

EEN IMPACT STUDIE VAN INFRASTRUCTURELE KNELPUNTEN IN HET GOEDERENWEGVERVOER

J.E. van Vliet	Significance
M.A. de Bok	TU Delft/Significance
B. Wesseling	Significance
H.E. Wagter	TOP Logistiek

Samenvatting

Er is in Nederland een sterke behoefte aan data die inzicht biedt in het gebruik van infrastructuur. Deze data kan gebruikt worden om de impact van disrupties op transportstromen in beeld te brengen. Deze paper beschrijft hoe het strategische goederenvervoermodel BasGoed gebruikt kan worden om de impact van een knelpunt in het wegennet te analyseren. De analyses laten zien hoe het model de samenstelling en herkomsten en bestemmingen van het vrachtverkeer over of door knelpunten kan weergeven. Het detailniveau van het model maakt het mogelijk om dieper in te gaan op de segmenten die afhankelijk zijn van een knelpunt: de combinatie van goederensoorten en herkomst of bestemming maakt het mogelijk om een betere inschatting te hebben welke sectoren het meeste hinder ondervinden en in welke mate. De verschillende use-cases die werden onderzocht laten duidelijk een verschillend beeld zien van het bedieningsgebied, of corridor die bediend wordt door delen van het infrastructuurnetwerk. In een vervolgstudie kan onderzoek doen naar het effect van een afsluiting op de verkeersafwikkeling op het netwerkniveau, waarbij de nieuwe verkeersafwikkeling bij een (gedeeltelijke) afsluiting bepaald kan worden. Het simuleren van een modal shift ten gevolge van een beperking op het netwerk zou daarnaast extra inzicht bieden afhankelijkheid van het wegvoer van verschillende regio's.

Inleiding

Nederland heeft een sterk ontwikkelde infrastructuur voor wegvervoer. Toch heeft deze infrastructuur ook kwetsbaarheden. Gehele wegen kunnen afgesloten worden door ongelukken of voor onderhoud. De transportsector kan veel hinder ervaren, zowel economisch als logistiek, als deze kwetsbaarheden zich uiten. Daarom is het van belang om voor essentiële infrastructuur / bottlenecks in kaart te kunnen brengen wat voor vervoer gebruikt maakt van een bepaalde wegvakken (links).

Om deze analyses uit te voeren is er veel informatie nodig over het goederenvervoer in Nederland. Van een transport is idealiter de herkomst, de bestemming, de soort goederen, de hoeveelheid goederen en het voertuig bekend, niet alleen per tour, maar ook per trip. Structurele supply chain data is niet beschikbaar voor onderzoek. Wij onderzoeken hier de mogelijkheden om met de beschikbare analyse instrumenten toch meer te kunnen zeggen over de samenhang van losse transporten met goederenvervoer. Het doel van deze verbetering is om beter inzichtelijk te maken welk type goederenstroom bijdraagt aan het gebruik van de transport infrastructuur en de impact op knooppunten. Met deze informatie kan het politieke besluitvormingsproces beter worden ondersteund in het evalueren en prioriteren van beleid.

In deze bijdrage worden BasGoed uitkomsten gebruikt om verdiepende informatie te geven over het gebruik van transportinfrastructuur. Met deze model uitkomsten kan geanalyseerd worden welke herkomst-bestemming combinaties impact kunnen ondervinden en wat de goederenmix over deze link is. In deze paper worden twee oeververbinden geanalyseerd als voorbeeld van knelpunten op het hoofdwegennet: de Moerdijkbrug (A16) en de Merwedeburg (A27).

Eerst beschrijven we de methode, waarbij ook het BasGoed model, de logistieke wegvervoermodule en een aantal uitgangspunten toegelicht wordt. Vervolgens geven we een analyse van de twee oeververbindingen. De paper wordt afgesloten met een korte discussie en een beschrijving van potentiële vervolgonderzoeken.

Methode

De twee use-cases zijn uitgewerkt met het strategisch goederenvervoermodel BasGoed. In de eerste paragraaf van deze sectie beschrijven we in het kort hoe dit model werkt. Voor het inzichtelijk maken van de impact op het wegvallen van bepaalde infrastructuurlinks voor het wegvervoer is de logistieke wegvervoermodule van belang.

BasGoed

Om het wegnet, de vaarwegen en spoorwegen goed te kunnen beheren, en eventueel uit te breiden, is het voor de Nederlandse overheid noodzakelijk om een prognose te hebben van het toekomstige verkeer en vervoer. Deze prognoses kunnen gemaakt worden op basis van de autonome groei van het verkeer.

Maar het is ook wenselijk om de toekomstige effecten van beleidsmaatregelen in te kunnen schatten. Hiervoor is het **Bas**ismodel voor **Goederen**vervoer, BasGoed, ontwikkeld als onderdeel van het modelinstrumentarium van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W). BasGoed beschrijft de hoeveelheid goederen die binnen Nederland vervoerd worden per spoor, over de weg en met de scheepvaart. Het model is geschikt om zowel lange termijn prognoses voor 2040 en 2050 op te stellen als middellange termijn prognoses, 5 a 7 jaar vooruit, te maken.

Het model is modulair opgebouwd en berekent achtereenvolgens: 1) hoeveel goederen er geproduceerd en gebruikt worden in Nederland (economie module); 2) hoeveel hiervan, van waar naar waar vervoerd wordt (distributie module); 3) met welk vervoersmiddel dat gebeurt (modal split module); 4) welke (multi)modale containerketen er wordt gekozen voor het containertransport (containerketen module); 5) het aanmaken van (rond)ritten voor het wegvervoer (Logistieke Wegvervoer module); 6) de hoeveelheid reizen voor de binnenvaart (reizen module); 7) hoeveel het zeevaart vervoer groeit (zeevaart module).

BasGoed maakt geen analyse van de stromen op de verkeersinfrastructuur: hiervoor worden de uni-modale modellen gebruikt voor het hoofdwegennet (LMS), de vaarwegen (BIVAS) en spoorvervoer (NEMO). Voor wegvervoer berekent BasGoed in de Logistieke Wegvervoer module (LWM) rondritten, en als onderdeel daarvan worden de routes van vrachtwagens bepaald. Dit gebeurt niet met een evenwichtstoedeling zoals in het LMS, maar met een algoritme wat routepaden zoekt op een netwerk met constante verkeersafwikkeling.

Om de werking van BasGoed goed te begrijpen is het ook noodzakelijk om de data die in het model wordt gebruikt goed te begrijpen. In goederenvervoermodellering spelen twee type datasets een belangrijke rol, zie Figuur 1. Aan de ene kant heb je de transportdata die per modaliteit aangeeft hoeveel goederen er worden getransporteerd. Het CBS publiceert voor deze modaliteiten het vervoerde gewicht in tonnen en de vervoersprestatie in tonkilometers, binnen Nederland. Dezelfde databases als het CBS gebruikt worden ook gebruikt om bestanden te creëren die voor BasGoed beschrijven tussen welke zones welke goederen er worden getransporteerd. Wat in deze data wel ontbreekt is of en hoe deze verschillende modaliteiten in combinatie worden gebruikt om goederen van productie naar consumptielocatie te vervoeren. De keten aan verplaatsingen is niet bekend. Daarnaast is er ook veel economische data beschikbaar zoals de toegevoegde waarde, export en import statistieken. Deze zijn vaak per sector of product beschikbaar en alleen voor grote gebieden. Deze statistieken worden gebruikt om Input Output tabellen te maken. Deze tabellen beschrijven het productieproces; welke input is er nodig om bepaalde output te maken. Voor regionaal economische analyses worden deze input output tabellen ook nog eens geregionaliseerd, dit levert een multi-regionale input output tabellen op. Deze tabellen geven de supply-chain van goederen weer en laten zien waar de productie en consumptie locatie is maar geven niet aan welke vervoersmiddelen zijn gebruikt om goederen tussen deze locaties te transporteren. De combinatie van deze datasets maakt het dus mogelijk om de hoeveelheid vracht

per goederensoort te schatten voor verschillende herkomst-bestemmingsparen en om te schatten met welke modaliteit deze vracht vervoerd wordt. Vervolgens worden deze gegevens in de LWM omgezet in een rittenpatroon.

Economische data (Meestal uitgedrukt in economische waarde van de goederen en diensten)	Transportdata (Hoeveel goederen vervoerd)	Verkeersdata (Voertuigen op de infrastructuur)
• Toegevoegde waarde • Export- en import statistieken • I/O databases	• Wegvervoer enquête • Binnenvaartreizen • Spoorvervoer • Zeevaart overslag	• Tellingen RWS • Scheepsbewegingen IVS

Figuur 1 - Welke type data zijn er beschikbaar voor strategische goederenvervoermogelijkheden

Logistieke wegvervoermodule

De LWM berekent een prognose van het aantal rondritten naar voertuigtype voor vrachtvervoer (hierna 'wegvervoer'). Voor wegvervoer wordt gesimuleerd hoe de prognose van het vervoerd gewicht via logistieke keuzeprocessen wordt vertaald naar rondritten waarin goederen in lossen zendingen, eventueel meerdere per rondrit, worden gedistribueerd. Daarbij wordt het vervoerd gewicht via strategische keuzes zoals zendinggrootte en distributiekanaal keuze, omgerekend naar individuele zendingen. Vervolgens worden de individuele zendingen toegekend aan rondritten om te komen tot de verkeersbewegingen op het netwerk en de daaraan gerelateerde emissies.

De eerste stap in het wegvervoer segment is de zendingen synthese: het omrekenen van de prognoses van het vervoerd gewicht voor wegvervoer naar individuele zendingen via de keuzes: distributiekanaal, sourcing, zendinggrootte en voertuigtype.

De distributiekanaal keuze houdt in dat wordt bepaald welk aandeel van alle goederen via distributiecentra wordt afgehandeld. Dit wordt gesimuleerd via goederensoort afhankelijke aandelen direct/indirect vervoer. Deze aandelen zijn in te stellen in de logistieke-scenariobestanden.

'Sourcing' houdt in de toekenning van de goederen aan verzenders en ontvangers. Eenvoudig gezegd: als de ontvanger is bepaald wordt op basis van een afstandvervalfunctie een leverancier gekozen. Verzenders en ontvangers kunnen productie- en consumptielocaties zijn, distributiecentra, of multimodale terminals. Voor de zendingen die van een productielocatie vertrekken of bij een consumptielocatie aankomen wordt dit gedaan op basis van de werkgelegenheid per bedrijfssector en de make/use kansen van deze bedrijfssectoren. Goederen die indirect worden vervoerd worden toegekend aan de zones met distributiecentra in de BasGoed regio. Ten slotte worden de goederenstromen omgezet in zendingen met een geprefereerd voertuigtype via een discreet keuzemodel.

De volgende stap is het simuleren van de planning van logistieke rondritten: de individuele zendingen worden daarbij toegekend aan rondritten. Om de rondrit compleet te maken wordt lege rit toegevoegd terug naar de locatie van vertrek. De logistieke planning wordt afgesloten met het toekennen van het vertrektijdstip van de rondrit. Dit vertrektijdstip wordt bepaald op basis van een waargenomen vertrektijdstipverdeling per goederensoort uit CBS-data. Deze verdeling is in te stellen in de scenariobestanden. Resultaat na deze stap zijn rondritten voor al het goederenvervoer over de weg dat in de voorgaande modules is berekend.

Uitgangspunten

Voor deze toepassing is de LWM gedraaid voor 5 simulatiedagen en vervolgens gemiddeld naar 1 dag. Het berekenen van uitkomsten voor meerdere dagen is een standaard aanpak in deze module, dit om het effect van uitschieters door de randomloting in het model te verminderen.

Voor alle rondritten bepaalt het model een route. Daarbij wordt data verzameld van alle voertuigen die tijdens een rit over een specifieke link rijden, een zogenaamde selected-link analyse. Dit betekent dat er voor een specifieke link wordt aangegeven welke ritten over deze link heen gaan. Van deze ritten weten we onder andere de herkomst en de bestemming, de goederensoort die vervoerd wordt en de hoeveelheid [ton] die vervoerd wordt. Daarbij maakt het model onderscheid naar verschillende vrachtwagentypen en containervervoer. Aangezien het gewicht per trip wordt bijgehouden weten we ook of het een beladen of 'lege' trip is.

Het model rekent met zeer fijne zonering (>6000 zones in NL) maar voor de analyses zijn de vertrek en eindpunten van ritten geaggregeerd: binnen Nederland naar COROP gebieden (NUTS-3 niveau) en voor het buitenland provincies (NUTS-2 niveau). Verder zijn de goederen gecategoriseerd in 13 goederensoorten.

Er zijn twee modeleigenschappen die van belang zijn bij de interpretatie van de resultaten:

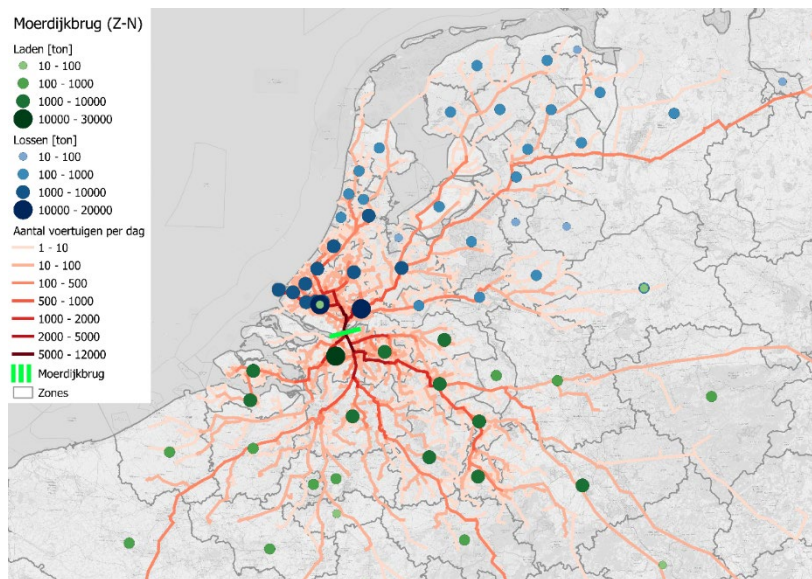
1. De LWM maakt gebruik van een alles-of-niets toedeling. Dit betekent dat het model altijd de route met de laagste gegeneraliseerde kosten (een variabele o.b.v. afstand, tijd en heffingen) kiest. In realiteit is de routekeuze meer een distributie. Het kan voorkomen dat route A enkele seconden sneller is dan route B. In de realiteit treedt er dan een spreiding over beide routes op. In dit model is dat dus niet het geval.
2. Transport voor/van het Verenigd Koninkrijk, Ierland en IJsland is gekoppeld aan 1 van de 5 havenbekkens in de haven van Rotterdam. Een verdeling over de verschillende havenbekkens in de haven zou tot een iets andere routekeuze kunnen leiden.

De oeververbindingen

Om de mogelijkheden die BasGoed biedt te onderzoeken is er een analyse gemaakt van de Moerdijkbrug (A16) en de Merwedebrug (A27). De volgende subparagrafen bevatten een selectie van de gemaakte visualisaties voor de twee geselecteerde links. In de figuren is de herkomst [laden] aangegeven in groen en de bestemming [lossen] in blauw.

Moerdijkbrug

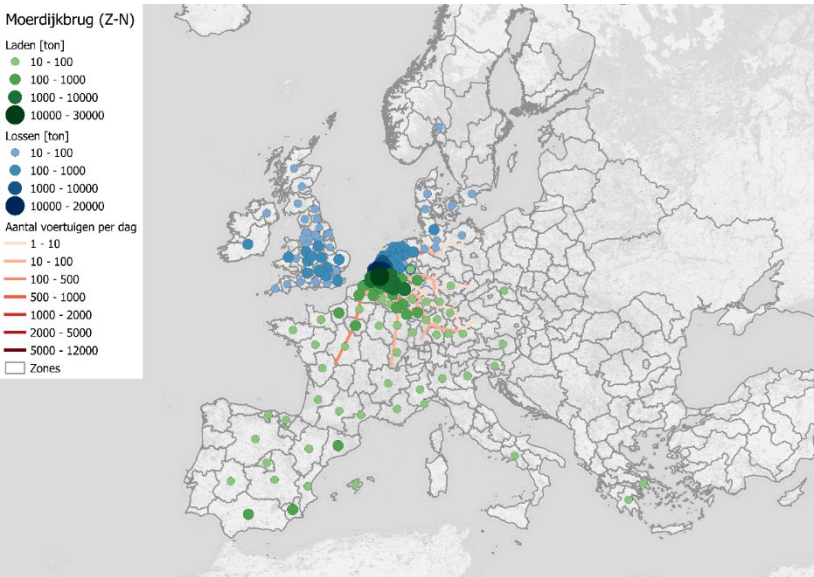
De Moerdijkbrug overspant het Hollands Diep en is de langste rivierbrug van Nederland. In 2023 maakten ongeveer 145.000 voertuigen dagelijks gebruik van de brug. In Figuur 2 zijn de grootste herkomsten en bestemmingen van vrachtverkeer van zuid naar noord over deze brug te zien. Daarnaast is de spreiding van het passerend vrachtverkeer over het wegennet te zien. Het is duidelijk zichtbaar dat de brug een belangrijke verbinding vormt tussen de havens van Rotterdam en Antwerpen. Bijna de helft van het vrachtverkeer dat de Moerdijkbrug in noordelijke richting passeert heeft een bestemming in Zuidwest-Holland en buigt af richting de A15. De herkomst van deze ritten is voor een groot deel de regio Antwerpen, Noord-Brabant en Zuid-Limburg. Vruchtverkeer dat de Moerdijkbrug gebruikt bedient heel Nederland.



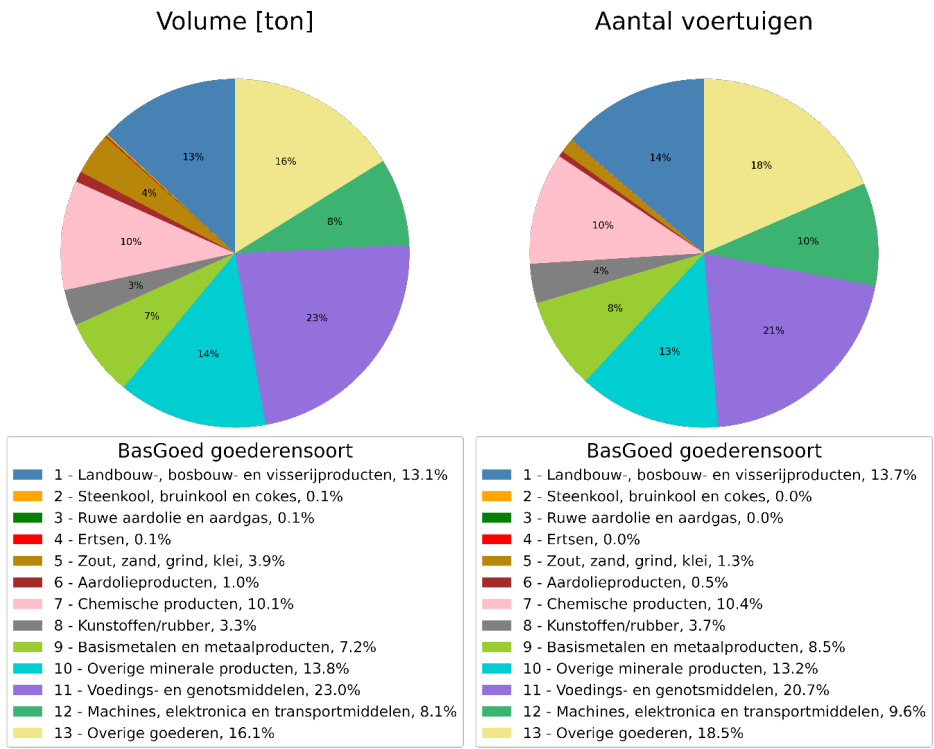
Figuur 2 – Vruchtvoertuigen per dag over de Moerdijkbrug van zuid naar noord. Bron: BasGoed

In Figuur 3 is dezelfde plot te zien op Europese schaal. Daarin is duidelijk zichtbaar dat er met name vracht uit Zuid-West en Centraal Europa over de Moerdijkbrug wordt vervoerd. Een deel van het vervoer dat niet voor Nederland bestemd is gaat naar Noord-Duitsland en Denemarken. Het grootste deel gaat via de haven van Rotterdam naar het Verenigd Koninkrijk en Ierland. In vergelijking met Merwedebrug ligt de spreiding van de herkomsten en bestemmingen van het goederenvervoer ook meer verspreid door Nederland en Europa. Daarmee heeft de Moerdijkbrug dus ook een groter belang in

interregionale vervoerspatronen De verdeling over verschillende goederensoorten in zowel het gewicht en aantal voertuigen is weergegeven in Figuur 4. Voedings- en genotsmiddelen [11] vormt de grootste goederensoort met een aandeel dat ongeveer gelijk is aan het landelijke aandeel. Ten opzichte van het landelijk gemiddelde voor wegvoer, zie Tabel 1, is meer vervoer van kunststoffen/rubber [8], basismetalen en metaalproducten [9] en overige minerale producten [10]. Daartegenover is er significant minder vervoer van zout, zand, grind en klei [6] en aardolieproducten [6].



Figuur 3 - Vrachtoertuigen per dag over de Moerdijkbrug van zuid naar noord in Europa. Bron: BasGoed



Figuur 4 – Samenstelling van het vrachtverkeer van zuid naar noord over de Moerdijkbrug. Bron: BasGoed

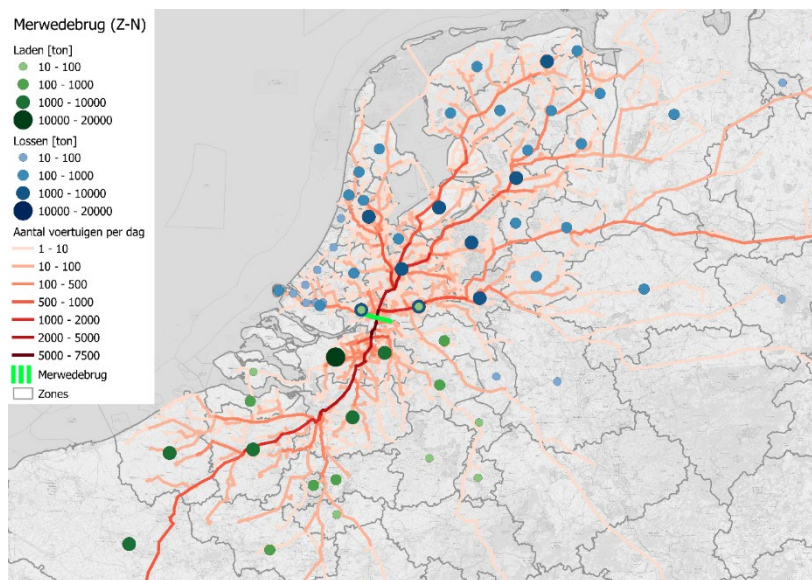
Merwedebrug

De Merwedebrug overspant de Merwede en dagelijks maakten er in 2023 ongeveer 94.000 voertuigen gebruik van deze overgang. Dit is een forse overbelasting ten opzichte van de ontwerpcapaciteit, onder andere hierom zijn er plannen om de brug te vervangen.

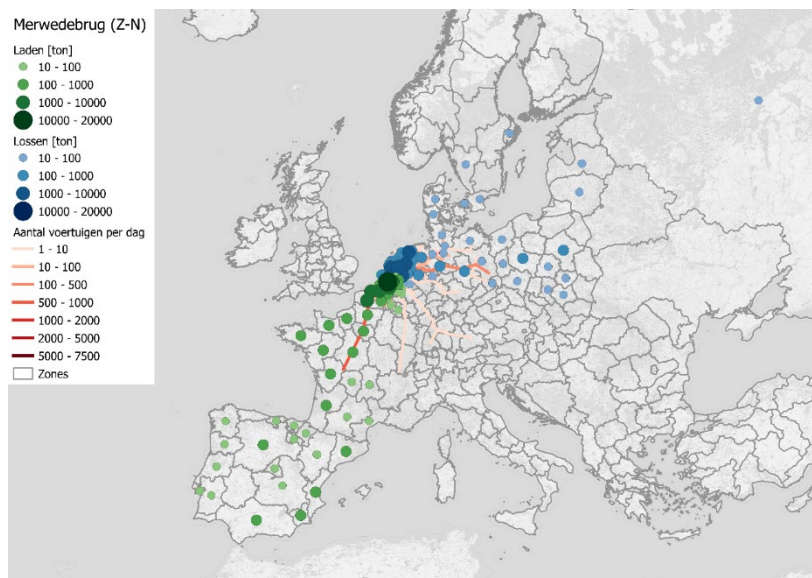
In Figuur 5 is duidelijk te zien dat het vrachtverkeer geconcentreerd blijft op één traject, in dit geval de A27. De regio Antwerpen is wederom de grootste herkomst, maar ook uit de rest van West-België komen grote volumes vracht. In plaats van de Rotterdamse haven gaat veel transport over deze brug naar centraal Nederland en Noord-Nederland.

Op de weergave van Europa in Figuur 6 is te zien dat de Merwedebrug een belangrijke connectie tussen West-Frankrijk, Portugal en Spanje biedt met Noord-Duitsland, Denemarken en Polen. Waar er via de Moerdijkbrug dus een groot aandeel vervoer van oost naar west plaatsvindt, gaat het vrachtvervoer over de Merwedebrug hoofdzakelijk van zuid naar noord.

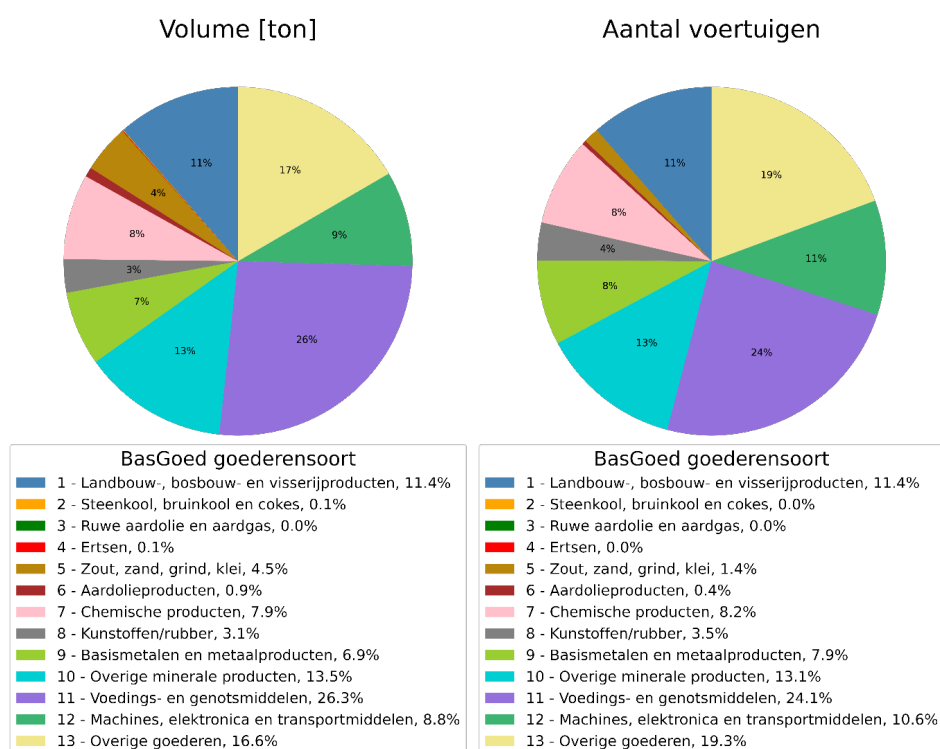
De taartdiagrammen in Figuur 7 geven wederom de verdeling over de goederensoorten van vrachtverkeer. Voedings- en genotsmiddelen [11] is wederom de grootste goederenstroom. In dit geval zelfs meer dan 10% groter dan het landelijk aandeel, zie Tabel 1. Vooral basismetalen en metaalproducten [9], machines, elektronica en transport [12] en overige minerale producten [11] hebben een relatief groot aandeel. Daartegenover is er substantieel minder vervoer van zout, zand, grind en klei [6], steenkool, bruinkool en cokes [2] en aardolieproducten [6].



Figuur 5 - Vrachtoertuigen per dag over de Merwedebrug van zuid naar noord. Bron: BasGoed.



Figuur 6 - Vrachtovertuigen per dag over de Merwedebrug van zuid naar noord in Europa. Bron: BasGoed.



Figuur 7 - Samenstelling van het vrachtverkeer van zuid naar noord over de Merwedebrug. Bron: BasGoed.

Tabel 1 – Samenstelling goederensoorten wegvervoer BasGoed met basisjaar 2018

	Goederengroep	Landelijk	Moerdijkbrug	Merwedebrug
1	Landbouw-, bosbouw- en visserij	11.87%	13.07%	11.42%
2	Steenkool, bruinkool en cokes	0.13%	0.13%	0.06%
3	Ruwe aardolie en aardgas	0.02%	0.05%	0.02%
4	Ertsen	0.06%	0.09%	0.06%
5	Zout, zand, grind, klei	12.84%	3.92%	4.46%
6	Aardolieproducten	1.26%	0.99%	0.88%
7	Chemische producten	8.97%	10.15%	7.91%
8	Kunststoffen/rubber	2.78%	3.34%	3.10%
9	Basismetalen en metaalproducten	5.21%	7.23%	6.90%
10	Overige minerale producten	11.26%	13.83%	13.48%
11	Voedings- en genotsmiddelen	23.27%	22.97%	26.28%
12	Machines, elektronica en transport	7.11%	8.10%	8.82%
13	Overige goederen en afval	15.22%	16.12%	16.62%

Conclusie en discussie

De resultaten laten het zien dat het model de samenstelling en herkomsten en bestemmingen van het vrachtverkeer over of door knelpunten in het wegennet kan schatten. Het detailniveau van het model maakt het daarbij mogelijk om dieper in te gaan op de segmenten die afhankelijk zijn van een knelpunt: de combinatie van goederensoorten en herkomst of bestemming maakt geeft een betere inschatting te hebben welke sectoren het meeste hinder ondervinden en in welke mate. De twee oeververbindingen die werden onderzocht laten duidelijk een verschillend beeld zien van het bedieningsgebied, of corridor die bediend wordt.

Ook is duidelijker geworden welke analyses (nog) niet mogelijk zijn met het model BasGoed. De analyse van de knelpunten in het hoofdwegennet laten nog niet de tweede-orde-effecten zien: dus wat gebeurt er met de verkeersafwikkeling en transporttijden en afstanden als chauffeurs moeten omrijden bij een afsluiting van een knelpunt. Een tweede optie voor vervoerders zou een modal shift naar bijvoorbeeld trein of binnenvaart zijn. Momenteel biedt BasGoed nog geen mogelijkheid om op basis van netwerk karakteristieken (bijvoorbeeld enorme congestie) naar een andere modaliteit over te stappen.

Op basis van de toepassingen zijn een aantal aanbevelingen te doen over wat er meer zou kunnen om de analyses te verdiepen of te verbeteren. Een belangrijk punt daarbij is het verbeteren van de kwaliteit van de basisdata. Eén van de verbeterpunten is het koppelen verschillende databronnen om informatie van de gehele (multimodale)transportketen te vormen. Een tweede grote verbetering is de automatisering van de dataverzameling van wegtransport. Met een groter databestand zal het mogelijk zijn om de modellen met meer basisdata te onderbouwen en met grotere betrouwbaarheid representatieve patronen te simuleren voor wegvervoer. Daarnaast kan ook verdere validatie/toetsing uitgevoerd worden, bijvoorbeeld door vergelijking van gesimuleerde samenstelling van de goederenmix met andere bronnen. Daarbij wordt wel opgemerkt dat niet alleen de intensiteiten van vrachtvoertuigen nodig zijn, maar ook de ladingen die vervoerd worden.