteld.

Met DIMITRI in zijn huidige vorm is het niet mogelijk vragen omtrent de stimulering van de invoering van nieuwe technologieën te beantwoorden. Hiertoe moet het model in ieder geval worden uitgebreid met een prijsmodel zoals beschreven in Idenburg (1998). Met dit prijsmodel zou de invloed van o.a. heffingen op energie- en materiaalgebruik op de invoering van nieuwe technologieën bepaald kunnen worden.

DIMITRI is gericht op het berekenen van effecten op energiegebruik en emissies van CO₂, SO₂ en NO_x voor een scenario betreffende vraag en technologie. Op een zelfde manier kunnen effecten op andere milieudruk parameters worden bepaald. Een uitbreiding naar bijv. materiaalgebruik is mogelijk indien gegevens betreffende het materiaalgebruik per sector beschikbaar zijn. Voor niet alle milieuparameters lijkt de sectorindeling van het model op voorhand geschikt. In geval van een studie van het ruimtebeslag zou een verdere opdeling van de agrarische sectoren wenselijk zijn, aangezien de ruimtecoëfficiënten per deelsector van de landbouw aanzienlijk verschillen. Hetzelfde geldt bijv. voor het gebruik van water of bestrijdingsmiddelen. Voor een studie van deze parameters is een versie van DIMITRI met een meer op de landbouwsectoren afgestemde indeling wenselijk.

Met diverse andere modellen is een koppeling van DIMITRI denkbaar. Bij het opstellen van technologiescenario's kan gebruik gemaakt worden van uitkomsten uit het STREAM model van het CPB (Mannaerts, 2000; Thomas et al., 2001). STREAM maakt prognoses van de fysieke productie van ijzer en staal, nafta, aluminium, papier en kunstmest verdeeld over Nederland en West-Europa. De materiaalproducenten hebben hierbij de keuze tussen primaire en secundaire productie en technologieën die verschillen in inputfactoren: arbeid, kapitaal, elektriciteit, steenkool, aardolie en aardgas.

De uitkomsten van DIMITRI kunnen gebruikt worden voor modellen die economische parameters betreffende productie (volume- en structuurveranderingen) als input hebben. Een voorbeeld is het Integrale Energie Model (IEM) van ECN/RIVM (2000). Op basis van zo'n economisch scenario voor Nederland rekent het IEM vervolgens de gehele keten van de Nederlandse energievoorziening door op energiegebruik en emissies. De door DIMITRI berekende ontwikkelingen in energie-intensiteiten zullen in het in ontwikkeling zijnde

Consumentenmodel van het RIVM gebruikt worden. Met behulp van deze energie-intensiteiten worden verkenningen gedaan aangaande het toekomstige energiegebruik gerelateerd aan consumptie.

Uit de literatuur blijkt dat dynamische input-output modellen vaak instabiel gedrag vertonen als gevolg van de manier waarop capaciteit wordt gepland (zie bijv. Fleissner, 1990; Kalmbach en Kurz, 1992). In zijn algemeenheid is de modellering van de planning van capaciteit zwak in economische modellen o.a. als gevolg van het ontbreken van (goede) gegevens betreffende capaciteit en bezettingsgraad. De uitkomsten uit het model zijn echter van dien aard dat we mogen concluderen dat we een bevredigende oplossing hebben gevonden aangaande het instabiliteitsprobleem. Desalniettemin dienen resultaten van individuele sectoren met voorzichtigheid worden benaderd. Bij de interpretatie van resultaten van individuele sectoren dient rekening te worden gehouden met mogelijke instabiliteit.

De vergelijking van het met DIMITRI berekende indirecte energiegebruik gerelateerd aan de consumptie van Nederlanders verschilt aanzienlijk (in de orde van 30%) van het in een andere studie berekende indirecte energiegebruik (paragraaf 3.2). Wilting (1996) heeft reeds laten zien dat de uitkomsten op basis van input-output analyse ongeveer 20% hoger liggen dan uitkomsten berekend met een hybride energie-analyse methode. Het resterende verschil (van 10%) wordt in paragraaf 3.2 slechts gedeeltelijk verklaard door het gebruik van gegevens die het buitenland betreffen. Een verdere analyse van de geconstateerde verschillen in uitkomsten lijkt dan ook zeer op zijn plaats.

Om met DIMITRI te kunnen rekenen moet invulling worden gegeven aan scenario's betreffende vraag en technologie. Ter illustratie van de scenario's betreffende de vraag is gebruik gemaakt van gegevens uit bestaande CPB-scenario's. Uiteraard is het ook mogelijk zelf scenario's te construeren voor de ontwikkelingen in de uitvoer van goederen en diensten en de particuliere consumptie. Wat betreft ontwikkelingen in de consumptieve bestedingen van gezinshuishoudingen kan gebruik gemaakt worden van (Vringer et al., 2000). Hierin zijn huishoudelijke uitgaven in 2030 bepaald op een niveau van 450 consumptiecategorieën. Met behulp van een conversiematrix kunnen deze gegevens aan de DIMITRI sectoren gekoppeld worden. In deze conversie moet dan wel onderscheid worden gemaakt tussen de toedeling van consumptieve bestedingen aan Nederland en aan de buitenlandse regio's.

De technologiescenario's vergen een grote hoeveelheid aan gegevens. Daarom is het opstellen van een technologiescenario die de ontwikkelingen in alle sectoren beschrijft vrij arbeidsintensief. Het is minder tijdrovend om de scenario's voor bepaalde aspecten van technologische veranderingen samen te stellen zoals energie-efficiency verbeteringen (paragraaf 5.2) of substitutie van materialen. Onderzoek naar materialensubstitutie aan de hand van een statisch input-output model is reeds eerder uitgevoerd (Wiling et al., 1999). Bij het opstellen van scenario's spelen mogelijk fysieke limieten een rol. Volumeveranderingen in bijv. de productie van de delfstoffenwinning in Nederland zouden gerelateerd dienen te worden aan de aanwezige voorraden in Nederland. Een vraag naar productie die de Nederlandse voorraden te boven gaat zou dan uit buitenlandse productie moeten komen.

Met betrekking tot de liberalisering van de energiemarkten is nog geen zicht op en eventuele verschuiving van productie tussen Nederland en het buitenland. DIMITRI kan gebruikt worden om de effecten van zo'n verschuiving door te rekenen. De verschuiving van productie tussen regio's komt tot uitdrukking in zowel het vraagscenario als het technologiescenario.

6.2 Verbeterpunten

Model

- Een verdere differentiatie naar regio's (van 2 naar 3) lijkt gewenst door regio 1 op te delen in Europese landen versus overige landen (VS, Japan, etc.). Op die manier kan beter onderscheid gemaakt worden betreffende milieudruk gerelateerd aan het transport van de goederen die uit de betreffende landen worden geïmporteerd.
- Energiegebruik en emissies van transport van geïmporteerde goederen wordt niet expliciet in DIMITRI berekend. Dit heeft een onderschatting van het energiegebruik gerelateerd aan de consumptie van Nederlanders tot gevolg. Nader onderzoek is nodig om een inschatting van deze onderschatting te maken.
- De betaalde salarissen in Nederland worden nu nog niet expliciet berekend in DIMITRI. Zo'n berekening kan nuttig zijn om de consistentie tussen consumptie (in scenario's) en betaalde salarissen te bewaken. Daarnaast lijkt een uitbreiding van het model met werkgelegenheid zinnig om een controle aan de hand van het aantal werknemers in Nederland mogelijk te maken.

Data

- Voor DIMITRI is voor de sectoren die gedetailleerder zijn dan de CBS-indeling verondersteld dat de technologische inputcoëfficiënten van de gedetailleerde sectoren gelijk zijn aan die van de geaggregeerde sector. De GTAP database (McDougall et al., 1998) onderscheidt meer deelsectoren in met name de landbouw. De input-output gegevens betreffende de landbouw kunnen daarom verbeterd worden door deze af te leiden uit de GTAP input-output tabel voor Nederland. Deze komt in de loop van 2001 beschikbaar.
- Voor alle sectoren is dezelfde afschrijvingstermijn per type kapitaalgoed verondersteld. Hier zou gekozen kunnen worden voor een sector- en regiospecifieke afschrijvingstermijn per type kapitaalgoed. Tevens zijn voor het bijplaatsen van gebouwen, machines en transportmiddelen voor alle regio's en sectoren termijnen gehanteerd van respectievelijk vijf, twee en twee jaar. Ook hier is een verdere specificatie naar sector of regio mogelijk.
- Voor verschillende goederen in de importstatistieken (bijvoorbeeld tabak en cacao) wordt België als land van herkomst aangegeven, ofschoon het waarschijnlijk respectievelijk zeker is dat dit land als doorvoerland fungeert. In de dataverzameling is verondersteld dat deze goederen uit Regio 2 afkomstig zijn, maar hier zou verder onderzoek gewenst kunnen zijn.
- Aangaande de gegevens van energiegebruik en emissies (zowel voor Nederland als het buitenland) is slechts een beperkte validatie uitgevoerd. Deze gegevens kunnen nog uitgebreider gevalideerd en daarna verbeterd worden door ze te vergelijken met data uit andere bronnen.
- De samenstelling van de input-output tabellen voor de buitenlandse regio's is gebaseerd op een gewogen gemiddelde over 19 indicatorlanden (Tabel A.4). Hierdoor spelen grote landen als China en de VS een belangrijke rol in de bepaling van de technologie voor de buitenlandse regio's. Mogelijk leidt een andere weging (bijv. naar de herkomst van de in Nederland geïmporteerde goederen) tot een betere beschrijving van de technologie in de regio's.

Literatuur

- Battjes J.J., Noorman K.J. en Biesiot W. (1998), Assessing the energy intensities of imports, *Energy Economics*, 20, pp. 67-83.
- Bergeijk P.A.G. van, Dijk M.A. van, Haffner R.C.G., Hagen G.H.A. van, Mooij R.A. de, en Waasdorp P.M. (1995), *Economic Policy, Technology and Growth*, BTE no. 30, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- Blom W. (1999), Operationaliseren van een dynamisch input-outputmodel voor vraagstukken over ontkoppeling van milieu en economie, RIVM rapport no. 778001003, Bilthoven.
- Brink R.M.M. van den (2000), *Verkeer en vervoer in de Milieubalans 1999*, RIVM rapport no. 251701042, Bilthoven.
- Bullard C.W. en Herendeen R.A. (1975), *The Energy Costs of Goods and Services*, *Energy Policy*, 3, pp. 484-493.
- Carter A.P. (1967), Incremental Flow Coefficients for a Dynamic Input-Output Model with Changing Technology, in: Barna, T. et al., *Structural Interdependence and Economic Development; Proceedings of an International Conference on Input-Output Techniques*, Geneva, September 1961, pp.277-302, MacMillan, London.
- CBS (1996a), *De Nederlandse Energiehuishouding jaarcijfers 1995*, Delen 1 en 2, Voorburg
- CPB (1996), *Omgevingsscenario's Lange Termijn Verkenning 1995 – 2020*, Werkdocument No 89, Centraal Planbureau, Den Haag.
- CBS (1997b), *De Nederlandse Energiehuishouding jaarcijfers 1996*, Delen 1 en 2, Voorburg
- CBS (1998a), *Aanbod- en gebruiktabellen 1995*, 500 productgroepen en 90 sectoren. Verstrekt door Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg.
- CBS (1998b), *Input-output tabel 1995*, 90 bij 90 sectoren. Verstrekt door Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg.
- CBS (1998c), *Input-output tabel van concurrerende invoer 1995*. Verstrekt door Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg.
- Davidson, O. (2000), *Energy Security and Carbon Emissions in Africa*, IHDP Update, Newsletter of the IHDP, Nr 3.
- Duchin, F. en Szyld D.B (1985), *A Dynamic Input-Output Model with Assured Positive Output*, *Metroeconomica*, 27, pp. 269-282.
- Duchin, F. en Lange G.M (1992), *Technological Choices and Prices, and their Implications for the US Economy, 1963-2000*, *Economic Systems Research*, 4, pp. 53-76.
- Duchin, F. en Lange G.M. (met Thonstad K.en. Idenburg A.M; 1994), *The Future of the Environment, Ecological Economics & Technological Change*, Oxford University Press, New York.
- ECN (1998a), *Nationale Energie Verkenningen 1995-2020 - Trends en thema's*, Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
- ECN (1998b), *Resultaten van de Nationale Energieverkenning 1995-2020*, update januari 1998, Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
http://www.ecn.nl/unit_bs/nev/results/index.html.
- ECN/RIVM (2000), *Definitiestudie Kennisinstrumentarium voor Energie en Emissies; Verkenning naar de opbouw van een gezamenlijke kennisstructuur voor RIVM en ECN*, ECN-RIVM/00-002, Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
- Fleissner, P. (1990), *Dynamic Leontief Models on the Test Bed, Structural Change and Economic Dynamics*, 1, pp. 321-357.
- Idenburg A.M. (1993), *Gearing production models to ecological economic analysis*, Universiteit Twente, Enschede.

- Idenburg A.M. (1998), Technological Choices and the Eco-efficiency of the Economy; a Dynamic Input-output Approach, paper presented at the Twelfth International Conference on Input-Output Techniques, New York.
- Kalmbach P. en Kurz H.D. (1992), Chips und Jobs. Zu den Beschäftigungswirkungen des Einsatzes programmgesteuerte Arbeitsmittel, Metropolis, Marburg.
- Leontief W.W. (1941), The Structure of American Economy 1919-1929, Oxford University Press, New York.
- Leontief W. en Duchin F. (1986), The Future Impact of Automation on Workers, Oxford University Press, New York.
- Mannaerts H.J.B.M. (2000), STREAM: Substance Throughput Related to Economic Activity Model; A partial equilibrium model for material flows in the economy, Research Memorandum no. 165, Centraal Planbureau, Den Haag.
- McDougall R.A., Elbehri A. en Truong T.P. (1998), Global Trade Assistance and Protection: The GTAP 4 Data Base, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- OECD (2000), OECD Environmental Data, Compendium 1999, Parijs.
- Olivier, J.G.J., Bouwman A.F., Maas C.W.M. van der, Berdowski J.J.M., Veldt C., Bloos J.P.J., Visschedijk A.J.H., Zandveld P.Y.J. en Haverlag J.L. (1996), Description of EDGAR Version 2.0: A set of global emission inventories of greenhouse gases and ozone-depleting substances for all anthropogenic and most natural sources on a per country basis and on 1 degree x 1 degree grid, RIVM rapport 771060002, Bilthoven.
- Pindyck R.S. en Rubinfeld D.L. (1981), Econometric Models and Economic Forecasts, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Phylipsen G.J.M. (2000), International Comparisons and National Commitments, Universiteit Utrecht, Utrecht.
- Ros J.P.M. en Wilting H.C. (2000), Milieubelasting van Nederlanders binnen en buiten onze grenzen; Achtergronddocument bij de MV5, RIVM rapport nr. 408129011, Bilthoven.
- Rose A. (1984), Technological Change and Input-Output Analysis: an Appraisal, Socio-Economic Planning Sciences : an International Journal, 18, pp. 305-318.
- Theil H. (1961), Economic Forecasts and Policy, pp. 30-37, North-Holland, Amsterdam.
- Thomas R., Mannaerts (H.J.B.M. CPB), Elzenga H.E., Herzberg V.P.C.F. (CPB), Wesselink L.G. en Mulder M. (CPB) (2001), Fysieke productieontwikkelingen in de industrie; het gebruik van STREAM bij milieuverkenningen, RIVM rapport nr. 778001 004, Bilthoven.
- Vringer C.R., Aalbers T.G., Drissen E., Hoevenagel R. (EIM), Bertens C. (EIM), Rood G.A., Ros J.P.M. en Annema J.A. (2000), Nederlandse consumptie en energiegebruik in 2030; Een verkenning op basis van twee lange termijn scenario's, RIVM rapport nr. 408129015, Bilthoven.
- Wilting H.C. (1996), An Energy Perspective on Economic Activities, Universiteit Groningen, Groningen.
- Wilting H.C., Moll H.C. en Nonhebel S. (1999), An Integrative Assessment of Greenhouse Gas Reduction Options, IVEM onderzoeksrapport no. 101, Groningen.
- Wright D.J. (1974), Goods and Services; an Input-Output Analysis, Energy Policy, 2, pp. 307-315.

Bijlage A Sector- en landenindeling

Tabel A.1 Sectorindeling Nederland.

Nr. Omschrijving	Nr. Omschrijving
1 Akkerbouw	31 Overige transportmiddelenindustrie
2 Veeteelt	32 Meubels en matrassen
3 Tuinbouw	33 Goederen overig n.e.g.
4 Hoveniers, agrarische dienstverlening en bosbouw	34 Elektriciteitsbedrijven
5 Visserij	35 Gasdistributie
6 Overige delfstoffenwinning	36 Waterleidingbedrijven
7 Aardolie- en aardgaswinning	37 Bouw rijp maken van terreinen
8 Vlees- en zuivelindustrie	38 Bouw burgerlijk en utiliteits
9 Overige voedingsmiddelenindustrie + tabak	39 Bouw water en wegen
10 Drankenindustrie	40 Overige bouwnijverheid en installatiebedrijven
11 Textiel- en kledingindustrie	41 Auto- en reparatiebedrijven, marges
12 Leerindustrie	42 Groot- en detailhandel, marges
13 Houtindustrie	43 Horeca
14 Papierindustrie	44 Openbaar vervoer
15 Uitgeverijen en drukkerijen	45 Goederenvervoer incl. pijpleidingen
16 Aardolie-industrie	46 Zee- en binnenvaart
17 Basis- en petrochemie	47 Luchtvaart
18 Mest- en stikstofindustrie	48 Dienstverlening t.b.v. vervoer, reisbureaus
19 Chemische eindproductenindustrie	49 Post en koeriersdiensten
20 Rubber- en kunststofindustrie	50 Telecommunicatie
21 Bouwmaterialenindustrie	51 Banken en verzekeringswezen
22 Asfaltinstallaties	52 Verhuur van en handel in onroerend goed
23 Basismetalaalindustrie (ferro)	53 Verhuur van roerende goederen
24 Basismetalaalindustrie (non-ferro)	54 Overige zakelijke dienstverlening
25 Metaalproductenindustrie	55 Overheid: alg. bestuur, defensie, sociale verz.
26 Machine- en apparatenindustrie	56 Onderwijs
27 Huishoudelijke apparaten	57 Gezondheidszorg
28 Kantoor machines en computers	58 Cultuur en recreatie; radio en televisie
29 Audio-, video- en telecommunicatieapparatuur	59 Sport
30 Auto-industrie	60 Overige dienstverlening

Tabel A.2 Sectorindeling buitenlandse regio's.

Nr. Omschrijving	Nr. Omschrijving
1 Akkerbouw	14 Chemie, rubber en kunststofverwerkende industrie
2 Veeteelt	15 Bouwmaterialenindustrie
3 Wol en zijde	16 Basis metaalindustrie (ferro)
4 Bosbouw	17 Basis metaalindustrie (non-ferro)
5 Visserij	18 Metaalproducten- en machine-industrie
6 Overige delfstoffenwinning	19 Auto- en overige transportmiddelenindustrie
7 Aardolie- en aardgaswinning	20 Meubel- en overige industrie n.e.g.
8 Voedingsmiddelenindustrie	21 Electriciteitsbedrijven
9 Textiel- en kledingindustrie	22 Gasdistributiebedrijven
10 Leerindustrie	23 Bouwnijverheid en bouwinstallatiebedrijven
11 Houtindustrie	24 Handel, transport
12 Papier-, karton- en grafische industrie	25 Diensten en overheid
13 Aardolieindustrie	

Tabel A.3 Sectoren die investeringsgoederen leveren in Nederland en buitenlandse regio's.

Nr. Nederland	Nr. Buitenlandse regio's
1 Metaalproductenindustrie	1 Metaalproducten- en machine-industrie
2 Machine- en apparatenindustrie	2 Auto- en overige transportmiddelenindustrie
3 Kantoormachines en computers	3 Meubel- en overige industrie n.e.g.
4 Audio-, video- en telecomm.	4 Bouwnijverheid en bouwinstallatiebedrijven
5 Auto-industrie	5 Handel, transport
6 Overige transportmiddelenindustrie	6 Diensten en overheid
7 Meubels en matrassen	
8 Bouw burgerlijk en utiliteits	
9 Bouw water en wegen	
10 Overige bouwnijverheid en installatiebedrijven	
11 Groot- en detailhandel, marges	
12 Verhuur van en handel in onroerend goed	
13 Overige zakelijke dienstverlening	
14 Overheid: alg. bestuur, defensie, sociale verz.	

Tabel A.4 Landenindeling (nummering volgens GTAP).

nr. Regio 1	nr. Regio 2
1 Australië	5 Indonesië
3 Japan	9 Thailand
17 Canada	11 China
18 USA	13 Taiwan
29 Groot-Brittannië	14 India
30 Duitsland	24 Argentinië
31 Denemarken	25 Brazilië
32 Zweden	38 Turkije
33 Finland	42 Zuid-Afrika
34 Rest van de EU	

Bijlage B Input-output tabellen voor 1995

Ten behoeve van de gegevensverzameling voor DIMITRI zijn input-output tabellen geconstrueerd voor Nederland (60 sectoren) en de twee buitenlandse regio's (ieder 25 sectoren). In deze bijlage wordt de samenstelling van deze tabellen verantwoord. Hierbij wordt ook beschreven hoe de importen (zowel concurrerend als niet-concurrerend) zijn toegedeeld aan de buitenlandse DIMITRI productiesectoren.

Input-output tabel Nederland

Voor Nederland is een input-output tabel samengesteld op basis van een door het CBS beschikbaar gestelde tabel voor 1995 bestaande uit 90 sectoren (CBS, 1998b). Deze is in eerste instantie geaggregeerd naar 55 sectoren door te sommeren over sectoren. Voor een aantal sectoren echter is de DIMITRI-indeling meer gedetailleerd dan de CBS-indeling. De vier CBS-sectoren landbouw, bouwmaterialenindustrie, post en telecommunicatie, en cultuur, sport en recreatie zijn vervolgens opgesplitst om de DIMITRI sectorindeling van 60 sectoren te krijgen.

In de CBS-tabellen staan alle handels- en vervoersmarges die gegenereerd worden in een aparte rij en kolom vermeld. Deze waarden zijn per kolom proportioneel over de cellen in de intermediaire matrix verdeeld.

In DIMITRI worden twee exogene finale vraagcategorieën onderscheiden, namelijk consumptie en exporten. De gegevens betreffende de leveringen voor de finale vraag uit de CBS-tabel zijn eveneens geaggregeerd naar 60 sectoren. Aan de consumptie zijn de consumptieve bestedingen van gezinshuishoudingen en van de overheid, veranderingen voorraden en een deel van de investeringen in vaste activa, te weten woningen, vee en de overdrachtskosten toebedeeld. Gegevens betreffende het deel van de investeringen, dat exogeen is in het model, zijn afgeleid uit de tabel 'Investerings in vaste activa uitgesplitst naar herkomst en type' van het CBS.

Het resultaat van deze exercitie is een input-output tabel voor 60 sectoren bestaande uit een intermediaire matrix (60x60), matrix van finale leveringen (60x2), totale productie vector (60x1) en een vector van primaire inputs (1x60).

Importen Nederland

Om de importen vanuit de buitenlandse regio's naar Nederland te beschrijven zijn 2 import-tabellen geconstrueerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van de tabel van concurrerende importen (CBS, 1998c) en van gegevens over de import van 68 goederensoorten uit 55 landen c.q. regio's voor het jaar 1996 (CBS, Statline).

De tabel van concurrerende importen is eerst geaggregeerd naar 23 sectoren van herkomst. De sector landbouw is vervolgens opgedeeld in 3 deelsectoren (akkerbouw, veeteelt, en wol en zijde), waarmee de uiteindelijke DIMITRI-tabel voor het buitenland (25 sectoren) verkregen is. Betreffende de bestemming van de leveringen is geaggregeerd naar 60 Nederlandse DIMITRI sectoren. De CBS tabel betreffende de invoer geeft geen informatie over de herkomstsector van niet-concurrerende importen en de invoer van diensten. De niet-concurrerende importen zijn toegekend aan de sectoren landbouw en delfstoffenwinning. De invoer van diensten is toegekend aan DIMITRI-sector 25 'Diensten en overheid'.

Het resultaat is een intermediaire matrix betreffende de invoer (25x60) en een matrix invoer van finale leveringen (25x2).

De volgende stap is het verdelen van deze matrices over beide regio's. Hiervoor is gebruik gemaakt van importgegevens betreffende 68 goederensoorten uit 55 landen c.q. regio's. Deze

zijn geaggregeerd naar beide buitenlandse regio's die in DIMITRI worden onderscheiden (Tabel B.1).

Tabel B.1 Import van 68 goederensoorten per regio in 1996 (miljard gulden).

Goederensoort	Regio		Totaal	Goederensoort	Regio		Totaal
	1	2			1	2	
00 Levende dieren m.u.v. vis, schaaldieren	1,0	0,0	1,0	57 Kunststof in primaire vormen	5,6	0,2	5,7
01 Vlees en vleesproducten	2,3	0,4	2,8	58 Werken van kunststof n.a.g.	3,4	0,0	3,5
02 Zuivelproducten en eieren	4,5	0,1	4,6	59 Andere chemische producten	3,9	0,3	4,2
03 Vis, schaal- en weekdieren (incl. bereid)	1,3	0,6	1,8	61 Leder en -waren, bereide pelderijen	0,4	0,1	0,5
04 Granen en graanproducten	3,7	0,2	3,9	62 Rubberwaren n.a.g.	2,8	0,2	3,0
05 Groenten en fruit	5,4	3,2	8,6	63 Kurk- en houtwaren, behalve meubelen	1,9	0,5	2,4
06 Suiker en suikerwerken, honing	0,7	0,2	0,9	64 Papier, karton en artikelen daarvan	8,5	0,1	8,6
07 Koffie, thee, cacao, specerijen	1,4	2,2	3,5	65 Garens, weefsels e.d.	6,2	0,8	7,0
08 Veevoeder m.u.v. niet gemalen granen	2,1	1,0	3,1	66 Fabrikaten v. niet-metaalh. mineralen	4,0	0,3	4,3
09 Bereide voedingsmiddelen n.a.g.	1,1	0,1	1,1	67 IJzer en staal	7,6	0,5	8,1
11 Dranken	2,2	0,1	2,3	68 Non-ferrometalen	3,5	1,1	4,6
12 Tabak en tabaksfabrikaten	1,4	0,3	1,7	69 Metaalwaren n.a.g.	7,7	0,5	8,2
21 Ongelooide huiden en vellen	0,2	0,0	0,3	71 Generatoren en motoren	4,3	0,4	4,7
22 Oliehoudende zaden en vruchten	1,6	1,4	2,9	72 Gespecialiseerde machines	6,0	0,2	6,1
23 Ruw synthetisch/gerenegeneerd rubber	0,3	0,0	0,4	73 Machines voor metaalbewerking	1,2	0,0	1,3
24 Kurk en hout	1,5	0,6	2,1	74 Diverse machines n.a.g.	11,0	0,3	11,3
25 Papierstof en papierafval	1,2	0,1	1,3	75 Kantoormachines/aut. gegevensverw.	24,4	4,6	29,0
26 Textielvezels, textielafval en lompen	0,5	0,0	0,5	76 Toest. voor telecomm., audio e.d.	7,3	1,2	8,4
27 Meststoffen, ruwe minerale producten	1,3	0,2	1,5	77 Elektrische apparaten n.a.g.	16,0	2,7	18,7
28 Metaalertsen en metaalafval	1,7	1,2	2,9	78 Voertuigen voor wegvervoer	23,2	0,3	23,4
29 Ov. ruwe dierlijke/plantaardige prod.	1,4	0,8	2,2	79 Ander vervoermaterieel	2,5	0,2	2,7
32 Steenkool, cokes en briketten	0,7	0,8	1,5	81 Geprefabr. bouwwerken, sanitaire art.	1,7	0,1	1,8
33 Ruwe aardolie en aardolieproducten	15,3	6,6	21,8	82 Meubelen en toebehoren; bedart. e.d.	3,7	0,5	4,3
34 Aardgas en industriegas	1,5	0,0	1,6	83 Reisartikelen, handtassen e.d.	0,4	0,2	0,6
35 Elektrische energie	0,4		0,4	84 Kleding en toebehoren	6,3	4,1	10,4
41 Dierlijke oliën en vetten	0,3	0,0	0,3	85 Schoeisel	1,9	0,6	2,5
42 Plantaardige oliën en vetten	0,7	0,7	1,4	87 Instr., app. voor beroepsuitoefening	5,1	0,1	5,3
43 Bereide oliën en vetten niet cons.	0,4	0,1	0,5	88 App., benodigd. voor fotogr., uurw.	3,0	0,1	3,1
51 Organische chemische producten	8,6	0,9	9,6	89 Diverse fabrikaten, n.a.g.	12,3	1,1	13,4
52 Anorganische chemische producten	2,0	0,2	2,2	91 Goederen vervoerd per post n.a.g.	0,0		0,0
53 Kleur-, looi, en verfstoffen	2,0	0,1	2,1	93 Provisie en benodigd. voor schepen	0,1	0,0	0,1
54 Medicinale, farmaceutische producten	6,3	0,2	6,6	96 Niet in circulatie zijnde munten	0,0	0,0	0,0
55 Etherische oliën, harsaroma's e.d.	2,7	0,1	2,8	97 Niet-monetair goud	0,4	0,0	0,4
56 Kunstmatige meststoffen	0,5	0,0	0,5	Niet elders genoemde goederen	0,0		0,0
				Totaal	265	44	308

Elke goederensoort is vervolgens toegedeeld aan één of meer buitenlandse DIMITRI productiesectoren. Omdat enkele goederensoorten (03, 08, 12, 32, 33) waarschijnlijk door meerdere sectoren geleverd worden, is hiervoor een verdeling over die sectoren verondersteld. Uiteindelijk leverde dit informatie op over de aandelen van de twee buitenlandse regio's in de import van de 25 DIMITRI productiesectoren in 1996 (Tabel B.2).

Vervolgens zijn deze aandelen gebruikt om de intermediaire matrix van de invoer op te delen in twee afzonderlijke matrices (25x60).

Tabel B.2 Aandelen van de twee buitenlandse regio's in de import van de 25 DIMITRI productiesectoren in 1995.

DIMITRI sector	regio 1	regio 2
Akkerbouw	0,59	0,41
Veeteelt	0,97	0,03
Wol en zijde	0,00	1,00
Bosbouw	0,70	0,30
Visserij	0,69	0,31
Overige delfstoffenwinning	0,66	0,34
Aardolie- en aardgaswinning	0,72	0,28
Voedingsmiddelenindustrie	0,81	0,19
Textiel- en kledingindustrie	0,73	0,27
Leerindustrie	0,75	0,25
Houtindustrie	0,81	0,19
Papier-, karton- en grafische industrie	0,98	0,02
Aardolie industrie	0,58	0,42
Chemie, rubber en kunststofverwerkende ind.	0,94	0,06
Bouwmaterialenindustrie	0,93	0,07
Basis metaalindustrie (ferro)	0,93	0,07
Basis metaalindustrie (non-ferro)	0,77	0,23
Metaalproducten- en machine-industrie	0,89	0,11
Auto- en overige transportmiddelenindustrie	0,98	0,02
Meubel- en overige industrie n.e.g.	0,91	0,09
Elektriciteitsbedrijven	1,00	0,00
Gasdistributiebedrijven	1,00	0,00
Bouwnijverheid en bouwinstallatiebedrijven	1,00	0,00
Handel, transport	1,00	0,00
Diensten en overheid	1,00	0,00

Gegevens over de import van finale leveringen zijn afgeleid uit de importtabel van het CBS. Het betreft hier de importen ten behoeve van de consumptie bestaande uit de consumptie van gezinshuishoudingen en de overheid. Deze importen zijn geaggregeerd naar 25 buitenlandse sectoren en verdeeld over regio 1 en regio 2 volgens dezelfde verdeelsleutel per sector (Tabel B.2). De invoer van goederen en diensten die zonder verdere bewerking worden geëxporteerd (de wederuitvoer) wordt in DIMITRI buiten beschouwing gelaten.

Input-output tabellen buitenland

De input-output tabellen voor de twee buitenlandse regio's (25 sectoren) zijn gebaseerd op gegevens afkomstig uit de GTAP Database, versie 4 (MacDougall et al, 1998). Deze database bevat voor 45 landen en regio's input-output tabellen (49 sectoren). Voor elk van beide regio's is een input-output tabel geconstrueerd door de tabellen van verschillende landen bij elkaar op te tellen. Tabel A.4 geeft per regio de landen weer die hiervoor gebruikt zijn. Vervolgens zijn voor beide regio's de 49 sectoren geaggregeerd tot de 25 DIMITRI sectoren. Het resultaat bestaat uit twee input-output tabellen ieder bestaande uit een intermediaire matrix (25x25), een vector van finale leveringen (25x1), totale productie vector (25x1) en een vector van primaire inputs (1x25).

Matrix van kapitaalcoëfficiënten

De matrix van kapitaalcoëfficiënten geeft per sector de kapitaalvereiste per eenheid productie weer. Met zo'n matrix wordt bepaald hoeveel investeringsgoederen moeten worden geproduceerd voor een bepaalde verandering in de capaciteit. In DIMITRI wordt voor

Nederland onderscheid gemaakt tussen een matrix van kapitaalcoëfficiënten betreffende de binnenlandse levering van investeringsgoederen en een matrix betreffende de importen van investeringsgoederen.

Sinds 1981 publiceert het CBS (vrijwel) jaarlijks een statistiek van de kapitaalgoederenvoorraad. Hierin staat voor een aantal sectoren, te weten SBI 0, 1, 2/3 en 7 de kapitaalgoederenvoorraad naar type weergegeven. In de publicatie van 1993 is ook een raming gemaakt voor de totale kapitaalgoederenvoorraad in de andere SBI-sectoren. De kapitaalgoederen zijn aan sectoren toegekend naar gebruik en niet naar eigendom.

Met behulp van de genoemde statistieken is voor alle DIMITRI-sectoren de kapitaalgoederenvoorraad bepaald voor 3 typen kapitaalgoederen, te weten: gebouwen, machines en transportmiddelen. Tabel B.3 geeft de relatie tussen de DIMITRI-indeling en de klassen van kapitaalgoederen in de CBS-indeling. Grond en terreinen en vee zijn buiten beschouwing gelaten.

Tabel B.3 Indeling kapitaalgoederen volgens DIMITRI naar CBS-indeling.

DIMITRI	CBS
gebouwen	bedrijfsruimten en grond-, water- en wegenbouwkundige werken (GWW)
machines	machines en overige apparaten
transportmiddelen	transportmiddelen (extern)

Door per sector en per type kapitaalgoed de kapitaalgoederenvoorraad te delen door de productiecapaciteit van de bijbehorende sector verkrijgt men de kapitaalvereiste per eenheid capaciteit per sector. Om inzicht te krijgen in de herkomst van de kapitaalgoederen naar sector is gebruik gemaakt van statistieken betreffende investeringsgegevens naar herkomst. Op basis van deze statistieken is een matrix geconstrueerd waarin voor elk type kapitaalgoed de herkomst verdeeld is naar 14 sectoren die investeringsgoederen leveren (Tabel A.3). Door deze matrix met de eerdergenoemde gegevens te combineren is voor elk van de drie typen kapitaalgoederen een (14 x 60)-matrix van kapitaalcoëfficiënten geconstrueerd.

De matrices van kapitaalcoëfficiënten per type kapitaalgoed voor de buitenlandse regio's zijn afgeleid uit de matrix voor Nederland door deze te aggregeren naar het niveau van 6 sectoren die investeringsgoederen leveren (Tabel A.3) en 25 buitenlandse economische sectoren. Dit levert een drietal matrices van kapitaalcoëfficiënten voor beide buitenlandse regio's (6x25).

Bijlage C **Energiegebruik en emissies in 1995**

Energiegebruik Nederland

De gegevens over het gebruik van energie (Tabel C.1) in stationaire bronnen zijn voornamelijk afkomstig uit en afgeleid van gegevens uit de Nederlandse Energiehuishouding (NEH) over het jaar 1995 (CBS 1996, 1997). Voor sommige DIMITRI sectoren zijn deze gegevens direct en éénduidig uit de NEH te halen. Voor andere sectoren is dit minder eenvoudig omdat deze in de reguliere NEH-tabellen niet zijn onderscheiden. Hierom was het soms nodig om op basis van andere data en/of veronderstellingen de DIMITRI energiegegevens vast te stellen.

De gegevens over het energiegebruik in mobiele bronnen (verkeer en vervoer) zijn afkomstig uit het achtergrondrapport bij de Milieubalans (MB) 99 (van den Brink, 2000). Hierbij is alleen het energiegebruik door bestelauto's, vrachtauto's en trekkers in beschouwing genomen. Dit is toegeedeeld aan de sectoren Openbaar vervoer, Goederenvervoer incl. pijpleidingen, Zee- en binnenvaart en Luchtvaart (sectoren 44 t/m 47).

Tabel C.1 Gebruik van energie in PJ door de DIMITRI sectoren in Nederland (1995).

SECTOR	PJ	SECTOR	PJ
1-4 Landbouw	179	28 Kantoormachines en computers	1,9
1 Akkerbouw	4	29 Audio-, video- en telecomm.	18
2 Veeteelt	24	30 Auto-industrie	3,4
3 Tuinbouw	150	31 Overige transportmiddelen-industrie	3,3
4 Hoveniers, agr. dienstverl, bosb.	1	32 Meubels en matrassen	1,6
5 Visserij	16	33 Goederen overig n.e.g.	4,5
6 Overige delfstoffenwinning	2,0	34 Elektriciteitsbedrijven	310
7 Aardolie- en aardgaswinning	28	35 Gasdistributie	27
Voeding/genot totaal	94	36 Waterleidingbedrijven	2,3
8 Vlees- en zuivelindustrie	20	37 Bouwsector	30
9 Overige voedingsmiddelenindustrie + tabak	67	41 Auto- en reparatiebedrijven, marges	9,9
10 Drankenindustrie	7,6	42 Groot- en detailhandel, marges	55
Textiel- en kledingindustrie incl. leder	8,9	43 Horeca	24
11 Textiel en kleding	8,1	44 Openbaar vervoer	9,3
12 Leerindustrie	0,5	45 Goederenvervoer incl. pijpleidingen	117
13 Houtindustrie	1,4	46 Zee- en binnenvaart	38
Papierindustrie + drukkerijen / uitgeverijen	39	47 Luchtvaart	8,8
14 Papierindustrie	34	48 Dienstverlening t.b.v. vervoer, reisbureaus	8,6
15 Uitgeverijen en drukkerijen	5,1	Post en telecommunicatie	2,4
16 Aardolie-industrie	174	49 Post en koeriersdiensten	1,9
17 Basis- en petrochemie	538	50 Telecommunicatie	0,5
18 Mest- en stikstofindustrie	116	51 Banken en verzekeringswezen	5,3
19 Chemische eindproductenindustrie	9,3	52 Verhuur van en handel in onroerend goed	1,1
20 Rubber- en kunststofindustrie	13	53 Verhuur van roerende goederen	0,4
21 Bouwmaterialenindustrie	36	54 Overige zakelijke dienstverlening	16

22 Asfaltinstallaties		55 Overheid: alg. bestuur, defensie, sociale verz.	22
23 Basismetaalindustrie (ferro)	99	56 Onderwijs	17
24 Basismetaalindustrie (non-ferro)	25	57 Gezondheidszorg	21
Metalelectro	49	58 Cultuur en recreatie; radio en televisie	3,1
25 Metaalproductenindustrie	10	59 Sport	9,0
26 Machine- en apparatenindustrie	6,2	60 Overige dienstverlening	9,6
27 Huishoudelijke apparaten	0,2	TOTAAL	2003

Het totaal van het energiegebruik door stationaire bronnen zoals vermeld in Tabel C.1 is 2003 PJ. Dit is iets lager dan het verbruikssaldo van de categorieën Energiebedrijven, Industrie en Overige Energieafnemers in de NEH (2102 PJ). Dit verschil is waarschijnlijk vooral het gevolg van het (nog) niet toedelen van het energiegebruik van o.a. cokesfabrieken, afvalverbrandingsinstallaties en decentrale opwekkers van elektriciteit en warmte.

Emissies Nederland

De gegevens over de emissie van NO_x, CO₂ en SO₂ en voor de DIMITRI sectoren in 1995 (Tabel C.2) zijn afgeleid van gegevens van de Emissieregistratie (ER).

Tabel C.2 Emissies van NO_x, CO₂ en SO₂ door DIMITRI sectoren in 1995.

DIMITRI sector	NO _x	CO ₂	SO ₂
	mln kg	mld kg	mln kg
1-4 Landbouw (totaal)	10,3	8,9	0,3
5 Visserij	22,4	1,2	1,3
6 Overige delfstoffenwinning	0,1	0,1	0,3
7 Aardolie- en aardgaswinning	3,5	1,7	0,4
8 Vlees- en zuivelindustrie	1,3	0,8	0,2
9 Ov. voed. midd. industrie, tabak	4,8	3,1	0,9
10 Drankenindustrie	0,9	0,4	0,1
11 Textiel- en kledingindustrie	0,3	0,3	0,0
12 Leerindustrie	0,0	0,0	0,0
13 Houtindustrie	0,1	0,1	0,0
14 Papierindustrie	2,4	1,7	0,1
15 Uitgeverijen en drukkerijen	0,1	0,2	0,0
16 Aardolie-industrie	17,7	11,5	61,2
17 Basis- en petrochemie	21,1	15,7	10,3
18 Mest- en stikstofindustrie	5,0	8,7	0,7
19 Chemische eindproductenind.	1,9	1,2	0,2
20 Rubber- en kunststofindustrie	0,6	0,2	0,1
21 Bouwmaterialenindustrie	10,5	3,0	4,9
23 Basismetaalindustrie (ferro)	8,8	6,6	9,1
24 Basismetaalindustrie (non-ferro)	1,0	0,3	2,9
25 Metaalproductenindustrie	0,5	0,4	0,0
26 Machine- en apparatenindustrie	0,6	0,3	0,1
28 Kantoormachines en computers	0,0	0,0	0,0
29 Audio-, video- en telecomm.	0,5	0,4	0,3
30 Auto-industrie	0,3	0,1	0,0
31 Ov. transportmiddelenindustrie	0,5	0,3	0,0
32 Meubels en matrassen	0,1	0,1	0,0
33 Goederen overig n.e.g.	0,4	0,3	0,0
34 Elektriciteitsbedrijven	53,6	43,0	16,3
35 Gasdistributie	1,0	1,1	0,0

36 Waterleidingbedrijven	0,0	0,0	0,0
37-40 Bouw Totaal	0,4	0,6	0,6
42 Groot- en detailhandel, marges	2,4	4,0	2,5
44 Openbaar vervoer	10,9	0,7	0,7
45 Goederenvervoer incl. pijpleidingen	90,6	8,5	5,6
46 Zee- en binnenvaart	53,3	2,8	14,4
47 Luchtvaart	2,5	0,6	0,2
48 Dienstverl. t.b.v. vervoer, reisbur.	0,2	0,3	0,2
49 Post en koeriersdiensten	0,4	0,4	0,0
50 Telecommunicatie	0,1	0,1	0,0
51 Banken en verzekeringswezen	0,1	0,1	0,0
52 Verhuur / handel in onroerend goed	1,8	1,2	0,1
54 Ov. zakelijke dienstverlening	0,1	0,0	0,1
55 Overheid, alg. bestuur, defensie, sociale verz.	3,2	3,9	1,2
56 Onderwijs	0,6	0,7	0
57 Gezondheidszorg	1,7	1,8	0,3
60 Overige dienstverlening	0,3	0,3	0
Totaal	339	138	136

Het totaal van de emissie door de DIMITRI-sectoren wijkt af van het totaal zoals in de MB 99 is gerapporteerd voor het jaar 1995. De verklaring hiervoor is, dat een deel van de emissie zoals vermeld in de MB afkomstig is van de niet-DIMITRI sectoren 'consumenten' en 'bodems'. Uit Tabel C.3 blijkt dat het totaal van de emissie van de DIMITRI- en de niet-DIMITRI-sectoren goed overeenkomt met de MB-totalen. Het kleine verschil wordt veroorzaakt doordat in de ER niet alle DIMITRI-sectoren (eenduidig) zijn opgenomen, zodat in sommige gevallen een schatting van de toedeling van de emissie moest worden gedaan.

Tabel C.3 Vergelijking DIMITRI- en MB99 emissie gegevens voor het jaar 1995.

Sector	NO _x	CO ₂	SO ₂
Totaal DIMITRI sectoren (Tabel c)	339	138	136
Niet-DIMITRI sectoren:			
- Consumenten	113	17	3,8
- Personenvervoer	23	22	0,8
- Bodems	19	0	0
Subtotaal niet-DIMITRI sectoren	155	39	4,6
Totaal	494	177	141
Totaal volgens MB 99	496	176	144

Emissie- en energiegegevens buitenland

Voor de twee buitenlandse regio's zijn de data over emissie van CO₂, SO₂ en NO_x en van energiegebruik gebaseerd op gegevens zoals die zijn opgenomen in de EDGAR database (Olivier et al., 1996). De data hebben betrekking op zowel emissies t.g.v. het gebruik van energie als emissies t.g.v. processen. De emissiegegevens worden in EDGAR berekend op basis van emissiefactoren en omvang van het energiegebruik (energie-gerelateerde emissies) of de productieomvang (proces-gerelateerde emissies). De energiegegevens in de EDGAR database zijn op hun beurt afkomstig van het International Energy Agency (IEA). Het totale energiegebruik in regio 1 is 160,1 EJ en in regio 2 ruim 66,5 EJ. De productieomvang gegevens zijn voor het grootste deel UN data. In Tabel C.4 is vermeld hoe groot de emissie van CO₂, SO₂ en NO_x in de twee regio's is op basis van de EDGAR berekeningen.

Tabel C.4 Emissies van CO₂, SO₂ en NO_x voor de DIMITRI regio's (1995).

	CO ₂		SO ₂		NO _x	
	regio 1 mln kg	regio 2 mln kg	regio 1 1000 kg	regio 2 1000 kg	regio 1 1000 kg	regio 2 1000 kg
Agriculture, forestry, fishing	148644	119796	247891	664082	104714	91430
Coal/other minerals	24374	90419	76770	882447	37239	66569
Oil and gas	120580	89875	2783	141398	4174	17721
Food/tobacco	61139	98315	309396	1071431	139620	255679
Textile/wearing apparel	21432	82558	92212	882468	43883	205478
Wood products	2748	13647	11312	143596	4846	38153
Paper products, publishing	67609	57162	382569	597597	166161	153581
Petroleum, coal products	374225	79144	3757763	1094892	636163	161621
Chemical, rubber, plastic products	400466	437561	2163643	3741443	1572075	964846
Other mineral products	157637	374311	955053	3917811	396519	1007851
Ferrous metals	477220	761331	2283872	6847306	709515	937868
Other metals	33834	33019	127100	350185	64227	73814
Metal / electrical products	36332	75674	131497	756889	76655	183489
Vehicles/transport equipment	9981	17720	47408	179209	24416	46207
Other manufacturers	509935	162515	1574347	1162012	2295123	400152
Electricity	3539192	1713760	18304427	15928821	8872846	6820023
Gas	1678	8132	727	31312	0	985
Services etc.	502379	118896	699859	938882	410435	100196
Construction	34283	48374	133370	207813	57601	53057
Trade & Transport	1553478	347047	1073115	1033296	13198676	3784735
Dwellings (incl. transport)	2281536	725730	1826148	4044237	12333895	3491829
Total	10358701	5454986	34201260	44617127	41148784	18855285

Om een indruk te krijgen van de kwaliteit van deze emissiehoeveelheden zijn de gegevens voor regio 1 vergeleken met de emissiedata voor Canada, USA, West Europa en Japan (voor het jaar 1990) zoals gepubliceerd in het EDGAR V2.0 rapport (Olivier et al., 1996). Tabel C.5 geeft de resultaten van deze vergelijking.

Tabel C.5 Vergelijking emissiegegevens DIMITRI regio 1 en EDGAR 2.0 data.

	DIMITRI regio 1(1995)	EDGAR 2.0 (1990)
CO ₂ (mld ton)	10	11
NO _x (mld kg)	41	42
SO ₂ (mld kg)	34	49

De overeenstemming is redelijk; de stabilisatie van de emissie van NO_x en de sterke daling van de emissie van SO₂ in de periode 1990-1995 blijkt ook uit de monitoringdata voor deze regio (zie o.a. OECD, 2000). De daling van de emissie van CO₂ is echter niet in overeenstemming met de OECD gegevens; de emissie in de OECD-landen stijgt in deze periode met 5%.

Bijlage D Energie- en emissiecoëfficiënten

Nederland

Op basis van de data over de productiewaarde (afgeleid in Bijlage B), en het energiegebruik en de emissies (Bijlage C) zijn de DIMITRI coëfficiënten voor 1995 berekend. In Tabel D.1 en D.2 zijn ze voor Nederland vermeld voor respectievelijk 60 en 25 sectoren.

Tabel D.1 Energie- en emissiecoëfficiënten voor 60 sectoren in Nederland (1995).

Sector	Energie MJ/gld	CO ₂ kg/gld	SO ₂ g/gld	g/gld	Sector	Energie MJ/gld	CO ₂ kg/gld	SO ₂ g/gld	NO _x g/gld
Akkerbouw	4,322	0,214	0,007	0,248	Meubels en matrassen	0,299	0,017	0,001	0,021
Veeteelt	4,322	0,214	0,007	0,248	Goederen overig n.e.g.	1,369	0,081	0,007	0,121
Tuinbouw	4,322	0,214	0,007	0,248	Elektriciteitsbedrijven	22,851	3,166	1,199	3,947
Hoveniers, agr. dienstverl., bosbouw	4,322	0,214	0,007	0,248	Gasdistributie	2,749	0,111	0,000	0,102
Visserij	15,702	1,146	1,272	21,982	Waterleidingbedrijven	0,746	0,009	0,008	0,008
Overige delfstoffenwinning	1,248	0,068	0,196	0,081	Bouw rijp maken van terreinen	0,327	0,007	0,007	0,004
Aardolie- en aardgaswinning	1,385	0,084	0,018	0,171	Bouw burgerlijk en utiliteit	0,327	0,007	0,007	0,004
Vlees- en zuivelindustrie	0,667	0,028	0,006	0,045	Bouw water en wegen	0,327	0,007	0,007	0,004
Ov. voedingsmiddelenind. + tabak	1,391	0,064	0,018	0,099	Ov. bouwnijv. en installatiebedrijven	0,327	0,007	0,007	0,004
Drankenindustrie	0,978	0,054	0,010	0,117	Auto- en reparatiebedrijven, marges	0,485			
Textiel- en kledingindustrie	1,055	0,042	0,001	0,042	Groot- en detailhandel, marges	0,509	0,037	0,023	0,022
Leerindustrie	0,506	0,023	0,000	0,008	Horeca	1,028			
Houtindustrie	0,339	0,027	0,002	0,028	Openbaar vervoer	1,530	0,115	0,115	1,793
Papierindustrie	3,399	0,175	0,008	0,237	Goederenvervoer incl. pijpleidingen	6,900	0,503	0,331	5,357
Uitgeverijen en drukkerijen	0,223	0,007	0,000	0,005	Zee- en binnenvaart	4,790	0,355	1,825	6,754
Aardolie-industrie	6,420	0,423	2,252	0,653	Luchtvaart	0,828	0,056	0,019	0,235
Basis- en petrochemie	16,241	0,474	0,310	0,635	Dienstverlening t.b.v. vervoer, reisbureaus	0,657	0,019	0,012	0,014
Mest- en stikstofindustrie	44,542	3,329	0,277	1,926	Post en koeriersdiensten	0,198	0,045	0,002	0,040
Chemische eindproductenind.	0,584	0,077	0,014	0,121	Telecommunicatie	0,050	0,011	0,001	0,010
Rubber- en kunststofindustrie	1,322	0,024	0,005	0,056	Banken en verzekeringswezen	0,099	0,003	0,000	0,002
Bouwmaterialenindustrie	4,043	0,334	0,552	1,189	Verhuur van en handel in onroerend goed	0,015	0,016	0,001	0,025
Basismetalaalindustrie (ferro)	15,442	1,033	1,416	1,362	Verhuur van roerende goederen	0,048			
Basismetalaalindustrie (non-ferro)	5,714	0,071	0,650	0,238	Overige zakelijke dienstverlening	0,202	0,000	0,001	0,001
Metaalproductenindustrie	0,487	0,018	0,002	0,022	Overheid: alg. bestuur, defensie, sociale verz.	0,326	0,058	0,018	0,048
Machine- en apparatenindustrie	0,296	0,012	0,003	0,029	Onderwijs	0,542	0,021		0,019
Huishoudelijke apparaten	0,446				Gezondheidszorg	0,362	0,031	0,005	0,029
Kantoorapparaten en computers	0,227	0,000		0,000	Cultuur en recreatie; radio en televisie	0,289			
Audio-, video- en telecomm.	1,087	0,023	0,017	0,028	Sport	3,345			
Auto-industrie	0,329	0,010	0,001	0,033	Overige dienstverlening	0,521	0,018		0,016
Overige transportmiddelenind.	0,405	0,042	0,003	0,057	Totaal	1,90	0,12	0,12	0,30

Tabel D.2 Energie- en emissiecoëfficiënten voor 25 sectoren in Nederland (1995).

Sector	Energie MJ/gld	CO₂ kg/gld	SO₂ g/gld	NO_x g/gld
Akkerbouw	0,44	0,97	0,03	1,12
Veeteelt	1,23	0,00	0,00	0,00
Wol en zijde	17,84	0,00	0,00	0,00
Bosbouw	0,00	0,00	0,00	0,00
Visserij	15,70	1,15	1,27	21,98
Overige delfstoffenwinning	1,25	0,07	0,20	0,08
Aardolie- en aardgaswinning	1,38	0,08	0,02	0,17
Voedingsmiddelenindustrie	1,10	0,08	0,05	0,01
Textiel- en kledingindustrie	1,05	0,04	0,00	0,04
Leerindustrie	0,51	0,02	0,00	0,01
Houtindustrie	0,34	0,03	0,00	0,03
Papier-, karton- en grafische industrie	1,19	0,08	0,06	0,00
Aardolieindustrie	6,42	0,42	2,25	0,65
Chemie, rubber en kunststofverwerkende industrie	10,97	0,46	0,42	0,18
Bouwmaterialenindustrie	4,04	0,33	0,55	1,19
Basis metaalindustrie (ferro)	15,44	1,03	1,42	1,36
Basis metaalindustrie (non-ferro)	5,71	0,07	0,65	0,24
Metaalproducten- en machine-industrie	0,55	0,02	0,02	0,01
Auto- en overige transportmiddelenindustrie	0,36	0,04	0,02	0,00
Meubel- en overige industrie n.e.g.	0,71	0,06	0,04	0,00
Electriciteitsbedrijven	22,85	3,17	1,20	3,95
Gasdistributiebedrijven	2,75	0,11	0,00	0,10
Bouwnijverheid en bouwinstallatiebedrijven	0,00	0,00	0,00	0,00
Handel, transport	1,26	0,93	0,10	0,14
Diensten en overheid	0,26	0,02	0,02	0,00
Totaal	1,90	0,12	0,12	0,30

Buitenlandse regio's

De DIMITRI coëfficiënten (energiegebruik en emissie per gulden per regio) zijn gebaseerd op de hiervoor beschreven gegevens over emissies en energiegebruik (Bijlage C) en de totale productie (Bijlage B). In Tabel D.3 en Tabel D.4 zijn ze weergegeven voor regio 1 en regio 2.

Tabel D.3 DIMITRI coëfficiënten voor regio 1.

DIMITRI sectoren	Energie MJ/gld	CO₂ kg/gld	SO₂ g/gld	NO_x g/gld
1 arable agriculture	1,31	0,09	0,15	0,07
2 cattle breeding	1,31	0,09	0,15	0,07
3 Wool, silk worm cocoons	1,31	0,09	0,15	0,07
4 Forestry	1,31	0,09	0,15	0,07
5 Fishing	1,31	0,09	0,15	0,07
6 Coal/other minerals	2,58	0,08	0,27	0,13
7 Oil and gas	8,04	0,42	0,01	0,01
8 food/tobacco	0,45	0,02	0,09	0,04
9 textile/wearing apparel	0,54	0,02	0,08	0,04
10 Leather products	0,48	0,02	0,07	0,03
11 Wood products	0,28	0,00	0,01	0,01
12 Paper products, publishing	1,44	0,04	0,25	0,11
13 Petroleum, coal products	8,79	0,58	5,84	0,99

14 Chemical, rubber, plastic products	3,40	0,13	0,71	0,52
15 Other mineral products	3,48	0,23	1,37	0,57
16 Ferrous metals	10,0	0,53	2,55	0,79
17 Other metals	3,30	0,08	0,30	0,15
18 metal / electr. Products	0,24	0,01	0,02	0,01
19 vehicles/transport eq.	0,23	0,00	0,02	0,01
20 Other manufacturers	17,79	0,93	2,88	4,20
21 Electricity	28,92	3,76	19,46	9,44
22 Gas	0,08	0,00	0,00	0,00
23 Services etc.	0,11	0,01	0,03	0,01
24 Construction	2,21	0,14	0,10	1,21
25 Trade & Transport	0,70	0,02	0,03	0,02
Total	2,53	0,16	0,54	0,665

Tabel D.4 DIMITRI coëfficiënten voor regio 2.

DIMITRI sectoren	Energie MJ/gld	CO ₂ kg/gld	SO ₂ g/gld	NO _x g/gld
1 arable agriculture	1,50	0,12	0,66	0,09
2 cattle breeding	1,50	0,12	0,66	0,09
3 Wool, silk worm cocoons	1,50	0,12	0,66	0,09
4 Forestry	1,50	0,12	0,66	0,09
5 Fishing	1,50	0,12	0,66	0,09
6 Coal/other minerals	8,66	0,57	5,54	0,42
7 Oil and gas	17,3	0,98	1,53	0,19
8 food/tobacco	1,82	0,14	1,49	0,36
9 textile/wearing apparel	2,26	0,15	1,63	0,38
10 Leather products	1,88	0,13	1,36	0,32
11 Wood products	1,68	0,13	1,32	0,35
12 Paper products, publishing	4,26	0,32	3,35	0,86
13 Petroleum, coal products	8,63	0,54	7,47	1,10
14 Chemical, rubber, plastic products	12,06	0,76	6,50	1,68
15 Other mineral products	24,00	2,03	21,21	5,46
16 Ferrous metals	35,24	2,63	23,61	3,23
17 Other metals	7,42	0,37	3,87	0,82
18 metal / electr. Products	1,25	0,09	0,86	0,21
19 vehicles/transport eq.	1,03	0,07	0,70	0,18
20 Other manufacturers	18,53	1,10	7,89	2,72
21 Electricity	51,80	7,34	68,23	29,21
22 Gas	2,93	0,18	0,71	0,02
23 Services etc.	0,51	0,07	0,31	0,08
24 Construction	3,57	0,25	0,76	2,78
25 Trade & Transport	1,52	0,08	0,62	0,07
Total	6,97	0,57	4,76	1,98

Bijlage E Verzendlijst

1. Mr. ir. J.H. Enter, DGM, Directie SB
2. Dr. ir. B.C.J. Zoeteman, plv. DG Milieubeheer
3. Drs. R.L.F. Brieskorn, DGM
4. Drs. R. Brinkman, DGM
5. Drs. J.H.M. Pieters, DGM
6. Drs. H. Strietman, DGM
7. Drs. C.H.T. Vijverberg, DGM
8. Ir. H.L.J.M. Wijnen, DGM
9. Ir. H. Bartelings, WAU, Wageningen
10. Prof. dr. J.C.J.M. van den Bergh, VU, Amsterdam
11. Drs. P.J.H. van Beukering, VU, Amsterdam
12. Drs. S. de Boer, CBS, Voorburg
13. Dr. H.W.A. Dietzenbacher, RU, Groningen
14. Dr. D.J. Gielen, ECN, Amsterdam
15. Dr. H.L.F. de Groot, VU, Amsterdam
16. Ir. R. Hoekstra, VU, Amsterdam
17. Dr. G. Huppes, CML, Leiden
18. Prof. dr. E.C. van Ierland, WAU, Wageningen
19. Dr. M.A. Janssen, VU, Amsterdam
20. Dr. B. Los, RUG, Groningen
21. Dr. H.J.B.M. Mannaerts, CPB, Den Haag
22. Dr. H.C. Moll, IVEM, Groningen
23. Dr. K.J. Noorman, IVEM, Groningen
24. Prof. dr. A.E. Steenge, Universiteit Twente, Enschede
25. M.Sc. E. Suh, CML, Leiden
26. Prof. dr. W.C. Turkenburg, NW&S, Utrecht
27. Prof. dr. H. Verbruggen, VU, Amsterdam
28. Depot Nederlandse publicaties en Nederlandse bibliografie, Den Haag
29. Directie RIVM
30. Prof. ir. N.D. van Egmond
31. Ir. F. Langeweg
32. Dr. J.A. Hoekstra
33. Drs. R.J.M. Maas
34. Dr. T.G. Aalbers
35. Drs. L.J. Brandes
36. Dr. E. Drissen
37. Ir. J.G. Elzenga
38. Ir. R.F.J.M. Engelen

39. Drs. O.J. van Gerwen
40. Drs. A.H. Hanemaaijer
41. Dr. L.H.J.M. Janssen
42. Dr. ir. S. Kruitwagen
43. Dr. M.A.J. Kuijpers-Linde
44. Ing. C.W.M. van der Maas
45. Drs. A.P.G. de Moor
46. Drs. D. Nagelhout
47. Ing. D.S. Nijdam
48. Dr. M.M.P. van Oorschot
49. Drs. J.A. Oude Lohuis
50. Drs. G.A. Rood
51. Drs. J.P.M. Ros
52. Drs. M.W. van Schijndel
53. Ing. J. Slootweg
54. Ir. J. Spakman
55. Dr. H.J.M. de Vries
56. Drs. K. Vringer
57. Prof. dr. G.P. van Wee
58. Dr. ir. L.G. Wesselink
59. Drs. J.J. van Wijk
60. Drs. R. van den Wijngaart
61. Drs. ing. W.F. Blom
62. Dr. ir. A.M. Idenburg
63. Dr. R. Thomas
64. Dr. H.C. Wilting
65. Hoofd Bureau Voorlichting en Public Relations
66. Bureau Rapportenregistratie
67. Bureau Rapportenbeheer (**5 exemplaren**)
72. Reserve (**28 exemplaren**)
100. Bibliotheek RIVM