



STUDIECENTRUM VOOR ECONOMISCH EN SOCIAAL ONDERZOEK

HET STROOMMODEL: MODEL VOOR DE SIMULATIE  
VAN GEDESAGGREGEERDE GOEDERENSTROMEN  
Effect van zeehavenkeuze op het  
energieverbruik in het binnenlands vervoer

Eddy VAN DE VOORDE  
Rik GOEGEBEUR

Rapport 81/118  
September 1981

*De tekst die volgt is een uittreksel van een verslag van het Nationaal R-D  
Programma "Energie" (Diensten van de Eerste Minister - Programmatie van het  
Wetenschapsbeleid - Wetenschapsstraat 8 - 1040 Brussel - België).  
Bij elke verwijzing naar deze tekst moet deze bron vermeld worden. De  
wetenschappelijke verantwoordelijkheid voor de inhoud van de tekst berust  
bij de auteurs.*

Universitaire Faculteiten St.-Ignatius  
Prinsstraat 13 - 2000 Antwerpen  
D/1981/1169/11

---

Met de constructie van het stroommodel wordt een tweevoudig doel nagestreefd: enerzijds het voorspellen van de vraag naar goederenvervoer, anderzijds het simuleren van de gedesaggregeerde goederenstromen (52 NVS-goederencategorieën) tussen de verschillende regio's (43 arrondissementen + hinterland). De bestaande wederzijdse beïnvloeding tussen de transportbedrijvigheid en de economische activiteit staat bij de modelvorming centraal.

De praktische bruikbaarheid wordt getest op basis van een toepassing die het effect op het binnenlands energieverbruik van een verschuiving in de zeehavenkeuze simuleert. Aangezien het hier in de eerste plaats het op punt stellen van het stroommodel betrof kon onvoldoende rekening gehouden worden met het geheel van de context inzake havenproblematiek. Als dusdanig zijn de gerapporteerde modelresultaten niet direct bruikbaar voor het beleid.

Het stroommodel vormt een eerste schakel in een reeks van sequentiële modellen ter voorspelling van de vraag naar goederenvervoer en de daaruit voortvloeiende energievraag. Het globale model zal toelaten de relatie transport-energie op een dubbele wijze te onderzoeken: enerzijds het effect van alternatieve energiebeslissingen op het goederenvervoer; anderzijds de gevolgen van alternatieve goederenvervoerbeslissingen op de vraag naar diverse energiedragers.

---

INHOUDSOPGAVE

Hoofdstuk 1 : Concept van het stroommodel . . . . .	2
1. Goederenvervoerstromen . . . . .	2
1. Dataproblemen . . . . .	2
2. Modelkeuze . . . . .	2
2. Het stroommodel . . . . .	3
Hoofdstuk 2 : De specificatie van het stroommodel . . . . .	5
1. Private consumpties . . . . .	5
1. Consumptie-uitgaven . . . . .	5
2. Vraag naar consumptiegoederen . . . . .	6
2. Investerings . . . . .	7
1. De investeringsuitgaven . . . . .	7
2. De vraag naar investeringsgoederen . . . . .	9
3. De vraag naar finale produkten . . . . .	10
4. De industriële produktie . . . . .	12
5. Het regionaal aanbod . . . . .	13
6. De regionale vraag . . . . .	13
7. Invoering van de prijsvector . . . . .	14
8. Bepaling van de goederenstromen: de zuivere RAS-methode . . . . .	14
9. Overzicht van de modelspecificatie . . . . .	16
10. Verklaring van de symbolen in het stroommodel . . . . .	17
11. Structuur van het stroommodel . . . . .	18
Hoofdstuk 3 : Calibratie en evaluatie van simulatiemodellen . . . . .	19
1. Onderscheid calibratie-evaluatie . . . . .	19
1. Modelstructuur . . . . .	19
2. Bepaling der parameters . . . . .	20
3. Evaluatie van het gecalibreerd model . . . . .	20
4. Toepasbaarheidsveld . . . . .	20
2. Calibratie en evaluatie van het stroommodel . . . . .	20
1. Goodness-of-fit statistieken . . . . .	21
2. Dataproblemen . . . . .	23
3. Voorspellingsfouten . . . . .	23
4. Gevolgde werkwijze . . . . .	23
1. Calibratie . . . . .	23
2. Evaluatie . . . . .	24
Hoofdstuk 4 : Toepassing van het stroommodel . . . . .	26
1. Het nationale havenbeleid: situatieschets . . . . .	26
2. Scenario . . . . .	27
3. Empirische resultaten . . . . .	28
4. Besluit . . . . .	32

---

Aanhangsel A : BIBLIOGRAPHIE . . . . .	34
Aanhangsel B : BIJLAGEN . . . . .	35
1. Hoofdstukken en Groepen van de NVS . . . . .	35
2. De Belgische Arrondissementen . . . . .	36
3. De maritieme havenfunctie . . . . .	38

-----  
INLEIDING

Het voorspellen en kwantificeren van de vraag naar goederenvervoer is binnen de transporteconomie niet erg ontwikkeld. Tot dusver werd het probleem vrij statisch bekeken: Eenmaal een onderneming een keuze gemaakt had betreffende haar localisatie en het distributieproces werden de transportalternatieven als beperkt beschouwd.

De modellisatie van de goederenvervoervraag blijkt echter een complexe zaak te zijn. Tussen het transportsysteem en de rest van de economie bestaat er immers een actieve wisselwerking. Het principe van de afgeleide vraag houdt in dat het goederenvervoer volledig afhankelijk is van ruimtelijk gescheiden productie- en consumptieactiviteiten. Daartegenover staat dat de transportpolitiek dynamische en sociale effecten heeft op de rest van de economie, bv. op de inkomensverdeling, het ondernemersinitiatief, de arbeidsgeschooldheid...

Voorliggende studie beoogt de constructie van een model dat enerzijds de vraag naar goederenvervoer voorspelt en anderzijds de gedesaggregeerde goederenstromen tussen de verschillende regio's simuleert. De praktische bruikbaarheid wordt getest op basis van een toepassing die het effect op het binnenlands energieverbruik van een verschuiving in de zeehavenkeuze tussen Antwerpen en Zeebrugge simuleert. Gezien hierbij onvoldoende rekening kan worden gehouden met het geheel van de context inzake havenproblematiek zijn de conclusies als dusdanig niet direct bruikbaar voor het beleid.

---

## Hoofdstuk 1 : Concept van het stroommodel

### 1.1. Goederenvervoerstromen

In tegenstelling met de modellisatie van het personenvervoer staat de constructie van modellen ter ontleding en voorspelling van de vraag naar goederenvervoer nog in de kinderschoenen. KNEAFSEY {5, p.261 en p. 276} schrijft hieromtrent: "Still, the current state of the art in commodity flow analysis reflects only bare beginnings". Verder stelt hij: "The present state of the art does not suggests a series of forecasting models, but rather it provides a set of guidelines and sources of information as a potential foundation for the model development and eventual model implementation that could be crucially needed two or three years hence".

Bij het onderzoek van goederenstromen wordt men hoofdzakelijk met volgende problemen geconfronteerd:

- het ontbreken van een adequaat databestand voor de calibratie en evaluatie van de modellen
- problemen i.v.m. de modelkeuze (bv. diversificatie in goederengroepen)

Beide problemen worden nader toegelicht.

#### 1.1.1. Dataproblemen :

De ontwikkeling en analyse van een databestand is van essentieel belang bij het onderzoek van goederenstromen tussen centra. Daarbij wordt de verzameling van gedetailleerde data best na de specificatie verricht: KNEAFSEY stelt: {5,p.270-271}: "Successive iterations of superior data and extensive model-building then represent the ideal process by which to develop an effective modeling capability".

Op dat ogenblik vermindert men tevens de onvermijdelijke trade-off tussen enerzijds de kwaliteit van de data en anderzijds desaggregatie naar arrondissement en produktgroep.

#### 1.1.2. Modelkeuze :

Het feit dat bij goederentransport onderscheid dient gemaakt te worden tussen goederengroepen impliceert niet dat voor elke groep een afzonderlijk model gecalibreerd moet worden. Vertrekkend van economische voorkennis kan één enkel model gespecificeerd en gecalibreerd worden dat het complexe goederenvervoersysteem omvat. Daarbij worden best een aantal vereenvoudigende hypothesen ingebouwd.

Voor het voorspellen van goederenstromen kunnen volgens KNEAFSEY {5, p.71-80} een drietal modeltypes weerhouden worden:

- . Causale modellen: Met behulp van een theoretisch a priori gepostuleerd model dat gecalibreerd en getest wordt op historische data worden de vele interrelaties binnen het transportsysteem onderzocht. Het op punt gesteld model is bruikbaar bij het genereren van voorspellingen. Tot dit modeltype behoren ondermeer de regressie-analyse, econometrische

modellen, input-outputmodellen en de zogenaamde economic base studies.

- . Tijdreeksanalyse: Op basis van historische informatie worden bij middel van o.a. extrapolaties voorspellingen gegenereerd.
- . Kwalitatieve methodes: Dit modeltype is gebaseerd op het gebruik van niet-kwantitatieve informatie uit het beslissingsproces. De methode is bruikbaar bij de evaluatie van een situatie waar weinig of geen historische data beschikbaar zijn, of waar bestaande data onbetrouwbaar of inconsistent zijn.

Opmerkelijk is dat KNEAFSEY {5, p.79} een aantal modellen, waaronder het simulatiemodel, niet bruikbaar acht: "The principal reason that they were not considered herein reflects the belief that they are not appropriate for immediate usage in commodity flow analysis, given the current state of the art"

Nochtans zal met het stroommodel aangetoond worden dat een simulatiemodel op een adequate manier goederenstromen tussen produktie- en consumptiecentra kan weergeven.

Elk model vormt essentieel een abstractie, en wijkt op diverse punten van de realiteit af. Een simulatiemodel biedt echter de mogelijkheid de werkelijkheid vrij nauwkeurig te benaderen. DUTTA {3, p.351} schrijft: "In each case the process of simulation uses a particular mathematical model, appropriately designed and fed with as much information as possible, to reproduce the actual response of the modeled system to a set of circumstances".

## 1.2. Het stroommodel

De transportbedrijvigheid kan niet los gezien worden van de economische activiteit. Enerzijds beïnvloedt de aanwezigheid van transportinfrastructuur (en de transportinvesteringen) de locatie en het niveau van de economische ontwikkeling. Anderzijds is de vraag naar goederentransport een afgeleide vraag: er is slechts vervoer omdat een aantal goederen moeten vervoerd worden van het produktiepunt naar het consumptiepunt. Het schatten van de vraag naar goederenvervoer vereist dus ook een voorspelling van het toekomstig ruimtelijk activiteitspatroon.

Het stroommodel is gebaseerd op het zoeken naar een indirecte relatie tussen het volume en de structuur van het vrachtvervoer, en het niveau en de structuur van de economische activiteiten. Het model heeft een tweevoudig doel: enerzijds de weergave van het totale ingaande en uitgaande transport voor 43 arrondissementen (inclusief het intrazonale transport) plus het buitenland, anderzijds een uitsplitsing van die resultaten naar 52 NVS-goederencategorieën. De output zal bestaan uit voorspelde goederenstromen tussen regio's per NVS-groep. (Zie Bijlagen B.1. en B.2.).

In zekere zin is het stroommodel een integratie van een produktie/attractiemodel en een distributiemodel. De generatie van transport in een regio zal afhangen van het type en het niveau van de economische activiteit in de regio (aanbodszijde); de transportattractie zal van dezelfde factoren afhangen, alsmede van meer specifieke finale

vraagfactoren (vraagzijde). Het distributiemodel voorspelt dan de goederenstromen tussen de regio's.

Gestreefd werd naar de constructie van een flexibel model waar op elk niveau de input van alternatieve economische beleidsopties kan onderzocht worden. De praktische bruikbaarheid van het model verhoogt door het incalculeren van factoren waarop de besluitvormer een directe of indirecte controle heeft. Daarom wordt ondermeer het concept totale finale vraag samengesteld door de sommatie van de private consumptie, de vraag naar investeringsgoederen, de overheidsconsumptie, de conjunctuurinvesteringen en de exportvraag. Met behulp van technische coëfficiënten wordt de industriële produktie berekend die vereist is om aan deze finale vraag te voldoen. Na zuivering van de import wordt de effectieve Belgische industriële produktie verkregen. Deze schattingen vormen input voor de estimatie van de regionale vraag en het regionaal aanbod, en voor de schatting der goederenstromen. Deze stromen zullen in een verder stadium van het onderzoek input vormen voor een reeks submodellen (modaal uitsplitsingsmodel, verkeersconversiemodel, toewijzingsmodel, energiemodel). Op dat ogenblik worden elementen van de aanbodzijde van de transportmatrix geïntroduceerd.

De calibratie van het model heeft tot doel het aanpassen van de parameters aan het waargenomen economisch gedrag. De resultaten van een initiële calibratie kunnen ondermeer de noodzaak van additionele data aan het licht brengen, of de zwakke punten in de bestaande data onderlijnen.

Het stroommodel vormt dus een eerste schakel in een reeks van sequentiële modellen ter voorspelling van de vraag naar goederenvervoer en de daaruit voortvloeiende energievraag. De bedoeling van het model is niet het genereren van "kant-en-klaar oplossingen" voor vervoervraagstukken. Door het opnemen van zogenaamde "policy-variabelen" kan het model gebruikt worden als hulpmiddel bij het economisch besluitvormingsproces. Op basis van geformuleerde scenario's worden de economische en transport-implicaties van mogelijke beleidsopties onderzocht. De evolutie van de prognoses en de uiteindelijke beslissing als dusdanig valt niet onder de verantwoordelijkheid van de modelbouwer.



## Hoofdstuk 2 : De specificatie van het stroommodel

Omwille van de duidelijkheid wordt elke relatie van het stroommodel afzonderlijk verklaard. Tevens wordt vermeld met behulp van welke statistieken de relaties gesimuleerd werden:

### 2.1. Private consumpties

#### 2.1.1. Consumptie-uitgaven :

In de eerste plaats worden de totale consumentenuitgaven gerelateerd tot het beschikbare inkomen:

$$\text{CONS}(M) = (A1 + (A2 \times \text{INFL})) \times Y(M) \quad M = 1, \dots, 43 \quad (1)$$

(t-1)

waarin: CONS(M) = De totale consumentenuitgaven in werkelijke prijzen in arrondissement M

A1 = De gemiddelde consumptiequote, berekend op basis van het N.I.S.-gezinsbudgetonderzoek 1974-75, "Structuur van het budget onderscheiden naar de grootte van het inkomen ( in Statistisch Jaarboek van België, 1979). A1 wordt exogeen gedetermineerd, maar blijft niet noodzakelijk constant over de tijd, wat de flexibiliteit van het model verhoogt.

A2 = Parameter die de consumentenreactie weergeeft op de inflatiegraad; vertrekkend van het idee dat de consument voor zijn meerinkomen ten gevolge van de inflatie hetzelfde consumptie-spaarpatroon zal volgen stellen wij  $A2 = A1$ .

INFL = Maatstaf voor de inflatiegraad: stijgingspercentage van de index der kleinhandelsprijzen. Voor België geldt een lineaire functie, in landen met hoge inflatie wordt deze term best gekwadraterd.

Y(M) = Het vertraagd beschikbaar inkomen in regio M (M:1,43) (t-1) in werkelijke prijzen. Om de regionale verdeling van het beschikbaar inkomen weer te geven worden de tweejaarlijkse fiscale statistieken gebruikt, met als basisstatistiek het belastbaar totaal netto-inkomen; om het beschikbaar inkomen te verkrijgen wordt hiervan de betaalde belasting, berekend op basis van de belastingsdruk, afgetrokken.

De belastingsdruk wordt gedefinieerd als de ratio van de gemiddelde belasting tot het gemiddeld inkomen per aangever.

In zijn econometrisch model voor de "Philadelphia Region" relateert N. GLICKMAN {4} de totale consumptie tot het totale persoonlijke inkomen: 83% van het totale persoonlijke inkomen ging naar consumptieuitgaven. Voor België lagen die cijfers in 1973-74 iets hoger, niettegenstaande in vergelijking met 1961 een daling van de consumptiequote is vast te stellen.

Tabel 1: Ratio consumptie-uitgaven tot beschikbaar inkomen

Begripsomschrijving	Arbeiders		Bedienden		Niet-actieven	
	1961	1973-74	1961	1973-74	1961	1973-74
Gemiddeld beschikbaar inkomen per gezin	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Gemiddelde consumptie per gezin	90,8	86,6	90,7	84,5	92,2	91,0

Bron: N.I.S., Statistisch Jaarboek van België,  
"Gezinsbudgetonderzoek" 1979, p.562.

Op basis van de gezinsbudgetenquête en het relatieve belang van elke sociale beroepsgroep wat het inkomen betreft werd voor de gemiddelde consumptiequote een gewogen gemiddelde berekend:  $A_1=0,86$ . {8, p.562} en {9, p.481}.

Basisstatistiek voor de berekeningen van het beschikbaar inkomen vormt het belastbaar totaal netto-inkomen, dat zowel de geglobaliseerde inkomens als de afzonderlijke belaste inkomens omvat. Er wordt wel een kleine (verwaarloosbare) fout gemaakt. Een aantal belastingplichtigen waarvan, rekening houdend met hun inkomens en familielast, het belastbaar totaal netto-inkomen gelijk is aan nul worden niet ingecohierd en komen dus niet in de fiscale statistieken voor. In de praktijk gaat het om die inkomens beneden het belastbaar minimum waar geen afhouding aan de bron gebeurt is (bv. lage pensioenen, alimentatiegeld). Bij terugbetaling van voorheffing of voorafbetaling wordt de belastingsplichtige echter wel in de fiscale statistiek opgenomen.

### 2.1.2. Vraag naar consumptiegoederen :

De private consumptie-uitgaven worden gerelateerd tot de vraag naar een individueel consumptiegoed in een regio:

$$C(I,M) = ACON(I) \times CONS(M) \quad \begin{array}{l} I = 1, \dots, 52 \\ M = 1, \dots, 43 \end{array} \quad (2)$$

waarin:  $C(I,M)$  = De consumptie van een individueel goed  $I$  in arrondissement  $M$ .

$ACON(I)$  = Het procentuele aandeel van de consumptie-uitgaven dat aan goed  $I$  gespenseerd wordt.

Dit wordt berekend op basis van de gedetailleerde Nationale Rekeningen (N.I.S.):

"Besteding van het nationaal produkt in werkelijke prijzen". Voorziene wijzigingen in het consumptiepatroon kunnen via een exogene wijziging van deze parameter in het model ingebracht worden.

Slechts de consumptie-uitgaven die aanleiding geven tot vervoer (cfr. afgeleid karakter van de vraag) worden weerhouden, er wordt dus abstractie gemaakt van diensten (o.a. vervoer). Vermits de sommatie van de vraag naar individuele goederen niet gelijk zal zijn aan de totale consumptie-uitgaven

volgt dat  $\sum_I ACON(I) < 1$ .

In 1978 ging slechts 62,6% van de consumptieuitgaven gepaard met een vervoersvraag.

Relatie (2) veronderstelt impliciet dat de consumptie van een individueel goed een eenheidselasticiteit heeft met betrekking tot de geaggregeerde consumptie. Deze assumptie houdt in dat een inkomenswijziging een identiek procentueel effect heeft op de vraag naar elk van de consumptiegoederen.

## 2.2. Investerings

Centraal in de investeringsanalyse staat de noodzaak een inzicht te verkrijgen in het gebruik van vaste kapitaalgoederen per sector en de stromen tussen de productie- en verbruikerssectoren.

### 2.2.1. De investeringsuitgaven :

Ter afleiding van de vraag naar vervoer wordt niet gewerkt met bruto-investeringen of netto-investeringen, maar wel met investeringsuitgaven. Onder investeringsuitgaven dienen verstaan te worden de bedragen die tijdens een bepaald jaar uitgegeven worden voor de aankoop of de bouw van investeringsgoederen waarvan de gebruiksduur langer is dan een jaar en die voor het eigen gebruik van de vestigingen zijn bestemd. Voor nieuwe vestigingen kan de globale som van de investeringsuitgaven tegelijk als bruto- en netto-investering beschouwd worden, omdat er voor deze vestigingen nog geen afschrijvingen of verminderingen moeten afgetrokken worden. In feite gaat het om de vermeerdering van het geïnvesteerde kapitaal (exclusief aftrekbare BTW): machines, uitrusting, voertuigen, gebouwen en andere bouwwerken. De aankoop van bestaande gebouwen en van bebouwde en onbebouwde terreinen, sociale investeringen, vermindering van het geïnvesteerde kapitaal, worden niet meegerekend.

De investeringsfunctie bestaat uit twee afzonderlijke factoren die een invloed uitoefenen op het totale bedrag aan investeringsuitgaven: enerzijds de investeringen in bestaande industriële vestigingen, anderzijds de investeringen in nieuwe vestigingen (m.a.w. exogene investeringen).

$$E(I,M) = INVEB(I,M) + CINEX(I,M) \quad \begin{array}{l} I = 1, \dots, 56 \\ M = 1, \dots, 43 \end{array} \quad (3)$$

waarin:  $E(I,M)$  = Het bedrag aan investeringsuitgaven door sector I in arrondissement M.

$INVEB(I,M)$  = Investeringsuitgaven van de in bedrijf zijnde vestigingen, sector I (I:1,56) en arrondissement M (M:1,43). De cijfers van de "Jaarstatistiek van de industriële vestigingen, jaar 1976" (Statistisch Tijdschrift, 1979(3)) werden omgebouwd naar 1978 met behulp van de indexcijfers van de investeringen in de nijverheid volgens de B.T.W.-aangiften (Statistisch Tijdschrift, 1979(12)). Voor de investeringen in de landbouwsector gebruikten wij data van het

Landbouwinvesteringsfonds. De verder onderverdeling naar de 52 NVS-Hoofdstukken gebeurt aan de hand van produktiestatistieken, statistieken betreffende de waarde van de verzendingen en de omzetstatistieken. De onderverdeling naar arrondissementeel niveau gebeurt met behulp van een op basis van tewerkstellingscijfers (Bron: RSZ) berekende economische structuurtabel (STRUC(43,56)).

CINEX(I,M)= Exogene investeringen, investeringen in nieuw op te richten industriële vestigingen, sector I en arrondissement M. De investeringsuitgaven in de nog niet in bedrijf zijnde industriële vestigingen zijn bekend per provincie (Regionaal Statistisch Jaarboek, 1978). De uitsplitsing naar NVS-hoofdstukken gebeurt met behulp van de jaarstatistiek van de investeringen van de nog niet in bedrijf zijnde industriële vestigingen (Industriële Statistieken, 1979(3)) en productie- en omzetstatistieken. De onderverdeling naar arrondissement gebeurt opnieuw met de economische structuurtabel (STRUC).

In bepaalde arrondissementen is helemaal geen activiteit in bepaalde (deel)sectoren. Om een aanvaardbare onderverdeling der investeringsuitgaven te verkrijgen en te vermijden dat zekere uitgaven foutief worden toegewezen werd een structuurtabel opgesteld, op basis van regionaal uitgesplitste sectoriële tewerkstellingscijfers (bron: RSZ). Impliciet wordt verondersteld dat sectorieel beschouwd de investeringsuitgaven per werknemer gelijk zijn in elk arrondissement. Mogelijk alternatief is het werken op basis van de toegevoegde waarde, maar dat vereist een aantal correcties (bv. voor de loonmassa's).

Naar hun aard en structuur beschouwd zijn de investeringen in nieuwe vestigingen veel onregelmatiger dan de investeringen in bestaande vestigingen. De zogenaamde exogene investeringen worden immers minder sterk beïnvloed door de bestaande industriële structuur dan wel door de inspanningen om nieuwe vestigingen op te richten, die mogelijk het toekomstig gewestelijk investeringsprobleem zullen veranderen. Toch is het opvallend dat investeringen in nieuwe industriële vestigingen niet noodzakelijk in achtergebleven regio's gebeuren: in 1976 nam de provincie Antwerpen immers 38,7% van dit soort investeringen voor zijn rekening. De investeringen in nieuwe vestigingen maken echter slechts een beperkt percentage uit van de totale investeringsuitgaven (1976: 7,4%). De evolutie van de index der totale investeringsuitgaven zal dus nauwelijks verschillen van de index der investeringsuitgaven van de in bedrijf zijnde vestigingen.

Het bestaande statistische apparaat laat niet toe voor de investeringen in de landbouwsector een onderscheid te maken tussen bestaande en nieuwe bedrijven. Een KB (21 juni 1974) voorziet echter een stelsel ter aanmoediging van investeringen in bedrijven met ontwikkelingsmogelijkheden, met toekenning van communautaire en nationale toelagen. De data (bron: Landbouwinvesteringsfonds) nopen echter tot omzichtigheid: het betreft uitsluitend betoelaagde kredieten en tevens afgehandelde dossiers.

De 52 weerhouden NVS-goederencategorieën betreffen zekere basisprodukten. Een gevolg hiervan is dat de sectoren "bouwnijverheid", "electriciteits-, gas- en waterleidingsbedrijven", "vervoer en verkeer", "handel, bank- en

verzekeringswezen" niet kunnen ondergebracht worden. Vermits deze sectoren belangrijke investeringsuitgaven doen die aanleiding geven tot een vraag naar investeringsgoederen worden ze in de investeringsspecificatie ingecalculeerd.

Een ander probleem betreft de overheidsinvesteringen. In de eerste plaats is er de toegekende staatshulp aan bestaande en nieuwe industrieën onder vorm van rentetoeelagen en kapitaalpremies. Deze overheidsuitgaven zijn echter in de investeringsstatistieken begrepen, de herkomst van het kapitaal wordt immers niet onderscheiden. Er zijn ook de zogenaamde conjuncturele investeringen (bv. in verkeersinfrastructuur) die weergegeven worden door de factor GOBO.

De vraag kan gesteld worden of de verwaarlozing van de investeringen in bestaande vestigingen van minder dan 20 personen een zware fout uitmaakt. Het bestaande statistisch apparaat laat niet toe deze fout te kwantificeren. Wel toont tabel 2 aan dat vooral de bedrijven met een groot aantal werknemers het leeuwenaandeel der investeringsuitgaven opeisen.

Tabel 2: Verdeling van de investeringsuitgaven naar de grootteklasse van de vestigingen.

aantal werknemers	% totale investeringsuitgaven
20 - 49	11,0
50 - 99	7,0
100 -499	30,4
500 -meer	51,6

Bron: N.I.S., Statistisch Tijdschrift, 1979(3), p.273.

### 2.2.2. De vraag naar investeringsgoederen :

Aan de hand van de per industrietak berekende investeringsuitgaven wordt de finale vraag naar investeringsgoederen berekend. De totale investeringsvraag van een bepaald goed I is de som van de vraag gegenereerd door de afzonderlijke industrietakken.

$$F(I,M) = \sum_J (BCOEF(I,J) \times E(J,M)) \quad \begin{array}{l} I = 1, \dots, 52 \\ J = 1, \dots, 56 \\ M = 1, \dots, 43 \end{array} \quad (4)$$

waarin:  $F(I,M)$  = De totale investeringsvraag voor het binnenlands goed I in arrondissement M  
 $BCOEF(I,J)$  = Exogeen bepaalde technische kapitaalcoëfficiënten: de hoeveelheid van een goed I vereist voor een eenheid investeringsuitgave door industrie J.  
 (Bron: Planbureau: "Matrice des flux des biens d'investissements"). Als hypothese wordt aanvaard dat een bepaalde sector en zijn subsectoren dezelfde investeringsstructuur hebben.

Tabel 3 toont aan dat de vraag naar investeringsgoederen in feite tot een paar leverende sectoren kan teruggebracht worden.

Tabel 3: Aard der investeringsgoederen

Leveringssectoren	percentage
- Nieuwe en gebruikte machines, uitrusting en voertuigen	68,9
- Constructie van gebouwen en andere bouwwerken	28,5
- Aankoop van bestaande gebouwen en van bebouwde en onbebouwde terreinen	2,6
Totaal	100,0

Bron: N.I.S., Statistisch Tijdschrift, 1979(3), p.288.

Het Planbureau heeft de bedoeling jaarlijks tabellen te construeren die de weergave zijn van de bruto vaste kapitaalvorming per gebruikerssector. Hieruit wordt dan de evolutie afgeleid van de investeringssector van de finale vraag. Tot dusver zijn zulke data slechts beschikbaar voor de jaren waarin de input-outputtabel werd gepubliceerd. De gevolgde methode bestaat uit het schatten van een overgangsmatrix van investeringen. Daartoe heeft men als beschikbare informatie de vector "investerings" uit de I/O tabel en de bruto vaste kapitaalvorming der sectoren volgens de aard der investeringsgoederen (materiaal, transport, gebouwen). De coëfficiënten van deze overgangsmatrix worden toegepast op de investeringsuitgaven per sector om de investeringssector van de finale vraag te kunnen afleiden. Als hypothese wordt aangenomen dat de investeringsvraag der zware industrie slaat op zowat alle uitrustingsgoederen, terwijl die van de lichte industrie hoofdzakelijk mechanische constructie betreft.

### 2.3. De vraag naar finale produkten

De totale finale vraag per goederencategorie is gelijk aan de over alle regio's gesommeerde binnenlandse vraag (consumptie, investeringsgoederen, overheidsaankopen en conjunctuurinvesteringen), vermeerderd met de buitenlandse vraag (export). Het buitenland wordt behandeld als een externe regio zodat de exportvraag niet regionaal dient uitgesplitst te worden.

$$P(I) = \sum_M (C(I,M) + F(I,M) + GOVIM(I,M) + GOBO(I,M)) + EXPI(I) \quad (5)$$

$$I = 1, \dots, 52$$

$$M = 1, \dots, 43$$

waarin:  $P(I)$  = De totale finale vraag voor goed I  
 $GOVIM(I,M)$  = De overheidsconsumptie voor goed I in regio M.  
 Met behulp van de nationale rekeningen kan het bedrag berekend worden van de overheidsuitgaven

voor consumptiegoederen die aanleiding geven tot transport.

De uitsplitsing naar NVS-hoofdstukken gebeurt op dezelfde manier als met de consumentenuitgaven (ACON). De uitsplitsing over de arrondissementen gebeurt naar rato van de bevolkingscijfers per arrondissement.

GOBO(I,M) = De conjunctuurinvesteringen: investeringen in woningen, openbare werken, scholen en ziekenhuizen... Berekend met behulp van de Nationale Rekeningen van België, "Bruto binnenlandse kapitaalvorming". De uitsplitsing over NVS-Hoofdstukken en de arrondissementen gebeurt met behulp van N.I.S.-statistieken over bouwnijverheid en huisvesting, en de bevolkingscijfers.

EXPI(I) = Export van het goed I, becijferd aan de hand van de BLEU-statistieken, gecorrigeerd voor de export van Luxemburg (STATEC-statistieken).

Het globale pakket overheidsuitgaven werd bewust gesplitst in de overheidsconsumptie en de zogenaamde infrastructuurinvesteringen in ondermeer wegeninfrastructuur, waterwerken, scholen ... Een dusdanige hergroepering stelt de economische karakteristieken van verschillende uitgavenrubrieken in het licht. Daarenboven heeft het een fundamenteel karakter: een verhoging van de investering in de uitbouw van de haven van Zeebrugge heeft een andere impact op de vervoerstromen, dan een gelijkaardige verhoging der overheidsaankopen van goederen en diensten.

De beschikbare data betreffende overheidsuitgaven zijn sterk geaggregeerd. Rekening houdend met het afgeleid karakter van de vervoersvraag wordt bij de berekening van de overheidsconsumptie abstractie gemaakt van een aantal uitgavenrubrieken (o.a. bezoldigingen en pensioenen). Bij de overblijvende lopende aankopen van goederen en diensten wordt aangenomen dat de overheid haar aankopen van consumptiegoederen op dezelfde wijze plant als de individuele consument (ACON(I)), en dat de uitgaven over de arrondissementen verdeeld worden naar rato van het aantal inwoners.

De infrastructuurinvesteringen van de overheid worden, samen met de investeringen in woongebouwen, ondergebracht onder het begrip conjunctuurinvesteringen. Vooral de overheid beschikt met dit soort investeringsuitgaven over een instrument dat de economie kan opvijzelen, alhoewel de flexibiliteit vermindert. Bij de opstelling van een begroting wordt men immers geconfronteerd met twee tegenstrijdige doelstellingen: enerzijds wil men de openbare financiën saneren, anderzijds poogt men in een periode van beperkte economische expansie de economie via de openbare uitgaven en meer bepaald de kapitaaluitgaven aan te zwengelen.

De gegevens van de nationale boekhouding vormen een zeer belangrijke informatiebron voor het bestuderen van dit soort investeringen. Het geaggregeerd karakter van dit cijfermateriaal maakt evenwel een toewijzing naar arrondissement en te vervoeren goederen afhankelijk van diverse veronderstellingen. Zo wordt allereerst aangenomen dat deze investeringen zich bevinden in de sfeer van de bouwnijverheid en de huisvesting. Het bedrag dat als dusdanig vastgelegd wordt geeft slechts indirect aanleiding tot goederenvervoer: de relatieve belangrijkheid van de verbruikte grondstoffen en produkten t.o.v. het totaal van de output bedraagt 26,3%. Indien aangenomen wordt dat 25% van de output der onderaannemingen ook betrekking heeft op grondstoffen en produkten komen we tot een belang van

31,5%.

De conjunctuurinvesteringen worden verondersteld gelijk te zijn per inwoner. Voor een verdere onderverdeling naar de verschillende goederencategorieën wordt eerst het procentuele aandeel van elke goederencategorie in de verbruikte grondstoffen en produkten van de bouwsector berekend. De bekomen verdeling wordt toegepast voor elk arrondissement.

#### 2.4. De industriële produktie

Vertrekkend van de vraag naar finale produkten minus de import wordt met behulp van technische coëfficiënten de totale produktie van elke industrie berekend. De totale produktie is per definitie gelijk aan de produktie van intermediaire goederen plus de produktie van finale produkten.

$$O(I) = \sum_J (INVER(I,J) \times (P(J) - IMP(J))) \quad (6)$$

$I, J = 1, \dots, 52$

waarin:  $O(I)$  = De totale output van industrie I.  
 $INVER(I,J)$  = De inverse matrix van  $(EENH(I,J) - COEFF(I,J))$   
 $EENH(I,J)$  = Een eenheidsmatrix (1 op de hoofddiagonaal)  
 $COEFF(I,J)$  = De matrix van de technische coëfficiënten, die de hoeveelheid van goed I aangeeft die nodig is om een eenheid van goed J te produceren.  
 (Berekend aan de hand van: Planbureau, "Input-output prognose 1975 en 80").  
 $IMP(I)$  = De import van het goed I, becijferd aan de hand van de BLEU-statistieken, gecorrigeerd voor de import van Luxemburg (STATEC-statistieken).  
 $P(J)$  = De totale finale vraag voor goed J.

Bij gebrek aan voldoende nauwkeurige gegevens en verdeelsleutels is het moeilijk cronologische reeksen van technische coëfficiënten samen te stellen. De technische coëfficiënten worden exogeen bepaald en hangen volledig af van de gebruikte produktiemethodes. Technologische vooruitgang of structurele wijzigingen (cfr. crisisperiode) leiden tot wijzigingen van de technische coëfficiënten.

De import wordt als exogeen beschouwd. Er wordt uitgegaan van een open economie zonder handelsbelemmeringen voor import en export. Het werken met ondermeer importquota's beïnvloedt immers ook de andere economische variabelen; een daling van de import van investeringsgoederen leidt tot een daling van het investeringsprogramma. Hieruit volgt een daling van de finale vraag naar binnenlandse produkten, met een daling van de binnenlandse industriële produktie. Op zijn beurt zal de importvraag naar intermediaire goederen dalen.



### 2.5. Het regionaal aanbod

De industriële produktie moet toegewezen worden aan de individuele regio's. Algemeen wordt aangenomen dat het regionaal aanbod afhangt van de verdeling van de output in de vorige periode (bij constante productiviteit per sector).

Op termijn echter zal de verdeling verschuiven in het voordeel van die regio's die efficiënter werken. KRESGE en ROBERTS {7,p.24} schrijven in dit verband: "A region's share of total output will be modified by its relative profitability". Dit sluit echter niet uit dat de overheid omwille van niet-economische redenen in een bepaalde regio een bepaalde industrie wil opbouwen (cfr. Feluy).

$$RA(I,M) = O(I) \times STRUC(I,M) \quad \begin{array}{l} I = 1, \dots, 52 \\ M = 1, \dots, 44 \end{array} \quad (8)$$

waarin:  $RA(I,M)$  = De regionale output van industrie I in regio M (regio 44 is het buitenland!)  
 Het aanbod van de externe regio is de import.  
 $STRUC(I,M)$  = De economische structuurtabel op basis van relatieve tewerkstellingscijfers voor industrie I in regio M.  
 (Bron: RSZ). Enkele opmerkingen:  
 - de som over de regio's = 1 voor elk goed I;  
 - de dimensie van STRUC is eigenlijk (43,56), maar wordt hier slechts gebruikt als een (43,52) matrix.

Impliciet wordt de veronderstelling gemaakt dat de produktie (output) per arbeider in een bepaalde industrietak constant is over de regio's. Toch geeft de structuurtabel een goede indicatie van de regionaal-economische structuur. Een sector die kapitaalintensief is, blijft kapitaalintensief in alle regio's. Het aantal sectoriële werknemers in een bepaalde regio geeft dan een idee van de belangrijkheid (binnen deze industrie) van de regio in het land.

### 2.6. De regionale vraag

De regionale vraag van een goed I is gelijk aan de vraag naar de eindprodukten plus de vraag naar de intermediaire produkten.

$$RV(I,M) = C(I,M) + F(I,M) + GOVIM(I,M) + GOBO(I,M) + \left( \sum_J COEFF(I,J) \times RA(J,M) \right) \quad \begin{array}{l} I, J = 1, \dots, 52 \\ M = 1, \dots, 43 \end{array} \quad (9)$$

waarin:  $RV(I,M)$  = De regionale vraag naar goed I in regio M. De Belgische export wordt beschouwd als de vraag door het buitenland (regio 44).

De factor voorraadvorming, in feite behorend tot de bruto binnenlandse kapitaalvorming, werd bewust uit het model gehouden. Voorraden worden

immers meestal op de plaats van produktie aangehouden. Als dusdanig beïnvloeden voorraadschommelingen de regionale vraag niet, evenmin als de goederenstromen.

### 2.7. Invoering van de prijsvector

De tot dusver bekomen goederenstromen zijn uitgedrukt in monetaire waarden. Om de hoeveelheid vervoerde goederen in ton te bekomen dient de regionale vraag en het regionaal aanbod gedeeld te worden door een prijsvector die voor elke goederencategorie I de gemiddelde prijs per ton weergeeft.

Meestal wordt onderscheid gemaakt tussen twee type's prijzen:

- producentenprijzen: de prijs in het produktiepunt
- aankooprijzen: de prijs in het verkooppunt, dus met inbegrip van de transportkost om het produkt van de producent naar de aankoper te verzenden.

Indien de prijsvector zou ingebracht worden bij het schatten van de componenten van de finale vraag zouden aankooprijzen moeten genomen worden. Vermits de prijsvector echter betrekking heeft op goederen van zowel de produktie- als de consumptiesector moet een prijsindicator opgesteld worden.

$$\text{RAT}(I,M) = \text{RA}(I,M)/\text{PRIJS}(I) \quad (10)$$

$$\text{RVT}(I,M) = \text{RV}(I,M)/\text{PRIJS}(I) \quad (11)$$

$$I = 1, \dots, 52$$

$$M = 1, \dots, 44$$

waarin:  $\text{PRIJS}(I)$  = De gemiddelde prijs per ton voor goederencategorie I. Berekend op basis van import- en exportgegevens, N.I.S., "Maandelijks bulletin over de buitenlandse handel van de BLEU".

$\text{RAT}(I,M)$  = De regionale output in ton van industrie I in regio M.

$\text{RVT}(I,M)$  = De regionale vraag in ton naar goed I in regio M.

### 2.8. Bepaling van de goederenstromen: de zuivere RAS-methode

Wat voorafging heeft in feite betrekking op het generatie-facet van het model. De output geeft een voorspelling van de randtotalen (de totale afvoer en de totale aanvoer van een regio) voor een matrix  $A_1(M,N,I)$  met de te voorspellen vervoerstromen  $X_1(M,N,I)$ . In een volgende stap (cfr. distributie-facet) dient een uitsplitsing van de aan- en afvoertotalen der regio's in afzonderlijke vervoerstromen van regio naar regio te gebeuren.

Zulke distributie kan op diverse manieren plaatsvinden. De deterministische benadering van KRESGE-ROBERTS {7,p.26} berekent de vervoerstromen met behulp van een potentiaalmodel. De resultaten worden per goed iteratief geajusteed tot de sommaties van de stromen aan de randtotalen voldoen. Een andere methode komt neer op het "transportprobleem" van KOOPMANS-

HITCHKOCK: van alle niet-negatieve vervoerstromen die sommeren tot de randtotalen wordt datgene weerhouden dat de geringste uitgave aan vervoerkosten meebrengt. Aangenomen wordt dat alle marktpartijen competitief optreden.

Om praktische redenen wordt in deze studie de voorkeur gegeven aan de zuivere RAS-methode. Men vertrekt per goederengroep van een matrix  $A(M,N,I)$  met voorlopig berekende vervoerstromen  $X(M,N,I)$  die nog niet sommeren tot de voorspelde randtotalen,  $RAT(I,M)$  en  $RVT(I,N)$ . Vervolgens worden correctiecoëfficiënten  $z(M)$  en  $s(N)$  bepaald zodanig dat de matrix  $A_1(M,N,I)$ , waarin  $X_1(M,N,I) = z(M) \times X(M,N,I) \times s(N)$ , gesommeerd over rijen en kolommen, de voorspelde randtotalen geeft. De correctiecoëfficiënten worden met een iteratieve methode berekend. Mathematisch werd bewezen dat er 1, en slecht 1, matrix  $A_1(M,N,I)$  bestaat, en dat de iteratieve techniek tot deze oplossing leidt (SLATER {10, p.47-58}).

In het stroommodel worden als voorlopig berekende vervoerstromen  $X(M,N,I)$  de in het basisjaar (1978) geobserveerde vervoerstromen genomen. Deze werkwijze heeft het voordeel dat in tegenstelling met het gravitatiemodel korte termijn predicties realiseerbaar zijn, met een minimale kost. De zuivere RAS-methode vergeleek met het kostenminimerend distributiemodel schrijft G. BLAUWENS {1,p.8-9}: "Predicties met behulp van de RAS-methode laat toe de systematische fout te vermijden die aggregatie en oncompetitief marktgedrag veroorzaken in een kostenminimerend distributiemodel. De vervoerstromen tijdens een basisjaar of een interactiefunctie die uit reële gegevens gescha' werd, bevatten inderdaad de invloed van heterogeniteit van de goederen en oncompetitief gedrag. Men veronderstelt deze fenomenen niet weg maar men neemt ze op in de uitgangsbasis van de RAS-methode. Dit betekent niet dat de predictiefouten met de RAS-methode noodzakelijk geringer zijn dan met kostenminimering, maar wel dat ze neutraler zijn".

## 2.9. Overzicht van de modelspecificatie

### 1. Private consumptie

#### 1.1. Consumptieuitgaven

$$\text{CONS}(M) = (A1 + (A2 \times \text{INFL})) \times Y(M)^{t-1}$$

#### 1.2. Vraag naar consumptiegoederen

$$C(I,M) = \text{ACON}(I) \times \text{CONS}(M)$$

### 2. Investeringsuitgaven

#### 2.1. Investeringsuitgaven

$$E(I,M) = \text{INVEB}(I,M) + \text{CINEX}(I,M)$$

#### 2.2. Vraag naar investeringsgoederen

$$F(I,M) = \sum_J (\text{BCOEF}(I,J) \times E(J,M))$$

### 3. Vraag naar finale produkten

$$P(I) = \sum_M (C(I,M) + F(I,M) + \text{GOVIM}(I,M) + \text{GOBO}(I,M)) + \text{EXPI}(I)$$

### 4. Industriële produktie

$$O(I) = \sum_J (\text{INVER}(I,J) \times (P(J) - \text{IMP}(J)))$$

### 5. Regionaal aanbod

$$\text{RA}(I,M) = O(I) \times \text{STRUC}(I,M)$$

### 6. Regionale vraag

$$\text{RV}(I,M) = C(I,M) + F(I,M) + \text{GOVIM}(I,M) + \text{GOBO}(I,M) + (\sum_J \text{COEFF}(I,J) \times \text{RA}(J,M))$$

### 7. Invoering van de prijsvector

$$\text{RAT}(I,M) = \text{RA}(I,M) / \text{PRIJS}(I)$$

$$\text{RVT}(I,M) = \text{RV}(I,M) / \text{PRIJS}(I)$$

### 8. Regionale flows

Bepaal met de RAS-methode per goederencategorie I de matrix  $A1(M,N,I)$

waarin  $X1(M,N,I) = z(M) \times X(M,N,I) \times s(N)$

met:  $\sum_M X1(M,N,I) = \text{RVT}(I,N)$

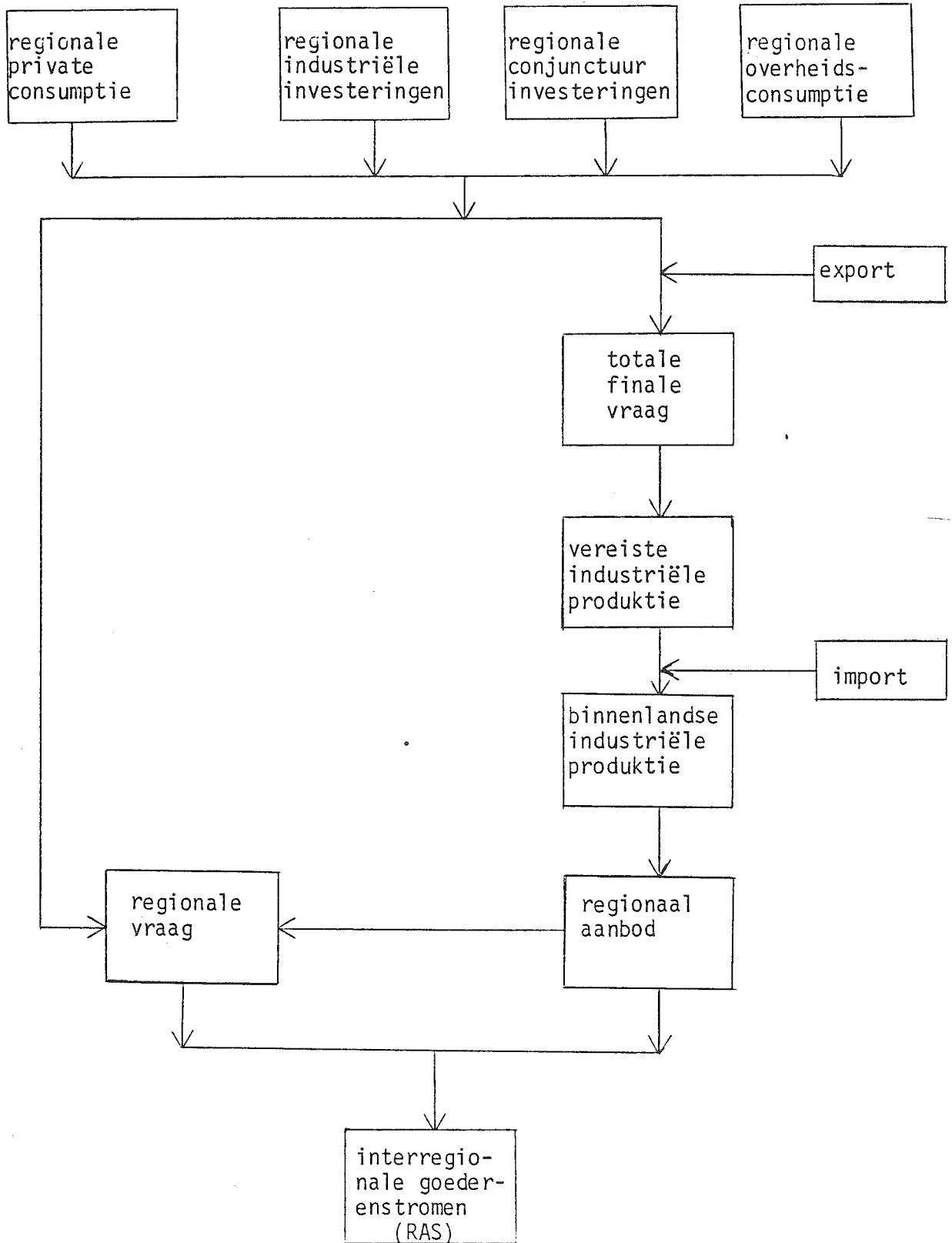
$$\sum_N X1(M,N,I) = \text{RAT}(I,M)$$

## 2.10. Verklaring van de symbolen in het stroommodel

- CONS(M) = De totale consumentenuitgaven in werkelijke prijzen in arrondissement M  
 A1 = De gemiddelde consumptiequote  
 A2 = Parameter die de consumentenreactie weergeeft op de inflatiegraad.  
 INFL = Maatstaf voor de inflatiegraad: stijgingspercentage van de index der kleinhandelsprijzen.  
 Y(M) = Het vertraagd beschikbaar inkomen in regio M (t-1) in werkelijke prijzen.  
 C(I,M) = De consumptie van een individueel goed I in regio M.  
 ACON(I) = Het aandeel van de consumentenuitgaven dat aan goed I gespendeerd wordt.  
 E(I,M) = Het bedrag aan investeringsuitgaven door sector I in arrondissement M.  
 INVEB(I,M) = Investeringsuitgaven van de in bedrijf zijnde vestigingen, sector I en arrondissement M  
 CINEX(I,M) = Exogene investeringen, investeringen in nieuw op te richten industriële vestigingen, sector I en arrondissement M.  
 F(I,M) = De totale investeringsvraag voor het binnenlands goed I in arrondissement M.  
 BCOEF(I,J) = Exogeen bepaalde technische kapitaalcoëfficiënten: de hoeveelheid van goed I vereist voor een eenheid investeringsuitgave door industrie J.  
 P(I) = De totale finale vraag voor goed I.  
 GOVIM(I,M) = De overheidsconsumptie voor goed I in regio M.  
 GOBO(I,M) = De conjunctuurinvesteringen  
 EXPI(I) = Export van het goed I.  
 O(I) = De totale output van industrie I.  
 INVER(I,J) = De inverse matrix van (EENH(I,J) - COEFF(I,J))  
 EENH(I,J) = De eenheidsmatrix (1 op de hoofd diagonaal)  
 COEFF(I,J) = De matrix van de technische coëfficiënten, die de hoeveelheid van goed I aangeeft die nodig is als input om een eenheid van goed J te produceren.  
 IMP(I) = De import van het goed I.  
 RA(I,M) = De regionale output van industrie I in regio M (regio 44 is het buitenland!)  
 STRUC(I,M) = De economische structuurtabel op basis van relatieve tewerkstellingscijfers voor industrie I in regio M.  
 RV(I,M) = De regionale vraag naar goed I in regio M. De Belgische export wordt beschouwd als de vraag door het buitenland (regio 44).  
 RAT(I,M) = De regionale output in ton van industrie I in regio M.  
 RVT(I,M) = De regionale vraag in ton naar goed I in regio M.  
 A(M,N,I) = Matrix die alle waargenomen goederenstromen X(M,N,I) bevat voor goederencategorie I.  
 A1(M,N,I) = Matrix van voorspelde goederenstromen X1(M,N,I).  
 X(M,N,I) = De waargenomen goederenstromen voor goed I van regio M naar regio N.  
 X1(M,N,I) = De voorspelde goederenstromen voor goed I van regio M naar regio N.

$z(M), s(N)$  = Correctiecoëfficiënten.

2.11. Structuur van het stroommodel



---

### Hoofdstuk 3 : Calibratie en evaluatie van simulatiemodellen

#### 3.1. Onderscheid calibratie-evaluatie

Calibreren wordt gedefinieerd als zijnde het aanpassen van de modelstructuur en de modelparameters op zulke wijze dat een bepaald economisch systeem op een nauwkeurige wijze weergegeven wordt. "Nauwkeurigheid" blijft echter een subjectief begrip en hangt vooral af van de onderzochte probleemstelling. Een juiste weergave van elke gesimuleerde variabele is echter een theoretisch concept dat in de praktijk niet haalbaar blijkt. Het stroommodel zal daarom zodanig gecalibreerd worden dat de belangrijkste variabelen van de economische (transport) activiteit (o.a. industriële productie, prijs,...) zo goed mogelijk gereproduceerd worden.

Net als het calibreren is de evaluatie van modellen gebaseerd op de bekwaamheid van een model om een set geobserveerde outputs te genereren vertrekkend van een gegeven set geobserveerde inputs. Terwijl calibreren beperkt blijft tot het schatten van de parameters komt evalueren neer op het testen van de statistische betekenis van de schattingen, m.a.w. het beoordelen van de statistische prestatie van het model. Evalueren gebeurt bij voorkeur op data die niet gebruikt werden bij de modelformulering en het schatten van de parameters (cfr. dual sample techniek).

WILSON {15, p.33} stelt dat het calibreren en testen van modellen nauw met elkaar verbonden zijn: "Calibration involves estimating any parameters of the model in such a way as to get the best fit between model prediction and the data representing the real world; testing involves deciding whether such fits are good ones. The two are closely related because it is common to calibrate by maximizing appropriate indicators of goodness-of-fit".

Het toepassen van een simulatiemodel op om het even welk planningsprobleem bestaat ruw genomen uit drie stappen: calibratie van het model aan data en ervaring, specificatie van de alternatieve strategieën of plannen die getest moeten worden, evaluatie. Het testen en evalueren kan volgens TAYLOR {11, p.159-173} echter nog gedetailleerder op volgende vier niveau's gebeuren:

- rationeel onderzoek van de modelstructuur
- bepaling van de modelparameters
- verificatie van de nauwkeurigheid van het gecalibreerd model
- bepaling van het toepasbaarheidsveld van het model

#### 3.1.1. Modelstructuur :

Een kritisch onderzoek van de structuur en de componenten van het model zal tot de eliminatie leiden van fouten in de modelspecificatie en -ontwikkeling.

### 3.1.2. Bepaling der parameters :

Voor de selectie van de beste waarden voor de modelparameters (d.i. calibratie) worden twee belangrijke procedures weerhouden: rationale technieken die de directe meting van een parameter inhouden, en indirecte technieken waarbij parameterwaarden afgeleid worden door de vergelijking van modeloutputs en geobserveerde outputs.

De rationale techniek laat toe de parameterwaarden als exogene inputs in het model in te brengen. De indirecte technieken vereisen het gebruik van het model zelf om de parameterwaarden te voorspellen. Beide technieken dienen echter die parameters op te leveren die de verschillen tussen de geobserveerde outputs en de modeloutput minimaliseren.

### 3.1.3. Evaluatie van het gecalibreerd model :

Een zorgvuldige evaluatie vereist de toepassing van een gecalibreerd model op een dataset onafhankelijk van de dataset die gebruikt werd bij de calibratie (bv. dual-sample testing). De vergelijking der resultaten uit beide datasets laten conclusies toe betreffende de representativiteit der modelparameters en de sensitiviteit van het gecalibreerd model op inputwijzigingen.

### 3.1.4. Toepasbaarheidsveld :

Met behulp van de beschikbare informatie uit de vorige stappen worden de situaties geïdentificeerd waarin een bepaald model toepasbaar is. Minimale vertrekbasis vormt het specificeren van de voorwaarden waaronder het model werd getest en geëvalueerd.

## 3.2. Calibratie en evaluatie van het stroommodel

Het principe van modelcalibratie bestaat uit het bepalen van de modelparameters op zulke wijze dat een of meerdere goodness-of-fit statistieken geoptimaliseerd worden. Op dat vlak stelt zich een dubbel probleem: enerzijds het bepalen van de modelparameters, anderzijds de constructie van geschikte statistische tests ter beoordeling van de significantie der coëfficiënten. Het calibreren van een model op waargenomen data vormt een leerproces dat cumulatief, intuïtief en op ervaring gebaseerd is. Men moet ontdekken op welke wijze een specifiek economisch systeem reageert op wijzigingen in ofwel data-inputs ofwel veronderstelde parameters.

Modelevaluatie betekent een beoordeling van de doeltreffendheid van het ontwikkeld model, enerzijds in het weergeven van geobserveerde data, anderzijds in vergelijking met alternatieve technieken. WILSON {14, p.343-345} formuleert het als volgt: "Model validation in this context is concerned with the evaluation of the accuracy of the models which arise from the calibration procedure".

In wat volgt zal meer aandacht besteed worden aan de calibratie dan aan het



testen. Gezien calibreren echter de berekening van goodness-of-fit parameters met zich brengt, met de evaluatie van de beste fit, vormt dit een kleine beperking.

### 3.2.1. Goodness-of-fit statistieken :

Diverse goodness-of-fit statistieken zijn bruikbaar bij de calibratie en evaluatie van modellen. Vrijwel steeds wordt vertrokken van de hypothese dat voor elk goed I de afwijking tussen de geobserveerde waarden  $X(M,N,I)$  en de modelpredicties  $X_1(M,N,I)$  minimaal is.

De eenvoudigste maatstaf tracht de som van de kwadraten van de verschillen te minimaliseren. Ze sluit nauw aan bij de zogenaamde Root-Mean-Square (RMS)-test, niet een test als dusdanig maar wel een maatstaf gebaseerd op Euclidische afstand.

$$\min ( S = \sum_M \sum_N (X(M,N,I) - X_1(M,N,I))^2 ) \quad (1)$$

Aan de bekomen waarden kunnen geen significantieniveaus verbonden worden. Daarenboven bestaat grote sensitiviteit bij grote afwijkingen van het gemiddelde. Een alternatieve maatstaf die deze sensitiviteit neutraliseert wordt gedefinieerd als:

$$\min ( S = \sum_M \sum_N [(X(M,N,I) - X_1(M,N,I)) / X_1(M,N,I)]^2 ) \quad (2)$$

Een andere procedure voor directe vergelijking betreft de regressie van geobserveerde output naar de modeloutput met bv. volgend model:

$$X(M,N,I) = a + b \cdot X_1(M,N,I) \quad (3)$$

waarbij de verwachte waarden van  $a$  en  $b$  respectievelijk 0 en 1 zijn. Afwijkingen van deze resultaten wijzen op een verslechterende modelsituatie, en de waargenomen waarden kunnen een indicatie geven van een systematische vertekening in het model.

Een dimensieloze associatiemaatstaf tussen de geobserveerde output en de modeloutput wordt geboden door:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_M \sum_N (X_1(M,N,I) - X(M,N,I))^2}{\sum_M \sum_N [X(M,N,I) - (1/n) \sum_{MN} X(M,N,I)]^2} \quad (4)$$

waarin:  $R^2$  = de variantie die verklaard wordt door het model  
 $n$  = aantal variabelen

De maatstaf  $R^2$  varieert tussen 0 (slecht) en 1 (exacte overeenkomst). Deze maatstaf sluit aan bij de door AITKEN (1973) geconstrueerde "coefficient of efficiency", gebruikt bij het testen van systematische fouten. Calibreren veronderstelt het vinden van die modelparameters die  $R^2$  maximaliseren.

De ongelijkheidscoëfficiënt van THEIL gaat een stap verder:

$$TH = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_M \sum_N (X1(M,N) - X(M,N))^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_M \sum_N X1(M,N)^2 + \frac{1}{n} \sum_M \sum_N X(M,N)^2}} \quad (5)$$

Bij perfecte voorspelling is TH nul, een zeer slechte voorspelling geeft TH = 1.

Bovenstaande ongelijkheidscoëfficiënt geeft echter niet steeds een exacte evaluatie van voorspellingen (Cfr. MADDALA (6, p.346)).

Daarom herwerkte THEIL (12, p.28) zijn ongelijkheidscoëfficiënt tot:

$$TH1 = \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_M \sum_N (X1(M,N) - X(M,N))^2}{\frac{1}{n} \sum_M \sum_N X(M,N)^2}} \quad (6)$$

Een perfecte voorspelling betekent ook nu dat TH1 nul is. TH1 heeft geen bovengrens.

De teller van TH1 kan als volgt ontbonden worden:

$$\frac{1}{n} \sum_M \sum_N (X1(M,N) - X(M,N))^2 = (\bar{X1} - \bar{X})^2 + (S1 - S)^2 + 2(1-r)S1.S \quad (7)$$

waarin: $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_M \sum_N X(M,N) \quad (8)$	$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_M \sum_N (X(M,N) - \bar{X})^2} \quad (10)$
$\bar{X1} = \frac{1}{n} \sum_M \sum_N X1(M,N) \quad (9)$	$S1 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_M \sum_N (X1(M,N) - \bar{X1})^2} \quad (11)$
$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_M \sum_N (X1(M,N) - \bar{X1})(X(M,N) - \bar{X})}{S1.S} \quad (12)$	

Vermits bij perfecte voorspelling TH1 nul is, moeten de drie elementen in het rechterlid van (7) ook nul zijn. (Cfr BUTLER e.a. (2, p. 608-609))

.  $(\bar{X1} - \bar{X})^2$  is slechts nul als de gemiddelden van de voorspelde en de actuele waarden gelijk zijn. Het geeft de vertekening (bias) in de voorspellingen: "It gives the average tendency of the forecasts to be either underestimates or overestimates".

.  $(S1 - S)^2$  is slechts nul als de standaardafwijkingen van de actuele en de voorspelde waarden gelijk zijn: "The existence of this type of error suggests that the forecasts are either too sensitive (if S1>S) or not sensitive enough (if S > S1) to changes in the underlying causal variables."

. De derde term,  $2(1-r).S1.S$  is nul indien  $r=1$ , d.w.z. wanneer er een preciese en positieve relatie tussen de actuele en voorspelde waarden bestaat: "It gives the error due to the lack of perfect correlation of actual and predicted values. It may exist either because there are random elements in the actual observations that cannot be forecast, or it may exist because the forecasting model is flawed."

### 3.2.2. Dataproblemen :

Het calibreren en evalueren van wiskundige transportmodellen moet ondermeer toelaten te ontdekken onder welke voorwaarden een model op een nuttige wijze kan toegepast worden, en welke de aanvaardbare waarden van de modelparameters zijn. Dit is zeker het geval voor beschrijvende simulatiemodellen waarin de schatting van parameters en de modevaluatie gebaseerd zijn op de bekwaamheid met het model een set geobserveerde outputs te simuleren vertrekkend vanuit een set geobserveerde inputs.

De studie van het evalueren van simulatiemodellen, gecalibreerd op geobserveerde data, is nog niet ver gevorderd. M. TAYLOR {11, p.159} heeft het hieromtrent over een ruw kader: "The framework is offered as an initial stage of a rigorous model evaluation methodology to be developed in the future".

Bij het calibreren van een simulatiemodel is het belangrijk zoveel mogelijk gebruik te maken van de beschikbare data, in hun meest gedesaggreerde vorm. Een bruikbaar simulatiemodel wordt verondersteld de data te kunnen simuleren waarmee het gecalibreerd werd. Een evaluatie van het model die slechts gebaseerd is op deze data is daarom een ontoereikende test van de bruikbaarheid van het model en zijn parameters.

Dit probleem is eenvoudig oplosbaar via een zogenaamde "dual sampling scheme". Het principe bestaat uit de calibratie van het model op een eerste dataset, en de evaluatie van het gecalibreerd model door toepassing op een tweede (verschillende) dataset. Het proces kan omgekeerd worden: bepalen van de beste parameters op de tweede dataset, met een evaluatie van deze parameters op de eerste dataset.

### 3.2.3. Voorspellingsfouten :

Fouten kunnen geassocieerd worden hetzij met de input-data hetzij met het model zelf, en worden meestal in drie categorieën onderscheiden:

- input-voorspellingsfouten: nauwkeurige voorspelling van inputvariabelen is niet steeds haalbaar
- specificatiefouten: de modelspecificatie kan foutief zijn, of sommige verklarende variabelen werden uitgesloten
- schattingsfouten: de coëfficiënten werden onnauwkeurig geschat tengevolge van foutieve calibratie-procedures, of fouten geassocieerd aan de data.

### 3.2.4. Gevolgde werkwijze :

#### 3.2.4.1. Calibratie :

Het calibreren van het stroommodel moet leiden tot een zo goed mogelijke weergave van de goederenstromen (basisjaar 1978), met een desaggregatie naar 52 goederengroepen en 43 arrondissementen (+ buitenland). Calibreren gebeurt op een dubbel vlak. In het generatiedeel zal vooral gewerkt worden met de industriële produktie en de prijsvector om de randtotalen optimaal te simuleren. Aangezien voor de calibratieperiode de import en export steeds exogeen gelijk gesteld worden aan het geobserveerde niveau worden ze

uitgesloten bij het calibratieproces. Vermits de matrix der goederenstromen aan de randtotalen moet voldoen kan de zuivere RAS-techniek ook beschouwd worden als een middel tot calibratie.

Calibreren vereist, net als de originele modellisatie, willekeur en kunst. KRESGE en ROBERTS schrijven hieromtrent {7, p.99}: "Whereas modeling is the art of building into the structure of the replicating mechanism only that detail which is needed, the calibration process is the selection of parameters that will make the model replicate the history of the original process as faithfully as possible".

Een model calibreren blijft van nature een nooit voltooide taak. Altijd bestaan er mogelijkheden tot wijzigingen die de calibratie verbeteren. Elk model blijft echter een benadering van de werkelijkheid en leidt niet automatisch tot een antwoord op alle mogelijke problemen. Toch biedt het stroommodel in zijn huidige vorm de mogelijkheid een groot aantal transportbeleidsvragen te analyseren.

#### 3.2.4.2. Evaluatie :

Met het oog op het testen van het model wordt de RAS-methode toegepast op de waargenomen stromen van 1978 ( $X(M,N)$ ), met als randtotalen de geobserveerde totalen van 1977. Omwille van de beschikbaarheid van de data werd de test beperkt tot het weg- en binnenvaartvervoer, dus zonder het spoorvervoer. De correlatiecoëfficiënt, de ongelijkheidscoëfficiënt van THEIL en de AITKEN-maatstaf geven een indicatie van de waarde van het stroommodel als voorspeller van goederenstromen.

De gevolgde werkwijze is verantwoord door het feit dat voor prognosedoeleinden de matrix  $X(M,N)$  steeds geëxtrapoleerd wordt naar andere randtotalen. Het testen naar de geobserveerde randtotalen voor 1977 staat volledig los van het stroommodel. De methode is als dusdanig een efficiënte test op eventuele fouten in specificatie of schatting van het model.

De resultaten van de test, samengebracht in tabel 4, laten toe de volgende besluiten te trekken:

- . Op uitzondering van de categorieën levende dieren (NVS 01) en aardappelen (NVS 03) ligt de correlatiecoëfficiënt steeds boven 0,8, voor 41 goederengroepen zelfs boven 0,9. Er bestaat dus een vrij preciese en positieve relatie tussen de actuele en voorspelde waarden.
- . De efficiëntiecoëfficiënt van AITKEN en de ongelijkheidscoëfficiënt van THEIL bevestigen de resultaten van de correlatiecoëfficiënt. De grootste fractie van de ongelijkheidscoëfficiënt is toewijsbaar aan co-variantie. De evaluatie van het gecalibreerd model door toepassing op een tweede dataset bevestigt de bruikbaarheid van het stroommodel als voorspeller van goederenstromen, vooral op korte termijn.
- . In 1977 werden voor goederencategorie NVS 41 (aluminiumoxyde, aluminiumhydroxyde) onvoldoende vervoerbewegingen geobserveerd, zodat de test niet kon worden toegepast.

Tabel 4: Evaluatie van het stroommodel

	NVSCorrelatie- coefficient	Ongelijkheids- coefficient van THEIL	Fractie toewijsbaar aan			AITKEN
			vertekening	variantie	co-variantie	
01	.693	.716	.000	.051	.949	.460
02	.989	.149	.000	.004	.996	.977
03	.705	.740	.000	.002	.998	.428
04	.893	.465	.000	.011	.989	.773
05	.961	.275	.000	.010	.990	.923
06	.953	.301	.000	.000	1.000	.905
07	.906	.433	.000	.000	1.000	.810
08	.835	.556	.000	.004	.996	.681
09	.823	.578	.000	.009	.991	.662
10	.981	.192	.000	.000	1.000	.962
11	.954	.322	.000	.276	.724	.894
12	.969	.244	.000	.016	.984	.938
13	.935	.355	.000	.000	1.000	.871
14	.981	.193	.000	.006	.994	.961
15	.987	.167	.000	.031	.969	.972
16	.950	.318	.000	.003	.997	.897
17	.964	.265	.000	.023	.977	.930
18	.953	.304	.000	.075	.925	.907
19	.980	.200	.003	.001	.996	.960
20	.997	.073	.000	.002	.998	.995
21	.980	.200	.000	.004	.996	.960
22	.900	.434	.000	.080	.919	.810
23	.687	.165	.000	.111	.889	.973
24	.986	.171	.000	.004	.996	.971
25	.959	.282	.000	.019	.981	.920
26	.812	.584	.000	.157	.843	.657
27	.986	.164	.000	.032	.968	.973
28	.997	.077	.000	.057	.943	.994
29	.996	.087	.000	.013	.987	.992
30	.941	.336	.000	.020	.980	.886
31	.985	.183	.000	.151	.849	.966
32	.990	.137	.000	.025	.975	.981
33	.980	.200	.000	.021	.979	.960
34	.995	.107	.000	.124	.876	.988
35	.981	.191	.000	.000	1.000	.963
36	.819	.588	.000	.004	.996	.651
37	.989	.146	.000	.008	.992	.978
38	.983	.180	.000	.034	.966	.967
39	.986	.172	.000	.017	.983	.970
40	.991	.144	.000	.143	.857	.979
42	.964	.271	.001	.004	.996	.926
43	.975	.233	.000	.038	.962	.945
44	.976	.217	.000	.001	.999	.953
45	.877	.477	.000	.118	.882	.768
46	.863	.513	.000	.005	.995	.735
47	.978	.234	.000	.296	.704	.945
48	.972	.236	.000	.003	.997	.944
49	.991	.134	.000	.070	.930	.982
50	.805	.600	.000	.004	.996	.624
51	.964	.276	.000	.198	.802	.922
52	.984	.202	.000	.292	.708	.959

---

#### Hoofdstuk 4 : Toepassing van het stroommodel

Toepassing van het stroommodel op de relatie Antwerpen-Zeebrugge.

Het uiteindelijke doel van de modellisatie van de vraag naar goederenvervoer is een degelijke voorbereiding van het besluitvormingsproces van de overheid. Verantwoorde beslissingen op het gebied van het goederenvervoer vereisen immers een grondige kennis van de onderliggende vervoersector, en een inzicht in de samenhang tussen de vervoersector en de rest van de economie.

Ter illustratie van de bruikbaarheid van het stroommodel worden de gevolgen gesimuleerd van een verdere uitbouw van de haven van Zeebrugge. Het gaat hier slechts om een oefening om de toepasbaarheid van het model na te gaan. Bij de interpretatie van de resultaten dient wel rekening gehouden te worden met de gemaakte hypothesen, die een voorwaardelijk karakter hebben. De simulatieresultaten vormen dan een eerste output van een globaal transport-energiemodel dat drie gebruiksmogelijkheden biedt: het maken van goederenvervoerprognoses op middellange en lange termijn, het nagaan van de gevolgen van beleidsalternatieven op vervoerspolitiek gebied, het bepalen van de vraag naar energie.

##### 4.1. Het nationale havenbeleid: situatieschets

Tegen het bestaande nationale havenbeleid wordt de laatste jaren vrij veel oppositie gevoerd. De recente beslissing van de Belgische regering in de voorhaven van Zeebrugge een 1750-meter lange strekdam te bouwen, de maximale voorziene oplossing, deed die oppositie echter sterk toenemen. De andere havens, met Antwerpen als belangrijkste woordvoerder, vrezen dat de verdere uitbouw van Zeebrugge in de toekomst alle beschikbare budgettaire kredieten zal opslorpen.

De begroting 1981 voorziet een recordbedrag van 14,125 miljard BF. voor de havenuitbouw en de verbetering van de toegangswegen tot die havens. In 1970, toen ondermeer gestart werd met de uitbouw van Zeebrugge, werd voor haveninvesteringen slechts 2 miljard vastgelegd. Van de havenbegroting voor 1981 gaat echter bijna 60% naar Zeebrugge, een inspanning die men minstens tot 1985 wil doorzetten. Vraag is of zulke investeringspolitiek de vitale belangen van de andere havens niet in negatieve zin gaat beïnvloeden.

De havenautoriteiten van Antwerpen vrezen dat de voorziene of aan de gang zijnde werken, zowel in de haven zelf als langs de verbindingswaterwegen met het hinterland, in het gedrang komen: het 48-voetprogramma ter verdieping van de toelaatbare diepte voor zeeschepen, de bouw van de zeesluis te Berendrecht (kostprijs: 6,7 miljard), uitbreiding van de radarketen op de Schelde, de aanleg van het Baalhoekkanaal ter valorisatie van de haveninvesteringen op de linker Schelde-oever. Secundaire havens (bv. Luik) beginnen zich ook te roeren en eisen op hun beurt een prioritaire aanpak van hun infrastructuurwerken.

Wanneer elke haven de verwezenlijking eist van zijn zogenaamde prioritaire investeringen kan dat wel voor budgettaire problemen zorgen: In de werkgroep "planning" van de nationale havencommissie, waar een vijfjarenprogramma wordt opgesteld, berekende men dat op basis van de

voorstellen der afzonderlijke havens ongeveer 134 miljard zou nodig zijn. De meest optimistische vooruitzichten stellen slechts 78,5 miljard ter beschikking voor die periode (bron: UNIMAR).

Belangrijk punt in de discussie vormt de vraag of de havens van Antwerpen en Zeebrugge al dan niet complementair zijn. De Antwerpse havenautoriteiten vrezen dat na de voorhaven ook de achterhaven zal uitgebouwd worden, met mogelijke trafiekafleiding ten nadele van Antwerpen tot gevolg. Op dat ogenblik kan de havenvrede wel in het gedrang komen. Een binnenlandse concurrentieslag, zonder aangroei van de bestaande trafieken, verarmt echter beide havens, en de Belgische gemeenschap. Daarom moet in de eerste plaats gestreefd worden naar een evenwicht van het nationaal havenbeleid ter stimulering van dynamische havenactiviteiten in alle havens. De impact op factoren zoals tewerkstelling en beschikbaar inkomen is immers zeer groot.

#### 4.2. Scenario

Vertrekkend van onderstaand scenario wordt met het stroommodel de impact op de goederenvervoerstromen gesimuleerd. Vermits het model gecalibreerd werd op data van 1978 wordt de simulatie op de data van hetzelfde jaar uitgevoerd.

Als basishypothese wordt gesteld dat de overheid in 1978 voor de verdere uitbouw van Zeebrugge voor 10 miljard investeringen laat uitvoeren, dit ten nadele van de Antwerpse haven. Verder wordt als hypothese aangenomen dat tengevolge van deze overheidspolitiek er een verschuiving plaatsgrijpt van de helft der maritieme aan- en afvoer en een verschuiving van de helft der privé-investeringen, steeds van Antwerpen naar Zeebrugge. Verschuivingen in investeringen leiden in een eerste fase tot een verschuiving van het goederenaanbod met 10% (cfr. industriële produktie). Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen goederensoorten (bv. stukgoed-stortgoed).

Een deel (31,5%) (zie p.11) van de overheids-conjunctuurinvesteringen voor Zeebrugge geeft aanleiding tot aanvullend goederenvervoer, vooral van bouwmaterialen. Een ander belangrijk deel gaat naar personeelsuitgaven. Abstractie gemaakt van de sociale lasten der werklieden en bedienden bedragen de personeelsuitgaven 25,3% van het investeringsbedrag. Aangenomen wordt dat er een migratie van (gespecialiseerde) arbeidskrachten plaatsgrijpt, wat het totale beschikbare inkomen in het arrondissement Brugge verhoogt ten nadele van Antwerpen.

Impliciet wordt aangenomen dat geen nieuwe trafieken worden aangetrokken. Aangezien de verschuivingen ten voordele van Zeebrugge steeds beschouwd worden als komende van Antwerpen is er slechts een impact op de goederenstromen tussen beide arrondissementen en de rest van het land (+buitenland), samen goed voor 172 relaties.

De simulatieresultaten, het effect op de binnenlandse goederenstromen tengevolge van een havenpolitiek ten voordele van Zeebrugge, worden verder gebruikt om het effect op het binnenlands energieverbruik te onderzoeken. Daartoe worden een aantal aanvullende stappen toegepast op zowel de basismatrix van 1978 als op de simulatieresultaten.

Per relatie worden voor de voorspelde goederenstromen (van 1978) de modale aandelen berekend. Deze aandelen worden constant verondersteld. In een volgende stap worden per modus afstandstabellen geconstrueerd. Vermenigvuldiging van deze tabellen met de goederenstromen per modus in ton geeft de stromen per modus in tonkilometer. Op basis van een studie van het energieverbruik in het goederenvervoer wordt vervolgens een energieverbruikstabel geconstrueerd, rekening houdend met de afstand (weg) en het maximum toegelaten laadvermogen (binnenvaart) per relatie (cfr. VAN DE VOORDE en GOEGEBEUR, {13, p.13}):

		<u>KJ/tkm</u>
wegvervoer:	afstand:	
	< 50 km:	3192
	50-150 km:	2502
	> 150 km:	1675
binnenvaart:	laadvermogen:	
	300 ton:	1111
	600 ton:	850
	1000 ton:	822
	2000 ton:	702
spoorvervoer:	gemiddeld:	841

Vermenigvuldiging van de energieverbruikscijfers en het aantal tonkilometers per relatie geeft tenslotte het globale energieverbruik. Vergelijking van het basisverbruik in 1978 en het verbruik na simulatie van het scenario geeft de wijziging in het energieverbruik. Het energieverbruik verbonden met het containervervoer (enkel spoorvervoer) werd afzonderlijk berekend. Hiervoor werd een verschuiving van 50% van de trafieken verondersteld.

#### 4.3. Empirische resultaten

Tabel 5 geeft per goederencategorie en per modus het energieverbruik weer voor het basismodel van 1978, tabel 6 voor het scenario. Uit deze tabellen kunnen een aantal essentiële zaken gehaald worden:

. In een vroegere studie werd het aandeel geschat van de goederenvervoersector in het globale energieverbruik van de transportsector: 17,7% tot 22,1%, wat overeenkomt met 37708 TJ tot 47197 TJ {13, p.13}. Voor Antwerpen en Zeebrugge samen bedraagt het energieverbruik veroorzaakt door in- en uitgaand transport 19463 TJ, 51,6% tot 41,2% van het totale binnenlands verbruik. Dit bewijst eens te meer de belangrijkheid van beide havens als groeipolen voor de nationale economie.

Uitgesplitst per modus geeft dat volgend beeld:



Tabel 7: Energieverbruik per modus

Modus	Energieverbruik voor 1978 (TJ)		
	totaal	Antw-Zeebr	aandeel(%)
wegvervoer	33202(*)	15701	47,3
spoorvervoer	5037	559	11,1
binnenvaart	4214	3202	75,9

(\*) gemiddelde van hypothese 1 en 2 {13, p.14}.

Dat de binnenvaart sterk geconcentreerd is op vervoer van en naar de havens is normaal, opvallend is het beperkt aandeel van het spoor in het energieverbruik op de relaties met de beide havens.

Een verschuiving van de investeringspolitiek zoals in het scenario beschreven betekent een verhoging van de binnenlandse energieconsumptie met 5,8% (19463 TJ naar 20600 TJ), niettegenstaande de totaal te vervoeren tonnage constant bleef verondersteld.

Het aantal tonkilometer stijgt evenwel omwille van gemiddeld langere afstanden tussen Zeebrugge en het hinterland in vergelijking met Antwerpen, en zekere infrastructuurbependingen. Het kanaal Gent-Brugge, voor Zeebrugge een cruciale verbinding met de rest van het land, is maar toegankelijk voor schepen tot 600 ton. Het aanwenden van kleinere schepen betekent echter ook hogere energieverbruikscijfers per tonkilometer.

Opmerkelijk is dat het energieverbruik van de binnenvaart en de spoorwegen quasi constant blijft, dat van het wegvervoer vrij fors omhoog gaat. Vermits vanuit Zeebrugge het vervoer per schip meestal over kleinere waterwegen verloopt, met een hoger energieverbruik als gevolg, is het aandeel van de binnenvaart in de globale Belgische tonnage dus iets gedaald. Dat verlies wordt opgeslorpt door het wegvervoer.

De verhoging van het binnenlands energieverbruik kan mogelijk iets verminderd worden door een lager energieverbruik bij de maritieme aan- en afvoer via Zeebrugge (cfr. toegang tot Antwerpen langs de Schelde). Dit effect werd vooralsnog niet onderzocht.

Voor de meeste goederencategorieën vereist het vervoer na de verschuiving tussen Antwerpen en Zeebrugge een groter energieverbruik. Dit heeft hoofdzakelijk te maken met het localisatie- en distributieproces. Voor een aantal groepen is deze verbruiksstijging enorm:

NVS 20 (brandstoffen)	stijgt met	263.9 TJ
28 (staalstaven)		222.0
29 (staalplaten)		153.2
40 (chem. basisprodukten)		293.6

Het model simuleerde het effect van een verschuiving zonder onderscheid naar goederencategorie (dezelfde hypothesen voor alle soorten goederen). Het hoeft geen betoog dat bepaalde beslissingen die deze hypothese doorbreken ook de simulatieresultaten kunnen beïnvloeden.

Tabel 5: Energieverbruik (TJ) Basismodel van 1978

NVS	Wegvervoer	Binnenvaart	Spoor	Totaal
01	67.728	.000	0.340	68.069
02	179.252	117.509	22.733	319.495
03	91.558	0.189	0.367	92.115
04	199.313	1.116	1.061	201.491
05	183.221	1.549	0.188	184.958
06	260.637	13.736	0.647	275.022
07	2.398	0.000	0.000	2.398
08	103.503	2.937	0.859	107.300
09	45.751	11.759	1.223	58.734
10	330.939	0.271	0.348	331.559
11	407.082	2.171	0.760	410.014
12	493.321	0.639	0.876	494.836
13	204.095	26.031	0.797	230.924
14	444.486	118.664	8.831	571.982
15	105.107	45.061	0.038	150.208
16	129.236	128.482	53.937	311.656
17	2.554	0.015	0.001	2.570
18	7.403	38.701	32.732	78.836
19	7.001	1.029	0.021	8.051
20	643.831	835.830	107.563	1587.224
21	122.867	21.023	23.202	167.093
22	112.967	7.446	1.545	121.950
23	10.514	87.321	0.434	98.258
24	32.443	65.026	0.781	98.251
25	238.380	30.973	5.795	275.149
26	203.063	0.565	0.003	203.631
27	81.665	64.923	5.349	151.939
28	296.562	151.321	13.670	461.554
29	143.745	132.329	3.545	279.619
30	91.488	9.988	1.755	103.232
31	143.159	30.770	1.146	175.077
32	952.652	328.409	0.388	1281.450
33	11.923	42.126	0.123	54.173
34	2937.164	286.061	16.275	3239.500
35	257.407	39.227	1.811	298.446
36	80.258	1.252	0.017	81.529
37	1064.440	4.183	0.201	1068.824
38	152.151	26.875	7.149	186.176
39	63.746	60.576	22.015	146.338
40	1044.899	327.254	61.045	1433.198
41	.000	.000	0.014	0.014
42	.000	8.715	1.779	10.494
43	62.254	28.294	0.160	90.709
44	507.216	22.233	28.613	558.063
45	510.119	6.236	41.258	557.614
46	91.071	1.318	7.248	99.638
47	373.125	3.637	3.416	380.179
48	247.856	2.224	0.853	250.934
49	155.850	0.582	7.168	163.601
50	151.010	0.171	0.420	151.602
51	714.503	6.204	1.174	721.883
52	938.225	59.161	36.828	1034.215
53	.000	.000	30.765	30.765
TOT	15701.132	3202.119	559.327	19462.550

Tabel 6: Energieverbruik (TJ) Scenario Zeebrugge 1978

NVS	Wegvervoer	Binnenvaart	Spoor	Totaal
01	66.072	.000	0.309	66.382
02	196.831	137.268	18.717	352.817
03	96.337	0.176	0.323	96.837
04	219.749	0.925	1.088	221.763
05	186.332	1.142	0.256	187.731
06	288.102	9.023	0.516	297.641
07	2.372	0.000	0.000	2.372
08	107.098	2.612	0.791	110.503
09	49.709	7.217	0.951	57.878
10	330.340	0.279	0.360	330.980
11	403.313	2.072	0.713	406.099
12	491.227	0.577	0.799	492.603
13	237.888	26.794	0.646	265.329
14	455.790	113.003	8.146	576.940
15	90.307	28.688	0.253	119.249
16	201.451	58.196	36.218	295.867
17	2.859	0.011	0.001	2.871
18	7.089	36.263	42.284	85.637
19	6.301	0.926	0.019	7.246
20	822.593	929.967	98.597	1851.158
21	138.351	19.618	21.572	179.541
22	89.202	3.969	1.751	94.923
23	9.463	78.589	0.381	88.432
24	26.557	60.354	0.721	87.632
25	238.167	30.184	7.315	275.666
26	221.662	0.292	0.002	221.955
27	117.350	46.037	5.870	169.257
28	545.067	87.777	50.747	683.591
29	334.211	85.086	13.550	432.848
30	99.948	6.960	1.760	108.667
31	154.917	22.060	0.866	177.844
32	967.688	224.885	0.388	1192.959
33	23.318	32.501	0.115	55.934
34	2908.850	249.996	14.166	3173.010
35	292.102	27.290	2.601	321.993
36	73.693	1.041	0.015	74.749
37	986.087	3.523	0.215	989.825
38	242.621	21.229	3.684	267.534
39	171.144	38.653	23.473	233.270
40	1390.474	281.264	55.112	1726.849
41	.000	.000	0.012	0.012
42	.000	10.340	3.639	13.979
43	81.000	24.083	0.135	105.218
44	514.365	16.033	29.189	559.587
45	559.522	4.613	30.704	594.839
46	83.267	0.975	8.914	93.155
47	397.412	2.801	4.541	404.755
48	232.847	1.564	0.739	235.150
49	153.781	0.429	13.431	167.641
50	139.656	0.148	0.363	140.166
51	689.951	5.513	1.172	696.636
52	978.944	53.878	42.779	1075.601
53	.000	.000	29.255	29.255
TOT	17123.358	2796.825	680.171	20600.354

#### 4.4. Besluit

De toepassing op de relatie Antwerpen-Zeebrugge heeft zeker niet de bedoeling het havendebat in een bepaalde richting te duwen, of polemieken uit te lokken. De nadruk wordt nogmaals gelegd op het voorwaardelijk karakter van de gemaakte hypothesen. Bij de interpretatie van de modelresultaten dient met deze hypothesen rekening gehouden te worden. Hoofdzaak blijft het aantonen van de praktische bruikbaarheid van het stroommodel. In de toekomst kan het effect op goederenstromen en energieverbruik van om het even welke hypothese gesimuleerd worden.

De cruciale vraag is of de verdere uitbouw van Zeebrugge gaat leiden tot het aantrekken van nieuwe trafieken, ondermeer ten nadele van Rotterdam en Duinkerken. Wanneer het enige effect een trafiekafleiding is ten nadele van Antwerpen zal dat ondermeer een nadelige verhoging van het binnenlands energieverbruik veroorzaken, ondermeer te wijten aan grotere afstanden met het hinterland en beperkingen qua infrastructuur.

Infrastructuurbependingen kunnen natuurlijk opgevangen worden door additionele investeringen, bv. in de verdere uitbouw van een kanalennet, of modernisering van de rangeerstations voor goederenvervoer per spoor. Dit type investeringen moet echter bij het investeringspakket voor Zeebrugge gevoegd worden, want ze betekenen in zekere zin een valorisering van het havenpotentieel.

Een nationale havenpolitiek moet er op gericht zijn de schaarse investeringsmiddelen op dusdanige wijze toe te kennen dat aan de behoeften van de gemeenschap op een maximale wijze wordt voldaan. Gestreefd moet worden naar een optimale benutting van het totale Belgische havenpotentieel. Daartoe dient rekening gehouden te worden met alle mogelijke elementen, zowel van socio-economische, technische en nautische aard.

De factor energie is één van de belangrijke variabelen die een haveninvesteringspolitiek moeten beïnvloeden. Energieschaarste, gevolgd door stijgende energieprijzen, zullen echter in de toekomst het belang van die factor doen toenemen.

## ALGEMEEN BESLUIT

Het stroommodel beoogt een schatting van de goederenstromen van een regio naar een andere regio per goederencategorie. Het model is essentieel gebaseerd op het zoeken naar een relatie tussen het goederenvervoer en de economische activiteit, het principe van de afgeleide vraag.

De praktische bruikbaarheid van het model werd aangetoond met een simulatie van het effect van een wijziging in zeehavenkeuze op het binnenlands energieverbruik. Een verschuiving van overheids- en privéinvesteringen van Antwerpen naar Zeebrugge, zonder generatie van nieuwe trafieken, verhoogt het binnenlands energieverbruik. Het opnemen van factoren waarop de besluitvormer een directe of indirecte controle heeft verhoogt de waarde van het model als beleidsinstrument.

Het stroommodel op zichzelf is perfect bruikbaar voor het testen van alternatieve strategieën: enerzijds heeft het de waarde van strategieën kwantitatief te evalueren, anderzijds wordt door het uittesten van diverse plannen de meest efficiënte geselecteerd. Uiteindelijke bedoeling is echter de inpassing in een reeks van sekventiële modellen ter voorspelling van de vraag naar goederenvervoer en de daaruit voortvloeiende energievraag. Slechts op dat ogenblik zal de relatie transport-energie op een dubbele wijze kunnen onderzocht worden: enerzijds het effect van alternatieve energiebeslissingen op het goederenvervoer; anderzijds de gevolgen van alternatieve goederenvervoerbeslissingen op de vraag naar de diverse energiedragers.

---

Aanhangsel A : BIBLIOGRAPHIE

- {01} BLAUWENS G., Een overzicht van prognosemodellen voor het goederenvervoer, SESO-rapport, 1974, 21p.,(7430/10291)
- {02} BUTLER W.F., KLAVESH R.A., PLATT R.B., Statistical measures of forecast accuracy, 1974,Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- {03} DUTTA M., Econometric Methods, South-Western Pub. Co., Cincinnati, Ohio, 1975, 382p.
- {04} GLICKMAN N., Econometric Analysis of Regional Systems. Explorations in Model Building and Policy Analysis, 1977.
- {05} KNEAFSEY R., "Statical notes on the evaluation of calibrated gravity models", Transportation Research, vol.10, 1976.
- {06} MADDALA G.S., Econometrics, Mc Graw-Hill, Tokio,1977, 516p.
- {07} MEYER J.R., KRESGE D.T., ROBERTS P.O., Techniques of Transport Planning, Vol.2, Systems Analysis and Simulation Models, Washington D.C., The Brookings Institution, 1971, 228p. .
- {08} N.I.S., "Gezinsbudgetonderzoek", Statistisch Jaarboek van België, 1979.
- {09} N.I.S., "Netto-inkomens onderworpen aan de personenbelasting per klasse, volgens sociale beroepsgroep van de aangever", Statistisch Jaarboek van België, 1979.
- {10} SLATER L.J., More Fortran programs for economists, University Press Cambridge, 1972, The RAS-technique, p.47-58.
- {11} TAYLOR M.A.P., "Evaluating the performance of a simulation Model", Transport Research, vol.13A, 1979, p. 159-173.
- {12} THEIL H., Applied Economic Forecasting, North-Holland, Amsterdam, 1966, 474p.
- {13} VAN DE VOORDE E. en GOEGEBEUR R., Energiebesparingen in het goederenvervoer, SESO-paper, Antwerpen, 1980, 27p.
- {14} WILSON A.G., Urban&Regional models in geography&planning, London, 1974, 418p.
- {15} WILSON S.R., "Statical notes on the evaluation of calibrated gravity models", Transportation Research, vol.10, 1976.

Aanhangsel B : BIJLAGENB.1. Hoofdstukken en Groepen van de NVS

Nomenclatuur van de VerVoerstatistieken.

nr	Hs	Aard van het goed	Code	Groep
01	00	Levende dieren	0	Landbouwprodukten en levende dieren
02	01	Granen		
03	02	Aardappelen		
04	03	Andere verse groenten en vruchten		
05	04	Textielstoffen en afval		
06	05	Hout en kurk		
07	06	Suikerbieten		
08	09	Andere grondstoffen van dierlijke of plantaardige oorsprong		
09	11	Suiker	1	
10	12	Dranken		
11	13	Diverse voedings- en genotmiddelen		
12	14	Aan bederf onderhevige voedingsmiddelen, bereidingen en conserven		
13	16	Niet aan bederf onderhevige voedingsmiddelen en hop		
14	17	Veevoeder en afval van voedingsmiddelen		
15	18	Oliehoudende zaden en vruchten en vetten		
16	21	Steenkool	2	Vaste brandstoffen
17	22	Bruinkool en turf		
18	23	Cokes		
19	31	Ruwe petr leum	3	Aardolie en distillatieprodukten ervan
20	32	Aardoliederivaten (brandstoffen)		
21	33	Energiegas, vloeibaar of gecomprimeerd		
22	34	Overige aardoliederivaten (geen brandstoffen)		
23	41	Ijzererts	4	Ertsen en metaalresiduen
24	45	Ertsen van non-ferrometalen en afval ervan		
25	46	Schroot en hoogovenstof		
26	51	Ruw ijzer, ruw staal en ferrolegeringen	5	Produkten van de metaalindustrie
27	52	Halffabrikaten van staal		
28	53	Staven, profielen, walsdraad, bestanddelen voor spoorbanen van ijzer of staal		
29	54	Platen, strippen en band van staal		
30	55	Pijpen, buizen, ruwe giet- en smeedstukken		
31	56	Non-ferrometalen		
32	61	Zand, grint, klei en slakken	6	Ruwe materialen en fabricaten ervan
33	62	Zout, ijzerkies, zwavel		
34	63	Andere steen, aarde en dergelijke mineralen		
35	64	Cement, kalk		

36	65	Gips	
37	69	Andere bewerkte bouwmaterialen	
38	71	Natuurlijke meststoffen	7 Meststoffen
39	72	Kunstmeststoffen	
40	81	Chemische basisprodukten	8 Chemische produkten
41	82	Aluminiumoxyde, aluminiumhydroxyde	
42	83	Produkten van de steenkoolchemie	
43	84	Cellulose en papierafval	
44	89	Andere chemische produkten	
45	91	Vervoermaterieel	9 Machines,voertuigen
46	92	Landbouwtractoren en landbouwmachines	diverse fabricaten
47	93	Andere machines,apparaten en motoren	n.e.g. en overige
48	94	Metaalwaren	goederen
49	95	Glas,glaswerk,keramische produkten	
50	96	Leder,textiel en kleding	
51	97	Overige fabrikaten n.e.g.	
52	99	Overige goederen	
53	57	Containervervoer(toegevoegd voor spoor)	

## B.2. De Belgische Arrondissementen

nr	Code	Naam	Provincie	nr
01	11	Antwerpen	Antwerpen	1
02	12	Mechelen		
03	13	Turnhout		
04	21	Brussel Hoofdstad	Brabant	2
05	23	Halle Vilvoorde		
06	24	Leuven		
07	25	Nijvel		
08	31	Brugge	West-Vlaanderen	3
09	32	Diksmuide		
10	33	Ieper		
11	34	Kortrijk		
12	35	Oostende		
13	36	Roeselare		
14	37	Tielt		
15	38	Veurne		
16	41	Aalst	Oost-Vlaanderen	4
17	42	Dendermonde		
18	43	Eeklo		
19	44	Gent		
20	45	Oudenaarde		
21	46	St.-Niklaas		
22	51	Aat	Henegouwen	5



---

23	52	Charleroi		
24	53	Bergen		
25	54	Moeskroen		
26	55	Zinnik		
27	56	Thuin		
28	57	Doornik		
29	61	Hoei	Luik	6
30	62	Luik		
31	63	Verviers		
32	64	Borgworm		
33	71	Hasselt	Limburg	7
34	72	Maaseik		
35	73	Tongeren		
36	81	Aarlen	Luxemburg	8
37	82	Bastenaken		
38	83	Marche en Famenne		
39	84	Neufchateau		
40	85	Virton		
41	91	Dinant	Namen	9
42	92	Namen		
43	93	Philippeville		

### B.3. De maritieme havenfunctie

Om in de toepassing van het stroommodel de maritieme havenfunctie van Antwerpen en Zeebrugge beter tot uiting te laten komen kan zowel de import- als de exportcomponent verder uitgesplitst worden:

$$\text{EXPI}(I) = \text{EXPANT}(I) + \text{EXPZEE}(I) + \text{EXPRES}(I)$$

waarin:  $\text{EXPANT}(I)$  = de maritieme export van goed I via de haven van Antwerpen

$\text{EXPZEE}(I)$  = de maritieme export van goed I via de haven van Zeebrugge

$\text{EXPRES}(I)$  = de totale export van goed I minus de maritieme export via Antwerpen en Zeebrugge

$$\text{IMP}(I) = \text{IMPANT}(I) + \text{IMPZEE}(I) + \text{IMPRES}(I)$$

waarin:  $\text{IMPANT}(I)$  = de maritieme import van goed I via de haven van Antwerpen

$\text{IMPZEE}(I)$  = de maritieme import van goed I via de haven van Zeebrugge

$\text{IMPRES}(I)$  = de totale import van goed I minus de maritieme import via Antwerpen en Zeebrugge

Deze uitsplitsing laat toe het effect van de maritieme functie op de randtotalen van Antwerpen en Zeebrugge te meten.

De onderstaande tabel geeft per goederencategorie de hoeveelheid maritieme in- en uitvoer die niet langer afgehandeld wordt via de haven van Antwerpen maar wel via Zeebrugge, respectievelijk  $\text{IMPANT}(I)/2$  en  $\text{EXPANT}(I)/2$ .

NVS		in 1000 ton	
nr	code	import	export
01	00	1.631	0.001
02	01	312.266	240.546
03	02	0.057	6.788
04	03	219.193	12.841
05	04	41.668	20.092
06	05	270.879	4.974
07	06	-	-
08	09	19.273	29.966
09	11	65.320	169.210
10	12	17.525	3.287
11	13	16.231	6.680
12	14	15.468	81.536
13	16	36.043	188.807
14	17	58.996	42.738
15	18	384.540	5.915
16	21	903.935	18.002
17	22	1.011	-
18	23	3.715	17.556
19	31	129.150	36.507
20	32	948.882	3193.905
21	33	11.294	45.649
22	34	46.337	122.184
23	41	780.070	0.006
24	45	307.243	4.702
25	46	6.509	17.050

---

26	51	23.958	3.391
27	52	61.557	89.655
28	53	40.899	835.220
29	54	76.823	551.486
30	55	4.553	84.294
31	56	231.019	142.539
32	61	28.231	446.550
33	62	186.335	3.347
34	63	55.858	22.854
35	64	0.254	160.858
36	65	0.019	0.140
37	69	9.435	44.140
38	71	412.908	0.174
39	72	329.635	774.912
40	81	232.567	300.474
41	82	0.052	0.041
42	83	20.533	10.170
43	84	117.981	6.869
44	89	41.684	177.410
45	91	57.304	110.701
46	92	5.975	11.125
47	93	30.493	94.794
48	94	4.877	84.244
49	95	1.592	65.709
50	96	26.711	25.920
51	97	129.745	47.067
52	99	31.934	203.832

---

---

26	51	23.958	3.391
27	52	61.557	89.655
28	53	40.899	835.220
29	54	76.823	551.486
30	55	4.553	84.294
31	56	231.019	142.539
32	61	28.231	446.550
33	62	186.335	3.347
34	63	55.858	22.854
35	64	0.254	160.858
36	65	0.019	0.140
37	69	9.435	44.140
38	71	412.908	0.174
39	72	329.635	774.912
40	81	232.567	300.474
41	82	0.052	0.041
42	83	20.533	10.170
43	84	117.981	6.869
44	89	41.684	177.410
45	91	57.304	110.701
46	92	5.975	11.125
47	93	30.493	94.794
48	94	4.877	84.244
49	95	1.592	65.709
50	96	26.711	25.920
51	97	129.745	47.067
52	99	31.934	203.832

---