

2 DISTRIBUTIEMODEL VOOR DE REIZEN VAN ONGELADEN BINNENSCHEPEN

L.H. Immers*
H.J. Roedenburg**

* Technische Hogeschool Delft, Afdeling Civiele Techniek.
** Centraal Planbureau.

69

Samenvatting

"Distributiemodel voor de reizen van ongeladen binnenschepen"

Bij de beleidsvoorbereiding met betrekking tot de Nederlandse vaarwegen wordt reeds enige jaren gebruik gemaakt van een verkeersverdelingsmodel voor de binnenvaart, welk model deel uitmaakt van een prognosemodel voor het goederenvervoer. Aangezien de reizen van ongeladen schepen voor circa 40% bijdragen aan de verkeersbelasting van het Nederlandse vaarwegen-net, werd een onderzoek uitgevoerd met als doel de ontwikkeling van een model voor de generatie en distributie van lege reizen. In deze bijdrage wordt vooral aandacht besteed aan het ontwikkelde distributiemodel. Getracht is inzicht te verkrijgen in het keuzegedrag van de schipper met betrekking tot de bestemming van de lege reizen. Met behulp van logit-analyse werd de hypothese getoetst volgens welke de keuze uit de in totaal 31 alternatieven (schippersbeurken) vooral wordt bepaald door de reisweerstand en de mogelijkheden tot vrachtverwerving. Tegen de achtergrond van een schets van het marktgebeuren in de binnenvaart worden enkele modelvarianten geïntroduceerd. Na een kort overzicht van de voor het onderzoek verzamelde gegevens worden de analyseresultaten voor de verschillende modelvarianten besproken.

Summary

"A distribution model for empty ship movements"

In gauging their policy on the Dutch infrastructure of inland waterways, the authorities have for a number of years made use of a traffic assignment model. This model forms part of a forecasting model for freight transport. As the movements of empty ships make up around 40% of the traffic volume on the Dutch network, an investigation was carried out in order to build a model for the generation and distribution of empty ship movements. This paper will be mainly concerned with the distribution model for empty ship movements. Central in these models are the factors determining the choice of destination of the empty ships. Applying logit analysis the hypothesis is tested that this choice of destination is determined by the following two factors: i.e. the transport impedance and the probability of acquiring a cargo. The characteristics of the national and international transport market for inland navigation will be briefly outlined and some alternative models for the distribution of empty ships will be introduced. After a brief discussion of the data collected specifically for this project, the results obtained for the various models will be discussed.

70

Inhoudsopgave

	blz.
1. Inleiding	1
1.1 Doel van het onderzoek	1
1.2 Het leegvaartmodel als onderdeel van het model-systeem voor het goederenvervoer	1
2. Schets van het marktgebeuren in de binnenvaart	2
2.1 Inleiding	2
2.2 Binnenlands vervoer	2
2.2.1 Vervoer dat via de beurs bevracht wordt (wilde vaart)	2
2.2.2 Vervoer dat niet via de beurs bevracht wordt (eigen vervoer en bijzonder vervoer)	3
2.3 Internationaal vervoer	3
2.4 Interdependentie tussen de deelmarkten binnenlands- en internationaal vervoer	3
3. In beschouwing genomen modelvarianten	4
3.1 Inleiding	4
3.2 Het punt-punt vervoer	5
3.3 Modelvarianten voor de bestemmingskeuze	5
4. Gegevens	9
4.1 Inleiding	9
4.2 Reisoverzichten	10
4.3 Registratie beladen reizen	10
4.4 Enquête	11
4.5 Variabelen die van invloed zijn op het keuzegedrag van de schipper	12
4.6 Overige gegevens	13
5. Analyse van het keuzegedrag van de schipper	13
5.1 Inleiding	13
5.2 Analyseresultaten	14
5.3 Evaluatie van de toepassingsmogelijkheden	21
6. Enkele evaluerende opmerkingen	24
7. Literatuur	25

71

1. Inleiding

1.1 Doel van het onderzoek

Het onderzoek heeft het doel een model te ontwikkelen voor de raming van reizen van ongeladen binnenschepen. De raming van de lege reizen vormt tezamen met de raming van de beladen reizen de invoer van het verkeersverdelingsmodel voor de binnenvaart, dat in het kader van het onderzoek ten behoeve van de Vaarwegennota (5) werd ontwikkeld. Het belang van het onderzoek leegvaart moge blijken uit het aandeel van de ongeladen schepen in de verkeersbelasting van het vaarwegen-net, n.l. gemiddeld circa 40 %.

Het onderzoek werd uitgevoerd door het Nederlands Vervoerswetenschap-pelijk Instituut (N.V.I.) in opdracht van de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat.

De auteurs spreken hierbij hun dank uit aan al diegenen die aan de verwezenlijking van dit project hebben bijgedragen; met name de onderzoeksmensen en softwaremedewerkers van het N.V.I., de enquêteurs, de particuliere binnenschippers en rederijen alsmede verschillende instanties die betrokken zijn bij de binnenvaart.

1.2 Het leegvaartmodel als onderdeel van het modelsysteem voor het goederenvervoer

Na het gereedkomen van de Integrale Verkeers- en Vervoerstudie (IWS), bestond de behoefte aan een nieuw model voor het goederen-vervoer dat enerzijds meer betrouwbare resultaten geeft en dat bovendien operationeel is. Het uiteindelijk ontwikkelde model omvat voor binnenlands en internationaal vervoer de generatie, distributie, vervoerswijzekeuze, verkeersproductie (vertaling van tonnen in geladen en ongeladen voertuigen) en verkeersverdeling voor de vervoertechnieken rail, binnenvaart en weg (3).

72

2

3

Het verkeerstoedelingmodel voor de binnenvaart wordt veelvuldig gebruikt voor het maken van prognoses en het doorrekenen van infrastructuurvarianten. Hierbij bleek dat de ramingen van de leegvaart, die op vrij eenvoudige wijze werden afgeleid uit de beladen vaart, niet steeds voldoende betrouwbaar waren, reden waarom het onderhavige onderzoek ter hand werd genomen.

2. Schets van het marktgebeuren in de binnenvaart

2.1 Inleiding

Teneinde een goed inzicht te krijgen in de marktstructuur van de binnenvaart is het noodzakelijk een onderscheid te maken tussen de volgende categorieën vervoer:

1. binnenlands vervoer, onder te verdelen in:
 - 1.1 vervoer dat via de beurs bevracht wordt ("wilde vaart")
 - 1.2 vervoer dat niet via de beurs bevracht wordt ("eigen vervoer" en "bijzonder vervoer")
2. internationaal vervoer

Dit onderscheid vloeit voort uit de institutionele regelingen die op de verschillende categorieën van toepassing zijn. Op het binnenlands vervoer is de Wet Goederenvervoer Binnenscheepvaart (WGB) van toepassing en op het internationale vervoer niet (zie 6).

2.2 Binnenlands vervoer

2.2.1 Vervoer dat via de beurs bevracht wordt (wilde vaart)

Krachtens de WGB loopt al het binnenlands vervoer, uitgezonderd het eigen- en bijzonder vervoer (zie 2.2.2), via de beurs. Nederland is onderverdeeld in 31 rayons; in elk rayon ligt een beurs, waar de verladers uit het rayon lading voor vervoer moeten aanbieden. Toewijzing geschiedt volgens een toerbeurtstelsel dat de "evenredige vrachtverdeling" tot doel heeft. Een schipper die zijn schip

gelost heeft kan zich bij de beurs van zijn keuze laten inschrijven; de volgorde van inschrijving is uiteindelijk bepalend voor de toewijzing van een lading.

De vrachtprijs ligt op korte termijn nagenoeg vast; aangezien het aanbod van lading doorgaans kleiner is dan de vraag, treden er op de beurs in het algemeen wachttijden op.

2.2.2 Vervoer dat niet via de beurs bevracht wordt (eigen vervoer en bijzonder vervoer)

Middels speciale vergunningen (zie WGB) is het toegestaan vervoer te verrichten buiten de beurs om. (eigen vervoer en bijzonder vervoer). Het betreft hier vooral massaal vervoer op vaste relaties; met name de tankvaart en het grootste deel van het vervoer van zand en grind en cement vallen hieronder.

2.3 Internationaal vervoer

Het internationaal vervoer is vrij. Veelal wordt door tussenkomst van een scheepsbevrachter, die vaak een vestiging in het beursgebouw heeft, een contract voor een of meer reizen afgesloten. In tegenstelling tot de vrachtprijs in de binnenlandse wilde vaart (zie 2.2.1) komt in de internationale vaart een vrachtprijs tot stand, afhankelijk van vraag en aanbod. Aangezien vraag en aanbod in het internationale vervoer derhalve in het algemeen in evenwicht zijn, treden er nagenoeg geen wachttijden op.

2.4 Interdependentie tussen de deelmarkten binnenlands en internationaal vervoer

Op grond van het voorgaande kan worden gesteld dat er afgezien van het eigen- en bijzonder vervoer twee deelmarkten bestaan: een voor binnenlands vervoer (wilde vaart) en een voor internationaal ver-

voer. Een groot aantal schippers wisselt, al naar gelang de marktsituatie veelvuldig van deelmarkt. De schipper maakt hierbij een afweging tussen de wachttijd op de deelmarkt binnenlands vervoer en de vrachtprijs internationaal in relatie tot de vaste vrachtprijs binnenlands. Bij wijzigingen in de vraag zal in het algemeen via aanpassingen in de wachttijd binnenlands en de vrachtprijs internationaal een nieuw evenwicht tussen beide deelmarkten tot stand komen; m.a.w. beide deelmarkten zijn voor de economisch handelende schipper ongeveer even aantrekkelijk.

3 In beschouwing genomen modelvarianten

3.1 Inleiding

Onder een lege reis wordt verstaan de verplaatsing van een schip, die nodig is om van een bepaalde loeplaats naar de eerstvolgende laadplaats te komen.

Indien een lege reis begint of eindigt in het buitenland, wordt in plaats van de buitenlandse los- of laadplaats het grenskantoor als begin- respectievelijk eindpunt van de lege reis beschouwd.

Indien los- en laadplaats samenvallen, is er per definitie sprake van een lege reis, ook al is de afstand nul.

Het is uiteraard mogelijk dat een lege reis wordt onderbroken voor het bezoek aan een schippersbeurs.

De laad- en loeplaatsen werden geaggregeerd op basis van een indeling van Nederland in 75 gebieden; voorts werden 14 grensposten onderscheiden.

Een andere geografische indeling van belang, is de indeling van Nederland in 31 rayons met bijbehorende schippersbeurzen (zie par. 2).

De vloot werd ingedeeld in vijf laadvermogenklassen, die overeenkomen met de in het verkeerstoedelingmodel gehanteerde indeling, zij het dat enkele klassen werden samengenomen (zie tabel 1).

TABEL 1

indeling	laadvermogenklassen
klasse	klassegrenzen
	in tonnen
1	50 - 199
2	200 - 449
3	450 - 749
4	750 - 1149
5	≥ 1150

3.2 Het punt-punt vervoer

Indien van opeenvolgende beladen reizen van een schip de laadplaatsen of de losplaatsen dan wel beide steeds dezelfde zijn, wordt gesproken van punt-punt vervoer. Dit betekent dat iedere beladen reis voorsafgegaan of gevolgd wordt door een lege reis in tegengestelde richting. Aan de hand van een analyse van de verzamelde reisoverzichten (zie par. 4) kon worden vastgesteld welke categorieën vervoer als punt-punt vervoer beschouwd kunnen worden. (Met name eigen- en bijzonder vervoer)

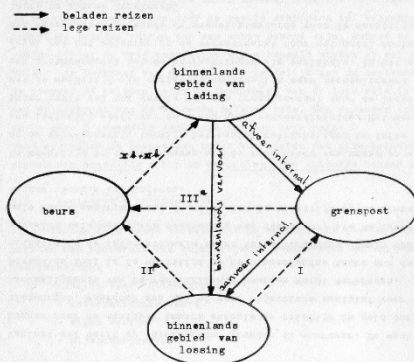
Het ramen van de lege reizen, die samenhangen met het punt-punt vervoer is gelet op het voorgaande een eenvoudige bewerking, reden waarom hieraan in het vervolg van deze bijdrage verder geen aandacht zal worden geschonken.

3.3 Modelvarianten voor de bestemmingskeuze

In figuur 1 staat een schematische weergave van de beladen en lege reizen. Ten aanzien van de lege reizen kunnen de volgende categorieën worden onderscheiden:

- I van binnenlands gebied naar een grenskantoor
- II van binnenlands gebied naar binnenlands gebied
- III van grenskantoor naar binnenlands gebied

Figuur 1
Schematische voorstelling van de verschillende
categorien beladen en lege reizen



De categorien II en III worden onderverdeeld in:
IIa, IIIa van binnenlands gebied respectievelijk grens-
kantoor naar beurs
IIb, IIIb van beurs naar binnenlands gebied

De raming van de lege reizen geschiedt in twee fasen:

1. generatie
2. distributie

Voor een binnenlands gebied kan de generatie worden berekend aan de hand van de regel: aantal lege reizen uitgaand is aantal beladen reizen inkomend en aantal lege reizen inkomend is aantal beladen reizen uitgaand. Voor de grenskantoren geldt dit niet noodzakelijkerwijs, wel blijkt uit statistieken dat het inkomend en uitgaand verkeer (beladen en leeg) per grenskantoor in evenwicht is. De lege reizen categorie I, die kwantitatief minder belangrijk zijn worden gerelateerd aan het aantal beladen reizen inkomend; het aantal lege reizen categorie IIIa wordt gelijk gesteld aan het saldo van het overige inkomend en uitgaand verkeer.

De distributie voor categorie I werd berekend op basis van vaste verhoudingen afgeleid uit beschikbare CRS-gegevens. Met betrekking tot de distributie voor de categorien II en III moet een onderscheid worden gemaakt tussen het deel van de reis tot aan de beurs (categorie IIa en IIIa) en het deel van de reis vanaf de beurs (categorie IIb en IIIb).

In de praktijk kiest een schipper in het algemeen eerst een bepaalde beurs, vanwaar hij na verwerving van een vracht de lege reis voltooit tot de eerstvolgende laadplaats. Voor de verdere analyse zijn alleen de categorien IIa en IIIa relevant; de lege reizen behorende tot de categorien IIb en IIIb kunnen rechtstreeks uit geraande beladen reizen worden bepaald.

Bij de analyses ten behoeve van het distributiemodel werd de keuze van de individuele schipper centraal gesteld. Daarbij werd er van uitgegaan dat de schipper kan kiezen uit maximaal 31 alternatieven (afhankelijk van de laadvermogeklasse) overeenkomend met de 31 beurzen.

Hierbij maakt hij een afweging van de voor- en nadelen van deze alternatieven, vooral op basis van de volgende factoren:

- a. de mogelijkheid om vracht te verwerven
- b. de reiskosten of reistijd

Als indicator van de mogelijkheden om vracht te verwerven werden twee alternatieven onderzocht, te weten: per beurs op weekbasis:

- a 1. het gemiddeld aantal wachtdagen
- a 2. het relatieve aandeel van de bevrachtingen in het landelijk totaal

Een en ander werd getoetst met behulp van logitanalyse.

Variant a-1 heeft op theoretische gronden de voorkeur. De wachtdagen kunnen door de schipper immers evenals de reistijd in geld worden uitgedrukt, waardoor een min of meer objectieve maatstaf voor de aantrekkelijkheid van de verschillende beurzen wordt verkregen. Bovendien komt in de wachttijd op de binnenlandse beurs ook de marktsituatie in de internationale vaart tot uitdrukking. Zoals bekend, wisselen vele schippers veelvuldig van deelmarkt; als de internationale markt aantrekt, zal daardoor ook de wachttijd op de binnenlandse beurzen verminderen.

De wachttijd is te beschouwen als de resultante van vraag en aanbod op de vervoermarkt, terwijl het aantal bevrachtingen in feite alleen een indicatie geeft van de vraag naar vervoerdiensten. Het een en ander heeft wel tot gevolg dat een prognosemodel voor de leegvaart met de wachttijd als variabele aanzienlijk meer gecompliceerd is dan een prognosemodel met de bevrachtingen als variabele. In het eerste geval zal het gebeuren op de vervoermarkt door het model moeten worden weergegeven teneinde de evenwichtswaarde voor de wachttijd per beurs te kunnen berekenen.

Een simulatiemodel vormt in dit geval de aangewezen oplossing. Het bezwaar hiertegen is niet alleen de relatief grote complexiteit van het model, doch tevens de noodzaak om een aantal veronderstellingen te maken ten aanzien van de werking van de vervoermarkt in de toekomst, de omvang van de toekomstige binnenvloot etc.

Deze bezwaren vervallen indien gebruik wordt gemaakt van de bevrachtingen in plaats van de wachttijd. Een bezwaar is dan wel, dat vraag en aanbod in het model niet vanzelf in evenwicht zijn, zodat een aanvullende vereffeningsprocedure noodzakelijk is.

Tot slot zij nog gewezen op een alternatieve benadering van de distributie van lege ritten, namelijk een optimaliseringsmodel gebaseerd op lineaire programmering. Aan een dergelijke benadering ligt impliciet de veronderstelling ten grondslag dat de individuele schippers een zodanige keuze maken dat de totale reiskosten van hun gezamenlijke lege reizen minimaal zijn. Ook de realiteitswaarde van dit model werd onderzocht.

4. Gegevens

4.1 Inleiding

Elvorens een beslissing te nemen omtrent de definitieve aanpak van het onderzoek, is nagegaan welke gegevens zoal door de diverse instanties beschikbaar gesteld konden worden. Er werd hierbij rekening gehouden met de mogelijkheid bepaalde gegevens door middel van een enquête onder de schippers te verzamelen.

De ten behoeve van het onderzoek verzamelde gegevens kunnen in een drietal categorien worden onderscheiden:

1. overzichten van lege reizen incl. enige kenmerken van schip en schipper
2. gegevens die van invloed zijn, of kunnen zijn, op het keuzegedrag van de schipper
3. overige gegevens.

De gegevens hebben betrekking op de jaren 1973 en 1974.

4.2 Reisoverzichten

Voor het onderzoek diende men te beschikken over gegevens omtrent een groot aantal lege reizen die door de schippers op het binnenlandse vaarwegennet waren gerealiseerd. Lege reizen worden door de schippers (en instanties) echter niet geregistreerd (men tracht ze zelfs zo snel mogelijk te vergeten). De beladen reizen worden door de meeste schippers wel bijgehouden. Indien de beladen reizen van een schip bekend zijn, kunnen de lege reizen echter op vrij eenvoudige wijze bepaald worden en wel als volgt: de herkomst van de lege reis is gelijk aan de bestemming van de voorgaande beladen reis; de bestemming van de lege reis is gelijk aan de herkomst van de volgende beladen reis. Een en ander volgt uit de in par. 3 opgegeven definitie van een lege reis. Deze werkwijze is toegestaan onder voorwaarde dat alle beladen reizen van eenzelfde schip in chronologische volgorde bekend zijn.

4.3 Registratie beladen reizen

In hoofdstuk 2 is reeds vermeld dat de schipper op meerdere deelmarkten kan opereren. Als belangrijkste deelmarkten kunnen worden onderscheiden:

- wilde vaart (binnenlands)
- internationale vaart
- eigen vervoer
- bijzonder vervoer

Alle beladen reizen behorende tot de categorieën "eigen vervoer" en "bijzonder vervoer" moeten iedere maand door de schipper bij de Rijksverkeersinspectie (R.V.I.) worden overlegd (maandstaten). De maandstaten van het eigen en bijzonder vervoer konden uitstekend gebruikt worden ten behoeve van het onderzoek. Een belangrijke reden hiervoor is dat een schipper die op een van beide deelmarkten opereert niet of nauwelijks van deelmarkt verandert. Ten behoeve van het onderzoek zijn de maandstaten van $\pm 10\%$ van de schepen die op deze deelmarkten ingezet worden bij de Rijk-

verkeersinspecties opgevraagd. Hetzelfde geldt zeker niet voor schippers die op de deelmarkten wilde vaart en internationale vaart opereren. Het wisselen van deelmarkten komt in deze beide categorieën veelvuldig voor (zie 4).

De bevrachtingsboekjes bevatten slechts gegevens over de door een schipper gemaakte beladen reizen in de wilde vaart (de internationale reizen ontbreken). Van deze boekjes kon dan ook geen gebruik gemaakt worden voor de bepaling van de lege reizen.

Een laatste mogelijkheid was om middels een enquête oversichten van alle beladen reizen bij de schippers, die voornamelijk op deze beide deelmarkten opereren, op te vragen.

4.4 Enquête

Het was niet mogelijk anders dan via een enquête voldoende betrouwbare gegevens betreffende reisoverzichten van beladen reizen in de wilde vaart en internationale vaart te verkrijgen. De enquête werd met de nodige scepsis tegemoet gezien, aangezien de schippers economisch slechte tijden meemaakten. Bovendien speelden op dat moment enige voor de binnenvaart belangrijke politieke kwesties (denk aan de schippersblokkade najaar 1975).

Niettemin bleek in het algemeen voldoende bereidwilligheid tot medewerking bij de schippers te bestaan; hierdoor en mede door de inzet van de enquêteurs is de enquête een succes geworden.

In totaal zijn ruim 500 enquêtes afgenomen, 400 onder particuliere schippers en kleine rederijen en ruim 100 onder de grote rederijen. Het aantal beladen reizen in de enquête bedroeg ruim 27.000.

Alhoewel de meeste schippers verspreid over het hele land (en daarbuiten) opereren, zijn toch op meerdere plaatsen in Nederland

enquêtes opgenomen. Het merendeel van de enquêtes is evenwel in Rotterdam opgenomen.

De in de enquête gevraagde gegevens kunnen als volgt worden onderverdeeld:

- reisoverzichten van beladen reizen incl. datum, herkomst, bestemming, goederensoort, vervoerd gewicht, wijze van bevrachting, vaarsoort.
- enige kenmerken van de eigenaar c.q. de schipper en het schip
- gegevens over de handelwijze van de schipper met betrekking tot de vrachtverwerking

De representativiteit van de enquête is onderzocht door het enquête-materiaal op een aantal wijzen te toetsen aan statistische gegevens van het C.B.S.

4.5 Variabelen die van invloed zijn op het keuzegedrag van de schipper

In hoofdstuk 3 is reeds uiteengezet dat als belangrijke verklarende variabelen voor het keuzegedrag van de schipper in aanmerking komen:

- het aantal wachtdagen of bevrachtingen per rayon
- de reistijd of de reiskosten van de lege reis

In elk rayon worden de bevrachtingen die betrekking hebben op de wilde vaart alsook de daarbij optredende wachtdagen geregistreerd. Dit geschiedt op weekbasis; bovendien wordt onderscheid gemaakt in 5 laadvermogenklassen. Bij alle rayons zijn die gegevens voor de jaren 1973 en 1974 opgevraagd.

Voor de berekening van de reistijden en reiskosten is gebruik gemaakt van gegevens van het binnenlandse vaarwegennet, dat in het verkeerstoevalingsmodel binnenvaart wordt gebruikt. Het netwerk geeft de situatie weer van december 1973.

4.6 Overige gegevens

Bij diverse binnenvaart instanties: beurzen, Rijksverkeersinspecties, Commissie Vervoervergunningen, Economisch Bureau voor het Weg- en Watervervoer en de binnenvaartorganisaties is informatie ingewonnen teneinde meer inzicht te verkrijgen in het marktgedrag in de binnenvaart alsook het proces van vrachtverwerking en het institutionele kader. Een en ander heeft er toe bijgedragen dat een schematische edoch voldoende betrouwbare weergave van "de binnenvaart" in het model werd verkregen.

5 Analyse van het keuzegedrag van de schipper

5.1 Inleiding

Na iedere beladen reis moet de schipper een keuze maken uit alle mogelijke bestemmingen voor de daaropvolgende lege reis. De gekozen bestemming vormt tevens het vertrekpunt van de volgende beladen reis. In de verdere analyses zijn als bestemmingen in beschouwing genomen alle 31 rayons (beurzen). De buitenlandse bestemmingen zijn buiten de analyses gebleven; de betreffende lege reizen worden in het model apart berekend. In totaal zijn er 75 gebieden en 14 grensposten onderscheiden als mogelijke beginpunten van een lege reis. Wat betreft de grensposten is dit uitgangspunt uiteraard een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid.

Aannemende dat de schipper rationeel handelt, werd uitgegaan van de hypothese dat de volgende factoren bepalend zijn voor de bestemmingskeuze:

- de mogelijkheid om een vracht te verwerven in de verschillende bestemmingen
- de reiskosten c.q. reistijd naar de verschillende bestemmingen

Uit de beantwoording van vragen in de enquête betreffende de handelwijze van de schipper met betrekking tot de vrachtverwerking kon worden afgeleid dat bovengenoemde factoren inderdaad een belangrijke rol spelen.

Nasat deze twee min of meer objectieve factoren spelen ook nog andere factoren, zoals persoonlijke omstandigheden, een rol; deze zullen in de praktijk echter moeilijk gekwantificeerd kunnen worden en blijven derhalve buiten de analyses.

De mogelijkheid om een vracht te verwerven kan op verschillende manieren worden gemeten. In het onderhavige onderzoek zijn twee mogelijkheden in beschouwing genomen, te weten:

- de te verwachten wachttijd op bevrachting per beurs
- het aantal bevrachtingen per beurs

Zoals in par. 3 werd gesteld is de keuze uit deze beide mogelijkheden van invloed op de verdere modelbenadering. Wordt van de wachttijd uitgegaan, dan zal een model moeten worden ontwikkeld, dat de evenwichtswaarde voor deze variabele kan bepalen (simulatiemodel); indien van de bevrachtingen wordt uitgegaan, kan een model worden toegepast zoals geschat in par. 3 (distributiemodel met vereffening). In de uitgevoerde analyses is de invloed van beide variabelen (wachttijd, bevrachtingen) apart onderzocht.

5.2 Analyseresultaten

Gelet op recente ervaringen in het verkeersonderzoek* werd voor de analyse van het keuzegebedrag van de schipper uitgegaan van het logit-model ('choice abstract') welk model de volgende gedaante heeft:

$$P_{kij} = \frac{e^{\alpha_{0j} + \alpha_{1j}b_{0j} + \alpha_{2j}t_{1j}}}{\sum_{g=1}^n e^{\alpha_{0g} + \alpha_{1g}b_{0g} + \alpha_{2g}t_{1g}}} \quad (1)$$

* zie o.a. (1) en (2)

waarbij:

P_{kij} = de kans dat een schipper k die vanuit gebied i een lege reis gaat maken, gebied j als bestemming kiest. Hij heeft daarbij de keuze uit n alternatieven

b_{0j}, b_{0g} = indicator van het aantal bevrachtingen of het aantal wachtdagen in gebied j , resp. g

t_{1j}, t_{1g} = reistijd van i naar j resp. g

α_1, α_2 = coëfficiënten te bepalen met logit-analyse

α_{0j}, α_{0g} = coëfficiënten (constanten) per alternatief, eveneens te bepalen met logit-analyse

De mate waarin het geschatte model een betrouwbare beschrijving van het waarnemingsmateriaal geeft ("goodness of fit") kan enigermate worden afgeleid uit de MCS (mean classification score), dat wil zeggen: de verwachtingswaarde van de verhouding van het aantal goede voorspellingen en het totaal aantal voorspellingen.

$$MCS = \frac{\sum_{k=1}^K \frac{P_{k,m}}{K}}$$

waarbij:

MCS = 'mean classification score'

K = het totaal aantal waarnemingen

$P_{k,m}$ = de berekende kans op alternatief m voor een individu k dat in werkelijkheid voor m gekozen heeft

De MCS ligt tussen 0 en 1.

De analyses werden toegepast volgens twee varianten, te weten:

1. het aantal wachtdagen en de reistijd verklaren het keuzegebedrag
2. het relatieve aandeel bevrachtingen en de reistijd verklaren het keuzegebedrag

In variant 2 is gekozen voor het relatieve aandeel in de bevrachtingen en niet voor de bevrachtingen als zodanig. De reden hiervoor is dat in het laatste geval een stijging van de vervoeromvang tot gevolg zou hebben, dat de variabele die op de bevrachtingen betrekking heeft automatisch een groter gewicht krijgt in vergelijking tot de andere variabele: de reistijd.

In resultaten voor deze twee varianten staan in tabel 2 (wachtdagen) en tabel 3 (relatief aandeel bevrachtingen).

Opgemerkt dient te worden dat in de eerste variant een onderscheid werd gemaakt tussen wachtdagen voor passantenbeurzen en wachtdagen voor overige beurzen, waarvoor twee verschillende coëfficiënten werden geschat.

Een passantenbeurs is een beurs met een doorgaans betrekkelijk klein ladingaanbod, waar passerende schippers wel informeren naar een lading, doch indien er geen lading beschikbaar is doorvaren naar een andere beurs. De geregistreerde wachttijd voor een passantenbeurs is daardoor meestal gelijk aan nul. Deze wachttijd geeft uiteraard een te gunstig beeld van de aantrekkelijkheid van de passantenbeurs, reden waarom een theoretische wachttijd werd gehanteerd; deze werd berekend volgens:

$$Wp = \frac{365}{2Bp}$$

waarbij:

Wp = theoretische wachttijd passantenbeurs p in dagen

Bp = aantal bevrachtingen per jaar in passantenbeurs p

Uit tabel 2 blijkt dat in variant 1 de coëfficiënt van de reistijd voor alle laadvermogenklassen ruimschoots significant is. De coëfficiënt van de wachttijd voor de niet-passantenbeurzen is echter niet significant, uitgezonderd voor laadvermogenklasse 5. De overeenkomstige coëfficiënt voor de passantenbeurzen is voor de laadvermogenklassen, waarvoor deze beurzen in het waarnemingsmateriaal voorkomen, wel significant.

TABEL 2. Schattingresultaten logitmodel variant 1 (reistijd, wachtdagen)

omschrijving	laadvermogenklasse				
	1	2	3	4	5
coëfficiënt	-0.29768	-0.18289	-0.13906	-0.21804	-0.16737
reistijd in uren	$t = -13.9$	$t = -26.7$	$t = -25.2$	$t = -18.4$	$t = -15.0$
coëfficiënt	0.04254	-0.00945	-0.01903	-0.02158	-0.04406
wachtdagen gewone beurs	$t = 1.4$	$t = 0.9$	$t = 1.4$	$t = 1.5$	$t = 2.8$
coëfficiënt wachtdagen passantenbeurs	-0.00447	-0.03703			
constante Rotterdam	$t = -3.1$	$t = -2.4$			
constante Amsterdam	3.4259	2.9390	2.5540	2.6425	
constante IJmuiden	$t = 37.8$	$t = 28.8$	$t = 24.8$	$t = 27.7$	
constante Terneuzen	-2.6094	1.9137	1.5350	0.90632	1.0545
constante IJmuiden	$t = 9.8$	$t = 15.8$	$t = 11.5$	$t = 6.2$	$t = 7.2$
constante IJmuiden		1.1211	1.0979		
constante Terneuzen		$t = 6.8$	$t = 7.4$		
constante Terneuzen		1.0503	0.72265		
constante Terneuzen		$t = 6.3$	$t = 4.0$		
MCS	0.73	0.41	0.45	0.59	0.60

TABEL 3. Schattingresultaten logitmodel variant 2 (reistijd, bevrachtingen)

omschrijving	laadvermogenklasse				
	1	2	3	4	5
coëfficiënt	-0.25535	-0.18512	-0.20096	-0.21936	-0.16865
reistijd in uren	$t = -9.3$	$t = -26.9$	$t = -25.8$	$t = -18.6$	$t = -15.3$
coëfficiënt	6.6777	3.0835	4.0165	2.1457	1.9778
relatief aandeel bevrachtingen	$t = 8.2$	$t = 4.3$	$t = 5.8$	$t = 3.3$	$t = 5.0$
constante Rotterdam		2.2392	1.4839	1.7014	1.7371
constante Rotterdam		$t = 7.3$	$t = 5.6$	$t = 6.8$	$t = 10.0$
constante Amsterdam	-0.52535	1.6713	1.1487	0.67399	0.77023
constante Amsterdam	$t = -1.9$	$t = 12.3$	$t = 8.2$	$t = 4.7$	$t = 5.6$
constante IJmuiden		0.98030	0.75823		
constante IJmuiden		$t = 5.8$	$t = 4.7$		
constante Terneuzen		0.99635	0.67346		
constante Terneuzen		$t = 6.0$	$t = 3.5$		
MCS	0.82	0.41	0.45	0.59	0.59

In variant 2 is gekozen voor het relatieve aandeel in de bevrachtingen en niet voor de bevrachtingen als zodanig. De reden hiervoor is dat in het laatste geval een stijging van de vervoersomvang tot gevolg zou hebben, dat de variabele die op de bevrachtingen betrekking heeft automatisch een groter gewicht krijgt in vergelijking tot de andere variabele: de reistijd.

In resultaten voor deze twee varianten staan in tabel 2 (wachtdagen) en tabel 3 (relatief aandeel bevrachtingen).

Opgemerkt dient te worden dat in de eerste variant een onderscheid werd gemaakt tussen wachtdagen voor passantenbeurzen en wachtdagen voor overige beurzen, waarvoor twee verschillende coëfficiënten werden geschat.

Een passantenbeurs is een beurs met een doorgaans betrekkelijk klein ladingaanbod, waar passerende schippers wel informeren naar een lading, doch indien er geen lading beschikbaar is doorvaren naar een andere beurs. De geregistreerde wachttijd voor een passantenbeurs is daardoor meestal gelijk aan nul. Deze wachttijd geeft uiteraard een te gunstig beeld van de aantrekkelijkheid van de passantenbeurs, reden waarom een theoretische wachttijd werd gehanteerd; deze werd berekend volgens:

$$W_p = \frac{365}{2B_p}$$

waarbij:

W_p = theoretische wachttijd passantenbeurs p in dagen
 B_p = aantal bevrachtingen per jaar in passantenbeurs p

Uit tabel 2 blijkt dat in variant 1 de coëfficiënt van de reistijd voor alle laadvermogenklassen ruimschoots significant is. De coëfficiënt van de wachttijd voor de niet-passantenbeurzen is echter niet significant, uitgezonderd voor laadvermogenklasse 5. De overeenkomstige coëfficiënt voor de passantenbeurzen is voor de laadvermogenklassen, waarvoor deze beurzen in het waarnemingsmateriaal voorkomen, wel significant.

TABEL 2. Schattingsresultaten logitmodel variant 1 (reistijd, wachtdagen)

omschrijving	laadvermogenklasse				
	1	2	3	4	5
coëfficiënt	-0.29768	-0.18259	-0.19906	-0.21804	-0.16937
reistijd in uren	$t = -13.9$	$t = -26.7$	$t = -25.2$	$t = -18.4$	$t = -15.0$
coëfficiënt	0.04254	-0.00945	-0.01903	-0.02158	-0.04406
wachtdagen gewone beurs	$t = 1.4$	$t = -0.9$	$t = -1.4$	$t = -1.5$	$t = -2.8$
coëfficiënt	-0.00447	-0.03703			
wachtdagen passantenbeurs		$t = -3.1$	$t = -2.4$		
constante	3.4239	2.9390	2.5840	2.6435	
Rotterdam	$t = 37.8$	$t = 28.8$	$t = 24.8$	$t = 27.7$	
constante	-2.6094	1.9137	1.5350	0.90632	1.0545
Amsterdam	$t = 9.8$	$t = 15.8$	$t = 11.5$	$t = 6.2$	$t = 7.2$
constante		1.1211	1.0979		
IJmuiden		$t = 6.8$	$t = 7.4$		
constante		1.0503	0.77265		
Terneuzen		$t = 6.3$	$t = 4.0$		
MCS	0.73	0.41	0.45	0.59	0.60

TABEL 3. Schattingsresultaten logitmodel variant 2 (reistijd, bevrachtingen)

omschrijving	laadvermogenklasse				
	1	2	3	4	5
coëfficiënt	-0.25535	-0.18512	-0.20096	-0.21936	-0.16865
reistijd in uren	$t = -9.3$	$t = -26.9$	$t = -25.8$	$t = -18.6$	$t = -15.3$
coëfficiënt	6.6777	3.0835	4.0165	2.1457	1.9778
relatief aandeel bevrachtingen	$t = 8.2$	$t = 4.3$	$t = 5.8$	$t = 3.3$	$t = 5.0$
constante	2.2392	1.4839	1.7014	1.7771	
Rotterdam	$t = 7.3$	$t = 5.6$	$t = 6.8$	$t = 10.0$	
constante	-0.52535	1.6713	1.1457	0.67399	0.77023
Amsterdam	$t = -1.9$	$t = 12.3$	$t = 8.2$	$t = 4.7$	$t = 5.6$
constante		0.98030	0.75823		
IJmuiden		$t = 5.8$	$t = 4.7$		
constante		0.96635	0.67346		
Terneuzen		$t = 6.0$	$t = 3.5$		
MCS	0.82	0.41	0.45	0.59	0.59

In tabel 3 staan de resultaten voor variant 2. Alvorens over te gaan tot de bespreking daarvan, dient erop te worden gewezen dat het relatieve aandeel bevrachtingen alleen betrekking heeft op binnenlandse reizen (uiteraard exclusief punt-puntvervoer). Van het internationale vervoer waren dergelijke gegevens niet voorhanden. Dit betekent dat de invloed van de bevrachtingen van internationale reizen in de constante termen van de logit-functie tot uitdrukking komt. Laatstgenoemde reizen vinden voor het overgrote deel plaats vanuit een beperkt aantal rayons, waarin de belangrijkste zeehavens gelegen zijn.

Voor de volgende rayons werden derhalve constanten opgenomen, althans voor zover deze rayons in het waarnemingsmateriaal voorkomen en de resultaten significant bleken te zijn:

- Rotterdam
- Amsterdam
- IJmuiden
- Terneuzen

De schattingsresultaten geven allereerst een significante coëfficiënt voor de reistijd te zien, welke coëfficiënt vrijwel gelijk is aan die in variant 1. Het relatieve aandeel bevrachtingen is eveneens significant. De beide groepen van coëfficiënten hebben alle het juiste teken (reistijd negatief en bevrachtingen positief).

Uitgezonderd voor laadvermogenklasse 1 zijn alle constanten significant en positief; het laatste ligt in de lijn der verwachting, gezien de betekenis van de bevrachtingen van internationale reizen in de betrokken rayons.

Concluderend kan worden gesteld, dat het keuzegebed van de schipper in belangrijke mate kan worden verklaard uit de variabelen:

- reistijd
- relatief aandeel bevrachtingen (binnenlands)

Met het model kan in circa de helft van de gevallen de juiste be-

stemming van een lege reis voor de individuele schipper worden voorspeld. In het uiteindelijke leeuwvaartmodel gaat het echter om de resultante van het gedrag van grote groepen schippers. In dat geval is de voorspellingskracht van het model nog aanzienlijk groter. Gebleken is dat de variabele relatief aantal bevrachtingen de voorspellingskracht verdient boven de variabele wachtdagen. Bij de verdere modelontwikkeling is dan ook van eerstgenoemde variabele uitgegaan.

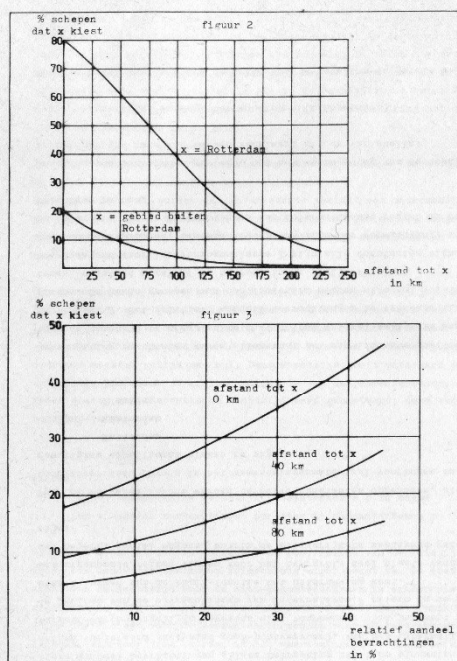
Om een indruk te krijgen van de gevoeligheid van de bestemmingskeuze voor variaties in de exogene variabelen reistijd en bevrachtingen zijn enkele exercities uitgevoerd, waarvan de resultaten in de figuren 2 en 3 zijn weergegeven. Hierbij werd gebruik gemaakt van de logit-functie voor laadvermogenklasse 2 (standaardschip 325 ton); dit is de modale klasse van de actieve binnenvloot.

In figuur 2 staan twee krommen afgebeeld: een voor het bestemmingsgebied Rotterdam en een voor een representatief gebied buiten Rotterdam. Uit deze grafiek kan de invloed van de reistijd - vertaald in afstand op basis van een gemiddelde snelheid van 10 km/u - op de bestemmingskeuze worden afgelezen. Opvallend is dat de aantrekkingskracht van Rotterdam ook op grotere afstand duidelijk merkbaar is.

In het gegeven voorbeeld is het zelfs zo, dat indien Rotterdam minder dan 150 km van het andere gebied verwijderd is, er meer schepen leeg naar Rotterdam varen (afstand 150 km, aandeel Rotterdam = 20 %) dan in het gebied zelf een nieuwe lading verwerven (afstand = 0, aandeel gebied = 20 %).

Bij de constructie van beide krommen is aangenomen dat de aantrekkelijkheid van de overige 30 alternatieve bestemmingen gelijk is voor de verschillende afstanden; bovendien werd voor het relatieve aandeel bevrachtingen uitgegaan van een vaste waarde, te weten 50 % voor Rotterdam en 5 % voor het andere gebied.

De resultaten van een vergelijkbare exercitie, doch nu één waarbij de afstand constant werd gehouden en het relatieve aandeel bevrachtingen



werd gevarieerd, staan in figuur 3. Voor drie verschillende afstanden, namelijk ca. 0, 40 en 80 km, is het verband tussen relatief aandeel bevrachtingen en het percentage schepen dat het betreffende gebied als bestemming kiest, weergegeven.

Uit de wiskundige structuur van het logit-model vloeit voort dat een bestemming een positief aandeel krijgt, ook al is het relatieve aandeel bevrachtingen nul; bij zeer kleine waarden voor laatstgenoemde grootheid zijn de uitkomsten dus minder betrouwbaar (bij de latere toepassing in het leegvaartsmodel wordt dit bezwaar ondervangen door middel van een vereffeningsprocedure).

Uit de figuur blijkt, dat voor relatieve aandelen bevrachtingen tot 45 % (alleen voor Rotterdam is de waarde iets hoger) de curven weinig afwijken van een rechte lijn. Dit heeft een groot praktisch voordeel. In het te ontwikkelen leegvaartsmodel wordt immers uitgegaan van jaargemiddelden voor het relatieve aandeel bevrachtingen, terwijl het logit-model gebaseerd is op de overeenkomstige grootheid op weekbasis. Dank zij de geringe kromming van de in figuur 3 getekende lijnen, zal ook bij een vrij aanzienlijke spreiding rond het jaargemiddelde de berekening op basis van jaargemiddelden slechts weinig afwijken van de theoretisch betere berekening op basis van weekcijfers.

5.3 Evaluatie van de toepassingsmogelijkheden

Op grond van de analyseresultaten werd besloten een model ter bepaling van de lege reizen te ontwikkelen op basis van de variabelen reistijd en relatief aandeel bevrachtingen. Zoals in par. 3 reeds werd vermeld, kan dit model worden gekenschetst als een distributiemodel voor lege reizen, waarbij de geschatte logit-functie de grondslag vormt voor de verdeling van de lege reizen per herkomstgebied over de verschillende rayons van bestemming. Met de geschatte logit-functies werd deze bewerking uitgevoerd op de aantallen lege reizen in het analysebestand op basis van een indeling in 37 herkomstgebieden (31 rayons + 6 grensposten).

De resultaten hiervan werden vergeleken met de lege-reizenmatrix, welke rechtstreeks uit het analysebestand kon worden afgeleid, dat wil zeggen de werkelijk gemaakte lege reizen. Aldus ontstond de mogelijkheid de geschatte functies te toetsen, dat wil zeggen model en praktijk met elkaar te vergelijken.

Een maatstaf voor de voorspellingskwaliteit van het model is de R^2 voor de correlatie tussen de werkelijke en de door het model berekende aantallen reizen. Aangezien het intraregionale verkeer (= reizen binnen een rayon) in het toedielingsmodel geen invloed heeft op de verkeersbelasting, werd bovendien deze R^2 berekend voor alle reizen exclusief het intra-regionale verkeer. De resultaten van deze toetsing per laadvermogenklasse staan in tabel 4.

De R^2 voor de verschillende klassen ligt tussen 0,91 en 0,97, hetgeen betekent dat met het model een zeer goede raming van de lege reizen per vervoersrelatie kan worden verkregen. Ook voor de lege reizen exclusief het intra-regionale verkeer zijn de resultaten goed; de R^2 varieert tussen 0,77 en 0,91.

In par. 3 werd ook de mogelijkheid geopperd om de lege reizen te ramen met behulp van een model dat is gebaseerd op lineaire programmering. Dit model bepaalt in feite de meest optimale verdeling van de lege reizen over de vervoersrelaties door de totale reiskosten te minimaliseren.

Voor een laadvermogenklasse, te weten laadvermogenklasse 3, werd de verdeling van de lege reizen op basis van lineaire programmering berekend. De resultaten hiervan, gemeten in de R^2 , waren 0,83 (inclusief intra-regionaal verkeer) en 0,53 (exclusief intra-regionaal verkeer), hetgeen een redelijk resultaat genoemd kan worden.

De resultaten van het gekozen model, dat eerder in deze paragraaf werd behandeld, zijn echter aanzienlijk beter: resp. 0,96 en 0,84. Laatstgenoemde resultaten kunnen bovendien nog verbeteren ná toepassing van de vereffeningsprocedure. Bij het lineair programmeringsmodel is een vereffening niet meer mogelijk, aangezien de oplossing steeds voldoet aan de opgegeven rij- en kolomtotalen.

TABEL 4. Toetsing logitmodel voor berekening lege reizen matrix (37 x 31) r.b.v. regressie-analyses
 R^2 = multiple correlatiecoëfficiënt; α_0, α_1 zijn coëfficiënten van de regressievergelijking $Y = \alpha_0 + \alpha_1 X$, waarbij Y = werkelijk aantal lege reizen en X = berekend aantal lege reizen

omschrijving	laadvermogenklasse				
	1	2	3	4	5
R^2 inclusief intraregionaal verkeer	0.97	0.96	0.96	0.96	0.91
R^2 exclusief intraregionaal verkeer	0.77	0.91	0.84	0.73	0.90
α_0	-0.09785	-0.11213	-0.22103	-0.27202	-0.61041
α_1	1.38446	1.07643	1.23735	1.37897	1.68515
aantal lege reizen in het analysebestand	399	1231	1054	956	1083

6 Enkele evaluerende opmerkingen

Concluderend kan worden gesteld dat de onderzoekresultaten in belangrijke mate hebben bijgedragen tot verwezenlijking van het gestelde doel: betrouwbare ramingen te kunnen maken van de verkeersbelasting van het vaarwegennet, uit hoofde van de leegvaart. Enerzijds kon worden vastgesteld welk vervoer te beschouwen is als punt-punt vervoer, anderzijds werd inzicht verkregen in het keuzegedrag van schippers die deelnemen aan het overige vervoer.

Door de gededesaggregeerde benadering was het mogelijk betrouwbaare resultaten te verkrijgen op basis van betrekkelijk weinig gegevens. Voor de analyse van het keuzegedrag kon volstaan worden met ruim 4500 waarnemingen.

Ondanks de goede resultaten is het model zeker voor verbetering vatbaar, met name voor wat betreft het internationale vervoer. In de eerste plaats waren geen gegevens omtrent bevrachtingen van internationale reizen in Nederland voorhanden, waardoor de invloed van deze variabele op het keuzegedrag van de schipper niet in het model tot uitdrukking gebracht kon worden. In de tweede plaats werd het buitenland als zodanig niet in beschouwing genomen; de buitenlandse oorsprong of bestemming van internationale reizen werd in het grenaken-toor gesitueerd. De variabele "reistijd" kon hierdoor niet zuiver worden gemeten; uit een nadere analyse bleek echter dat de coëfficiënten voor deze variabele niet significant verschilden voor aparte functies betreffende binnenlandse en internationale reizen.

Het ontwikkelde model is in principe geschikt voor het maken van prognoses op wat langere termijn, zij het dat wijzigingen in het institutionele kader invloed kunnen hebben op de geldigheid van het model.

Tot slot zij nog vermeld dat ook een modelversie gebaseerd op lineaire programmering werd beproefd. Een vergelijking van de resultaten

voor deze modelversie met het eerder genoemde gededesaggregeerde model, wees uit dat laatstgenoemd model duidelijk betrouwbaarder resultaten geeft.

7 Literatuur

1. de Donnea, F.X., "The determinants of transport mode choice in Dutch cities", Rotterdam, Rotterdam University Press, (1971).
2. Domencich, Thomas A. and McFadden, Daniel, "Urban Travel Demand, A behavioural analysis", North-Holland Publishing Company, Amsterdam-Oxford, (1975)
3. Jansen, J.E. en Roodenburg, H.J., "A freight forecasting model for the Netherlands", PTRC Summer Annual Meeting, Warwick, (1976)
4. Stichting Nederlands Vervoerswetenschappelijk Instituut, "Marktvormen en Marktgedrag in de binnenvaart". Deel I "De Vervoersstructuur in de binnenvaart", NVI, Rijswijk (Z.H.), (1973)
(Deel II, over het marktgedrag is nog niet gepubliceerd).
5. "Ontwerp Vaarwegennota", (1975). Dit stuk is door de Rijkswaterstaat in beperkte kring verspreid.
6. "Het goederenvervoer binnenschepvaart", editie Schuurman en Jordens, Tjeenk Willink, Zwolle.