

Review van potentieel succesvolle innovaties in de binnenvaart

*Bart W. Wiegmans, Universiteit Utrecht, departement Innovatie Management, Utrecht,
tel: +31-30-2531625, fax: +31-30-2532746, b.wiegmans@geog.uu.nl*

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
2. Binnenvaart in Europa	1
3. Innovaties in de binnenvaart	4
4. Potentiële succesvolle innovaties	8
5. Beleidsimplicaties en conclusies	15
Literatuur	16

Samenvatting

Review van potentieel succesvolle innovaties in de binnenvaart

De uitdaging in dit paper is te onderzoeken met welke innovaties de binnenvaart een beter alternatief voor het wegvervoer kan bieden. De probleemdefinitie is: Welke innovaties bieden kansen om de markt van de binnenvaart te vergroten? Dit artikel analyseert de belangrijkste (schaarse) literatuur en journals over het binnenvaartvervoer. De literatuur is gebruikt als input om het potentieel van innovaties te wegen. De analyse leidt tot een aantal conclusies die implicaties voor het beleid voor de binnenvaartsector kan hebben. Ten eerste, zouden de beleidsdoelstellingen realistisch moeten zijn, omdat het zeer moeilijk zal zijn om de markt van binnenvaart te vergroten. Ten tweede, zou het onderhoud van de infrastructuur op een adequaat niveau moeten blijven om verdere groei mogelijk te maken. Ten derde, zou het beleid moeten worden geconcentreerd op het creëren van nieuwe markten, aangezien de huidige binnenvaartmarkten weinig groeipotentieel tonen. Ten vierde, zou het beleid naar het behoud van bestaande markten moeten streven, maar niet tot elke prijs. Ten vijfde, bevat de innovatieportefeuille genoeg innovaties, maar het evenwicht in de portefeuille kan beter. Tot slot moeten innovaties worden gewogen om het succespotentieel te bepalen.

Summary

Review of potential successful barge transport innovations

The challenge in this paper is to examine to what increased extent barge transport offers an alternative for road transport. The problem definition is: What policy is needed to stimulate innovations in barge transport that offer opportunities to increase the market of barge transport? The paper reviews the most important literature and journal articles (which are scarce) on barge transport. The literature has been used as input to weigh the potential of barge innovations. The analysis leads to a number of conclusions that might have implications for the policy of governments to the barge transport sector. Firstly, policy goals should be defined realistic, because it will be very difficult to increase the market of barge transport. Secondly, maintenance of barge transport infrastructure should stay on an adequate level to enable further growth. Thirdly, policy should be focussed on stimulating innovations that aim for creating new markets as current barge markets show little growth potential. Fourthly, policy should aim for keeping existing markets, but not at all costs. Fifthly, the innovation portfolio consists of enough innovations, however, the balance in the portfolio can be improved. Finally, innovations must be weighed to determine their success potential.

1. Inleiding

In Europa, is de wegvervoersector gemeten naar het vervoerde volume zeer belangrijk. De sector vertegenwoordigt rond 75% van de totale tonkms die in de EU worden vervoerd. Gedurende de laatste 15 jaar, heeft geen van de EU-landen een daling van vervoerde tonkms laten zien. Het spoorwegvervoer nam ook toe tijdens de laatste 10 jaar, maar niet zo snel als het wegvervoer. Tegelijkertijd is het spoorwegvervoer efficiënter geworden omdat de omvang van het rollend materiaal en de spoorlengte zijn verminderd. Het vervoer van de binnenvaart steeg met slechts 17% in 30 jaar. Ook voor deze vervoerwijze, is de efficiency aanzienlijk gestegen. Voor sommige landen, zoals Nederland, is het de tweede wijze van goederenvervoer na weg. In Nederland werd in 2000 585 miljoen ton, van het totaal van 1458 miljoen ton, vervoerd door het wegvervoer (van Wee en Dijst, 2002). In datzelfde jaar werd 315 miljoen ton vervoerd door de binnenvaart (van Wee en Dijst, 2002). Waar het wegvervoer tijdens de periode 1985-1995 met 163% (tonkm) is gegroeid, is de toename van binnenvaartvervoer slechts 20% geweest. Gezien de toenemende congestie op het Europese wegennet is het interessant om kansen te bekijken die bestaan om meer vracht door de binnenvaart te laten vervoeren. Er wordt vaak beweerd dat de capaciteit van de binnenwateren nog niet is bereikt en dat er voldoende extra capaciteit is voor een toename van de binnenvaart. Daarom is de uitdaging om te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn voor een toename van de binnenvaart en welke rol innovaties daarin kunnen spelen. De probleemdefinitie van dit artikel is als volgt: ‘Welke innovaties bieden kansen om de markt van de binnenvaart te vergroten?’ Eerst wordt de binnenvaartsector op Europees niveau beschreven. Vervolgens worden de sterkten, de zwakheden, de kansen en de bedreigingen van de binnenvaart geanalyseerd. Ten derde worden innovaties die beogen de concurrentiepositie van de binnenvaart te verbeteren beschreven. Ten vierde worden de innovaties vergeleken en de meest potentieel succesvolle innovaties worden geselecteerd. Het artikel sluit af met conclusies.

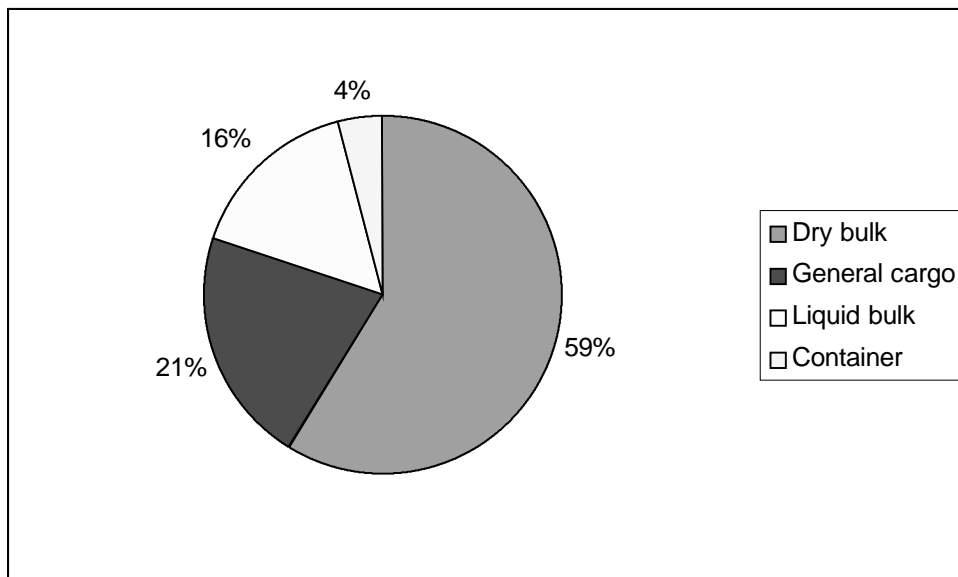
2. Binnenvaart in Europa

Het binnenwaternetwerk in Europa is 29.500 km lang (rivieren, kanalen, en meren) waarvan bijna 20.000 km in Duitsland, België, Frankrijk, Oostenrijk, en Nederland geconcentreerd is. In landen met minder binnenwateren is het spoorwegvervoer een belangrijkere vervoerwijze

wanneer er wordt vergeleken met de binnenvaart. De binnenvaartvloot bestaat uit 11.144 binnenvaartschepen (8834 schepen voor droge massa en een capaciteit van 9.060.301 ton, 1441 tankschepen met een capaciteit van 1.708.201 ton, en 869 duwboten met een capaciteit van 384.422 kW). De binnenvaartvloot realiseert een vervoer van rond 124 miljard tonkm (ITB, 2004). De toetreding van 10 nieuwe EU-Landen vergroot het waterwegennetwerk naar het Oosten.

De binnenvaartsector bestaat uit een aantal subsectoren (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2001): i) droge bulk (zoals grint, zand, steenkool, en agrarische producten); ii) natte bulk (chemische producten en brandstof); iii) containers (deze sector groeit snel); iv) algemene lading (grote onderdelen en halffabrikaat); v) Ro/Ro (vrachtwagens en auto's); vi) speciaal vervoer (brugdelen); vii) duwvaart. De segmenten met hoge groei zijn de containersector en in mindere mate de duwvaart. Een overzicht van de verschillende subsectoren wordt in figuur 1 gegeven. In de figuur bestaat de algemene lading ook uit ro/ro en speciale transporten. Duwboten worden niet meegenomen als afzonderlijk segment (de Europese Commissie, 2001).

Figuur 1. Het belang van de subsectoren in de binnenvaart in Europa



Droge bulk is de grootste subsector met 264.6 miljoen ton, dan general cargo met 95.7 miljoen ton, natte bulk met 72.1 miljoen ton, en containers met 18 miljoen ton.

Bron: European Commission, 2002

De prestaties van binnenvaartvervoer (miljoen tonkm) worden weergegeven in tabel 1. Het toont aan dat de prestaties van de sector niet snel zijn gegroeid in de periode 1995-2000.

Tabel 1. Goederen transport per binnenvaart in miljoen ton-km

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
België	5806	5794	6120	6200	6200	6300
Denemarken	-	-	-	-	-	-
Duitsland	63 982	61 291	62 153	64 267	62 692	66 465
Griekenland	-	-	-	-	-	-
Spanje	-	-	-	-	-	-
Frankrijk	5860	5700	5700	6200	6820	7260
Ierland	-	-	-	-	-	-
Italië	135	125	201	126	151	200
Luxemburg	338	321	300	300	300	300
Nederland	35 457	35 513	40 986	40 683	41 428	41 271
Oostenrijk	2046	2101	2087	2280	2231	2444
Portugal	-	-	-	-	-	-
Finland	570	480	580	490	480	460
Zweden	-	-	-	-	-	-
Engeland	200	190	190	200	200	200
Noorwegen	-	-	-	-	-	-
EU (15)	114 394	111 515	118 317	120 746	120 502	124 900

Bron: Eurostat, 2004

Het vervoerbeleid voor de binnenvaart vind globaal plaats op twee niveaus. Europa stelt de richtlijnen op en de nationale overheden voeren de richtlijnen (met wat vrijheid) uit. De doelstellingen van de Europese Commissie zijn het netwerk van het binnenvaartvervoer uit te breiden en om het aantal en de kwaliteit van containerterminals en andere overslagpunten te laten toenemen. Daarnaast zijn veiligheid en milieubescherming belangrijk. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat legt in haar beleid de nadruk op marktordening en op stimulerende maatregelen. Het Ministerie van VROM is verantwoordelijk voor veiligheid en milieu voor de binnenvaart. De trends in de Europese binnenvaartmarkt zijn schaalverhoging en specialisatie. Verse producten zoals bananen en andere vruchten bieden kansen. Deze goederen kunnen door gekoelde binnenvaartschepen van Antwerpen en Rotterdam naar het Europese achterland worden vervoerd. De trends die niet ten gunste van binnenvaartvervoer zouden kunnen uitpakken zijn een stijgend belang van de dienstsector (in plaats van de industrie) en een mogelijke verandering van goederenstromen aangezien 10 Oost-Europese landen in mei zijn toegetreten tot de EU.

De sterke punten van binnenvaartvervoer verwijzen naar kenmerken van de vervoerwijze die de basis van zijn concurrentiepositie vormen. De sterke punten zijn (Institute for Agriculture and Trade Policy, 2004; Wiegmans, 2003; Oosterhaven en Rietveld, 2003; TNO Inro, 2002; AVV SV, 2002; NEA, 2002; de Jong, 2002; Panayides, 2002; van Wee en Dijkstra, 2002; Butler, 2001; Tolliver, 2000; Promotie Binnenvaart Vlaanderen, 2000; Davis, 1999; Baumel en Gervais, 1999; Greene en Fan, 1995; en U.S. Department of Transportation, 1994):

i) voldoende infrastructuurcapaciteit; ii) duurzaamheid; iii) hoog veiligheidsniveau; iv) brandstofefficiency; v) betrouwbaar; vi) niet duur; vii) directe overlading van diepzeeschepen op binnenvaartschepen (en vice versa).

De zwakheden van binnenvaartvervoer verwijzen naar kenmerken van de vervoerwijze die haar concurrentiepositie niet verbeteren (of zelfs verzwakken). De zwakheden zijn (BVB, 2004; AVV, 2004; Wiegmans, 2003; en van Wee en Dijkstra, 2002): i) gebrek aan snelheid; ii) gebrek aan flexibiliteit; iii) gebrek aan doordringingsvermogen; iv) tendens tot overcapaciteit; v) hoge investeringen in nieuwe schepen; vi) conservatieve cultuur in de sector; vii) kleine rol in vervoerorganisatie; en viii) beperkte openingsuren van sluisen en bruggen.

Kansen voor de binnenvaart ontstaan als externe factoren de sector beïnvloeden en tot kansen voor nieuwe producten, diensten of markten leiden. De kansen zijn: i) stijgende wegcongestie; en ii) de stijgende efficiency van het binnenvaartvervoer.

Bedreigingen voor de binnenvaart ontstaan als externe ontwikkelingen in een daling van het marktaandeel van de binnenvaart zou kunnen uitmonden. De bedreigingen zijn (AVV, 2004; CSS, 2004; Wiegmans, 2003; Centrale Commissie voor de Rijnvaart, 2002; de Jong, 2002): i) meer duurzaam wegvervoer; ii) (gebrek van) overheidsbeleid; iii) klimaatverandering; iv) minder gunstige houding ten opzichte van binnenvaartvervoer; v) stijgende binnenvaartcongestie; vi) gebrek aan gekwalificeerd personeel; en vii) andere route van goederenstromen. In de volgende sectie ligt de nadruk op belangrijke innovaties die momenteel worden bestudeerd en/of worden ingevoerd in Europa.

3. Innovaties in de binnenvaart

De afgelopen decennia is kosteneffectiviteit de belangrijkste drijfveer voor innovaties geweest. Ook heeft de ontwikkeling en groei van het containervervoer een belangrijke rol gespeeld. De komende jaren is de stabilisatie van de 'traditionele' bulksector belangrijk. Dit betekent dat de groei uit andere segmenten moet komen, als de binnenvaartsector minstens

zijn huidig marktaandeel wil behouden. Gebaseerd op literatuuronderzoek en internet bespreekt deze sectie de innovaties in de binnenvaart die momenteel 'in ontwikkeling' zijn of worden geïntroduceerd. De innovaties worden op 'aangrijpingspunt' voor de binnenvaartsector (sterkte, zwakheid, kans of bedreiging) gegroepeerd.

De innovaties die de sterke punten van binnenvaartvervoer verbeteren zouden de bestaande infrastructuurcapaciteit gebruiken, het niveau van veiligheid, duurzaamheid, brandstofefficiency, en betrouwbaarheid verhogen, binnenvaart goedkoper maken of het gebruik van directe overlading verhogen. De potentiële succesvolle innovaties zijn: i) Scheldehuid (veiligheid); ii) ICT (veiligheid); iii) brandstofcel (duurzaamheid); iv) elektrisch schip (duurzaamheid); v) katalysator en filtersystemen (duurzaamheid); vi) Z-drive (brandstofefficiency); vii) adviserende tempomaat (brandstofefficiency); viii) luchtgesmeerde schepen (brandstofefficiency). De veiligheid kan worden verhoogd door dubbelwands schepen te bouwen die botsingen kunnen absorberen (Scheldehuid). De betere veiligheid staat grotere ladingruimten toe (van de Kar, 2002). De voordelen van de dubbelwandsschepen zijn betere veiligheid, meer lading, en 4 tanks in plaats van 6 (lagere schoonmaakkosten). De nadelen zijn een zwaar schip, het herstel van de wand zal duurder zijn en het schip verbruikt extra brandstof. Verscheidene initiatieven concentreren zich op betere communicatiesystemen zodat bij een ongeval direct informatie betreffende de lading beschikbaar is. Voorts kan ICT de communicatie verbeteren tussen bemanningen van schepen en tussen schip en wal.

Brandstofcellen kunnen een aanzienlijke vermindering van emissies en lawaai opleveren in vergelijking met huidige motortechnologieën (van der Laag en Mallant, 2002). Nadelen van brandstofcellen zijn kosten, gewicht, en omvang. Voorts kan brandstofopslag gecompliceerd zijn (in het geval van H₂ of methaan) en de prestaties van dieselmotoren zijn moeilijk te verslaan. Studies zijn verricht om het potentieel voor een elektrisch schip te analyseren (Prins, 2002). Men claimt dat een elektrisch schip 8 tot 30% meer lading kan vervoeren, resulteert in een vermindering van 10% in brandstofgebruik (stroomopwaarts) tot 40% (stroomafwaarts), leidt tot lagere emissies en het laat een 15% vermindering van de kosten per eenheid transport toe. Een nadeel is de hogere kosten die met het installeren van de motor worden geassocieerd (2.5% meer). Vooral voor tankers kan de elektrische aandrijving interessant zijn (Bouw, 2003). Echter, de meeste schepen zijn actief in andere sectoren dan de tankvaart. De prestaties van de scheepsmotor worden onder andere beïnvloed door diepte, stroomrichting, stroomsnelheid en geladen lading (Dalpis, 2002). Verbeteringen aan scheepsmotoren zijn

geconcentreerd op het verminderen van emissies. Dit wordt mede veroorzaakt door Europees beleid dat regelgeving voor prestaties van scheepsmotoren dat steeds strenger wordt. Een grote stap kan de SCR-katalysator zijn die de NO_x-emissie onder de 3 gram/kWh brengt (BIB, 2004). De Z-drive is gebouwd om de manoeuvreerbaarheid en de motorprestaties (5-8%) te verhogen. Een ander voordeel van de Z-drive is dat het een relatief stille motor is (Laros, 2003). In Nederland zijn (nog) geen schepen met de Z-drive gebouwd. In België is een Z-drive gebouwd, maar de resultaten van gerealiseerde motorprestaties en geluidsproductie zijn niet openbaar. Het bedrijf Technofysica heeft de adviserende tempomaat ontwikkeld (www.technofysica.nl/tempomaat.htm). De innovatie resulteert in kostendaling en daling van emissies. De tempomaat berekent het meest efficiënte motorgebruik op basis van variabelen (o.a. brandstofgebruik, getijden, stroomsnelheden). De route en de snelheid worden vervolgens geadviseerd om aankomst van het schip op het ideale tijdschema te realiseren. Een daling van brandstofgebruik tussen 4 en 12% zou mogelijk kunnen zijn. Luchtgesmeerde schepen is ook een innovatie om brandstofgebruik te verminderen. Geclaimde daling van brandstofgebruik is in de orde van 20% (NVSI, 2003). Globaal, zal de brandstofefficiency die zou kunnen worden gerealiseerd meer in de orde van 6% liggen (van Heerd en Thill, 2003).

De innovaties die de zwakheden kunnen verbeteren zijn gericht op het verhogen van de snelheid, meer flexibiliteit, beter doordringingvermogen, een regeling die het aantal nieuwe schepen structureert, investeringslast uitspreidt, de cultuur verbeter, een betere vervoerorganisatie bewerkstelligt en betere openingsuren van sluisen en bruggen mogelijk maakt. De potentiële succesvolle innovaties zijn: i) modal shift scans (cultuur en organisatie); ii) kraantechnologieën (vervoerorganisatie); iii) ICT (flexibiliteit); en iv) snelle schepen (snelheid). De modal shift scan is geïntroduceerd in Nederland (en meer recent in heel Europa) om bedrijven te stimuleren om (deels) binnenvaart (of rail) te gebruiken in plaats van wegvervoer. De scan is een subsidie-instrument waarbij onderzoekers samenwerken met bedrijven bij de analyse van de goederenstromen. De scan beoogt het veranderen van de cultuur van de gebruikers van de binnenvaart en van eigenaren van de goederen. De kranen die containers behandelen zijn verbeterd om het laad-losproces nog sneller te maken. Dit maakt het de binnenvaart mogelijk om haar reistijd, winst en productiecapaciteit verder te optimaliseren. Betere communicatiesystemen kunnen efficiëntere en flexibele operaties mogelijk maken. Op Europees niveau is het River Information System het belangrijkste

initiatief op dit gebied. RIS bevat informatie over laden en lossen, openingstijden sluizen en bruggen, douaneformaliteiten en waterpolitie. De introductie van snelle schepen zou een aanzienlijke verbetering voor bepaalde binnenvaartsegmenten betekenen. Echter, dit is een moeilijke opgave omdat de infrastructuur beperkingen oplegt, er sprake is van stijgende emissies en omdat de schepen een lagere brandstofefficiency hebben. De snelle schepen bieden kansen voor snellere frequentere leveringen van kleinere hoeveelheden. Momenteel concentreren de meeste initiatieven zich echter op het zeevervoer (Lagoudis et al, 2002).

Congestie en enkele andere trends zouden tot kansen voor binnenvaartvervoer kunnen leiden om haar prestaties en marktaandeel te verbeteren. De potentiële succesvolle innovaties zijn: i) Distrivaart (wegcongestie); ii) Schepen op maat (wegcongestie); iii) zeevaart-binnenvaartvervoer (efficiency). Distrivaart is een project dat een nationaal netwerk in Nederland implementeert om gepalletiseerde goederen met binnenvaartschepen tussen distributiecentra en supermarkten te vervoeren. De ideale situatie zou bestaan uit 40 schepen die pallets vervoeren tussen 17 distributiecentra. Dit zou 43 miljoen pallets van de weg halen. Voorts claimt men een kostendaling van 20%. Gelijkwaardige initiatieven in het wegvervoer claimen verlaging van doorlooptijden en lagere transportkosten (Kia et al, 2003). De pallets worden verscheept met River Hoppers, geschikt om 520 pallets (1.20 x 1 meter) te vervoeren. Elk schip 'vervangt' de capaciteit van 20 vrachtwagencombinaties. Verscheidene bedrijven nemen de kansen van Distrivaart serieus. Onder hen Interbrew (Dommelsch/Hertog-Jan), Bavaria, Grolsch, Coca-cola, Albert Heijn, en Schuitema. In de binnenvaartsector zijn ook diverse projecten begonnen om het vervoer van speciale producten met specifieke schepen (schepen op maat) te realiseren. Bijvoorbeeld, het schip Mercurial-Latistar vervoert tarwe van Wormerveer naar Nijmegen. Het schip kan alleen tarwe vervoeren (van Rulo, 2003). Een ander voorbeeld is de bananenboot. Deze boot vervoert bananen van Antwerpen naar Duisburg onder een constante temperatuur van 14 graden. Een andere kans zouden schepen kunnen zijn die ontwikkeld zijn voor rivier-zeevervoer (Konings en Ludema, 2000). Deze schepen verminderen het aantal overslagmomenten.

Een belangrijke dreiging voor de binnenvaart is de toenemende duurzaamheid van het wegvervoer. Een andere bedreiging voor de binnenvaart is het regeringsbeleid. Er is niet veel geld beschikbaar om in infrastructuur of andere initiatieven te investeren. Het onderhoud ligt achter op schema en er worden geen extra investeringen gedaan om nieuwe capaciteit

(infrastructuur) te ontwikkelen. Innovaties die deze dreigingen kunnen keren of wegnemen worden niet ontwikkeld.

Op basis van deze eerste analyse van innovaties in de binnenvaart kunnen een aantal conclusies worden getrokken. Ten eerste concentreren innovaties zich op sterke punten van de binnenvaart (veiligheid, duurzaamheid en brandstofefficiency). Ten tweede zijn deze sterke punten al vrij goed ontwikkeld, wat betekent dat verbeteren vrij moeilijk is. Ten derde, worden niet alle sterke punten van de binnenvaart aangegrepen om te verbeteren. Tot slot lijkt de duurzaamheid van de binnenvaart goed, maar het wegvervoer boekt aanzienlijke vooruitgang in duurzaamheid. De innovaties die zwakheden van de binnenvaartvervoer kunnen verbeteren, worden hoofdzakelijk gericht op het verhogen van de snelheid, verbeteren van de flexibiliteit, verbeteren van de cultuur en een betere vervoerorganisatie. Verder wordt niet aan alle zwakheden gewerkt. Binnenvaartvervoer is niet snel en het zal moeilijk blijken om dit te verbeteren doordat er infrastructurele en verkeerskundige grenzen zijn. Door ICT wordt beoogd om de flexibiliteit te verbeteren. Het extra marktpotentieel van deze innovatie lijkt echter beperkt. De cultuur en de transportorganisatie kunnen veranderen, maar dit zal waarschijnlijk niet voldoende nieuwe markten openen. Innovaties die het verbeteren van zwakheden beogen zijn schaars. De innovaties die pogen kansen voor binnenvaartvervoer te realiseren zijn beperkt, maar lijken kansrijk. Congestie en vervoerefficiency zijn de belangrijkste drijfveren voor innovaties die proberen kansen te benutten. Het aantal initiatieven om het marktaandeel van de binnenvaart op te voeren zou hoger kunnen zijn. Het is belangrijk voor de binnenvaart om nieuwe markten (b.v. concurrerend postvervoer) tot stand te brengen om meer concurrerend met het wegvervoer te worden. De dreigingen voor de binnenvaart zijn beperkt evenals de innovaties die deze bedreigingen pogen te elimineren. In de volgende sectie worden criteria gebruikt om innovaties te vergelijken en te selecteren die veelbelovend lijken.

4. Potentiële succesvolle innovaties

In het algemeen vereisen innovaties technologische, organisatorische, sociale, culturele en/of institutionele veranderingen om de innovatie op de markt succesvol te kunnen maken. Dit geldt ook voor de binnenvaart. In deze sectie worden de innovaties die zijn besproken, geanalyseerd en 'gewogen' in welke mate deze innovaties tot een verhoging van het marktaandeel van de binnenvaart kunnen bijdragen. Voor elke sector is het belangrijk om een

portefeuille van innovaties te hebben om kansen te kunnen realiseren die zich voordoen. De binnenvaartsector werkt aan verscheidene innovaties. Om deze te kunnen beoordelen zijn criteria nodig. Worrell et al, (1997) hebben, brandstofefficiency en kosten als criteria gebruikt. Hekkert en Harmsen (2001) hebben systeembetrouwbaarheid als criterium gebruikt om innovaties te vergelijken. Tornatsky en Klein (1982) hebben compatability (verenigbaarheid) en ingewikkeldheid als statistisch significante innovatiekenmerken geïdentificeerd. Gebaseerd op de literatuur zijn de volgende criteria geselecteerd om de potentiële succesvolle innovaties te 'wegen': i) kosten; ii) verenigbaarheid; iii) ingewikkeldheid; iv) systeembetrouwbaarheid; v) participatie van marktpartijen; vi) intermodalism; vii) de sterkte; viii) de zwakheid; ix) de kans en x) de bedreiging. Tsamboulas en Dimitropoulos (1999) hebben de grootte van het knooppunt, catchment area en de politieke steun of het ontbreken ervan als belangrijkste beslissende factoren bij investeringen in containerterminals geïdentificeerd. De politieke steun zou als criterium nuttig kunnen zijn, maar is moeilijk te wegen en daarom niet gebruikt in dit artikel.

Met de kosten van de innovatie worden de investeringskosten (innovatie kopen) en de onderhoudskosten bedoeld. De verenigbaarheid verwijst naar de mate waarin een innovatie in bestaande infrastructuur past (technologisch of sociaal/organisatorisch). De ingewikkeldheid betekent de mate waarin de innovatie moeilijker is te begrijpen dan de huidige technologie (technologisch of sociaal/organisatorisch). Om succesvol te worden is de participatie van marktpartijen (vrachteigenaars, bevrachters, vervoerbedrijven, en verschepende werven) belangrijk voor een innovatie. De innovatie zou idealiter op intermodalism moeten worden gericht. Dit betekent dat niet alleen het deel van het binnenvaartvervoer van de oplossing zou moeten profiteren, maar ook het voor- en natransport. De systeemafhankelijkheid verwijst naar de mate waarin de uitgangssituatie zou kunnen veranderen, hetgeen het potentieel van de innovatie zou kunnen aantasten. Als bijvoorbeeld het gebruik van de brandstofcel groot potentieel in termen van emissievermindering biedt, maar wanneer tegelijkertijd de huidige motoren aanzienlijk worden verbeterd, vermindert dit het potentieel voor de brandstofcel. De sterkte, de zwakheid, de kans, en de bedreiging verwijzen naar het aangrijpingspunt van de innovatie.

Tabel 2. Criteria om innovaties te vergelijken: veiligheid

	Scheldehuid (veiligheid)	ICT (veiligheid)
Kosten van de innovatie	Investeringen zijn aanzienlijk en operationele kosten lijken hoger (-)	Investeringen lijken te overzien (+)
Technologische Compatibiliteit	Innovatie past goed in huidig systeem (+)	Innovatie past goed in huidig systeem (+)
Sociale Compatibiliteit	Innovatie past in huidig sociaal systeem (+)	Innovatie past in huidig sociaal systeem (+)
Technologische Complexiteit	Begrijpen innovatie technologie is goed te doen (+)	Begrijpen innovatie technologie is goed te doen (+)
Sociale Complexiteit	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)
Markt participatie	Markt participatie is beperkt, geen transporteurs en vrachtheigenaren (=)	Markt participatie is beperkt, geen transporteurs en vrachtheigenaren (=)
Bevordering Intermodaliteit	Intermodaliteit is niet de focus (-)	Intermodaliteit is niet de focus (-)
Systeem afhankelijkheid	Systeem afhankelijkheid is beperkt (=)	Systeem afhankelijkheid is beperkt (=)
Sterk	Veiligheid (+) Sustainability (-)	Veiligheid (+)
Zwak	Hoge investeringen (-)	
Kans	Efficiency (+)	
Bedreiging		

Succesvolle brede markt introductie in de binnenvaart:

+ = waarschijnlijk positieve invloed

= = waarschijnlijk geen invloed,

- = waarschijnlijk negatieve invloed

Bronnen: Tornatsky and Klein, 1982; Worrell et al., 1997; Hekkert and Harmsen, 2001; Wiegmans, 2003

Zowel de Scheldehuid als de introductie van ICT zullen waarschijnlijk niet leiden tot een vergroting van de markt voor binnenvaartvervoer. De innovaties zijn niet gericht op het creëren van een nieuw subsegment, maar beogen een hoger veiligheidsniveau. Beide innovaties kennen gemiddelde kansen op een succesvolle brede marktintroductie.

Tabel 3. Criteria om innovaties te vergelijken: sustainability

Criteria	Brandstofcel (sustainability)	Electrisch (sustainability)	Katalysator/filter (sustainability)
Kosten van de innovatie	Hoge kosten (-)	Hoge kosten (-)	Kosten te overzien (=)
Technologische Compatibiliteit	Innovatie past niet in huidig systeem (-)	Innovatie past niet in huidig systeem (-)	Innovatie past goed in huidig systeem (+)
Sociale Compatibiliteit	Innovatie past niet in huidig sociaal systeem (-)	Innovatie past niet in huidig sociaal systeem (-)	Innovatie past in huidig sociaal systeem (+)
Technologische Complexiteit	Begrijpen innovatie technologie is moeilijk (-)	Begrijpen innovatie technologie is moeilijk (-)	Begrijpen innovatie technologie is goed te doen (+)
Sociale Complexiteit	Sociaal begrip van de innovatie is moeilijk (-)	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)
Markt participatie	Markt participatie is beperkt, geen transporteurs en vrachtheigenaren (=)	Markt participatie is beperkt, geen transporteurs en vrachtheigenaren (=)	Markt participatie is beperkt, geen transporteurs en vrachtheigenaren (=)
Bevordering Intermodaliteit	Intermodaliteit is niet de focus (-)	Intermodaliteit is niet de focus (-)	Intermodaliteit is niet de focus (-)
Systeem afhankelijkheid	Systeem afhankelijkheid is hoog (-)	Systeem afhankelijkheid is hoog (-)	Systeem afhankelijkheid is beperkt (=)
Sterk	Sustainability (+)	Brandstof efficiënt (+) Sustainability (+)	Sustainability (+)
Zwak Kans	Hoge investeringen (-)	Hoge investeringen (-) Efficiency (+)	
Bedreiging	Klimaat (+) Technologie neemt extra ruimte in, opslag brandstof is gevaarlijk	Klimaat (+) Meest geschikt voor tankers	Klimaat (+)

Succesvolle brede markt introductie in de binnenvaart:

+ = waarschijnlijk positieve invloed

= = waarschijnlijk geen invloed,

- = waarschijnlijk negatieve invloed

Bronnen: Tornatsky and Klein, 1982; Worrell et al., 1997; Hekkert and Harmsen, 2001; Wiegmans, 2003

De meest kansrijke innovatie voor een succesvolle brede marktintroductie voor duurzaamheid zijn de katalysator en filtersystemen (zie tabel 3). Deze hebben het meeste marktpotentieel, aangezien de nieuwe regelgeving zich concentreert op het verminderen van emissies. De innovatie zal hoogstwaarschijnlijk geen nieuwe deelmarkt voor binnenvaartvervoer ontwikkelen.

Tabel 4. Criteria om innovaties te vergelijken: efficiency

Criteria	Z-drive (brandstof efficiency)	Tempomaat (brandstof efficiency)	Luchtgesmeerde schepen (brandstof efficiency)
Kosten van de innovatie	Kosten te overzien (+)	Kosten te overzien (+)	Kosten te overzien (+)
Technologische Compatibiliteit	Innovatie past goed in huidig systeem (+)	Innovatie past goed in huidig systeem (+)	Innovatie past goed in huidig systeem (+)
Sociale Compatibiliteit	Innovatie past in huidig sociaal systeem (+)	Innovatie past in huidig sociaal systeem (+)	Innovatie past in huidig sociaal systeem (+)
Technologische Complexiteit	Begrijpen innovatie technologie is goed te doen (+)	Begrijpen innovatie technologie is goed te doen (+)	Begrijpen innovatie technologie is goed te doen (+)
Sociale Complexiteit	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)
Markt participatie	Markt participatie is beperkt, geen transporteurs en vrachtheigenaren (=)	Markt participatie is beperkt, geen transporteurs en vrachtheigenaren (=)	Markt participatie is beperkt, geen transporteurs en vrachtheigenaren (=)
Bevordering Intermodaliteit	Intermodaliteit is niet de focus (-)	Intermodaliteit is niet de focus (-)	Intermodaliteit is niet de focus (-)
Systeem afhankelijkheid	Systeem afhankelijkheid is niet hoog (+)	Systeem afhankelijkheid is niet hoog (+)	Systeem afhankelijkheid is niet hoog (+)
Sterk	Sustainability (+) Brandstof efficiency (+)	Sustainability (+) Brandstof efficiency (+)	Sustainability (+) Brandstof efficiency (+)
Zwak	Snelheid (+) Hoge investeringen (-)	Snelheid (+) Hoge investeringen (-)	Snelheid (+) Hoge investeringen (-)
Kans Bedreiging	Wegvervoer wordt duurzamer (+) Manoeuvrbaarheid (+)	Wegvervoer wordt duurzamer (+)	Wegvervoer wordt duurzamer (+)

Succesvolle brede markt introductie in de binnenvaart:

+ = waarschijnlijk positieve invloed

= = waarschijnlijk geen invloed,

- = waarschijnlijk negatieve invloed

Bronnen: Tornatsky and Klein, 1982; Worrell et al., 1997; Hekkert and Harmsen, 2001; Wiegmans, 2003

De innovaties gericht op brandstofefficiency hebben een hoge kans voor een succesvolle brede marktintroductie (zie tabel 4). Onderzoeksinspanningen zouden misschien (beter) kunnen worden gecombineerd om één uitvoerbaar alternatief te ontwikkelen en uit te voeren. Het realiseren van verbeteringen naar meer duurzaam vervoer zal echter moeilijk blijken (Rodenburg et al, 2002). Tot een vergroting van het marktaandeel van de binnenvaart zullen deze innovaties hoogstwaarschijnlijk niet leiden.

Tabel 5. Criteria om innovaties te vergelijken: zwakheden

	Modal shift scan (Cultuur/organisatie)	Kraan technologie (Cultuur/organisatie)	ICT (flexibiliteit)	Snel schip (snelheid)
Kosten van de innovatie	Kosten te overzien (+)	Hoge kosten (-)	Kosten te overzien (+)	Hoge kosten (-)
Technologische Compatibiliteit	Innovatie past goed in huidig systeem (+)	Innovatie past goed in huidig systeem (+)	Innovatie past goed in huidig systeem (+)	Innovatie past goed in huidig systeem (+)
Sociale Compatibiliteit	Innovatie past in huidig sociaal systeem (+)	Innovatie past in huidig sociaal systeem (+)	Innovatie past in huidig sociaal systeem (+)	Innovatie past in huidig sociaal systeem (+)
Technologische Complexiteit	Begrijpen innovatie technologie is goed te doen (+)	Begrijpen innovatie technologie is goed te doen (+)	Begrijpen innovatie technologie is goed te doen (+)	Begrijpen innovatie technologie is goed te doen (+)
Sociale Complexiteit	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)
Markt participatie	Markt participatie is hoog. (+)	Markt participatie is beperkt, geen transporteurs en vrachtheigenaren (=)	Markt participatie is beperkt, geen transporteurs en vrachtheigenaren (=)	Markt participatie is beperkt, geen transporteurs en vrachtheigenaren (=)
Bevordering Intermodaliteit	Intermodaliteit is het doel (+)	Intermodaliteit is niet de focus (-)	Intermodaliteit is niet de focus (-)	Intermodaliteit is niet de focus (-)
Systeem afhankelijkheid	Systeem afhankelijkheid is niet hoog (+)	Systeem afhankelijkheid is hoog (-)	Systeem afhankelijkheid is niet hoog (+)	Systeem afhankelijkheid is hoog (-)
Sterk	Sustainable (+)		Veiligheid (+) Betrouwbaar (+)	
Zwak	Cultuur (+) Organisatie (+)		Flexibel (+) Organisatie (+)	Snelheid (+)
Kans	Congestie (+)		Efficiency (+)	
Bedreiging	Andere houding (+) Andere stromen (+)			Klimaat verandering (-)

Succesvolle brede markt introductie in de binnenvaart:

+ = waarschijnlijk positieve invloed

= = waarschijnlijk geen invloed,

- = waarschijnlijk negatieve invloed

Bronnen: Tornatsky and Klein, 1982; Worrell et al., 1997; Hekkert and Harmsen, 2001; Wiegmans, 2003

Een veelbelovende ‘innovatie’ lijkt de modal shift scan (zie tabel 5). Resultaten van deze methode tonen echter aan dat het succes in termen van marktvergroting van de binnenvaart niet is zoals verwacht. ICT kan bijdragen aan een betrouwbaardere en beter georganiseerde binnenvaart en kent ook hoge kans op een succesvolle brede marktintroductie. Ook deze innovatie zal waarschijnlijk niet tot nieuwe markten leiden. Kranen en snelle schepen kennen gemiddelde kansen op een succesvolle brede marktintroductie.

Tabel 6. Criteria om innovaties te vergelijken: kansen

	Distrivaart (congestie)	Schepen op maat (congestie)	Zee-rivier transport (efficiency)
Kosten van de innovatie	Hoge kosten (-)	Hoge Kosten (-)	Kosten te overzien (+)
Technologische Compatibiliteit	Innovatie past in huidig systeem (=)	Innovatie past in huidig systeem (=)	Innovatie past in huidig systeem (=)
Sociale Compatibiliteit	Innovatie past in huidig sociaal systeem (+)	Innovatie past in huidig sociaal systeem (+)	Innovatie past in huidig sociaal systeem (+)
Technologische Complexiteit	Begrijpen innovatie technologie is te doen (=)	Begrijpen innovatie technologie is te doen (=)	Begrijpen innovatie technologie is te doen (=)
Sociale Complexiteit	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)	Sociaal begrip van de innovatie is te doen (+)
Markt participatie	Markt participatie is hoog, (+)	Markt participatie is hoog, (+)	Markt participatie is beperkt, geen transporteurs en vrachteigenaren (=)
Bevordering Intermodaliteit	Intermodaliteit is het doel (+)	Intermodaliteit is het doel (+)	Intermodaliteit is het doel (+)
Systeem afhankelijkheid	Systeem afhankelijkheid is hoog (-)	Systeem afhankelijkheid is hoog (-)	Systeem afhankelijkheid is aanzienlijk (=)
Sterk	Sustainability (+) Brandstof efficient (+)	Sustainability (+)	Sustainability (+)
Zwak	Flexibiliteit (+) Bereikbaarheid (+) Hoge investeringen (-) Organisatie (+)	Hoge investeringen (-) Organisatie (+)	Hoge investeringen (-) Organisatie (+)
Kans Bedreiging	Congestie (+)	Congestie (+)	Meer efficiency (+)

Succesvolle brede markt introductie in de binnenvaart:

+ = waarschijnlijk positieve invloed

= = waarschijnlijk geen invloed,

- = waarschijnlijk negatieve invloed

Bronnen: Tornatsky and Klein, 1982; Worrell et al., 1997; Hekkert and Harmsen, 2001; Wiegmans, 2003

De innovatie met het meeste marktpotentieel is Distrivaart (zie tabel 6). Als het initiatief slaagt dan opent het een nieuwe markt voor de binnenvaart met een hoog groeipotentieel. De specifieke schepen zijn gemiddeld kansrijk voor een brede marktintroductie, maar de extra te creëren markt lijkt beperkt omdat de schepen vaak gericht zijn op bepaalde goederenstromen. Het gecombineerd zee-binnenvaart vervoer zou kansen kunnen bieden, deze innovatie kent gemiddelde kansen op een succesvolle brede marktintroductie. Er zijn geen innovaties geanalyseerd die zich richten op bedreigingen voor de sector binnenvaart.

Innovaties die zich op het verbeteren van de sterke punten van de binnenvaart concentreren zullen waarschijnlijk niet leiden tot een verhoging van het marktaandeel van de binnenvaart. De veiligheid is reeds op niveau, de nieuwe wetgeving voor duurzaamheid wordt gevolgd en de brandstofefficiency zou nog wat beter kunnen. Diverse innovaties beogen het verbeteren van de zwakheden van de binnenvaart. Het blijkt moeilijk om extra markten voor de binnenvaart te creëren door zich te concentreren op innovaties die zwakheden van de binnenvaart proberen te verbeteren. De meest kansrijke innovaties lijken kansen te benutten. Distrivaart en de specifieke schepen hebben het potentieel om nieuwe markten voor binnenvaartvervoer te creëren en te laten groeien.

5. Beleidsimplicaties en conclusies

De probleemdefinitie van dit artikel was: ‘Welke innovaties bieden kansen om de markt van de binnenvaart te vergroten? De analyse leidt tot de conclusie dat de innovatie die hiervoor het meeste potentieel heeft Distrivaart is. Daarnaast zijn de innovaties die beogen de efficiency te verhogen kansrijk om succesvol breed in de markt te worden gezet. Deze innovaties zullen echter niet zorgen voor een vergroting van de markt voor binnenvaartvervoer. Dit zou implicaties voor het beleid van de overheid voor de binnenvaartsector kunnen hebben. Ten eerste toont de analyse aan dat het moeilijk zal zijn om het marktaandeel van binnenvaartvervoer te verhogen. Dit betekent dat de beleidsdoelstellingen realistisch moeten zijn. Ten tweede vereist onderhoud van infrastructuur aanzienlijke bedragen en het blijkt vrij gemakkelijk om eens een jaar (of twee) minder uit te geven dan eigenlijk noodzakelijk. Onderhoud zal niet tot nieuwe markten voor de binnenvaart leiden, maar het laat de ontwikkeling van nieuwe initiatieven toe. Ten derde tonen de huidige binnenvaartmarkten weinig groeipotentieel. Dit zou erop kunnen wijzen dat beleid bij het bevorderen van innovaties zou moeten worden geconcentreerd op die innovaties die naar het creëren van nieuwe markten streven. Ten vierde lijken de sterke punten van binnenvaartvervoer sterk te blijven, lijkt het aantal zwakheden te stijgen en de bestaande zwakheden lijken zwakker te worden. De kansen zijn beperkt en het aantal bedreigingen is aanzienlijk. Dit suggereert dat beleid naar het behoud van bestaande markten zou moeten streven, maar niet tot elke prijs. Ten vijfde bestaat de innovatieportefeuille uit genoeg innovaties, maar de verdeling binnen de portefeuille kan beter. Beleid zou zich daarom op de

verdeling van binnenvaartinnovaties kunnen concentreren. Tot slot moeten de innovaties worden gewogen om hun succespotentieel te bepalen. Actie is nodig omdat anders het marktaandeel van binnenvaartvervoer door de hogere groei bij het wegvervoer kan dalen. Initiatieven die door de binnenvaartsector zelf ter hand kunnen worden genomen zijn de introductie van een heffing voor het gebruik waarvan nieuwe (of onderhoud bestaande) infrastructuur deels kan worden gefinancierd. Een andere optie zou kunnen zijn om veelbelovende nieuwe markten (b.v. postvervoer) te onderzoeken.

Literatuur

- Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 2004, Bedieningstijden sluisen en bruggen (Rotterdam, AVV)
- Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 2002, Goederenvervoer in Nederland – Uitgave 2002 (Rotterdam, Ministerie van Verkeer en Waterstaat)
- Baumel, C.P. and J. Gervais, 1999, Estimates of fuel consumption transporting grain from Iowa to major key markets by alternative modes (Iowa State University)
- Bouw, J., 2003, All Electric Ship (Rotterdam, Hogeschool Rotterdam)
- Butler, R., June 2001, The silent giant, *presentation at the 26th Annual Summer Ports, Waterways, Freight & International Trade Conference*, Galveston, Texas
- Centrale Commissie voor de Rijnvaart, 2002, Schepen van de toekomst; eindrapport aan de centrale commissie (Straatsburg, CCR)
- Combined Container Services, 2004, Kleinwasser (CSS, Mannheim)
- Dalpis, N., 2002, Verlaging zwavelgehalte in brandstof en elektronische versus mechanische brandstofinspuiting (Rotterdam, Emitech)
- Davis, S.C., 1999, Transportation Energy Databook, Edition 19, Center for Transportation Analysis (Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy)
- European Commission, 2002, Volumes per commodity groep in million ton in 2001, (European Commission, Brussel)
- Greene, D. and Y. Fan, 1995, Transportation energy intensity trends: 1972-1992, (Transportation Research Record, # 1475)
- Heerd, J., van and C. Thill, 2002, Opsplitsing van de weerstand van een schip (Rotterdam, MARIN)
- Hekkert, M.P. and R. Harmsen, 2001, Op weg naar technologiebeoordeling in transitie management: de case van drie nieuwe energietechnologieën in de woningbouw, *Tijdschrift voor Milieukunde*, Nummer 4-5, Jaargang 16
- Institute for Agriculture and Trade Policy, 2004, Myth: barges are the most fuel efficient mode of transport for agricultural commodities (Minneapolis, IATP)
- Instituut voor het Transport langs de Binnenwateren (ITB), 2004, Statistisch Overzicht (Brussel, ITB)
- Jong, J. de, 2002, Sivak rekt drukte op water uit, *Bouwdienst Magazine*, Den Haag, September 2002
- Kar, M., van der, 2002, Scheldehuid in de binnenvaart (Rotterdam, Chemgas)

- Kia, M., E. Shayan and F. Ghotb, 2003, Positive impact of distribution centres on the environment, *Transport reviews*, Volume 23, Number 1, pp. 105-122.
- Konings, R. and M. Ludema, 2000, The competitiveness of the river-sea transport system: market perspectives on the United Kingdom-Germany corridor, *Journal of Transport Geography*, Vol. 8, Nr. 3, pp. 221-229
- Kotler, P., 1997, *Marketing management*, (New Jersey, Prentice Hall International, Inc.)
- Laag, P., van der and R. Mallant, 2002, Fuel cells and potential for ships (ECN, TU-Delft)
- Lagoudis, I.N., C.S. Lalwani, M.M. Naim, and J. King, 2002, Defining a conceptual model for high-speed vessels, *International Journal of Transport Management*, Vol. 1, Nr 2, pp. 69-78
- Laros, P (2003), *Z-drive* (Rotterdam, Hogeschool Rotterdam)
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2001, *Analyse productlevenscyclus en binnenvaart* (Rotterdam, AVV)
- NEA, 2002, *Goederenvervoermonitor* (Rijswijk, NEA)
- Oosterhaven, J. and P. Rietveld, 2003, Transportkosten, locatie en economie. In: *Locatie en concurrentie – Preadviezen 2003*, edited by S. Brakman and J.H. Garretsen (Amsterdam, Koninklijke Vereniging voor de Staathuishoudkunde) pp. 33-66.
- Panayides, P.M., 2002, Economic organization of intermodal transport, *Transport reviews*, Volume 22, Number 4, pp. 401-414.
- Prins, C.A., 2002, *All Electric Ship, een binnenvaart voor doordenkers* (Rotterdam, AES)
- Promotie Binnenvaart Vlaanderen, 2000, *Granen, zaden en veevoeders* (Antwerpen, PBV)
- Rodenburg, C., B. Ubbels and P. Nijkamp, 2002, Policy scenarios for achieving sustainable transportation in Europe, *Transport reviews*, Volume 22, Number 4, pp. 449-472.
- Rulo, V., van, 2003, *Mercurial-Latistar en de logistiek van tarwezetmeel* (Rotterdam, Hogeschool Rotterdam)
- TNO Inro, 2002, *Actualisering van de kengetallen voor tijdwaardering in het goederenvervoer* (Delft, TNO)
- Tolliver, D., 2000, *Analysis of the energy, emission and safety impacts of alternative improvements to the Upper Mississippi and Illinois waterway system*, Report to the Army Corps of Engineers
- Tornatsky, L.G. and K.J. Klein, 1982, Innovation characteristics and innovation adoption –implementation: a meta-analysis of findings, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 29 (1): 28-45
- Tsamboulas, D.A. and I. Dimitropoulos, 1999, Appraisal of investments in European nodal centres for goods – freight villages: A comparative analysis, *Transportation*, 26, pp. 381-398
- U.S. Department of Transportation, August 1994, *Maritime Administration, Environmental advantages of inland barge transport* (Washington)
- Vereniging Nederlandse Scheepsbouw Industrie, 2003, *Project energiebesparende luchtgesmeerde schepen* (Rotterdam, VNSI)
- Wee, B. van and M. Dijst, 2002, *Verkeer en vervoer in hoofdlijnen* (Bussum, Coutinho)
- Wiegmans, B.W. (2003), *Performance conditions for container terminals* (Soest, Atlas)
- Worrell, E., L. Price, N. Martin, J. Farla, and R. Schaeffer, 1997, Energy intensity in the iron and steel industry: a comparison of physical and economic indicators, *Energy Policy*, 25 (7-9): 727-744
- www.technofysica.nl/tempomaat.htm