



STUDIECENTRUM VOOR ECONOMISCH EN SOCIAAL ONDERZOEK

Orbitale en Semi-Orbitale Scheepvaart
in de Problematiek van de Wereldomvaart

Evrard M. CLAESSENS

Rapport 86/195

Augustus 1986

Deze research werd mede gefinancierd door een beurs voor maritieme economie van het Interuniversitaire College voor Studies in Management (C.I.M.) aan het Department of Maritime Studies van de U.W.I.S.T. te Cardiff. Verder dankt de auteur voor constructieve gesprekken dhr. H. Van Leenhoven (Hessenatie) en de professoren L. Baudez, L. Cogghe, W. Nonneman, W. Pauwels, C. Van Mechelen en R. Vleugels.

Universitaire Faculteiten St.-Ignatius
Prinsstraat 13 - B-2000 Antwerpen

D/1986/1169/13

Korte Inhoud

Nadat de container-lijnvaart zich moeizaam had geherprofileerd van internationale conferenties naar multinationale consortia, worden nieuwkomers zoals de "Round the World" diensten aanzien als een "konfrontatie met de traditionele lijnvaart". Hun "nieuwigheid" inzake exploitatielogistiek komt vooral neer een vervaging van de terugvracht als intrinsiek element van een scheepsreis. Dat daarenboven beide maatschappijen op sommige routes als "outsiders" opereren leidt ons tot een vergelijking van de beide exploitatiesystemen in eenzelfde kontekst van een comparatieve kostenanalyse.

Onderhavige nota behandelt het principe van de omvaart-exploitatie vanuit economische oogpunt. Daarvoor dient het transporteconomisch probleem van de "retourvracht" toegepast te worden op het omvaart-alternatief. Het "joint-cost" karakter ervan vervaagt, en daardoor ontstaat de nood aan meer geïntegreerde berekeningsmethoden zoals lineaire programmering. Naast de algemene probleemformulering door middel van lineaire programmering wordt ook aandacht besteed aan de feitelijke organisatie van een wereldomvaart. Immers wordt al eens te gemakkelijk aangenomen dat omvaart steeds om een "zuiver" systeem dient te gaan, dat exclusief de traditionele pendel-lijndiensten opereert. Door de probleemformulering nu zeer algemeen te stellen wijst de procedure uit dat een "gemengd" systeem optimale kosten-effectiviteit biedt. Deze stelling wordt toegelicht door in de hiernavolgende analyse successief de verschillende voorwaarden van een L.P. model op te stellen, en die daarna in een gevalstudie te toetsen aan een realistisch pakket marktgegevens en parameters.

In eenzelfde structuur aan operationele en kosten-parameters wijst de toets op een besparing van meer dan 5% aan hogere marktaccessibiliteit en kosten-effectiviteit. Dit resultaat omvat niet de veel snellere vaartijden van een orbitale omvaart ten opzichte van een "aaneengeregen serie afzonderlijke lijndiensten", zoals die thans liggen. Derhalve is de berekende besparingtendens een strict netto gegeven, dat uitsluitend voortvloeit uit gewijzigde toepassing van het terugvrachtprincipe op een orbitaal circuit, dus zonder eigen logistieke voordelen van de betrokken maatschappijen.

1. Probleemstelling	2.

2. DE ALGEMENE FORMULERING	5.

2.1. De objectieffunctie	
2.2. De capaciteitsbeperking	6.
2.3. De voorwaarden van de marktvraag	7.
3. DE FORMULERING VAN DE RETOURVRACHT	8.

3.1. De terugvrachtvoorwaarden	
3.2. De objectieffunctie	9.
3.3. De structuur van de geassocieerde productie	10.
4. DE ORBITALE OMLOOP van de WERELDOMVAART	11.

4.1. De keuze tussen orbitale en pendelscheepvaart	
4.2. De passagevoorwaarden	12.
4.3. De objectieffunctie	12.
4.4. De capaciteitsvoorwaarden	13.
4.5. De marktvraag	13.
5. MAIN PORTS en FEEDERS in een geïntegreerde lijndienst	

5.1. "Main Ports" en feeder-routes	14.
5.2. "Way Ports" en I.L.S. (Integrated Liner Service)	
6. Een GEVALSTUDIE	16.

7. PRIJSZETTING en INVESTERINGSBESLISSINGEN	19.

7.1. De investeringsbeslissingen	
7.2. De prijsbeslissing	21.
8. EVALUATIE	22.

9. VOETNOTEN	23.

10. BRONNEN	25.

1. Probleemstelling

Sinds half-1984 is de lijnvaart vertrouwd met het fenomeen van de zogenaamde "round-the-world shipping" of wereldomvaart. Enerzijds kent men de dubbele circuits van EVERGREEN, die zowel kloksgewijs als tegen-kloksgewijs een omvaart organiseert in 77 dagen. Anderzijds roterende 11 jumbo-schepen van U.S.L. (United States Lines) op een zuivere kloksgewijze omvaart met een uiterst beperkt aantal aanloophavens, ook "main ports" genoemd (a). Beide maatschappijen introduceerden hun nieuw concept tevens met een substantiele scheepstonnage op de markt van de georganiseerde lijnvaart. Nadat die lijnvaart zich moeizaam had geherprofileerd van internationale conferenties naar multi-nationale consortia, kwam deze nieuwigheid inzake exploitatie-logistiek initieel vooral neer op een volledig nieuw capaciteitsaanbod en dit bij de wereldwijd stagnerende vraag naar scheepscapaciteit. Daarenboven ageren beide operators meestal als "outsiders", reden waarom de BELGISCHE REDERSVERENIGING (1986) recentelijk waarschuwde voor een konfrontatie tussen de gevestigde traditionele lijnen en nieuwkomers zoals de "Round-the-World" diensten."

Onderhavige nota behandelt de mogelijkheden een omvaartexploitatie in een traditionele lijndienst (volgens heen-en-weer rondvaarten) in te bouwen. Daardoor wordt de problematiek van de terugvracht in een volledig nieuw daglicht gesteld. Dit traditioneel transport-economisch probleem van de "retourvracht" is een beroemd voorbeeld in de problematiek van de kostentoe wijzing, c.q. prijszetting, bij gemeenschappelijke kosten (de zgn. "joint cost pricing). Thans met het omvaart-alternatief vervalt het "joint cost" karakter ervan, althans in de rigiede proporties die meestal daarvoor gelden (b). Immers, na een heenreis heeft de operator de opties tussen een directe "retourreis" (d.w.z. volgens de omgekeerde routing van de heenreis) of een "orbitaal circuit" dat de heenreis herschikt tot een eerste sectie op een wereldomvaart.

Volgens eenzelfde redenering kan men ook spreken van semi-orbitale scheepvaart telkens wanneer de terugreis niet volgens het spiegelbeeld van de heenreis verloopt maar in een driehoek (zoals Europa-West Afrika-V.S.Oostkust-Europa) of volgens een polygoon. Vergeten wij tenslotte niet dat een aantal lijndiensten ogenschijnlijk een "point-to-point" dienst verzekeren tussen twee continenten terwijl zij aan beide zijden van de reis een serie havens bedienen volgens een "semi-orbitaal" patroon, en ook de "combinatievaart" vaart in een semi-orbitale reisroute volgens de marktgegevens (c).

In principe bestaat er ook wereldomvaart sinds conferentie-routes gewoon waren hun heenreis via Suez te plannen en de terugreis via Panama. Hieruit komt de "round-the-world-shipping" geenszins als een exclusieve exploitatie-formule naar voor, maar zou zich kunnen inlassen in het route-patroon van de traditionele lijnvaart en dit volgens de marktvraag. Daarin kunnen dan sommige schepen op zgn. "pendeldiensten" varen, en andere op "orbitale vaarschema's", die hetzij kloksgewijs, hetzij tegenkloksgewijs lopen. Het zijn nu de voorwaarden waaronder zo een gecombineerde dienst kan opereren die ons hier meer bepaald bezig houden. Daarom suggereren wij de meer algemene term "orbitale scheepvaart", in plaats de "wereldomvaart" waarmee de eigen logistiek, en ook de typische afvaart-kadans van Evergreen en U.S.L. bedoeld worden (d) .

In de algemene probleemformulering middels lineaire programmering wordt ook aandacht besteed aan de feitelijke organisatie van een wereldomvaart. Immers, zoals hoger reeds werd gesteld, dient een berekeningsprocedure niet steeds een "zuiver" beheersysteem te betreffen, dat alleen omvaarten uitbaat, exclusief de traditionele pendel-lijndiensten. Door nu de probleemformulering zeer algemeen te stellen, wijzen de resultaten uit dat een "gemengd systeem" een gunstiger kosten-effectiviteit genereert, althans vanuit de optiek van de optimale combinatie van beladen afvaarten. Orbitale scheepvaart vertoont verder nog een aantal voordelen, vooral ten aanzien de vlotte scheduling tussen oorsprong en bestemming, door met name een aantal overladingspunten overbodig te maken. In de hier besproken toepassing wordt wel een analytisch nog vrij eenvoudige problematiek beproven van optimale route-toewijzing, waarin de TEU-vraag per route-sectie gegeven is. Wel wordt voldaan aan enige realiteitszin door tevens "feederdiensten" te voorzien, die ofwel opereren vanuit een "mainport", ofwel in de lijnvaart geïntegreerd worden door de introductie van een facultatieve "wayport"-aanloop.

In een volgende sectie wordt bondig het algemeen model voorgesteld in algebraïsche notatie, terwijl wij naar figuur 1 en tabel 2 verwijzen voor een grafische voorstelling en een lijst van parameters en variabelen middels acronymen. Secties 3 en 4 behandelen dan het probleem van de retourvracht, c.q. de uitbreiding tot orbitale exploitatie. Tenslotte wordt het model dan aangevuld met een feeder-pendeldienst, terwijl een oefening de discussie besluit .

2. DE ALGEMENE FORMULERING VAN EEN L.P.MODEL (e)

Het model behandelt een vloot containerschepen volgens drie types, met elk een capaciteit van resp. 1500, 850 en 500 TEU, varende op vier alternatieve routes. Een klassiek toewijzingsprobleem daarvan werd reeds uitgewerkt, en wij verwijzen naar het daaraan gewijde onderzoek (CLAESSENS, 1983-85) en het gepubliceerde materiaal voor verdere introductieve lectuur. Thans hertekenen we de vier eerder gedefinieerde routes in successieve kringvorm, zodanig dat ze een wereldomvaart vormen. In plaats van de route-index ($j=1,4$) kunnen de routes nu ook benoemd worden met AT voor Atlantic ($j=1$), PA voor Pacific ($j=2$), CA voor Caribbean ($j=3$) en SU voor Suez ($j=4$). Alleen de Suez route wordt gedupliceerd door een lokale dienst die tevens als feeder kan geïntegreerd worden in de lijnvaart, via de havens "A" in West-Europa en "B" in het Verre Oosten; de feeder bedient tevens de markt van de tussenliggende "wayport"-haven "C" en vormt zo twee additionele secties, "GU" voor "Gulf" ($j=5$) en "OR" voor "Orient" ($j=6$). Evident kunnen feeders rond ieder lijnhoofd worden georganiseerd, net zoals elke route verder kan worden opgesplitst in verscheidene secties. De organisatie van die exploitatie wordt grafisch voorgesteld in figuur 1, terwijl tabel 2 de operationele en kosten-parameters geeft te zamen met de marktinformatie.

2.1. De objectieffunctie

is van het kostenminimerende type, waarin de te minimeren kosten worden gedefinieerd als "opportuiniteitskosten". Naast de directe kosten van de lijnvaart ($k(ij)$ voor een basis-pendelreis) omvatten die opportuiniteitskosten tevens de "penalties" voor de vracht die niet kan worden geladen omwille van capaciteitsproblemen. Die penalty-kosten worden gemeten volgens de verloren "kost-plus marge". Schematisch weergegeven krijgen we:

Tabel 1 : Opportuiniteitskosten in een kostenminimerende L.P.

.....	verscheepte TEU	I	niet verscheepte TEU
.....	worden verrekend in de	I	WORDEN VERREKEND ALS
.indirecte.	prijzetting en de be-	I	OPPORTUNITEITSKOSTEN
.kosten .	drijfs resultaatsbere-	I	vermits die algemene
. & winst .	kening maar niet in de	I	kosten niet kunnen
.....	kostenminimerende L.P.	I	gerecupereerd worden
.....	WORDEN VERREKEND omdat	I	deze kosten zijn per
. directe .	zij kunnen toegewezen	I	definitie omkeerbaar
.kosten .	worden proportioneel	I	en uit te sparen bij
.....	aan de dienstverlening	I	verminderde dienst.

Hieruit blijkt dat het begrip opportunitetskosten de directe kosten omvat van de werkelijk verscheepte container-TEU's en de opportunitetskosten van de niet-verscheepte TEU's. Die laatste "penalties" (f) kunnen desgevallend worden gecorrigeerd voor een subjectieve marge; derhalve kunnen die penalty-waarden eerder als "waarde van het verloren marktpotentieel" gedefinieerd worden inclusief het producentensurplus. Zo wordt volgend model bekomen:

$$\min \sum_i \sum_j k(ij).RT(ij) + \sum_j p(j).P(j) + \sum_i l(i).L(i) \quad (1/a)$$

.....
 met $k(ij)$: de exploitatiekosten van een "roundtrip" op route "j" voor een schip van het type "i" (1500, 850, 500 TEU)
 $R(ij)$: het aantal "roundtrips" per periode voor "i" op "j", d.w.z. met een beladen heenrit en zonder terugvracht
 $P(j)$: het aantal "penalties" d.w.z. eenheden TEU, die niet vervoerd worden wegens capaciteitsgebrek op route "j"
 $p(j)$: het monetaire kosten-equivalent van zo een "penalty"
 $L(i)$: aantal schepen "i", die opliggen of vervracht werden
 $l(i)$: opportunitetswaarde van $L(i)$ per periode; die ofwel positief is wanneer de onbenutte schepen opliggen en de maatschappij daarvan de kosten draagt; of die een negatieve waarde aanneemt (of opbrengst) ten bedrage van het contract der tijdsvervrachting per periode.

.....
 In het algemeen geldt dat positieve penalty-waarden verbonden zijn met de opportunitetskosten van het verlies aan marktvolume. Dan dienen tevens de $l(i)$ -waarden negatief te kwoteren, vermits de procedure dan een optimale combinatie berekent tussen exploitatie-in-eigen-beheer tegen een gedeeltelijke vervrachting van de vloot. Deze procedure volgt het "normal cost concept" uit de economische (ANDREWS-BRUNNER, 1977) en maritieme (GARDNER, 1978-86) litteratuur, alsook de heersende procedures van kostencalculus (GOSS, 1977).

2.2. De capaciteitsbeperking

 relateert de totale capaciteit in aantal schepen beschikbaar-per-periode per scheepsklasse "S(i)" aan het totale capaciteitsbeslag van zowel de effectieve afvaarten als de vervrachte eenheden:

$$\sum_j a(ij).RT(ij) + L(i) = S(i) \quad (2/a)$$

.....
 met... $S(i)$: vlootsamenstelling per scheepsklasse "i"; daarvan is
 $L(i)$: aantal schepen "i", die opliggen of vervracht werden
 en $a(ij)$: capaciteitsbeslag op "i" van een afvaart op route "j"

3. DE FORMULERING VAN DE RETOURVRACHT

Tot nu toe werd de terugvaart impliciet opgenomen als een zgn. "gemeenschappelijke productie" met de heenvaart. Dit geldt onder meer voor de meeste "bulk trades" tenzij wanneer men zich op de combinatiescheepvaart begeeft (g). In de lijnvaart kan men echter de terugvracht als een afzonderlijke beslissing aanzien zodat elke rondvaart alleszins een volle afvaart betekent en daarenboven het alternatief openhoudt de terugtocht al dan niet beladen aan te vatten. Derhalve omvatten de kosten van een rondvaart:

- a/de gemeenschappelijke kosten van een volle afvaart gecombineerd met een terugvaart "op ballast",
- b/ de marginale kosten om op de terugweg cargo te vervoeren; die kosten bestaan uit eventueel langere haventijd en -kosten, en zowel de objectieffunctie als de capaciteitsrestricties dienen daarvoor geamendeerd te worden.

Die procedure garandeert een volledige kostendekking en verhindert daarbij tevens dubbelrekening, indien voor elke route de heenvaart telkens wordt bepaald als de richting met de dominante marktvraag. Zoniet zou immers een deel der vracht aan marginale kostprijs geprijsd kunnen worden, d.w.z. zonder de vaste kosten om eerst een heen-en-terug-vaart te verrekenen. In het hier besproken verhaal wordt de heenvaart telkens op de "westbound" bepaald, behalve dan voor de Suez-route waar ze "eastbound" loopt. Zo kan het model nu vervolledigd worden met de:

3.1. De terugvracht voorwaarden

die stellen dat het aantal beladen afvaarten telkens groter dient te zijn dan het aantal beladen terugtochten:

$$\begin{aligned}
 & \dots\dots\dots : \text{ATWES}(i) \geq \text{ATEAS}(i) \quad (j=1) \\
 & \dots\dots\dots \quad \text{CAWES}(i) \geq \text{CAEAS}(i) \quad (j=2) \\
 & \dots\dots\dots \quad \text{PAWES}(i) \geq \text{PAEAS}(i) \quad (j=3) \\
 & \dots\dots\dots \quad \text{en op de Suez-route:} \quad (4/b) \\
 & \dots\dots\dots \quad \text{SUEAS}(i) \geq \text{SUWES}(i) \quad (j=4) \\
 & \dots\dots\dots \quad \text{GUEAS}(i) \geq \text{GUWES}(i) \quad (j=5) \\
 & \dots\dots\dots \quad \text{OREAS}(i) \geq \text{ORWES}(i) \quad (j=6)
 \end{aligned}$$

of algebraïsch ter vervollediging van het algemeen model:

$$\begin{aligned}
 & \dots\dots\dots \quad \text{RT}(ij) = \text{BL}(ij) + \text{BH}(ij) \quad \text{voor } j=1,6 \\
 \text{met} & \dots\dots\dots \quad \text{BL}(ij) \text{ volle terugvaarten (backloads)} \quad (4/b) \\
 & \dots\dots\dots \quad \text{BH}(ij) \text{ lege terugvaarten (backhauls)}
 \end{aligned}$$

Deze laatste zgn. "artificiele variabelen" worden ingevoerd om de ongelijkheden door gelijkheden te vervangen in de standaardvorm. Ze hebben ook enig nut in de vlotte calculus van de "load factors" op de terugtocht waarvoor eenvoudigweg geldt: $\text{BL}(ij)/\text{BH}(ij)$.

3.2. De objectieffunctie

wordt nu vervolledigd met de marginale kosten van de terugvaart:

$$\begin{aligned} \min & \sum_i \sum_j k(ij).RT(ij) + \sum_j p(j).P(j) + \sum_i l(i).L(i) \\ & \dots \\ & \sum_i \sum_j t(j).BL(ij) + \sum_j q(j).Q(j) \end{aligned} \quad (1/b)$$

met ... $t(i)$: de gemiddelde marginale kost om een schip van type van een teruglading te voorzien; die bestaat uit de directe scheeps- en havenkosten gaat (cfr.tabel 1)
 ... $P(j)$: het aantal onafgevoerde TEU's op de terugtocht, en
 ... $p(j)$: de opportunitetskost van een verloren eenheid $P(j)$

terwijl de capaciteitsbeperking insgelijks wordt vervolledigd tot

$$\sum_j a(ij).RT(ij) + \sum_j b(i).BL(ij) + L(i) = S(i) \quad (2/b)$$

met ... $b(i)$: de gemiddelde extra tijd nodig om een volledige terugvracht te laden uitgedrukt in periode-eenheden, waarin ook $a(ij)$ werd uitgedrukt (bv.maanden).

Ook hier kunnen de parameters $t(i)$ en $b(i)$ niet alleen volgens het scheepstype variëren maar tevens per route "j" of zelfs per haven (ROBINSON, 1978). Dit alles kan wel het model met nuttige en meer gedetailleerde informatie verfijnen maar maakt het ook minder aangewezen ter introductieve kennismaking.

Tenslotte wordt de marktvraag vervolledigd met een identiek set van "j" vergelijkingen, zoals in (3/a), voor de teruglading:

$$\begin{aligned} \sum_i c(i).RT(ij) + P(j) &= T(j) \\ \sum_i c(i).BL(ij) + Q(j) &= R(j) \end{aligned} \quad (3/b)$$

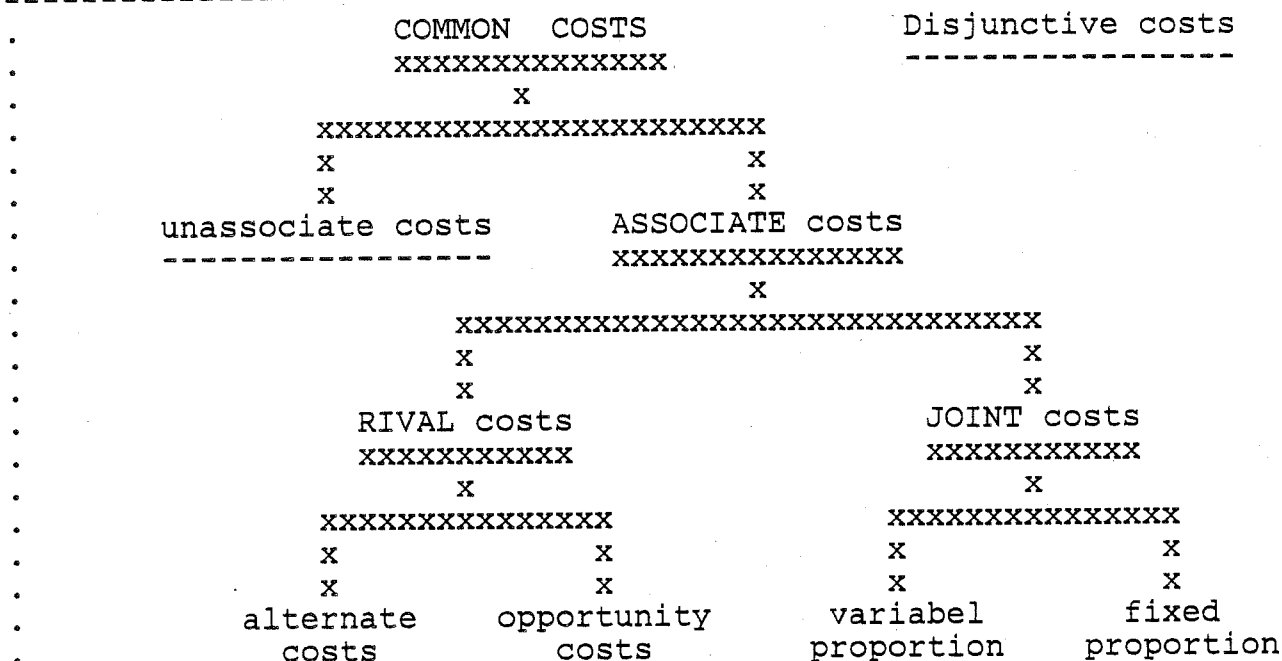
met... $R(j)$: het totaal aanbod TEU op de terugtocht op route "j".

Hier kan de nominale capaciteit $c(i)$ ook worden vervangen door de effectieve capaciteit ($c(ij)$ per scheepstype en route) die nu wel nog kan variëren voor de heen- en terugreis op dezelfde route. Zo is de effectieve capaciteit in ton (maar daarom nog niet in TEU) groter wanneer men van zout naar zoet water vaart, of van de tropen naar de "Noord-Atlantische" zone (volgens de verstookte bunkers), en dit vergeleken bij een omgekeerde tocht. Een dergelijke detail vereist nauwkeurige berekeningen i.v.m. met tonnage, watermerk en stabiliteitscondities. Die verfijning valt wel buiten het raam van dit verhaal, dat eenvoudigweg vraag en capaciteit in TEU uitdrukt.

3.3. De structuur van de geassocieerde productie

Voorgaande discussie benadrukt de nood aan kostencalculus bij een geassocieerde productie. Uit een literatuurstudie terzake kan het volgend schema verkregen worden:

Figuur 3 : Overzicht van diverse vormen van geassocieerde kosten



bron: DEAN(1950, pp. 263-265; 270 & 311-319)
... & EDGEWORTH (1910, p.558, voetnoot 4)

Hieruit blijkt dat de vorige analyse van de terugvracht vooral de "joint costs in fixed proportion" beoogt, althans indien men stelt dat een afvaart tevens een terugvaart impliceert. Het concept van de wereldomvaart vervaagt dat principe tot veranderlijke proporties naargelang de optimalisatie; met een recent SEATRADE (1986) "special report" kan men stellen: "It's all to do with abandoning the mentality of the return voyage; putting it simply, why should a hugely expensive third-generation containership have to go back the way it came?".

4. De ORBITALE OMLOOP van de WERELDOMVAART

Vanuit nautisch standpunt, bestaat een omvaart erin de terugtocht niet uit te voeren volgens het spiegelbeeld van de heenreis, maar volgens een al dan niet substantiele omweg langs een aantal havens die op de heentocht niet werden aangedaan. Economisch bekeken verliezen de kosten van de teruglading nu hun "gemeenschappelijk" karakter. Zij zijn nog wel "geassocieerd" met de heenreis maar de verhouding kan veranderen naargelang men de terugreis onmiddellijk aanvat of orbitaal uitvoert. Wel genereert de directe omvaart nu "rival costs" met het orbitaal circuit vermits beide opties zich voor hetzelfde schip mutueel exclusief opstellen.

4.1. De keuze tussen orbitale en pendelscheepvaart

wordt nu in het model geïntroduceerd door de terugtochtvoorwaarden te amenderen op de vierde (Suez) en eerste (Atlantic) route. Die routes worden derhalve aanzien als een eerste segment op respectievelijk een kloksgewijze en tegenkloksgewijze omloop:

$$\begin{aligned} \dots \quad \text{ATWES}(i) &= \text{ATEAS}(i) + \text{ATEMP}(i) + \text{ATCCO}(i) \\ \dots \quad \text{SUEAS}(i) &= \text{SUWES}(i) + \text{SUEMP}(i) + \text{SUCWO}(i) \end{aligned}$$

of algebraïsch ter vervollediging van het algemeen model:

$$\begin{aligned} \dots \quad \text{RT}(i1) &= \text{BL}(i1) + \text{BH}(i1) + \text{CCO}(i) \\ \dots \quad \text{RT}(i4) &= \text{BL}(i4) + \text{BH}(i4) + \text{CWO}(i) \end{aligned} \quad (5/c)$$

met CWO(i) of SUCWO(i) het aantal kloksgewijze omvaarten, die worden uitgevoerd na een heenreis op de Suez-route, of CCO(i) of ATCCO(i) tegenkloksgewijze, na een afvaart op de Atlantische route.

Let wel dat CCO(i) en CWO(i) berekend worden als lege omvaarten, nadat het eerste segment (Atlantisch of Suez) volledig beladen werd uitgevoerd. De reden voor die "lege omvaart" is dat men dan in een tweede fase pas beslist op welke van de drie resterende lijnsegmenten het schip beladen zal varen. Zoniet is een volledige volle omvaart het enige alternatief voor een directe terugreis, en zou de situatie niet te voorzien zijn dat in een wereldomvaart één of meerdere segmenten volledig beladen worden bevaren, en andere met deellading. Voor die laatstgenoemde gegevens worden nu de voorwaarden sub 5/a aangevuld met de "passagevoorwaarden".

4.2. De passagevoorwaarden

 bepalen dat op elk orbitaal uitgevoerd segment van een omvaart het aantal beladen passages niet groter mag zijn dan het aantal reizen die als omvaart zijn verrekend:

$$\begin{aligned} \dots & \text{CWO}(i) \geq \text{CW}(ij) \quad \text{voor } j=1,3 \\ \dots & \text{CCO}(i) \geq \text{CC}(ij) \quad \text{voor } j=2,4 \end{aligned} \quad (6/c)$$

 Die "beladen-passages" (CC(ij) en CW(ij)) vervullen een gelijkwaardige functie als de "beladen terugtochten" (BL) in de pendelscheepvaart. Zij worden slechts tegen marginale kosten verrekend, net zoals de teruglading op een heen-en-weer pendellijn. Achteraf treden zij dan in de vraagvergelijkingen op in de plaats van de orbitale omlopen (CCO(i)&CWO(i)), die alleen een nautische functie vervullen. Zo kan thans de objectieffunctie worden geamendeerd.

4.3. De objectieffunctie

 wordt nu aangevuld met de differentiele kosten van de omvaarten en de marginale kosten om elk successief segment ervan al dan niet in beladen toestand te bevaren:

$$\begin{aligned} \dots \text{min} & \text{ formule "1/b" + } \sum_i m(i) \cdot \text{CWO}(i) + \sum_i n(i) \cdot \text{CCO}(i) \\ \dots & + \sum_i \sum_j t(i) \cdot \text{CW}(ij) + \sum_i \sum_j t(i) \cdot \text{CC}(ij) \quad (1/c) \\ \dots & \end{aligned}$$

 met : m(i) de differentiele kosten om een kloksgewijze omvaart te verrichten, vergeleken bij een (volle) heen- en (lege) terugtocht op de "Suez"-route (de betekenis van "a(i4)");
 en. n(i), idem bij een tegenkloksgewijze omvaart, vergeleken bij een rondrit op de Atlantische route (volgens "a(i1)")

 Let wel dat in principe moet gelden: $m(i) + n(i) = k(i2) + k(i3) - 2t(i)$. Immers, indien men aan beide zijden $k(i1) + k(i4)$ bijtelt, bekomt men de totale exploitatiekosten van een kloksgewijze én tegenklok-omvaart. Deze twee omvaarten vertonen echter slechts twee beladen secties (ATWES en SUEAS) tegen de rondvaarten vier. De berekening van m(i) en n(i) mag ook het gegeven incalculeren dat exploitatiekosten kunnen verschillen naargelang de vaarrichting. De redenen daarvoor liggen in het kleiner brandstofverbruik of kortere vaartijd op reismwegen, die nautisch of meteorologisch gemakkelijker te bevaren zijn, onder invloed van de golfstroom, de mogelijkheden te varen volgens "weather routeing" (FOLEY, 1986), of gelijkaardige effecten. Eenzelfde redenering wordt ook gevolgd bij de berekening van het capaciteitsbeslag vergeleken bij de traditionele rondvaart waar ook de kloksgewijze omvaart iets sneller roteert.

4.4. De capaciteitsvoorwaarden

worden nu gecorrigeerd voor de omlooptijd van orbitale circuits:

$$\begin{aligned} \text{tot. } & \sum_j a(ij).RT(ij) + \sum_j b(i).BL(ij) + d(i).CWO(i) + e(i).CCO(i) \\ & \dots + \sum_j f(i).CW(ij) + \sum_j f(i).CC(ij) + L(i) = S(i) \end{aligned} \quad (2/c)$$

met. $d(i)$: de additionele tijd van een lege tegenkloksgewijze omvaart na een afvaart op de Atlantische route, en
 $e(i)$: voor een kloksgewijze omvaart na een Suez-afvaart.
 $f(i)$: de marginale tijds-kost om een orbitaal segment in beladen toestand te bevaren ; deze parameter is in principe kleiner dan $b(i)$ voor de terugvracht, wat de feitelijkheid weergeeft dat in de orbitale loop sommige containers over verscheidene route-secties meereizen ; zulks is evident vrij onzinnig bij een eenvoudige retourvracht. Verder is $f(i)$ insgelijks specificeerbaar per route en per haven (cfr. supra de commentaar bij formule 2/b).

Let wel dat de redenering om $f(i)$ te differentieren van $b(i)$ niet opgaat voor de marginale exploitatiekosten $t(j)$. Die zijn immers gelijk voor een beladen terugreis en een beladen orbitaal segment maar kunnen wel ruimtelijk variëren volgens havens. Voor verdere discussie over dit onderwerp verwijzen wij naar de recente teksten daaromtrent in JANSOON & SHNEERSON(1982) en SUYKENS(1986).

4.5. De marktvraag

dient tenslotte te worden aangepast voor het feit dat op de routes die de Pacific en Caribbean bedienen, de vraag zowel door orbitale als door pendeldiensten kan worden bediend. Omwille van de aanpak d.m.v. een gevalstudie is de heenvaart (met slechts twee orbitale segmenten) wel iets gemakkelijker te formuleren:

$$\dots P(j) + \sum_{i \text{ (voor } j=1,6)} c(i).RT(ij) + \sum_{i \text{ (voor } j=2,3)} c(i).CC(ij) = T(j) \quad 3/c)$$

dan de teruglading waar alle kloksgewijze diensten ($j=1,3$) moeten gecombineerd worden met nog één tegenkloksgewijs segment (op de terugtocht van de Suez-route, $j=4$) en de andere terugvracht (BL):

$$\dots Q(j) + \sum_{i \text{ (voor } j=1,6)} c(i).BL(ij) + \sum_{i \text{ (voor } j=1,3)} c(i).CW(ij) + c(i).CC(i4) = R(j)$$

5. MAIN PORTS en FEEDERS in een geïntegreerde lijndienst

Feederdiensten kunnen zowel geïntegreerd worden over successieve secties waarop dan eenzelfde scheepsklasse moet opereren, als ten opzichte van parallele lijndiensten. Het eerste geval betreft het begrip "main port", terwijl het tweede exploitaties integreert.

5.1. " Main Ports " en feeder-routes

Onder geïntegreerde feeders verstaan we het fenomeen dat eenzelfde schip verschillende successieve havens aandoet vertrekkend van een "main port" (in casu "A") van waaruit de feeder opereert. Die bedient ook een typische "wayport" in de Gulf-regio (in casu "C"):

$$\begin{aligned} \dots\dots \text{GUEAS}(i) &\geq \text{OREAS}(i) \text{ , of algebraïsch} \\ \dots\dots \text{RT}(i5) &\geq \text{RT}(i6) \end{aligned} \quad (7/c)$$

Daarin wordt gesteld dat een feeder alleen de "Orient-route" kan bevaren (tussen haven "C" en "B") wanneer die eerder reeds op de "Gulf-route" (tussen "A" en "C") werd ingezet. Dergelijk patroon kan worden verkregen in het geval "A" als enige "main-port" wordt gebruikt en men niet direct de vracht tussen "C" en "B" viseert.

5.2. " Way-ports " en I.L.S. (Integrated Liner Service)

Inmiddels werd nog steeds aangenomen dat per route steeds kan worden gekozen welke afvaart "outbound" is ter garantie van de "terugvrachtvoorwaarden" in sectie 3.1. De orbitale circuits veranderen die structuur niet noch de afzonderlijk georganiseerde feeders. Wel kan het nu gebeuren dat de feederdiensten een vraag-dominantie vertonen omgekeerd aan de non-stop-diensten zodanig dat de Suez en Gulf-Orient routes in tegengestelde richtingen een TEU-"imbalance" vertonen. Dit testgeval werd in de oefening ingebracht door op de terugtocht (ORWES in tabel 2) de terugvracht op 6000 stuks te stellen en de heenvracht (OREAS) slechts op 3000 TEU, wat de realiteit voorstelt op de relatie Europa / Far East - Gulf. De aanpassing van het schema bestaat er nu in enige lijndiensten van de Suez-route bij hun terugtocht de haven "C" als "wayport" te laten aandoen, als de marktsituatie zulks aanbeveelt (in te voegen via hogere penalty-waarden voor de betrokken routes en richting). Mathematisch wordt die mogelijkheid vertaald door de volgende amendering van de sub 4/b gestelde "terugvrachtvoorwaarden":

$$\begin{aligned} \dots\dots \text{SUEAS}(i) &= \text{SUWES}(i) + \text{SUEMP}(i) + \text{SUCWO}(i) + \text{SUPOR}(i) \\ \text{en. } \text{SUPOR}(i) &\geq \text{GUWES}(i) - \text{GUEAS}(i) \\ \dots\dots \text{SUPOR}(i) &\geq \text{ORWES}(i) - \text{OREAS}(i) \end{aligned} \quad (4/c)$$

Die voorwaarden stellen enerzijds dat de lijndiensten op de Suez-route : - hetzij beladen (SUWES), of in balast (SUEMP) terugvaren, . - hetzij verder stomen in een kloksgewijze dienst (SUCWO) . - hetzij bij terugkeer de "way-port" "-C" aandoen (SUPOR) en anderzijds dat de occasionele dominantie van de terugvrachten op de feederdiensten alleen mag geschieden ten belope van het aantal havenaanlopen "SUPOR(i)". Die laatste voorwaarde is nodig omwille van de juiste kostenverrekening. Immers, de terugtochten ORWES en GUWES worden slechts aan hun marginale beladingskosten geprijsd (cfr. supra voorwaarden 1/b en 4/b). Een "imbalance" in omgekeerde richting (dominante terugvracht) vereist nu dat die terugvracht als rondvaart (heen-en-weer-tocht) verrekend wordt, en die kostenparameters kunnen nu als coëfficiënt van SUPOR(i) in de objectieffunctie geïntroduceerd worden (zie tabel 2, bij "PC(i)"). Let wel dat die correctie alleen geschiedt ter amendering van de kostprijsberekening, die hier op "t(i)" gesteld wordt, eenzelfde parameter als de terugvracht. Een additionele correctie voor de haventijd is echter niet nodig, vermits de terugvaarten reeds sectie-per-sectie in de objectieffunctiewerden ingebracht en zo de havenkosten verrekend werden (cfr. supra 1/b).

Een dergelijke constructie is essentieel, wanneer men operationeel de feeders, c.g. cabotage, van de "main line" wil scheiden, maar toch hun respectieve markten wil integreren. Tevens staat dit type constructie model voor diverse gelijkaardige vormen van integratie die in elke operationele kontekst kunnen ingeschoven worden. Men kan zo segmenten indenken, die gemeenschappelijk verlopen aan een aantal verschillende lijndiensten, bijvoorbeeld de Gulf-route als geïntegreerd met een semi-orbitale loop omheen de Kaap. De hier beschreven integratieprocedure is wel vooral relevant wanneer de diensten die voor integratie in aanmerking komen, een verschillend patroon van havenaanlopen vertonen met enkele gemeenschappelijke "steunpunten". Dit is onder meer het geval bij consortia (bv. OCL) die op sommige deelmarkten nauw samenwerken met lokale operators.

Tenslotte kan men zich afvragen, waarom de integratieprocedure van de feeder-diensten nog vrij casuïstisch werd ontworpen. De reden voor een exclusieve toepassing op de Suez route ligt in de nogal explosieve aard van de aanpassing, eenmaal men met meerdere havens begint te werken. Met de procedure voor de orbitale circuits erbij zou men dan wel buiten het efficiënt gebruik van de typische mini- of micro-apparatuur liggen en naar minder accessiebele mainframes worden verwezen. Dit argument speelt vooral op de precisie waarmee de berekeningen dienen te gebeuren. Immers, eenmaal het set aan alternatieve beheersformules toeneemt, kunnen ook de operationele en kostprijs-verschillen verkleinen, en zo dient progressief meer in dubbele precisie gewerkt te worden.

6. Een gevalstudie

De bovenstaande modelbouw werd toegepast op de voorheen verstrekte operationele en kosten-parameters. Die zijn te aanzien als "relevante oefenwaarden"; zij zijn gebaseerd op realistische gegevens, maar hun onderling verband werd soms enig geweld aangedaan om de nodige sensitiviteiten in het programma in te brengen. Evident is die onvolkomenheid slechts voorlopig ter vervanging van de parameters door een bedrijfseigen operationele en kosten-empirie.

De output van de oefening is gegeven in tabel 3/a voor de orbitale planning terwijl tabel 3/b alleen een pendeldienst verwerkt, maar wel inclusief de feeder-opties (d.w.z. zonder de voorwaarden 1/c tot 5/c). De resultaten zijn vrij eenvoudig te interpreteren.

De exploitatie van de basis-pendeldienst loopt zuiver symmetrisch, waarin het aantal beladen terugtochten gelijk zijn aan de afvaart-frequentie. Men baat derhalve de dienst uit volgens het minst beladen segment en negeert de "imbalances" die als "penalty" verrekend worden. Die penalty-eenheden treden op à rato van:

- 2000 TEU op de Atlantische Eastbound waar de vraag op 10000 TEU . geschat wordt en de terugvracht op 80000;
- 10000 TEU op de Pacific waar de eastbound 20000 stuks noteert, . tegen 10000 als terugvracht,
- 1000 TEU op de uitgaande Gulf-route waar de verhouding 5000 TEU . bedraagt tegen 4000 en insgelijks,
- 3000 TEU op de Orient waar de balans 6000 tegen 3000 bedraagt;
- De 1084 TEU-penalties op de Caribbean worden in beide richtingen . genoteerd op een route die inzake potentiële vraag gebalanceerd . verloopt. Hieruit blijkt dat die route de minst lucratieve is, . zoals berekend uit de kosten-effectiviteit van de exploitatie, . vergeleken bij de totale penalty-kosten.

Typisch voor dit patroon is dat 16084 TEU-containers niet kunnen verscheppt worden die zich wel op successieve segmenten bevinden, te weten 2000 op de westbound-Atlantic (ATWES), en 10000 op de westbound-Pacific (PAWES); verder nog 1084 in de Caribbean die in beide richtingen gelden en 3000 op de orient "caboteur". De tegenrichting daarentegen is nagenoeg "bediend" met uitzondering van 1000 TEU's op de uitgaande Gulf-route en de 1084 stuks van de Caribbean.

Tabel 3/a : Exploitatie van een orbitale omvaart met tegenklok.

route : schip	ATWES	PAWES	CAWES	SUEAS	gueas	oreas	I	TEGENKLOK
..1..	6.67	0.17	1.18	-	-	-	I	2.16
..2..	-	-	-	16.44	1.18	3.53	I	-
..3..	-	19.49	-	11.58	-	-	I	-
penalty	-	6763	-	237	4000	-	I	zie op de
vraag	10000	20000	5000	20000	5000	3000	I	secties
terugvr.: schip	ATEAS	PAEAS	CAEAS	SUWES	guwes	orwes	I	SUPOR
..1..	4.51	0.17	1.18	-	-	-	I	-
..2..	-	-	-	12.91	4.71	7.06	I	3.53
..3..	-	19.49	-	11.58	-	-	I	-
penalty	1237	-	3237	-	-	-	I	
vraag	8000	10000	5000	20000	4000	6000	I	

Tabel 3/b : Exploitatie van een pendeldienst zonder omvaartoptie

route : schip	ATWES	PAWES	CAWES	SUEAS	gueas	oreas	I	XXXXXXXXXX
..1..	5.33	3.38	2.61	-	-	-	I	
..2..	-	-	-	14.38	4.71	3.53	I	
..3..	-	9.85	-	15.55	-	-	I	
penalty	2000	10000	1084	-	1000	-	I	
vraag	10000	20000	5000	20000	5000	3000	I	
terugvr.: schip	ATEAS	PAEAS	CAEAS	SUWES	guwes	orwes	I	SUPOR
..1..	5.33	3.38	2.61	-	-	-	I	-
..2..	-	-	-	14.38	4.71	3.53	I	-
..3..	-	9.85	-	15.55	-	-	I	-
penalty	-	-	1084	-	-	3000	I	
vraag	8000	10000	5000	20000	4000	6000	I	

noot: de "tegenklok" diensten zijn dus in de 6.66 afvaarten op de
.... ATWES begrepen, maar dienen wel bij de daaropvolgende routes
.... (CAWES, PAWES en SUWES) te worden bijgeteld.

Een vergelijking met de resultaten gegeven in tabel 3/a wijst uit dat de structuur van de orbitale circuits juist inspeelt op het successieve patroon van de zojuist besproken penalties. Op de Atlantische route verhogen de afvaarten van 5.33 naar 6.67 waarvan er slechts 4.51 onmiddellijk terugkeren (en daarom op de terugroute 1312 penalties genereren) en de overige 2.16 tegenkloksgewijs omvaren met alle drie de segmenten (CAWES, PAWES en SUWES) volledig bezet. Die 2.16 omvaarten dienen wel te worden bijgeteld bij de overige routes PAWES, CAWES en SUWES voor scheepsklasse "1" in tabel 3/a.

Op de Pacific wordt de heen-en-weer-rondvaart van klasse "1" sterk gereduceerd ten voordele van de kleinere schepen die daar thans een navette verzekeren à rato van 19.49 afvaarten per periode. De Caribbean is nu volledig bediend op de westbound met de 2.16 westbound omvaarten, en de lokale navette van 1.18 afvaarten; deze laatsten zijn wel de enigen die ook de terugtocht verzekeren. Dit resulteert in een restant aan 3237 penalties op de CAEAS route (tegen een symmetrische 1084 TEU bij een pendeldienst van 3/b).

De Suez-Gulf-Orient routes zien nu als enige de hele vloot-parade. Zonder omvaart (in tabel 3/b) werd die route alleen bediend door de kleinere schepen van klassen "2" en "3". Thans nemen de omvaarten een deel van de terugvracht voor hun rekenig (SUWES), zodanig dat een aantal van de Suez schepen naar de feeders kunnen overschakelen. Wij verkrijgen een volgend schema:

- a/ 2.16 orbitale circuits die alleen de terugvracht(SUWES)verzekeren,
- b/ 11.58 symmetrische navettes van de 500 TEU klasse, dievoorheen op 15.55 afvaarten per periode kwoteerden,
- c/ 16.44 afvaarten van de 850 TEU-klasse waarvan er:
 - 12.91 direct terugkeren op de non-stop dienst,
 - 3.53 worden afgeleid naar de feederdienst via de haven
 - "C" maar dit alleen op de terugtocht;
- d/ Op de feeders mogen de terugvrachten dan de afvaarten met eengelijke 3.53 passages overtreffen, te weten:
 - 4.71 terugtochten op de Gulf-route tegen 1.18 heen, en
 - 7.06 terugvaarten op de Orient tegen, 3.53 afvaarten.

De omvaart-tabel 3/a berekent de totale systeemkost op 949,963 met een wereldomvaart, en dit tegen 1,002,867 voor een optimalisering zonder omvaart-alternatief (Tabel 3/b). Derhalve ligt de mogelijke besparing door de herformulering van het terugvrachtalternatief op circa 5.6%. Deze besparing is wel integraal en ook alleen op dat terugvrachtprincipe toe te schrijven. Ze omvat niet de besparingen die voortvloeien uit de eigen bedrijfseconomische logistiek van de maritieme bedrijven inclusief de selectie van hun "sailing list".

Elementen uit een dergelijke discussie, die te maken hebben met de huidige Round-the-World-operatoren, zijn de intrinsiek kortere vaartijden, die resulteren uit een optimale route en havenkeuze; zo vaart thans Evergreen rond de wereld in 77 dagen (sneller dan Jules Verne op papier volbracht) terwijl de traditionele lijnvaart al 72 rekent voor een rondvaart Europa-Verre Oosten en terug, tot 120 dagen om een box met succesieve diensten een wereldrit te laten verrichten. Ook de logistieke voordelen vanuit het standpunt van de verladers werden nog niet ingecalculleerd, zoals verminderde wachttijden, vlottere dienstregeling, en een meer flexibel patroon van bestemmingen. Dat laatste argument is wellicht op termijn het primordiale voor een rederij-in-krisistijd; een nagenoeg eindeloze diversificatie van een wereldwijd klantenpotentieel door een maximaal aanbod van direct bediende bestemmingen en dit alles dan nog tegen een logistiek minimale kostprijs. De wereldomvaart lijkt wel het "Ei van Colombus", hoewel het Magelhaan was die het voor het eerst heeft gelegd en gegeten.

7. PRIJSZETTING en INVESTERINGSBESLISSINGEN

Een der belangrijkste informaties uit een simplexprocedure van een oplossing middels lineaire programmering zijn de "duale waarden". Zij drukken de verandering uit in de optimale waarde van de objectieffunctie wanneer de waarde van het rechterlid in een der beperkingen met een eenheid vermeerderd wordt. De twee basis-beperkingen, te weten de capaciteitsrestricties (2/a-c), en de marktvoorwaarden (3/a-c), zijn in die optiek van bijzonder belang.

7.1. De Investeringsbeslissingen

De duale waarde van de capaciteitsbeperking drukt het verschil uit in systeemkosten (exploitatiekosten en penalties) wanneer de vloot met een eenheid wordt uitgebreid. De computeroutput geeft daarvoor steeds negatieve waarden, wat evident wijst op netto-besparingen. Die waarden worden gegeven in tabel 4 voor de omvaartoplossing (cfr. tabel 3/a) en de rondvaart (tabel 3/b), en tevens vergeleken met de prijzen der tijdsvervrachting uit Tabel 2 (onderaan 1(i)).

 Tabel 4 : Duale waarden van het capaciteitsbeslag en verzachting

beslissing	tabel	schip	1500 TEU	850 TEU	500 TEU
.....
omvaart	3/b		60,574	54,749	28,490
rondvaart	3/a		62,500	57,425	30,079
verzachting	2/1(i)		50,000	40,000	25,000

Die waarden zijn in principe de opbrengst per periode wanneer een additionele eenheid van een der scheepsklassen wordt ingezet, die voorligt ter vergelijking met de verzachting. De 60,574 van een grote 1500 TEU-eenheid drukt de besparing uit, enerzijds door de substitutie van kleinere schepen door meer efficiënte eenheden, en anderzijds de opbrengstcapaciteit van de additionele TEU die door die verruimde vloot thans kunnen vervoerd worden. Die waarde ligt telkens lager voor het omvaart-alternatief, vergeleken bij de traditionele rondvaart (heen-en-weer). Dit reflecteert dan weer de logische situatie dat de wereldomvaart een meer gunstige schema en logistiek genereert; d.w.z. ofwel meer containers kan vervoeren bij gelijke vloot ofwel een kleiner capaciteitsbeslag vertoont. De marginaal resterende besparingsmogelijkheden (inclusief de te genereren opbrengsten) zijn derhalve kleiner, vermits de voorheen uitgevoerde optimalisering juist een relatief hogere "cash-flow" heeft gegenereerd voor de omvaart, vergeleken bij de pendel-rondvaart.

De relatie met de investeringsbeslissing is van tweevoudige aard.
 a/ IN DE KORTE TERMIJN kan men periode-per-periode de directe cash-flow van een marginale uitbreiding in eigen beheer vergelijken met de alternatieve kosten van een marginale bevrachting (c.q. "leasing"), en daaruit de EXPLOITATIEBESLISSING nemen van partiele bevrachting van schepen die dan in eigen beheer worden uitgbaat. Let wel dat de beslissing ter verzachting van de bestaande vloot door het programma zelf gegenereert wordt, en de output zal alleen verzachting suggereren wanneer de duale waarden lager liggen dan de heersende "time-charter parties" (h).

b/ IN DE LANGE TERMIJN kunnen die opbrengsten na verdiscontering in de investeringsbeslissing van een nieuwe eenheid verwerkt worden. Indien het zo bijvoorbeeld mocht gaan om "perioden" van twee maanden wordt de jaarlijkse opbrengst voor een 1500 TEU eenheid circa 360,000. Als vuistregel geldt dan dat die cash-flow gedeeld door de opportuniteits-opbrengstvoet van de alternatieve investeringsmogelijkheden de maximale prijs bedraagt voor de nieuw aan te kopen schepen. Zij die (interne) opbrengstvoet bijvoorbeeld 10 %, dan mag een nieuw schip maximaal 3.6 miljoen kosten. Deze mogelijkheid opent een merkwaardig perspectief om een toekomstige opbrengststroom te simuleren onder de diverse hypothesen op gebied van de vrachtmarkten, alsook het aanbod van scheepscapaciteit.

7.2. De Prijsbeslissing

Een tweede reeks dualen betreffen de marktomstandigheden zoals die geformuleerd werden in formules 3/a tot 3/c. Die dualen drukken de marginale exploitatiekosten uit, wanneer op een bepaalde route de vervoersvraag met een TEU verhoogt. Tabel 5 geeft die waarden voor beide exploitatievormen (omvaart versus rondvaart) en vergelijkt ze met de heersende "penalty-waarden".

tabel 5 : duale waarden van de marktvraag en penalty-waarden

routes	: ATWES	PAWES	CAWES	SUEAS	gueas	oreas
omvaart	11.26	25.00	19.33	35.00	25.00	1.42
rondvaart	20.00	25.00	20.00	19.00	25.00	2.63
penalty-waarde	20.00	25.00	20.00	35.00	25.00	15.00
teruglading	: ATEAS	PAEAS	CAEAS	SUWES	guwes	orwes
omvaart	10.00	3.66	10.00	12.76	2.23	12.44
rondvaart	1.7	4.33	10.00	30.00	3.22	25.00
penalty-waarde	10.00	10.00	10.00	30.00	15.00	25.00

Evident geeft de penalty-waarde de maximale waarde, wanneer een additionele TEU zich aanbiedt op een route die reeds volgeboekt is en elke nieuwe vraageenheid niet kan bediend worden. Dit valt voor op de Pacific en Gulf westbound en op de eastbound Caribbean, waar zowel de omvaart als de rondvaart-exploitatie niet alle aangeboden TEU kunnen bedienen (vergelijk tabellen 3/a en 3/b). Voor de andere gevallen drukt deze tabel de minimale prijs uit die voor een additionele TEU dient betaald in de huidige exploitatie. Zo is de Atlantische terugvracht marginaal zeer goedkoop in geval van het "rondvaart" alternatief, wanneer de schepen heen-en-weer varen. heen-en-weer varen); immers elke additionele capaciteit die op die terugreis wordt ingezet, vindt ook direct vracht op de heenreis. Bij het omvaartalernatief echter gaat een retour op de Atlantic ten koste van meer lucratieve orbitale omvaarten, desgevallend gecorrigeerd voor marginale vloottoewijzingen elders ter wereld.

8. Evaluatie

Het bovenstaand model loopt relatief snel op kleinere computers, maar voor verdere verfijning dient wel in termen van mainframes gedacht te worden. De uitkomsten, zoals die in dit artikel werden besproken, zijn dan ook gerelateerd aan een HP 1000, uiteengevoerd in "single precision". De overige bemerkingsen gelden de methode.

Vooreerst is het model nog verankerd in een casuïstiek van een vooropgesteld route-patroon (outbound-dominantie e.d.). In principe kunnen een variëteit wijzigingen in de formulering opgevangen worden, zoals resulterend uit veranderingen in de internationale handel. Tevens kan het model in wezen verder veralgemeend worden voor minder casuïstisch getinte gegevens. Nochtans dienen dan wel additionele restricties te worden ingebouwd, die dan wel de typische toepassingen van "desk research" overstijgen.

Vervolgens kan ook het route-patroon verfijnd worden tot een meer relevant aantal havens op een realistische "sailing list". Ook in dit geval wordt de schaal van micro's en mini's verlaten; zoals eerder reeds werd gesteld, explodeert de probleemstelling eenmaal de feederdiensten over meerdere alternatieve "wayports" (C) moeten geïntegreerd worden in de lijn-exploitatie.

Verder werd ook geen rekening gehouden met de "slot-allocation", zoals die in een realistisch omvaart-beheer dient geoptimeerd te worden. Argumenten van dit type horen eerder thuis in het type van "jumbo-modellen" waar men tevens de probleemstelling in termen van "oorsprong-en-bestemming" formuleert en niet in de hier gebruikte vereenvoudigde formulering van de "route allocation".

Tenslotte kan de hele geschiedenis herhaald worden met procedures van "integer programming" zodanig dat hele scheepseenheden worden toegewezen (hier werd nog gewerkt met gebroken frequenties van vol beladen afvaarten). Deze geheeltallige oplossingen zijn geenszins de "afgeronde versie" van de hier besproken oplossing met gebroken afvaartfrequenties. Wel bestaat die oplossing uit een tabel gehele getallen, waarvan de geassocieerde systeemkost het dichtst bij de oplossing van tabel 3/a ligt, een methode die voor individuele afvaartfrequenties wel enige sterkere afwijkingen mogelijk maakt. In praktijktoepassingen is die geheeltallige procedure (i) wel aan te raden, maar bevat niet dezelfde mogelijkheden om de duale waarden interpreteren (cfr. sectie 7). Tenslotte leert de praktijk ook dat voor een eerste toelichting en toetsing van de methode, de hier voorgestelde eenvoudige simplextabel de optimale eerste stap is.

a/ In principe omvat het begrip "mainport" elke havenactiviteit, die een competitieve trafiek van een andere haven substitueert, door die aan te trekken via binnenlands vervoer, "shortsea"- of kustvaart, en die zo het aantal havenaanlopen van een welbepaalde lijndienst reduceert. Bij een veelal overlappende hinterlandstructuur is dit derhalve vrij frequent. De term "mainport" is derhalve progressief bedoeld bij een drastische vermindering van havenaanlopen, door middel van micro-, mini- en macro-landbridges, zoals o.m. toegepast door U.S.L. De toepassing van het begrip door inschakeling van kustvaart-feeders geeft niet altijd een kostenvoordeel, zoals o.m. bewezen door JANSSON en SHNEERSON (1978).

b/ Er wordt niet verder ingegaan op een aantal alternatieve L.P. formuleringen, waarin de problematiek van de gemeenschappelijke kosten op andere versies dan die hier besproken wordt voorgesteld. Hierbij dient gesteld dat een L.P.-probleem steeds de zgn. "korte termijn" betreft, waarin sommige feiten gegeven zijn en andere kunnen veranderd worden in functie van de optimalisatie. Evident bestaan er dan een eindeloos aantal "korte termijnen", zie bijv. HOROWITZ (1970, blz.105-111).

c/ De "combined carriers" beogen juist de lege terugvracht in de meeste bulk trades te reduceren door voor die terugvracht andere goederen te kunnen laden (bv. conbulk: containers en bulk), of mits een omweg-route meerdere markten te bedienen. Voorbeeld hiervan is van N.Amerika naar Brazilië met kolen; van Tubarao naar Cigading (Krakatau Steel-Indonesie) met ertsen, vervolgens leeg naar het Midden Oosten en van daaruit met olie naar Europa. Zo heeft men de "Ore-Bulk-Oil" combinatie verkregen van een OBO. Andere voorbeelden zijn O-O, PROBO, CONRO enz.

d/ Meestal worden in de wandeling die beide maatschappijen bedoeld onder de term "Round-the-World" vermits zij die omvaarten binnen een exclusieve dienst organiseren, en dit volgens een welbepaalde kadans. Nochtans zal het begrip wellicht enigermate vervagen. Zo houdt U.S.Lines het nog bij haar 11 jumbo's van ongeveer 4500 TEU (twenty feet equivalent unit) capaciteit, maar Evergreen beschikt reeds over 22 kleinere eenheden van verschillende grootte. Voor de gemakkelijke communicatie houden we het in de tekst ook bij "rondvaart" (roundtrip) voor een heen-en terugtocht en "omvaart" wanneer een orbitale omweg (orbital loop) bevaren wordt.

e/ Voor introductieve handboeken en meer geavanceerd materiaal op gebied van de techniek en basis toepassingen van Lineaire Programmering, suggereren wij o.m.: T. YAMANE (1968, blz.553-555), HORNGREN (1977, blz.866-875), WAGNER (1975), TAHA (1971), HESKETT e.a. (1973, blz.414-450), NAYLOR (1973, blz. 213-45), STEENBRINK (1973) en SIMMONS (1972). Bij de vergelijkende studie van de zgn. "basis- toepassingen" is wel enige voorzichtigheid geraden bij de studie van het zgn. "assignment problem", waaronder onderhavige nota resorteert, vermits gelijkaardige benamingen ook voor andere

logistieke toepassingen gebruikt worden; zie bv. BOWERSOX (1978, blz. 347-353 & 395-410), WAGNER(1975, blz. 671-676) en HEGGIE (1972,blz. 215-219), of het klassieke tanker probleem dat een wereldwijd netwerk de afstanden minimeert volgens zones van vraag en aanbod in GARVIN (1960,blz.130-136).

f/ De penalty waarden zijn typisch voor een kostenminimerende lineaire programmering. Zij verhinderen technisch dat men kosten zou minimeren, door eenvoudigweg niets te produceren. In deze studie worden die penalties gedefinieerd via de opportuniteitswaarde van de niet verscheepte containers, wat toelaat het verband te leggen met de marktwaarde van de output. Ook bij (winst)maximerende formuleringen kan men gelijkaardige procedures volgen, bv.als een(door de overheid) opgelegde minimum productie bij prijs-inelastische productie, die anders te beperkt en te duur zou zijn. Een voorbeeld daarvan geeft BAUMOL (1972,blz.166-167).

g/ Hier worden dus de zuivere bulk-trades bedoeld die afgeladen opvaren en op balast de terugtocht aanvatten.

h/ ter verduidelijk gaat het hier (tabel 4) om een (dual) cijfer dat de maximale cash-flow weergeeft van de inzet van een additioneel schip. De "vervrachtingsprijs" geldt dan tevens als kost om een gelijkaardige eenheid zelf te huren (of te bevrachten) zodat uit de vergelijking van de twee getallen de winstvoet blijkt. Dit gaat inderdaad om een andere beslissing dan de partiele vervrachting van de eigen vloot, die wel blijkt uit de vergelijking van dezelfde getallen; wanneer voor een 500 TEU-eenheid de vervrachtingsprijs meer dan 30,000 zou bedragen dan zou bij de omvaart de schepen die minder cash genereren beter vervoerd worden.

i/ zie GARVIN (o.c.,blz.131). Vermits de geheeltallige programmering niet met gebroken eenheden werkt, kan de duale analyse niet middels de computer-routine gegenereerd worden. De duale waarden worden immers berekend onder de assumptie van marginale verschillen als gevolg van een additionele eenheid in een beperking. Dit euvel kan wel worden opgevangen door het hele programma opnieuw te draaien met het rechterlid der beperkingen telkens met een eenheid verhoogd. Dergelijke procedure is wel iets omslachtiger maar geeft soms meer accurate resultaten, zeker indien men de marginale discrete sprongen met meer dan een eenheid wil laten verlopen. Ook bij de standaard toepassingen levert die laatste methode soms meer accurate resultaten, dan de rechtstreekse duale output. Een voorbeeld hiervan is de duale besparing van een additionele eenheid van 1500 TEU (door vervanging van kleinere schepen en penlaties) die echter niet volledig gebruikt wordt;dan zal de door het programma gegenereerde dual overschat zijn ter waarde van de niet gebruikte capaciteit (zie CLAESSENS (1983)). Inzake de toepassingen van prijszetting past de geheeltallige programmering dezelfde hier besproken principes toe. Alleen wordt een meerkost voor overcapaciteit ingecalculleerd, zoals dit ten andere in de praktijk van de lijnvaart gebruikelijk is (zie verder voor deze discussie (ZERBY & CONLON (1978))).

-
- 1/ ANDREWS, P.W.S., & BRUNNER, E. (1975), Studies in Pricing, Mac Millan: London), Hoofdstuk 2.
 - 2/ BAUMOL, W.J. (1972), Economic Theory and Operations Analysis, (Prentice Hall: London).
 - 3/ BELGISCHE REDERSVERENIGING, Jaarverslag 1985, Antwerpen, 1986.
 - 4/ BOWERSOX, P.J. (1978), Logistical Management, 2nd edition, (Macmillan: New York)
 - 5/ CLAESSENS, E.M., Shipping Logistics, a revisitatie of applications of linear programming, SESO rapport 83/149, Antwerpen, december 1983, 62 blz.
 - 6/ CLAESSENS, E.M., Optimum Multi-call Routing in Shipping Logistics, comprehensive applications of linear programming, SESO rapport 84/150, Antwerpen, UFSIA, januari 1984, 16 blz.
 - 7/ CLAESSENS, E.M., Shipping Logistics, a conceptual primer, Belgische Redersvereniging, Prijs Graaf D. Legrelle, Antwerpen, 1985, 108 blz.
 - 8/ DEAN, (1951), Managerial Economics, (Prentice Hall, Engl. Cliffs)
 - 9/ EDGEWORTH, Contributions to the theory of railway rates, The Economic Journal, 1911, vol. 24, blz. 551-571.
 - 10/ FOLEY, J., Weather Routeing, Shortest is not always quickest, Fairplay, May 1986, blz. 42-43.
 - 11/ GARDNER, B., An alternative model of price determination in Liner Shipping, Maritime Policy and Management, 1978, 5, blz. 197-218.
 - 12/ GARDNER, B., Some thoughts on normal-cost price theory, and its applications to liner shipping, Maritime Policy and Management, 1986, 3, blz. 235-244.
 - 13/ GARVIN, W.W. (1960), Introduction to Linear Programming, (Mc Graw Hill: New York).
 - 14/ GOSS, R.O. en M.C. MANN, The Cost of Ship's Time, in R.O. GOSS (1977), Advances in Maritime Economics, (Cambridge Univ. Press).
 - 15/ HEGGIE, I.G., (1972), Transportation Engineering Economics, (Mc Graw Hill: London)
 - 16/ HESKETT J.L., N.A. GLASKOVSKY & R.M. IVIE (1973), Business Logistics, 2nd edition (Ronald Press: New York)
 - 17/ HORNGREN, Ch.I., (1977), Cost Accounting, a managerial emphasis, 4th edition, (Prentice Hall Engl. Cliffs).
 - 18/ HOROWITZ, H., (1970), Decision Making and the Theory of the Firm, (Holt, Rhinehart & Wilson: New York).
 - 19/ JANSSON, J.O., and SHNEERSON, D. (1982), Port Economics (MIT Press).
 - 20/ JANSSON, J.O., and SHNEERSON, D., The design of liner shipping shipping services: the problem of feeder services versus multi-port calls, Maritime Policy and Management, 1982/3, blz. 175-189.

- 21/ NAYLOR, T.H. and VERNON J.M. (1969), Micro-Economics and Decision models of the Firm, (Harcourt:New York).
- 22/ ROBINSON, R., Size of Vessels and Turnround Time, Journal of Transport Economics and Policy, 1978,1, blz.161-178.
- 23/ SEATRADE Business Review, Container Report, July 1986, blz.83-99.
- 24/ SIMMONS, D.M. (1972), Linear Programming for Operations Research, (Holden Day, San Francisco).
- 25/ SUYKENS, F., Ports should be efficient (even when this means that some of them are subsidized), Maritime Policy and Management, 1986,2, blz. 105-126.
- 26/ WAGNER, H.M., (1975), Principles of Operations Research with Applications to managerial decisions, 2nd edition, (Prentice Hall; Engl.Cliffs).
- 27/ YAMANA T., (1968), Mathematics for Economists, 2nd edition, (Prentice Hall: London)
- 28/ ZERBY, J.A. en CONLON, R.M., an Analysis of Capacity Utilization in Liner Shipping, Journal of Transport Economics and Policy, 1978,1, blz. 27-46.