

Ontwikkeling van een multimodaal ketenkeuzemodel voor containertransport in het strategisch goederenvervoermodel BasGoed

Michiel de Bok, Gerard de Jong Significance
Noortje Groot, Onno Miete, Monique van den Berg Rijkswaterstaat
Jaco van Meijeren TNO
Michiel Benjamins Demis

Samenvatting

In het huidige strategische goederenvervoermodel BasGoed worden multimodale containerstromen gemodelleerd als losstaande stromen per vervoerwijze. In de praktijk wordt echter volop gebruik gemaakt van multimodale transportketens voor containervervoer, in het bijzonder voor zeehavengebonden ketens, en vindt besluitvorming ook plaats op ketenniveau. Om met deze ketens van containerstromen rekening te kunnen houden en om effecten van het openen van multimodale terminals door te kunnen rekenen, is de zogenaamde corridorkeuzemodule voor BasGoed gespecificeerd. In deze paper wordt ingegaan op de schatting van de modelparameters van het ketenkeuzemodel. In het bijzonder wordt ingegaan op de specificaties van het model, de gebruikte data voor de schatting en de schattingsresultaten.

Inleiding

BasGoed is het Basis Goederenvervoermodel van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Het is opgezet om op strategisch niveau uitspraken te kunnen doen over goederenvervoer (lange termijn prognoses voor de vervoersstromen over weg, water en spoor). BasGoed is gestoeld op een stapsgewijze ontwikkelfilosofie, waarbij gebruik gemaakt is van bestaande modules, aangevuld met eenvoudige modules voor de andere lagen van logistieke modellering (Schmorak et al., 2009). Deze ontwikkeling is een continu proces waarbij BasGoed stapsgewijs wordt verfijnd en waar nodig wordt geactualiseerd. Zie voor een recentere beschrijving van de ontwikkelagenda van Rijkswaterstaat een eerdere bijdrage aan de VLWD (van den Berg et al., 2015 en TNO en Significance, 2015).

In het huidige BasGoed model worden multimodale containerstromen gemodelleerd als losstaande stromen per vervoerwijze. In de praktijk wordt echter volop gebruik gemaakt van multimodale transportketens voor containervervoer, in het bijzonder voor zeehavengebonden ketens, en vindt besluitvorming ook plaats op ketenniveau. Ook geldt dat het huidige BasGoed beleidsmaatregelen als het openen van nieuwe multimodale terminals niet op hun effecten kan doorrekenen. Er is daarom behoefte aan een nieuwe module voor BasGoed die voor containerstromen (met name maritieme, maar ook continentale) de keuze voorspelt van de transportketen. Deze nieuwe module wordt de 'corridorkeuzemodule' genoemd. Voor de zeehavengebonden stromen beschrijft deze module de achterlandketens. De ketens bestaan uit de modi wegtransport, spoor en binnenvaart, met de gebruikte multimodale terminals. De specificatie van deze module is beschreven in TNO en Significance (2016a,b). De specificaties zijn geënt op een eerder door TNO ontwikkeld corridorkeuzemodel (als onderdeel van het vraaggestuurd programma van IenM) geprogrammeerd in TransCad, zie Zhang (2013). Voor implementatie in BasGoed zijn de specificaties opnieuw opgesteld om aan te sluiten bij de structuur, het doel, en de basisdata van BasGoed. Zie hiervoor de documentatie van de specificaties van het model: TNO en Significance (2016a,b). Belangrijke elementen in de ontwikkeling van het corridorkeuzemodel zijn het opstellen van een flexibele en snelle route-enumeratiemodule voor multimodale ketens en een formele schatting van de modelparameters van het ketenkeuzemodel.

Deze paper beschrijft de schatting van het keuzemodel voor multimodale ketens. De paper zal vooral ingaan op de specificaties van het model, de gebruikte data voor de schatting en de schattingsresultaten. Ten slotte geven we een reflectie op de resultaten. Allereerst wordt een korte beschrijving gegeven van het model BasGoed.

Basis goederenvervoermodel BasGoed

BasGoed is een strategisch model voor goederenvervoer. Als onderdeel van het data en modellen instrumentarium van IenM heeft het een wederkerige relatie met de sectorale modellen voor wegvervoer (LMS), binnenvaart (Bivas) en spoor (NEMO). De informatie uit deze modellen wordt gebruikt om voor afzonderlijke modaliteiten de transporttijden en -afstanden af te leiden voor de transportkostenfuncties in BasGoed. Daarnaast worden de wegvervoer- en binnenvaartprognoses uit BasGoed in deze sectorale modellen gebruikt voor de toedeling van vrachtauto's of vaartuigen.

De architectuur van BasGoed is gebaseerd op een groeifactor aanpak die wordt toegepast op de Basisbestanden Goederenvervoer, die een belangrijke uitgangssituatie vormen voor het model. De groeifactoren worden berekend en toegepast in vier opeenvolgende modules. De Economiemodule

vertaalt de economische groei naar groei in transport stromen (producties/attracties). Deze module is gebaseerd op de economiemodule van het oorspronkelijke SMILE+ model (Bovenkerk, 2005). Hierin wordt een economisch scenario toegepast op AanbodGebruikTabellen voor gedetailleerde productgroepen om de ontwikkeling van de geproduceerde en geconsumeerde goederen te voorspellen. De Economiemodule bevat een regionaliseringsmodule om de geproduceerde en geconsumeerde volumes regionaal te verdelen. De Distributiemodule verdeelt vervolgens de berekende producties en attracties over herkomst/bestemmingsparen. De Modal Split module berekent per HB-relatie de vervoerwijze aandelen voor wegvervoer, spoor en binnenvaart. Ten slotte wordt de groeifactor voor het wegvervoer in tonnen toegepast op het deelritten basisbestand wat leidt tot een prognose van vrachtritten.

De vrachtritten uit BasGoed zijn na verdere verfijning in de zonering weer input voor het LMS. Daar wordt in combinatie met het personenautoverkeer berekend wat dat betekent voor de verkeersafwikkeling en de daaruitvolgende reistijden. Voor een gedetailleerde beschrijving van het modelsysteem verwijzen we naar de technische rapportage van BasGoed: DAT Mobility (2013).

Modelbeschrijving corridorkeuzemodule

Dit hoofdstuk beschrijft de specificaties van het corridorkeuzemodel: de keuzealternatieven in de keuzeset van het corridorkeuzemodel, de kostenfuncties, en de (geneste) modelstructuur.

Het corridorkeuzemodel maakt onderscheid tussen maritieme en continentale containerstromen. Maritieme containerstromen worden gekenmerkt doordat ze een zeehavenregio als begin- en /of eindpunt hebben. De zeehavenregio's zijn Rotterdam, Amsterdam en Antwerpen. Dit resulteert in 4 richtingssegmenten: van-, naar- en tussen zeehavens en continentaal transport. Deze richtingen komen terug in de definities van keuzealternatieven en de segmentering van het model.

In het corridorkeuzemodel is de regio-indeling van BasGoed in het buitenland verfijnd naar NUTS2 niveau om met voldoende detail multimodale ketens te kunnen vormen.

Keuze alternatieven

De keuzeset van het corridorkeuzemodel is opgebouwd uit verschillende type ketens: direct wegvervoer, intermodaal (IM) transport met spoor of binnenvaart als hoofdvervoerwijze. De configuratie van deze ketens kan afhangen van het richtingssegment, omdat in zeehavenregio's wordt uitgegaan van direct-access tot binnenvaart of rail terminals.

Afhankelijk van het richtingssegment, zijn per PC relatie de volgende ketenalternatieven beschikbaar:

1) Landzijdige alternatieven beschikbaar voor zeehavengebonden stromen vanuit Rotterdam, Amsterdam en Antwerpen (van zeehaven):

- w = weg (direct);
- $s-t_i-w$ = spoor en dan weg, via terminal i (met meerdere subalternatieven voor i afhankelijk van het aantal spoor-wegterminals dat wordt onderscheiden per PC);
- $b-t_k-w$: binnenvaart en dan weg via terminal k (met meerdere subalternatieven voor k afhankelijk van het aantal binnenvaart-wegterminals dat wordt onderscheiden per PC).

2) Landzijdige alternatieven beschikbaar voor zeehavengebonden stromen naar Rotterdam, Amsterdam en Antwerpen (naar zeehaven):

- w = weg (direct);
- $w-t_i-s$ = spoor en dan weg, via terminal i (met meerdere subalternatieven voor i afhankelijk van het aantal spoor-wegterminals dat wordt onderscheiden per PC);
- $w-t_k-b$: binnenvaart en dan weg via terminal k (met meerdere subalternatieven voor k afhankelijk van het aantal binnenvaart-wegterminals dat wordt onderscheiden per PC).

3) Alternatieven beschikbaar voor continentale stromen (alle richtingen):

- w = weg (direct);
- $w-t_i^1-s-t_j^2-w$ = weg, dan spoor en dan weg, via terminals i en j (met meerdere subalternatieven voor i en j afhankelijk van het aantal spoor-wegterminals dat wordt onderscheiden per PC voor de overslagen 1 en 2);
- $w-t_k^1-b-t_l^2-w$: binnenvaart en dan weg via terminals k en l (met meerdere subalternatieven voor k en l afhankelijk van het aantal binnenvaart-wegterminals dat wordt onderscheiden per PC voor de overslagen 1 en 2).

4) Alternatieven beschikbaar binnen en tussen zeehavenzones:

- w = weg (direct);
- s = spoor (direct);
- b = binnenvaart (direct).

Voor directe alternatieven geldt dat altijd het snelste directe alternatief beschikbaar is. Voor intermodale ketens wordt uitgegaan van een maximaal aantal keuzealternatieven, omdat rekening wordt gehouden dat niet per sé de snelste multimodale keten gekozen wordt. Omdat in veel regio's overslag van goederen mogelijk is, zijn theoretisch een groot aantal multimodale ketens te vormen, maar waarvan de meeste geen waarschijnlijke keuze alternatieven zijn. Daarom wordt voor de multimodale ketens uitgegaan van de 5 snelste multimodale ketens: zowel met spoor als binnenvaart als hoofdvervoerwijze.

Kostenfuncties

De kosten van transport, toegang en overslagsegmenten worden gemeten als gegeneraliseerde kosten, dat wil zeggen als gewogen som van tarief voor het transport en reistijd, zoals in de modal split module van BasGoed. De gegeneraliseerde kosten worden per route berekend en bestaan uit de optelling van tijd- en afstandkosten per segment l en de kosten voor overslag op terminal t die onderdeel is van de route:

$$G_{ijr} = \sum_{l \in r} (c_v^d \cdot D_{ijl} + c_v^t \cdot T_{ijl}) + \sum_{t \in r} (c_v^{ove}) \quad (1)$$

Waarin:

G : gegeneraliseerde transportkosten

i, j : herkomst resp. bestemming

r	: route (=keten)
l	: ketensegment
t	: terminal
v	: hoofdvervoerswijze
c_v^d	: afstandafhankelijke tarief (Euro/tonkm)
D	: afstand (km)
c_v^t	: tijdafhankelijke tarief (Euro/ton/h)
T	: transporttijd (h)
c_v^{ove}	: overslagkosten (Euro/ton)

In de schatting van routekeuzemodellen wordt de nutsfunctie naast kosten aangevuld met een aantal te schatten dummy's die de gevoeligheid voor aanvullende variabelen meenemen of niet geobserveerde kwaliteitsverschillen tussen routetypes. Tijd is al opgenomen in de berekening van de gegeneraliseerde kosten. In de nutsfunctie komt tijd voor een tweede keer terug om de kapitaalkosten uit te drukken. Dit zijn de kosten voor interest, ontwaarding en verzekering van goederen tijdens het transport. Daarnaast is onderzocht of het model kan worden gesegmenteerd naar richting: zeehaven afvoer, zeehaven aanvoer, continentaal, en vervoer in en tussen zeehavens. Voor ieder richtingssegment wordt de volgende generieke nutsfunctie toegepast:

$$V_{ijr}^S = \beta_{gcost}^S \cdot G_{ijr} + \beta_{time}^S \cdot T_{ijr} + MSC^S \quad (2)$$

Waarin:

β_{gcost}	: parameter voor gegeneraliseerde kosten;
β_{time}	: parameter voor transporttijd in uren, met name de invloed van kapitaalkosten (financieringskosten goederen tijdens transport);
S	: herkomst resp. bestemming, richtingssegment;
MSC	: constante per ketentype indien vertrek uit of aankomst in i resp. j .

Ten aanzien van het tijd- en afstandafhankelijke tarief voor containertransport zijn de volgende kentallen afgeleid uit de Kostenbarometer voor 2014. Voor wegvervoer zijn de kostenkentallen voor middelgroot en groot containervervoer gemiddeld op basis van de aandelen in tonnen in het Basisbestand goederenvervoer 2014.

Tabel 0.1: Kentallen in de kostenfuncties van het corridorkeuzemodel. (Bron: Kostenbarometer 2014, Basisbestanden goederenvervoer 2014 (BBGV14))

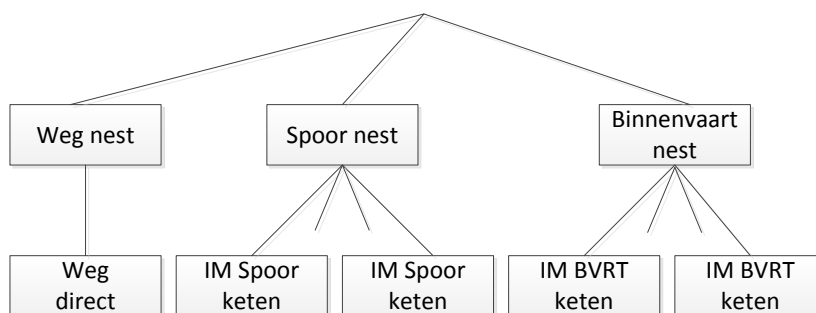
Mode	Bron	benuttings- capaciteit -graad	Tijdkosten	Afstand- kosten	Tijdkost	Afstandkost
		[ton/vtg]	[€/vtg/uur]	[€/vtgkm]	[€/ton/uur]	[€/tonkm]

Weg	Middeling o.b.v. BBGV2014, Kostenbarometer	0.50	25.0	€ 47.23	€ 0.46	€ 3.98	€ 0.038
Binnenvaart	Kostenbarometer	0.6	2500	€ 197.28	€ 5.29	€ 0.13	€ 0.004
Spoor	Kostenbarometer	1.00	765	€ 765.85	€ 3.23	€ 1.00	€ 0.004

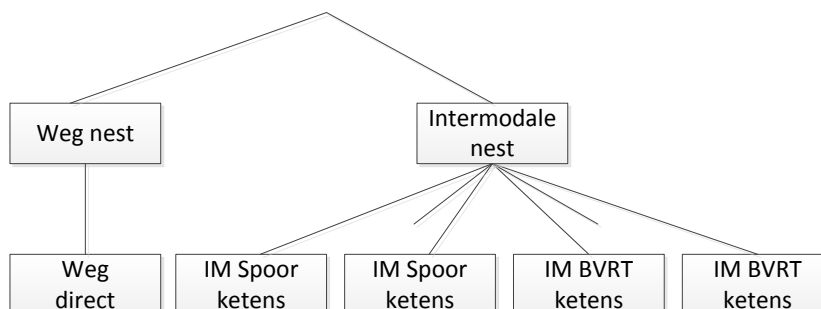
Modelstructuur

De basismodelstructuur voor de keuze uit de set routealternatieven is het multinomiaal logit model. In de specificaties van het corridorkeuzemodel is een geneste modelstructuur voorzien, om rekening te houden met een andere substitutiepatroon tussen groepjes (geneste) alternatieven. Er zijn verschillende dimensies waarin dergelijke afhankelijkheden tussen alternatieven voor kunnen komen. Daarom zijn de volgende typen neststructuren getest:

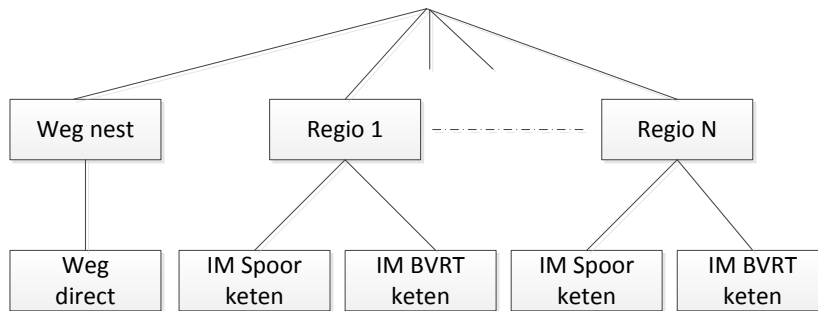
- Nests voor de hoofdvervoerwijze:
Deze neststructuur veronderstelt een sterkere uitwisseling tussen multimodale ketens met dezelfde hoofdvervoerwijze: spoor of binnenvaart.



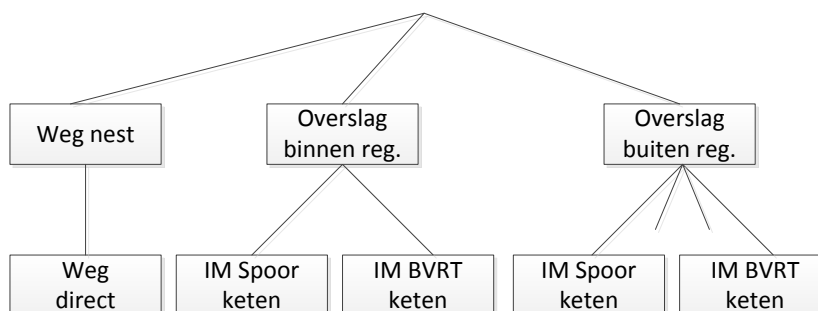
- Nest voor intermodale ketens:
Deze neststructuur veronderstelt een sterkere uitwisseling tussen multimodale ketens, ongeacht welke hoofdvervoerwijze.



- Nest voor overslagregio:
Deze neststructuur veronderstelt een sterkere uitwisseling tussen multimodale ketens die via terminals in dezelfde regio liggen.



- Nest voor overslag binnen P of C regio:
Deze neststructuur veronderstelt een sterkere uitwisseling tussen multimodale ketens die worden overgeslagen op een terminal die binnen de regio van productie of consumptie.



Data gebruikt voor de schatting

Van unimodale HB-data naar PC ketendata

Omdat er geen data beschikbaar is op het niveau van multimodale ketens zijn vele veronderstellingen nodig om de unimodale herkomst-bestemmingsstromen te vertalen naar multimodale ketens. De volgende aanpak wordt gehanteerd om te komen tot ProductieConsumptieketendata. De containerstromen uit de unimodale basisbestanden worden allereerst gecategoriseerd in containerstromen tussen havens en inland terminals en containerstromen voor het voor- en natransport tussen inland terminals en achterlandregio's. Deze twee typen stromen zijn vervolgens met elkaar gecombineerd tot PC stromen door per terminal (regio in BasGoed) te bepalen hoe de stromen tussen zeehaven en terminal gekoppeld zijn aan de stromen tussen inland terminal en achterlandregio. Om de unimodale herkomst-bestemmingstromen te vertalen naar multimodale ketens tussen productie- en consumptielocatie, zijn vervolgens diverse veronderstellingen nodig.

In een aparte notitie (TNO, 2016) is het databewerkingsproces in meer detail beschreven. Op hoofdlijnen zijn de volgende stappen doorlopen om te komen tot de PC ketendata:

- Data analyse van de containerstromen voor het basisjaar per achterlandregio. Hierbij zijn de volumes van de containerstromen tussen haven en terminal (regio in BasGoed), de containerstromen tussen terminal en achterlandregio en de overslagvolumes per regio en type overslag met elkaar vergeleken. Voor de Nederlandse achterlandregio's is hierbij gebruik gemaakt van de Basisbestanden Goederenvervoer. Voor regio's in het buitenland is ook gebruik gemaakt van data uit ETISPlus. De kwaliteit van de data is mede bepalend voor

de mate waarin het op een consistente wijze lukt de verschillende data met elkaar te combineren.

- Op basis van de uitkomsten van de eerste stap is een methode bepaald om de verschillende data zodanig te combineren dat de uiteindelijke PC matrix zo consistent mogelijk is met de data die als input wordt gebruikt. Deze matrix dient als input voor de schatting en implementatie van de corridorkeuzemodule.

Beschrijvende statistieken

Om een beeld te vormen van de beschikbare data, zijn een aantal beschrijvende statistieken opgesteld. In de volgende tabel zijn per richtingssegment de volumes en marktaandelen weergegeven van de ketentypes. Verreweg het grootste volume containervervoer is havengerelateerd. Daarnaast vindt ook een behoorlijk volume transport plaats tussen havenregio's (herpositionering van containers). Over het totaal hebben binnenvaart en wegvervoer het grootste aandeel in het containertransport.

Tabel 0.1: Containervervoer naar richtingssegment en ketentype.

Richting	Keten type:			Totaal
	Weg direct	IM Spoor	IM bvr	
Volume (in Mton)				
Continentaal	6.8	1.9	1.7	10.3
Zeehaven afvoer	12.2	7.3	14.4	34.0
Zeehaven aanvoer	11.6	7.1	23.4	42.2
In/tussen zeehavens	13.3	0.0	7.0	20.3
Totaal	43.9	16.4	46.5	106.8
Aandeel (in %)				
Continentaal	66%	18%	16%	100%
Zeehaven afvoer	36%	22%	42%	100%
Zeehaven aanvoer	28%	17%	56%	100%
In/tussen zeehavens	66%	0%	34%	100%
Totaal	41%	15%	44%	100%

Tabel 0.2 bevat de marktaandelen per ketentype en locatie van overslag: binnen of buiten de P en/of C regio. Wat opvalt is dat het overgrote merendeel van de intermodale ketens wordt overgeslagen binnen de eigen productie- of consumptie regio. Dit is in belangrijke mate het gevolg van de aannames in de 'data-driven' aanpak en van het gegeven dat het wegtransport deel van intermodale ketens vaak kortere afstanden betreft. Deze structuur in data heeft een sterke impact op het schattingsresultaat van nesting van terminalregio's.

Voor alle aangeleverde PC-ketens zijn de transporttijden, -afstanden en -kosten berekend. De volgende tabel geeft een overzicht van afstand en transportkosten per ketentype en richting. De transportkosten bevatten de afstandafhankelijke en tijdafhankelijke transportkosten per ton van de geobserveerde PC stromen per ketentype. Wat bijvoorbeeld opvalt is de fors hogere gemiddelde afstand voor spoorvervoer ten opzichte van binnenvaart en wegvervoer. Wegvervoer is de vervoerwijze met de hoogste gemiddelde transportkosten per ton. Het gemiddelde aantal lifts over alle richtingssegmenten en ketentypes bedraagt 1,69 lifts per transport.

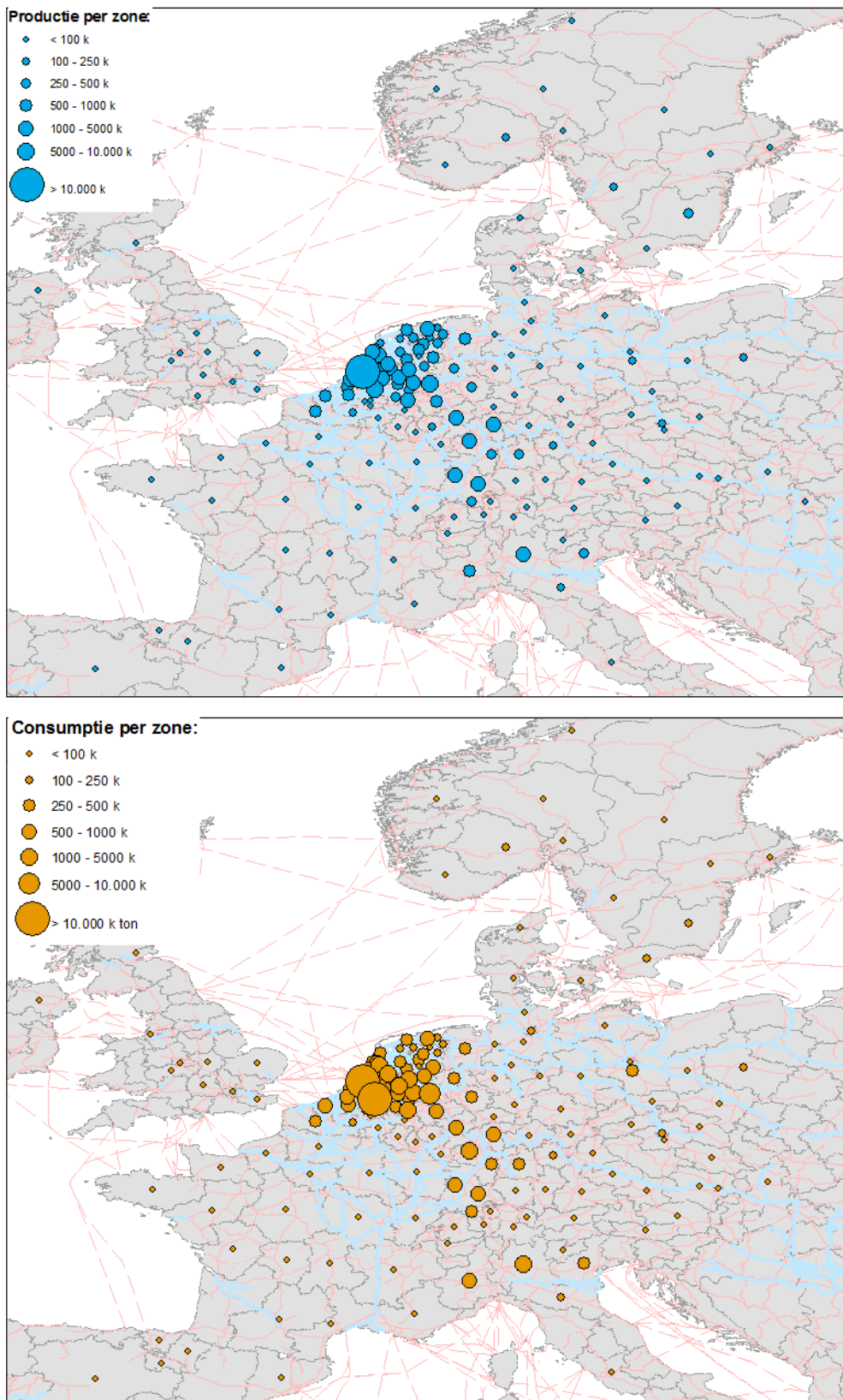
Tabel 0.2: Volume en aandeel per ketentype en locatie van overslag: buiten of binnen consumptie of productie regio.

Richting	Direct			Intermodaal					
	Weg	Spoor	BVRT	IM Spoor			IM BVRT		
				Overslag buiten P/C	1x Overslag in P/C regio	2x Overslag in P/C regio	Overslag buiten P/C	1x Overslag in P/C regio	2x Overslag in P/C regio
Volume (in Mton)									
Continentaal	6.8			0.0	0.3	1.6	0.0	0.2	1.4
Zeehaven afvoer	12.2			0.2	7.1		1.3	13.1	
Zeehaven aanvoer	11.6			0.3	6.9		3.0	20.5	
In/tussen zeehavens	13.3	0.0	7.0						
Totaal	43.9	0.0	7.0	0.5	14.3	1.6	4.3	33.8	1.4
Volumeaandeel (in %)									
Continentaal	66%			0%	2%	16%	0%	2%	14%
Zeehaven afvoer	36%			1%	21%		4%	39%	
Zeehaven aanvoer	28%			1%	16%	0%	7%	48%	
In/tussen zeehavens	66%	0%	34%						

Tabel 0.3: Gemiddelden voor transportvariabelen per ketentype.

Richting	Keten type:			Totaal
	Weg direct	IM Spoor	IM bvrt	
Gem. Afstand (km)				
Continentaal	272	907	245	271
Zeehaven afvoer	387	452	291	345
Zeehaven aanvoer	363	470	294	340
In/tussen zeehavens	87	114	114	103
Totaal	298	661	253	286
Gem. Transportkosten (Euro/ton)				
Continentaal	20.9	17.3	6.1	11.2
Zeehaven afvoer	28.9	9.2	6.3	15.6
Zeehaven aanvoer	27.4	10.0	6.6	15.5
In/tussen zeehavens	6.1	1.9	1.7	3.5
Totaal	22.7	13.0	6.1	12.1
Gem. Transportkosten (Euro/tonkm)				
Continentaal	€ 0.077	€ 0.019	€ 0.025	€ 0.041
Zeehaven afvoer	€ 0.075	€ 0.020	€ 0.022	€ 0.045
Zeehaven aanvoer	€ 0.076	€ 0.021	€ 0.022	€ 0.046
In/tussen zeehavens	€ 0.071	€ 0.016	€ 0.015	€ 0.034
Totaal	€ 0.076	€ 0.020	€ 0.024	€ 0.042

De volgende figuren geven een overzicht van de herkomsten en bestemmingen van de containerstromen in Europa, gemeten in volume. Dit beeld ziet er plausibel uit wat betreft de locatie en omvang van grootste productie en consumptie regio's wat betreft containervervoer. Noord-Italië is een duidelijke P en C regio, door de aanwezigheid van spoorshuttles op deze corridor.



Figuur 0.2: Herkomst (boven) en bestemming (onder) van containerstromen, volume per BasGoed zone.

Schattingen

Bij de schattingen is naast de in de vorige sectie omschreven PC ketendata met containertransporten tussen productie en consumptie regio's gebruik gemaakt van multimodale routealternatieven uit de route enumeratie module van het corridorkeuzemodel. Hierin worden voor alle mogelijke PC relaties alternatieve routes gegenereerd, waaronder direct wegtransport en intermodale ketens via spoor of binnenvaart.

Overzicht specificatieonderzoek

Onderstaande tabel geeft een beknopt overzicht van de verschillende varianten die zijn geschat. Naast de dimensies van het model is ook een korte bevinding opgenomen. In het overzicht zijn ook een aantal modelvarianten weggelaten waarvoor geen bruikbare resultaten zijn gevonden.

Tabel 0.5: Overzicht specificatieonderzoek

Model	Naam	Dimensies:				Bevinding
		model	kosten	dummy	keuzeset	
05	Basismodel	MNL	1 parameter (gen. kosten)	ketentype	11 (=1+5+5)	Logische kost coëfficiënt, grote toename significantie ketendummy's
07 (4x)	Basismodel per richting	MNL	parameter per richting (3 of 4)	ketentype	11	Logische kost coëfficiënten voor alle vier segmenten, significantie ketendummy's
08	Basismodel met kapitaalkost	MNL	Gen. kosten + tijdskosten	ketentype	11	Coëfficiënt voor tijdskosten realistisch
09	Basismodel per richting	MNL	Gen. kosten + tijdskosten (4x)	ketentype	11	Coëfficiënt voor tijdskosten realistisch voor 2 segmenten: continentaal en haven afvoer
10	Genest model per richting	NL: per mode	Gen. kosten + tijdskosten	ketentype	11	Nest coëfficiënt onrealistische waarde
11	Genest model per richting	NL: voor IM	Gen. kosten + tijdskosten	ketentype	11	Nest coëfficiënt onrealistische waarde
13	Model 8 met andere keuzeset	MNL	Gen. kosten + tijdskosten	ketentype	7 (=1+3+3)	Weinig verschil met geschatte coëfficiënten model 8
14	Model 9 met andere keuzeset	MNL	Gen. kosten + tijdskosten	ketentype	7	Weinig verschil met geschatte coëfficiënten modelserie 9
15	Model 10 met andere keuzeset	MNL	Gen. kosten + tijdskosten	ketentype	7	Weinig verschil met geschatte coëfficiënten modelserie 10
17	Genest model overslag binnen P/C regio, per richting	NL	Gen. kosten + tijdskosten	ketentype	11	Nest coëfficiënt voor overslag binnen regio plausibel
18	Genest model naar terminalregio	NL	Gen. kosten + tijdskosten	ketentype	11	Nest coëfficiënt voor overslagregio niet plausibel
20	Model voor vervoer In/tussen	NL	Gen. kosten + tijdskosten	ketentype	11	Alleen MSC's zijn geschat. Overige coëfficiënten uit

	zeehavens (obv 9)					Model 17 voor zeehaven afvoer
--	-------------------	--	--	--	--	-------------------------------

Het bleek niet mogelijk om dummy's te schatten voor internationale stromen: containerketens zijn voor merendeel internationaal, en het toevoegen van modespecifieke grensweerstandens leidt in combinatie met de modespecifieke ketendummy's tot overgespecificeerde modellen (en convergentieproblemen bij schatting).

Een neststructuur op basis van hoofdvervoerwijze (model 10 en 11), of terminalregio (model 18) bleek ook niet tot een bruikbaar resultaat te leiden. Dit betekent dat er geen sterkere mate van substitutie is tussen de alternatieven binnen de vervoerwijze nest en dat de terminalregio geen goed uitgangspunt blijkt te zijn voor de neststructuur. Dit is beter te begrijpen uit de schattingsdata: er vindt weinig competitie plaats tussen terminal regio's omdat het overgrote gedeelte van de intermodale PC-ketens wordt overgeslagen binnen de eigen productie- of consumptieregio. Het geneste model met een nest voor overslag in de eigen productie en/of consumptieregio bleek wel tot plausibele coëfficiënten te leiden. Dit betekent dat alle spoor en binnenvaartketens met intraregionale overslag in sterkere mate elkaars concurrent zijn.

Schattingsresultaat

In deze paper wordt alleen het gekozen eindmodel beschreven. Onderstaande tabel bevat de geschatte coëfficiënten in de eindmodellen per richtingssegment.

Tabel 0.6: Geschatte coëfficiënten voor het corridorkeuze-eindmodel

	Zeehaven afvoer	Zeehaven aanvoer	Continentaal	Tussen Zeehavens
File	Model20_afv.F12	Model20_aanv.F12	Model20_cont.F12	Model19_2W_port.F12
Title	CKM BASGOED	CKM BASGOED	CKM BASGOED	CKM BASGOED
Converged	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
Observations	543	527	3736	22
Final log (L)	-537.3	-727.9	-2944.7	-5.3
D.O.F.	5	5	5	2
Rho ² (0)	0.587	0.424	0.671	0.899
Estimated	28-Sep-16	28-Sep-16	28-Sep-16	16-Sep-16
Scaling	1	1	1	1
MSC_IMiw	-2.082 (-7.9)	-2.954 (-12.3)	-0.7456 (-4.7)	-2.658 (-3.5)
MSC_IMsp	-2.760 (-10.8)	-4.380 (-20.2)	-8.069 (-31.8)	-7.386 (-0.9)
MSC_weg	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
GCost	-0.6744 (-19.5)	-0.1677 (-8.3)	-0.2589 (-30.3)	-0.6887 (*)
KCost	-0.02369 (-2.3)	-0.00661 (-0.9)	-0.1006 (-18.1)	-0.02317 (*)
thetaroad	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)
thetaIMEXT	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)
thetaIMINT	0.9844 (49.6)	0.3668 (7.0)	0.9478 (93.6)	1.000 (*)

Het model bevat voor alle vier de richtingen coëfficiënten voor gegeneraliseerde transportkosten (GCost), tijd (of kapitaal) kosten (KCost) en ketenspecifieke constanten voor intermodale spoor- (MSC_IMsp) en binnenvaartketens (MSC_IMiw).

In het eindmodel is verder een nest opgenomen voor overslag in de eigen productie en/of consumptieregio: dus alle spoor en binnenvaartketens met intraregionale overslag zijn in sterkere

mate elkaars concurrent. In de modellen voor zeehaven af- en aanvoer en continentaal transport zijn de geschatte coëfficiënt voor het nest met intermodale ketens die een overslag hebben binnen de Productie of Consumptie regio (thetaMINT) plausibel: dat wil zeggen een waarde tussen 0 en 1. Waarde 1.0 betekent dat geen extra competitie optreedt binnen het nest. Voor zeehavenaanvoer blijkt de substitutie of competitie van multimodale ketens met overslag in de zone van productie het sterkst: waarde 0.3668 ligt dicht bij 0.

Het corridorkeuzemodel voor vervoer binnen en tussen zeehavenregio's bevatte te weinig unieke stromen om valide kostencoëfficiënten te kunnen schatten. Daarom zijn de kostencoëfficiënten overgenomen uit het ongeneste basismodel voor zeehavenafvoer (model 9), en zijn alleen de ketenspecifieke constantes opnieuw geschat om de marktaandelen goed te zetten.

Discussie

Deze paper beschrijft de schattingsresultaten van een multimodaal keuzemodel voor containertransport. In deze discussie wordt besproken wat de schattingsresultaten ons zeggen wat betreft modellering van multimodale ketens. Vervolgens wordt ingegaan op hoe het model verder gebruikt kan worden in het strategisch goederenvervoermodel BasGoed.

Schattingsresultaten

De schattingen hebben een bruikbaar model opgeleverd voor multimodale containerstromen. Deze ketens beschrijven de containerstromen tussen 40 Nederlandse en circa 300 internationale regio's. De overslaglocaties zijn gemodelleerd op hetzelfde schaalniveau: terminalregio's. Het geschatte corridorkeuzemodel bevat een nutsfunctie met parameters voor gegeneraliseerde transportkosten, tijdskosten en ketenspecifieke constantes voor intermodale spoor- of binnenvaartketens. De maritieme en continentale containerstromen zijn opgesplitst in 4 richtingssegmenten.

Het resulterende modelspecificaties worden in belangrijke mate bepaald door de mogelijkheden met de beschikbare data. Omdat geen data beschikbaar is op het niveau van multimodale ketens zijn ketens gevormd op basis van de unimodale herkomst-bestemmingsdata. Een belangrijk kenmerk van de afgeleide ketens, en dus ook het corridorkeuzemodel, is dat ketens gedefinieerd zijn op het niveau van terminalregio's. Idealiter zou het model meer ruimtelijk detail toepassen in de ketenmodellering. Ketendata op het niveau van individuele terminals zou het mogelijk moeten maken een beter multimodaal model op te stellen, waarin meer geavanceerd rekening wordt gehouden met substitutiepatronen tussen overlappende ketenalternatieven. Dit is momenteel nog niet mogelijk door het ontbreken van voldoende data over multimodale transportketens.

Gebruik van het corridorkeuzemodel in BasGoed

Ten tijde van het opstellen van deze paper vindt de implementatie van de corridorkeuzemodule nog plaats. Er zijn nog geen praktische toepassingen of tests beschikbaar die de werking van het model kunnen laten zien. Wel is duidelijk hoe het eindmodel eruit komt te zien en kan een reflectie worden gegeven hoe de ontwikkeling van de corridorkeuzemodule de gebruiksmogelijkheden van BasGoed vergroot.

De corridorkeuzemodule is onderdeel van de meerjarenagenda waarin BasGoed stapsgewijs wordt verfijnd en wordt uitgebreid met nieuwe functionaliteit. In een recente strategische studie is BasGoed toegepast voor de analyse van brede omgevingsscenario's (Ruijs en de Bok, 2015). Vanuit

de vertaling van scenario-onzekerheden naar invoerparameters van BasGoed werd ook gesignaleerd dat er behoefte bestaat naar meer gebruiksmogelijkheden in de strategische modellering. Het modelleren van (internationale) multimodale ketens maakt het mogelijk om een betere match te maken tussen de handelsgroei en transportgroei en om de impact te toetsen van nieuwe terminal(regio')s op de multimodale transportketens in het containervervoer.

Referenties

Berg, M. van den, L. Tavasszy, N. Groot, G. de Jong (2015) Meerjarenagenda Goederenvervoermodellen Rijkswaterstaat, paper gepresenteerd op de Vervoerslogistieke werkdagen 2015.

Bovenkerk, M. (2005) SMILE + , the new and improved Dutch national freight model system, paper gepresenteerd op de European Transport Conference 2005.

DAT Mobility (2013) Basgoed Datamodel versie 2.3. Technische Rapportage voor Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. Datum versie: 22 april 2013.

Ruijs, K. en M. de Bok (2015) Inzet Basis Goederenvervoermodel (Basgoed) voor de ontwikkeling van lange termijn scenario's van het goederenvervoer in Nederland (WLO2), paper gepresenteerd op de Vervoerslogistieke werkdagen 2015.

Schmorak, N., M. Duijnisveld, M. van den Berg (2009) Roadmap strategisch goederenvervoermodel, paper gepresenteerd op de Vervoerslogistieke werkdagen 2009.

TNO en Significance (2015) Plan ontwikkeling Logistieke Module BasGoed. Advies van TNO en Significance aan RWS / WVL, 2015.

TNO (2016) Opstellen van intermodale PC Tabel voor container stromen, 22 augustus 2016, TNO, Delft.

TNO en Significance (2016a) Voorbereidingsfase corridorkeuzemodule Basgoed, 18 april 2016, TNO, Delft.

TNO en Significance (2016b) Datamodel corridorkeuzemodule Basgoed, 17 juni 2016, TNO, Delft.

Zhang M. (2013) A freight transport model for integrated, service, and policy design, PhD Thesis, TRAIL, Delft University of Technology, Delft.