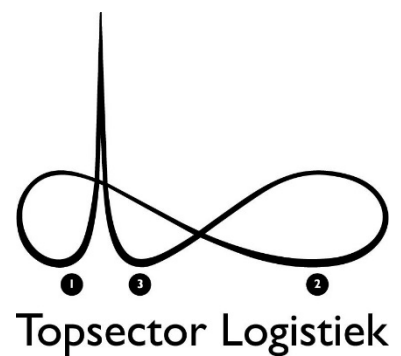




# Impactschatting Risico Reverse Modal Shift Containervervoer

In opdracht van de Topsector Logistiek



Panteia : Rob de Leeuw van Weenen; Wouter van der Geest;  
Yuko Kawabata; Bastiaan van Berne  
TNO : Jaco van Meijeren  
TRAIMCO : Martin Kraan

Zoetermeer, 31 mei 2019



C12256

# Inhoudsopgave

<b>Management samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1 Aanleiding	9
1.2 Kernvragen	9
1.3 Afbakening	9
1.4 Leeswijzer	10
<b>2 Aanpak</b>	<b>11</b>
2.1 Technologische ontwikkelingen	11
2.2 Scenario's voor toekomstige ontwikkelingen	17
2.3 Modelinstrumentarium	17
2.4 Bepalen vervoersstromen voor reverse modal shift	19
<b>3 Huidige/toekomstige vervoersimpact van stromen</b>	<b>21</b>
3.1 Stromen basisjaar (2014)	21
3.2 Stromen: autonome situatie	22
3.3 Stromen inclusief reverse modal shift	23
3.4 Representatieve dwarsdoorsnedes	27
<b>4 Effecten op beheer- en onderhoudskosten</b>	<b>29</b>
4.1 Algemene relatie tussen gebruik en kosten infrastructuur	29
4.2 Methode specificering relatie gebruik en kosten onderhoud infrastructuur	30
4.3 Resultaten analyse gebruik en kosten onderhoud infrastructuur	32
<b>5 Overige impact netwerk: congestie en veiligheid</b>	<b>35</b>
5.1 Congestie	35
5.2 Veiligheid	41
<b>6 Impact robuustheid multimodale netwerk</b>	<b>45</b>
6.1 Beperking negatieve impact met behulp van technologische ontwikkelingen	45
6.2 Robuustheid van het multimodale/synchromodale netwerk	46
<b>7 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>49</b>
7.1 Stromen	49
7.2 Impact op het wegennet	49
7.3 Impact op robuustheid netwerk	50
7.4 Invloed technologische ontwikkelingen	51
7.5 Aanbevelingen	51



Bijlage 1	Container terminals in Nederland en Duitsland en het gebied dat zij bedienen	53
Bijlage 2	Wegvakken ten behoeve van de analyse van de beheer- en onderhoudskosten	57
Bijlage 3	Netwerkbelasting	58
Bijlage 4	Verschilplots	63
Bijlage 5	IC-verhoudingen	75

## Management samenvatting

In het rapport Outlook Hinterland & Continental Freight 2018<sup>1</sup> wordt het risico benoemd dat in de toekomst goederenstromen niet van de weg naar spoor en water shiften, maar andersom: van binnenvaart en spoor terug naar de weg. Dit onderzoek "Impactschatting risico reverse modal shift containervervoer" geeft een beeld van de gevolgen.

De focus van het onderzoek ligt op het vervoer van containers vanuit Rotterdam en Antwerpen. Voor de toekomstige ontwikkelingen op het Nederlandse hoofdwegennetwerk zijn de WLO referentiescenario's als uitgangspunt genomen. Berekeningen zijn uitgevoerd met het LMS model. Voor verschillende gradaties in reverse modal shift is vervolgens de impact op het wegennetwerk bepaald voor:

- Beheer en onderhoud
- Congestie
- Verkeersveiligheid

Kwalitatief is ook aandacht besteed aan de effecten van technologische ontwikkelingen en de impact op de robuustheid van het multimodale/synchromodale netwerk.

Berekeningen laten zien dat de toename van het vervoer het sterkst is van en naar de Maasvlakte. Bij een groot aandeel reverse modal shift (70%) komen er in 2040 bij WLO Hoog in 2040 voor beide richtingen per etmaal zo'n 3.000 tot 3.500 vrachtvoertuigbewegingen bij. Er is een duidelijke toename te zien in Oost-West richting (en West-Oost) zoals op de A15 en de A67. Voor het wegennet als geheel zorgt dit niet voor veel extra problemen in vergelijking met autonome situatie, die overigens al druk is. Lokaal ontstaat er wel meer (kans op) filevorming tijdens de spits. Dit is vooral zichtbaar op de wegvakken tussen de Maasvlakte en de Ring van Rotterdam.

Het effect van de reverse modal shift op beheer en onderhoud, congestie en verkeersveiligheid is beperkt:

- Voor de totale beheer- en onderhoudskosten geldt dat de extra kosten variëren tussen een half miljoen euro per jaar (in het lage scenario in 2030) tot aan bijna 2,4 miljoen euro per jaar (in het hoge scenario in 2040). Dit is 0,4% van de totale jaarlijkse beheer- en onderhoudskosten (500 miljoen euro). De grootste effecten zijn te verwachten op de A67 (vooral op het traject Eindhoven – Venlo) en de A15 (vooral de het traject Maasvlakte –Ridderkerk). Deze uitkomst is een ruwe schatting: meer onderzoek is vereist om deze schatting te verbeteren.
- De jaarlijkse meerkosten ten gevolge van extra congestie door reverse modal shift bedragen maximaal 11 miljoen euro per jaar. Opgemerkt wordt dat in het 2040 WLO Hoog-scenario zonder reverse modal shift er al sprake is van een druk bezet netwerk met congestie, zelfs buiten de spitsuren.
- Ten slotte zullen door de reverse modal shift jaarlijks naar verwachting in het 2040 Hoog scenario 0,2 doden en 2 zwaargewonden extra vallen ten opzichte van de situatie zonder reverse modal shift. Ter vergelijking: in 2014 vielen door ongevallen op het hoofdwegennet 63 doden. De verwachte maatschappelijke kosten bedragen daarmee maximaal 1 miljoen euro per jaar.

---

<sup>1</sup> Outlook Hinterland and Continental Freight 2018, Topsector Logistiek



De impact van congestie in de standaard WLO scenario's en de mogelijke rem hiervan op een reverse modal shift is in dit project niet onderzocht. Wel is onderzocht wat de extra congestie van een reverse modal shift is. Deze extra congestie is in het algemeen zeer beperkt en ook op de wegvakken in het havengebied waar het meeste verkeer bijkomt, worden de I/C verhoudingen niet heel hoog. Hiermee kan geconcludeerd worden dat de extra congestie als gevolg van een reverse modal shift geen of een zeer beperkte extra rem op een reverse modal shift zal zijn: bij toenemende reverse modal shift nemen de problemen op de weg slechts zeer beperkt toe. Vooral buiten de spits zijn de effecten zeer gering. Door verschuiving van vrachtvervoer naar buiten de spitsuren kan de toegenomen congestie worden beperkt. Technologische ontwikkelingen kunnen verder bijdragen aan een toename van de capaciteit per wegvak, waardoor de congestie afneemt. Bijvoorbeeld 's nachts rijden wordt met smart dolly concepten aantrekkelijker, door vermindering van de factor arbeid, die 's nachts extra duur is.

De beschikbaarheid van alternatieven binnen het multimodale en synchromodale netwerk is van groot belang. Enerzijds voor structureel intermodaal transport waarbij de goederen op duurzame wijze via spoor en binnenvaart vervoerd worden. Maar ook voor synchromodale concepten waarbij flexibel ingespeeld wordt op de dynamiek in de logistieke keten, waarbij de verschillende vervoerswijzen naast elkaar gebruikt worden. Voor de inzet van duurzame en flexibele alternatieven in een robuust multimodaal/synchromodaal netwerk heeft een reverse modal shift een sterk negatieve invloed.

Op systeemniveau geldt dat als door automatisering en vergroening het wegtransport voor verladers een gelijke of lagere prijs oplevert, en de uitstoot per container voldoende daalt, de argumenten verminderen voor verladers om binnenvaart/spoor te blijven gebruiken. Het tempo van automatisering en vergroening voor de binnenvaart en het spoor dient dusdanig te zijn dat deze argumenten gehandhaafd blijven. Voor binnenvaart en spoor geldt echter nu reeds dat kasstromen veelal ontbreken om te innoveren en te vergroenen. Een reverse modal shift verplaatst ladingpakketten van de binnenvaart of het spoor naar de weg, en zorgt daardoor voor overcapaciteit. Hierdoor ontstaat een zichzelf versterkend proces, doordat de positieve kasstromen verder verminderen waardoor het proces van reverse modal shift wordt versterkt.

De volgende aanbevelingen worden gedaan op basis van deze studie:

- Om de ontwikkelingen rond modal shift goed in beeld te krijgen is het van belang om periodiek en op een systematische manier ontwikkelingen te volgen. Het gaat daarbij om transportkostenverschillen tussen de modaliteiten en congestie. Dit kan helpen problemen tijdig te signaleren.
- Daarnaast moet er ook in bredere zin gekeken worden naar de binnenvaart en het weg- en spoorvervoer. Hierbij kan gedacht worden aan onderhoud van (vaar)wegen. De toename van de totale onderhoudskosten is weliswaar beperkt, maar voor specifieke kunstwerken kan er echter wel sprake zijn van een significante invloed. Een voorbeeld is de Suurhoffbrug. Deze brug is onderdeel van de A15 en moet in de komende jaren vervangen gaan worden. Advies is om in de voorbereidingen voor de bouw van de Suurhoffbrug de bevindingen van dit onderzoek mee te geven.
- Ter voorkoming van reverse modal shift dient het innovatietempo van de binnenvaart en het spoorgoederenvervoer niet al te veel uit de pas te laten lopen met dat van wegvervoer. Hiervoor is een verbetering in samenwerking van partijen binnen de keten van belang. Projecten zoals Smart Shipping dragen hieraan bij, maar ook nodig is internationale afstemming (vooral met Vlaanderen) en het

opstarten van meer concrete projecten in de verschillende fasen van autonoom varen/rijden.

- De huidige druk op de afhandeling van de containerbinnenvaart in Rotterdam, door pieken in volume en planning, is voor de binnenvaart een interne driver die voor modal shift van binnenvaart naar weg kan zorgen. Organisatorische maatregelen ter bevordering van een systemsprong in de containerbinnenvaart kunnen dit tegengaan. Aanbeveling is om projecten waarmee de binnenvaart een dergelijke systemsprong kan maken, nader te onderzoeken.







# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In het rapport Outlook Hinterland & Continental Freight 2018<sup>2</sup> wordt het risico benoemd dat in de toekomst goederenstromen niet van de weg naar spoor en water shiften, maar andersom: van binnenvaart en spoor terug naar de weg. Een "reverse modal shift" dus. Een belangrijke vraag die door de Topsector logistiek is gesteld, is dan: wat is de impact van de terugkeer van stromen naar de weg?

Om deze vraag te beantwoorden is het onderzoek "Impactschatting risico reverse modal shift containervervoer" opgezet. De focus ligt hierbij op de deelmarkt voor het vervoer van containers. Uitgaande van twee referentiescenario's voor de toekomstige economische ontwikkeling in Nederland en toenemende reverse modal shift is gekeken wat de impact is voor het Nederlandse hoofdwegennetwerk. Daarbij is gekeken naar de impact op de weginfrastructuur zelf, de drukte op het netwerk en het effect op verkeersveiligheid. Kwalitatief is ook gekeken naar de effecten van technologische ontwikkelingen en de impact op de robuustheid van het multimodale/synchromodale netwerk.

## 1.2 Kernvragen

De onderzoeksvraag over de impact kan opgesplitst worden in twee deelvragen:

- Welke routes worden gekozen als een fors containervolume shift naar de weg?
- Uitgaande van deze extra stromen over de weg, wat is daarvan de (maatschappelijke) impact?

Stromen die nu via de binnenvaart of het spoor lopen, lopen via terminals en vervolgens over de weg naar de eindklant. Om de impact te bepalen is het daarom eerst nodig om te bepalen hoe de stromen na een reverse modal shift over het wegennet gaan lopen. Op het moment dat de stromen over het wegennet in kaart zijn gebracht wordt verder bepaald wat de impact is op het wegennet. De directe impact kan bestaan uit extra wegonderhoud, meer congestie en meer ongevallen als gevolg van toegenomen drukte. In breder perspectief is er sprake van een effect op het multimodale/synchromodale netwerk.

## 1.3 Afbakening

In dit onderzoek gaan we uit van de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden:

- Er treedt een reverse modal shift op. We concentreren ons op het bepalen van de effecten maar we bespreken ook de technologische ontwikkelingen die verband kunnen houden met het ontstaan van deze reverse modal shift. Technologische ontwikkelingen kunnen echter ook de negatieve effecten van de reverse modal shift beperken.
- De reverse modal shift heeft betrekking op vervoer vanuit de binnenvaart of vanaf het spoor.
- We beperken ons tot het vervoer van maritieme containers vanuit Rotterdam en Antwerpen. Vanuit het Noordzeekanaalgebied en de Kanaalzone Gent – Terneuzen vindt nauwelijks maritieme containeroverslag plaats, en dat geldt ook voor de havens van Harlingen en Groningen Seaports. Enkel de havens van Moerdijk en Zeebrugge spelen nog een zeer kleine rol; de effecten daarvan op de uitkomsten zijn verwaarloosbaar.

---

<sup>2</sup> Outlook Hinterland and Continental Freight 2018, Topsector Logistiek



- Voor het bepalen van de impact beperken we ons tot de effecten op het Nederlandse hoofdwegennet.
- We gaan er bij het bepalen de reverse modal shift van uit dat eerst de stromen zullen shiften met het kleinste vervoerskostenverschil ten opzichte van het wegvervoer. Consequentie van deze veronderstelling is dat vooral de stromen met de kortste vervoersafstanden het eerste zullen shiften.

## **1.4 Leeswijzer**

Dit onderzoeksrapport is als volgt opgebouwd.

- In het volgende hoofdstuk 2 wordt de aanpak meer in detail beschreven. Eerst wordt ingegaan op technologische ontwikkelingen die ten grondslag kunnen liggen aan de reverse modal shift. Vervolgens wordt ingegaan op de afbakening, de toekomstscenario's en de toegepaste methodiek en instrumenten om de stromen op het wegennetwerk te bepalen.
- Hoofdstuk 3 gaat in op die stromen zelf. Deze zijn bepaald voor een toenemende reverse modal shift tegen de achtergrond van twee toekomstscenario's.
- Hoofdstuk 4 gaat in op de impact op de toestand van het wegennet en het onderhoud dat daarmee is gemoeid. Tevens wordt een schatting gegeven van de extra onderhoudskosten.
- Hoofdstuk 5 gaat in op de impact op congestie en verkeersveiligheid.
- In hoofdstuk 6 gaan we in op de impact op de robuustheid van het vervoersnetwerk. Bredere economische ontwikkelingen worden hierbij aangestipt en er wordt ingegaan op technologische ontwikkelingen die een rol spelen.
- Ten slotte wordt in hoofdstuk 7 ingegaan op de conclusies die getrokken kunnen worden uit de resultaten van dit onderzoek.

## 2 Aanpak

In dit hoofdstuk 2 wordt eerst ingegaan op de technologische ontwikkelingen die verband kunnen houden met het ontstaan van deze reverse modal shift. Vervolgens wordt in het kort beschreven hoe het onderzoek is opgezet. Naast de scenario's voor toekomstige ontwikkelingen die zijn gebruikt gaan we in op de modellering van de verkeerstromen. Er is daarbij gebruik gemaakt van het Landelijk Model Systeem (LMS). Dit modelinstrumentarium wordt door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) gebruikt om beleid te ontwikkelen, verkenningen uit te voeren en planuitwerkingen door te rekenen.

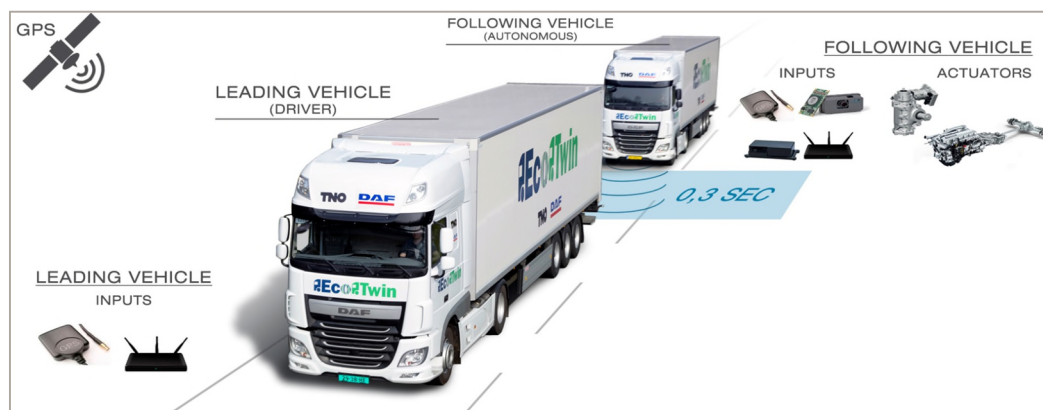
### 2.1 Technologische ontwikkelingen

In deze paragraaf wordt een aantal technologische ontwikkelingen beschreven voor het wegvervoer, het spoorvervoer en de binnenvaart. Verschillen in innovatietempo tussen de verschillende modaliteiten kunnen leiden tot een reverse modal shift. Specifiek kijken we naar digitalisering en automatisering.

#### *Digitalisering en automatisering*

De huidige ontwikkelingen rond digitalisering en automatisering helpen en versnellen de ontwikkeling van connected and automated transport (CAT). Verschillende proeven worden uitgevoerd en er zijn reeds voorbeelden waarbij toepassingen in de normale operatie worden geïmplementeerd. Hieronder wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingen voor de modaliteiten weg, binnenvaart en spoor.

Figuur 1: Truck platooning



#### *Wegtransport*

Voor automatisering in het wegtransport worden verschillende niveaus onderscheiden (zie figuur 1). Op dit moment is er in Nederland veel aandacht voor truck platooning (op niveau 2), zie tabel 1. De basis voor truck platooning ligt in Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC) waarbij de voertuigen virtueel verbonden zijn door middel van draadloze communicatie en kort achter elkaar rijden. Het kort (binnen één seconde) achter elkaar rijden van meerdere vrachtwagens (platoon) heeft groot potentieel voor het verminderen van transportkosten door het verlagen van het brandstofverbruik als gevolg van verbeterde aerodynamica, het elimineren van de noodzaak voor een bestuurder in het tweede voertuig, een verbetering van de verkeersveiligheid en optimalisering van rijtijden<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Truck platooning driving the future of transportation, Janssen (2015)



Tabel 1: SAE International levels of development in Automated Vehicle automation

Level	Name	Narrative definition
<b>Human driver monitors the driving environment</b>		
0	No Automation	The full-time performance by the human driver of all aspects of the dynamic driving task, even when enhanced by warning or intervention systems.
1	Driver Assistance	The driving mode-specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver performs all remaining aspects of the dynamic driving task.
2	Partial Automation	The driving mode-specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver performs all remaining aspects of the dynamic driving task.
<b>Automated driving system monitors the driving environment</b>		
3	Conditional Automation	The driving mode-specific performance by an Automated Driving System of all aspects of the dynamic driving task with the expectation that the human driver will respond appropriately to a request to intervene.
4	High Automation	The driving mode-specific performance by an Automated Driving System of all aspects of the dynamic driving task, even if a human driver does not respond appropriately to a request to intervene.
5	Full Automation	The full-time performance by an Automated Driving System of all aspects of the dynamic driving task under all roadway and environmental conditions that can be managed by a human drive.

Met truck platooning is reeds geëxperimenteerd in Nederland tijdens de Truck Platoon Challenge in 2016 en de Experience Week in 2018. Tijdens de Experience Week<sup>4</sup> in 2018 hebben 250 trucks van verschillende vervoerders in konvooi en voorzien van de laatste connected technologie dagelijks ritten gereden over de openbare weg in Nederland. De Experience Week is nadrukkelijk opgezet vanuit de behoefte van vervoerders en verladers, op zoek naar innovatie in de logistieke keten. Momenteel worden verschillende operationele experimenten met truck platooning opgezet op verschillende corridors in Nederland.

Een belangrijk doel van deze experimenten is na te gaan aan welke voorwaarden moet worden voldaan om een dergelijk concept te laten slagen in de praktijk. Hierbij gaat het om benodigde data, de impact op de infrastructuur, de inpassing van dit concept in de supply chain, wet- en regelgeving en beleid en acceptatie door gebruikers en andere

<sup>4</sup> <https://mrdh.nl/sites/mrdh.nl/files/files/Connected%20Transport%20-%20Lessons%20Learned%20-%2010%20nov%202018.pdf>

stakeholders. Hierbij wordt zowel gekeken naar de ontwikkeling van truck platooning als naar wat er nodig is voor de ontwikkeling van hogere niveaus van connected and automated transport op de weg.

Ook wordt er in diverse onderzoeksprojecten gewerkt aan oplossingen om truck platooning sneller en makkelijker mogelijk te maken. Zo is in het TKI Dinalog project Truck Platoon Matching gewerkt aan het samenstellen van platoons, zowel van te voren gepland als on-the-fly tijdens het rijden. In het Europese ENSEMBLE project wordt een standaard ontwikkeld voor truck platoon matching zodat vrachtwagens van alle verschillende merken met elkaar kunnen platoonen (wat op dit moment nog niet mogelijk is).

Hoe snel de ontwikkeling van connected and automated transport gaat is onzeker. Er zijn inmiddels voorbeelden van volledig autonome voertuigen zoals de T-Pod van Einride waarvoor naar verwachting begin 2019 in Zweden toestemming wordt gegeven voor het rijden op een kort traject op de openbare weg (zoals aangekondigd in december 2018). Deze T-Pod is een volledig elektrisch voertuig zonder chauffeur (zie figuur 2).

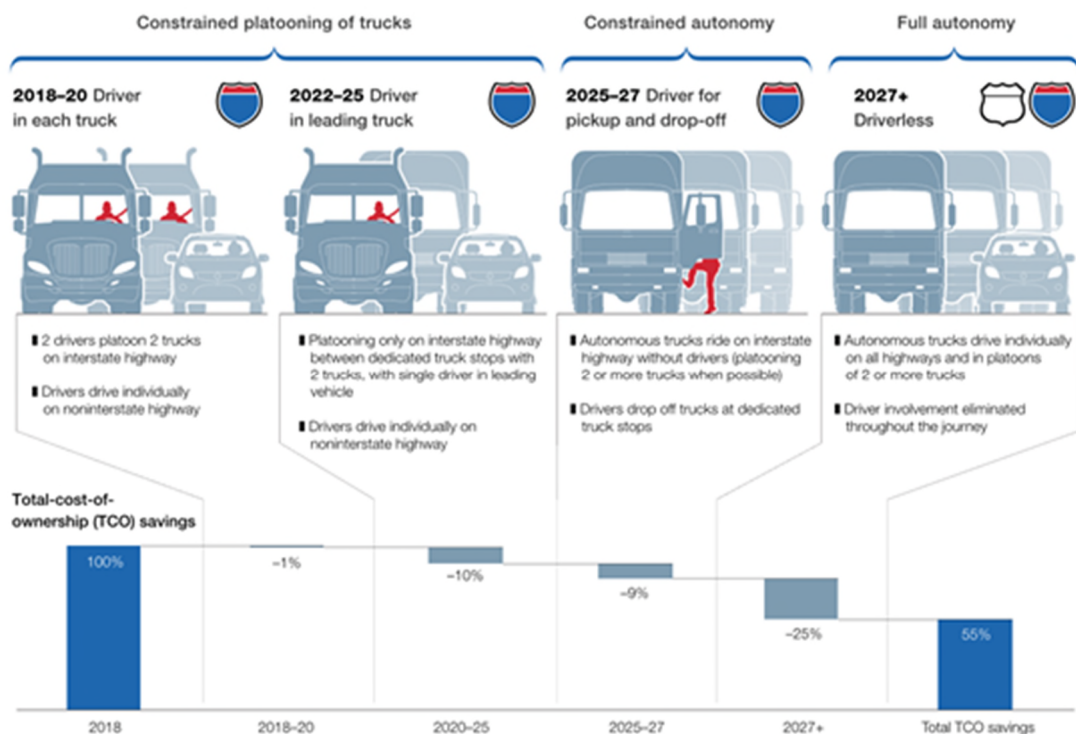
Figuur 2: T-Pod van Einride



Voor de toepassing van autonome voertuigen op grotere schaal zijn diverse scenario's ontwikkeld. Zo heeft McKinsey scenario's ontwikkeld waarbij in 2027 volledig autonome voertuigen worden gebruikt (zie figuur 3).



Figuur 3: Scenario ontwikkeling autonome voertuigen (Route 2030: The fast track to the future of the commercial vehicle industry, McKinsey, 2018)



Op het moment dat vrachtwagens volledig autonoom gaan rijden zal dit een grote impact hebben op de kosten. In de bovenstaande figuur 3 is aangegeven dat de total-cost-of-ownership (TCO) in dit geval met 45% zal afnemen. Dit zal een groot effect hebben op de concurrentiepositie van het wegtransport.

### Binnenvaart

Ook in de binnenvaart is autonoom varen een actueel onderwerp waarbij vijf niveaus worden onderscheiden (zie tabel 2). In het Vision paper on automated barging van het TKI Dinalog project 'Setting sails towards the future of inland navigation' van TNO, Marin en TU Delft is onderzocht wat de mogelijke voordelen zijn van automatisering in de binnenvaart. In dit paper is aangegeven dat bij hoge niveaus van automatisering mogelijk 50% van de operationele kosten bespaard kan worden door zonder bemanning te varen.

In de binnenvaart kan echter niet zo snel worden overgeschakeld naar varen met minder of zelfs zonder bemanning. De huidige wetgeving, die een bepaald aantal bemanningsleden per type schip vereist, staat onder revisie. Het doel is om in 2024 nieuwe wetgeving door te voeren. Daarnaast voeren bemanningsleden verschillende taken uit tijdens het varen zoals onderhoud aan motor en het schip. Hierbij is het de vraag hoe dit gedaan wordt als er automatisch gevaren wordt.

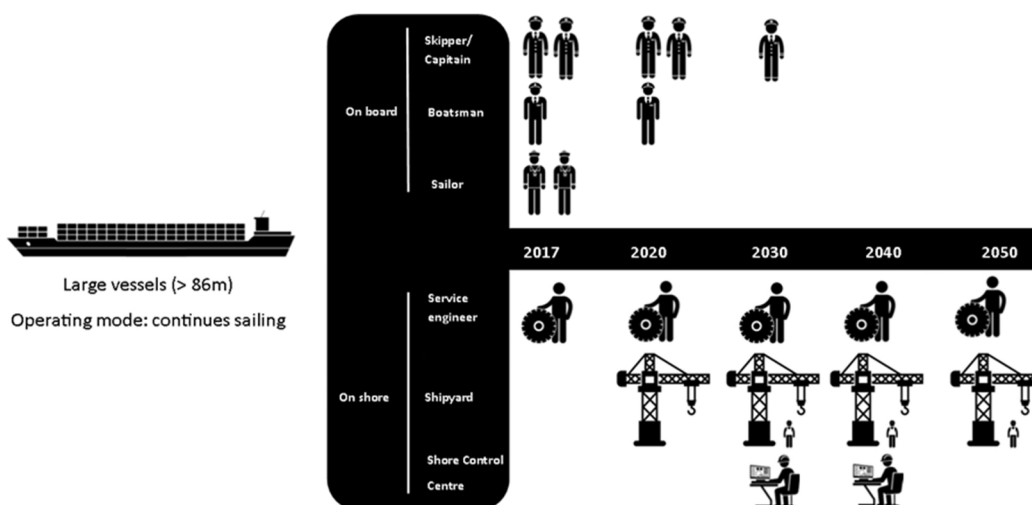
In het genoemde paper is een roadmap opgenomen voor de ontwikkeling van autonoom varen (zie figuur 4). Hierbij wordt er vanuit gegaan dat steeds meer taken anders worden georganiseerd. Zo wordt onderhoud alleen gepleegd als het schip aan de wal ligt, gaat aan- en afmeren automatisch, gebeurt laden en lossen van het schip zonder inzet van personeel op terminals en kan de besturing van het schip worden overgenomen door het shore control center.

Tabel 2: Overzicht levels of automation in de binnenvaart.

Level	Description	Steering and manoeuvring	Adapting the vessel speed	Monitoring	Fallback performance
0	No specific automation	Skipper	Skipper	Skipper	Skipper
1	Assisted sauling, use of a track controller	Skipper assisted by automated systems	Skipper	Skipper	Skipper
2	Partial automation, applying an adaptive track controller combined with sensors	Skipper assisted by automated systems	Skipper assisted by automated systems	Skipper assisted by automated systems	Skipper
3	Conditional automated navigation	Automated system	Automated system	Skipper assisted by automated systems	Skipper
4	High automation	Automated system	Automated system	Shore control center	Shore control center
5	Automated system	Automated system	Automated system	Automated system	Shore control center

Op dit moment zijn er echter nog weinig concrete initiatieven (zoals bijvoorbeeld de Smart Shipping challenge). Dergelijke ontwikkelingen kosten veel geld en kennen een grote afhankelijkheid van EU subsidie. Bovendien zijn de marktstructuur (druk van verladers), de eigendomsstructuur (binnenschepen zijn vaak eigendom van de familie) en de extreem lange technische levensduur van scheepsrompen en motoren een belangrijke belemmering voor de omschakeling van de vloot.

Figuur 4: Roadmap for autonomous shipping



### Spoor





Op het spoor wordt zeer recent geëxperimenteerd met Automatic Train Operation (ATO). Dit is een systeem dat de machinist ondersteunt of zelfs een deel van de specifieke



taken van de bestuurder overneemt, afhankelijk van de mate van automatisering<sup>5</sup>. ATO is meer dan 'automatisch rijden': het systeem biedt ook kansen om een optimaal snelheidsprofiel te realiseren met betrekking tot energie-efficiëntie, stiptheid en veiligheid. In december 2018 is een proef met ATO uitgevoerd op de Betuweroute met een goederentrein en begin 2019 wordt in Groningen een proef met ATO uitgevoerd met een reizigerstrein.

Voor het spoorvervoer worden vier Grades of Automation onderscheiden (zie figuur 5). De proeven die nu worden uitgevoerd betreffen GoA 2.

Figuur 5: Grades of Automation op het spoor

Grade of Automation	Type of train operation	Setting the train in motion	Stopping train	Door closure	Operation in event of disruption
 GoA 1	ATP with driver	Driver	Driver	Driver	Driver
 GoA 2	Semi-Automated Train Operation	Automatic	Automatic	Driver	Driver
 GoA 3	Driverless	Automatic	Automatic	Train attendant	Train attendant
 GoA 4	Fully automated / Unattended Train Operation (UTO)	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic

Of en hoe snel de ontwikkeling richting GoA 4 zal gaan is onduidelijk. Bij het spoorvervoer lijken andere factoren zoals punctualiteit, veiligheid, betere benutting van de beschikbare capaciteit en een lager energieverbruik belangrijkere factoren dan een kostenreductie door zonder personeel te rijden. De personele kosten zijn verhoudingsgewijs ook aanzienlijk lager dan bij het wegvervoer en de binnenvaart.

#### *Innovatietempo weg, binnenvaart en spoor rond connected and automated transport*

Voor elk van de modaliteiten weg, binnenvaart en spoor is automatisering van het transport een belangrijk onderwerp. Er wordt bij de verschillende vervoerswijzen aan gewerkt om tot steeds hogere niveaus van automatisering te komen. De ontwikkelingen gaan voor het wegtransport het snelst. Er zijn al diverse proeven uitgevoerd op verschillende niveaus van automatisering en er lopen meerdere onderzoeken om na te gaan hoe hogere niveaus van automatisering sneller en makkelijker geïmplementeerd kunnen worden. Bovendien wordt er aan gewerkt de wet- en regelgeving zodanig aan te passen dat automatisch rijden mogelijk en toegestaan is. Vanwege dit verschil in innovatietempo bestaat de mogelijkheid dat het wegtransport zeer grote kostenvoordelen, en uitstoot per eenheid concurrerend of beter dan binnenvaart, gaat realiseren waardoor de concurrentiepositie zo sterk verbetert dat een reverse modal shift zal optreden (een verschuiving van spoor en binnenvaart naar de weg).

<sup>5</sup> Automatic Train Operation – Driving the future of rail transport, TNO and ProRail, 2018



## 2.2 Scenario's voor toekomstige ontwikkelingen

Bij de scenario's beschrijven we globaal welke ontwikkelingen plaats zouden kunnen vinden waardoor containers de reverse modal shift maken van binnenvaart en spoor naar de weg. Daarbij gaan we uit van autonome ontwikkelingen.

### *Autonome ontwikkelingen*

Bij de scenario's gaan we in op de te verwachten autonome ontwikkelingen op het wegennet aan de hand van de WLO scenario's. Daarnaast kijken we ook naar (technologische) ontwikkelingen die van invloed kunnen zijn op de manier waarop het wegennet belast wordt. De onderstaande tabel 3 geeft de verschillen aan tussen de beide WLO scenario's.

Tabel 3: Vergelijking WLO scenario's

	Scenario Laag	Scenario Hoog
Economische groei 2015-2050	1% per jaar (NL) 3% per jaar (wereld)	2% per jaar (NL) 4% per jaar (wereld)
Concurrentiepositie Nederland in HLH havenrange en HLH havenrange in Europa	Blijft behouden	Blijft behouden
Logistieke organisatie	Beperkte schaalvergroting, consolidatie en efficiëntieverbetering	Sterke schaalvergroting, consolidatie en efficiëntieverbetering
Mondiaal klimaatbeleid	Rond 2030 wordt duidelijk dat er geen mondiaal klimaatakkoord komt. Opwarming van de aarde loopt op tot 3,5-4 °C na 2100.	Rond 2025 wordt een mondiaal klimaatakkoord afgesloten. Opwarming van de aarde loopt op tot 2,5-3 °C na 2100.
Afname broeikasgasemissies ten opzichte van 1990	2030 – 30% 2050 – 45%	2030 – 40% 2050 – 65%
ETS-prijs van een ton CO <sub>2</sub>	2030 – € 15 2050 – € 40	2030 – € 40 2050 – € 160
Ontwikkeling CO <sub>2</sub> -arme technologie	Traag	Snel
Olie-, kolen-, en gasprijs	Hoog	Laag
Biomassaprijs	Laag	Hoog

Bron: CPB, 2019

### *Reverse modal shift*

Daarnaast passen we de scenario's en de referentiesituatie zo aan dat er een reverse modal shift plaatsvindt. Hiervoor bekijken we een drietal situaties met een reverse modal shift van binnenvaart/spoor naar vervoer over de weg van 30%, 50% en 70%.

## 2.3 Modelinstrumentarium

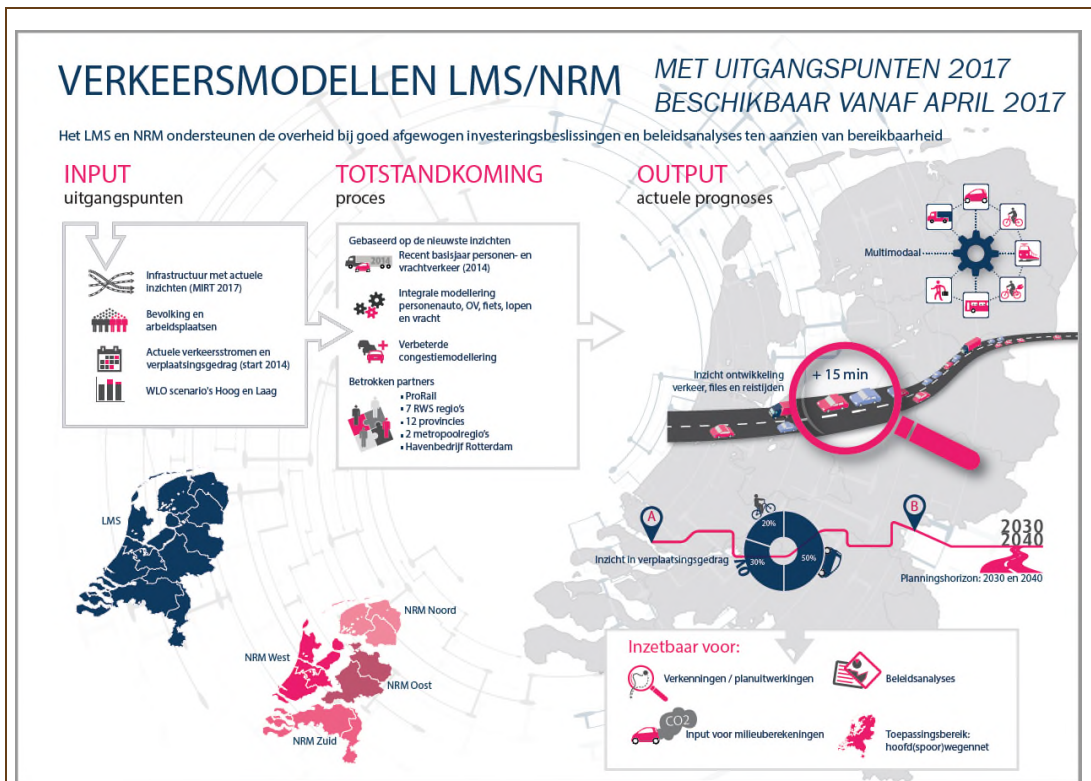
In dit project hebben we te maken met vervoerstromen en verkeerstromen. De vervoerstromen worden per herkomst-bestemmingsrelatie gegeven in de basisjaar- en toekomstjaarmatrices. Hierbij kijken we naar de gecontaineriseerde tonnen.

Verkeerstromen worden inzichtelijk gemaakt aan de hand van de geladen netwerken. Het programma Qblok is het toedelingsmodel binnen het LMS (zie kader 1) dat verplaatsingen toedeelt aan het wegennetwerk met als primaire doel het bepalen van de bereikbaarheidskwaliteit. Het model bepaalt onder andere de toestand op het netwerk in termen van gereisde kilometers, de totale reisduur, de vertragingen en de filelengten.



Daarnaast worden door Qblok ook de voertuigverliesuren en I/C verhoudingen berekend.

Kader 1: Infographic LMS/NRM



Om beleid te ontwikkelen, verkenningen uit te voeren en planuitwerkingen door te rekenen, gebruikt het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) het Landelijk Model Systeem (LMS). De essentie van het LMS is dat deze een goede beschrijving geeft van de mobiliteit in een regio of geheel Nederland. Dit voor een recent basisjaar en voor prognosejaren. Het basisjaar bevat informatie uit recente waarnemingen en metingen waarmee het model het verkeer op een gemiddelde werkdag in dat jaar zo goed mogelijk representeert. Het LMS wordt voornamelijk gebruikt voor nationale beleidsanalyses. Het LMS geeft daarnaast ook een zo goed mogelijk beeld van de reizigersstromen per trein. Op basis van het basisjaar worden, gegeven één of meerdere sociaal-economisch scenario's en beleidsmaatregelen, prognoses gemaakt van de ontwikkelingen in de mobiliteit. De modellen worden tevens gebruikt voor regionale verkeersmodellen en toepassingen van andere overheden en partners.

Bron: Rijkswaterstaat

Er zijn geen berekeningen gemaakt voor de uitgangssituatie 2014 en de autonome situatie voor 2030/2040 voor zowel hoog/laag scenario. Deze scenario's zijn reeds beschikbaar uit de standaard modelresultaten van Rijkswaterstaat. Voor het doorrekenen van de what-if scenario's voor dit onderzoek maken we gebruik van de diverse modelinstrumentaria. Modelonderdelen zijn toegepast uit het instrumentarium van Rijkswaterstaat en van Panteia. Hieronder wordt een overzicht gegeven van de verschillende onderdelen.

#### *Modelinstrumentarium Rijkswaterstaat*

De volgende onderdelen uit het modelinstrumentaria van Rijkswaterstaat zijn in het onderzoek gebruikt:

- Landelijk (zie kader op de volgende pagina)
- Invoermatrices (personen- en vrachtautomatrices in voertuigbewegingen)
- Wegnetwerken basisjaar en toekomstjaren
- Onderdeel Qblok toedelingsmodel
- BasGoed (Basismodel voor Goederenvervoer) en BasGoed gerelateerde prognose matrices
- Basgoed toekomstjaarmatrices (goederenstromen in tonnen en in TEU)
- Spoor prognosematrix (van ProRail)
- Binnenvaartreizenmatrices (uit het BIVAS model)

#### *Modelinstrumentarium Panteia*

Uit het modelinstrumentaria van Panteia is gebruik gemaakt van het Terminalmodel van Panteia. Dit is een model waarin alle intermodale diensten in Europa zijn opgenomen. Het model bepaalt op basis van de capaciteit van het ingezette transportmiddel, de vervoersafstand en de eigenschappen van de route de kosten per TEU voor een intermodale dienst, inclusief de overslagkosten bij diepzee- en inland terminals. Vervolgens wordt het natransport per vrachtauto berekend op het niveau van gemeenten in Nederland en NUTS-3 regio's in het buitenland.

## **2.4 Bepalen vervoersstromen voor reverse modal shift**

Figuur 6 geeft een schematische weergave voor het bepalen van de vervoersstromen voor reverse modal shift. Het bepalen van de vervoersstromen die in aanmerking komen voor reverse modal shift gebeurt daarbij als volgt:

1. Selecteren van Rotterdam en Antwerpen gerelateerde containerstromen per spoor en binnenvaart.
2. Koppelen van transportkosten per TEU aan de geselecteerde containerstromen voor de situaties intermodaal vervoer en rechtstreeks vervoer over de weg.
3. De stromen waarbij de concurrentiepositie van de vrachtauto ten opzichte van de binnenvaart of het spoorvervoer het sterkst is, zijn het eerst geneigd te verschuiven. In deze analyse wordt de concurrentiepositie van de vrachtauto bepaald aan de hand van kostenverschillen tussen binnenvaart of spoorvervoer enerzijds, en wegvervoer anderzijds. Des te kleiner het kostenverschil, des te eerder er een verschuiving plaats zal vinden.

De reverse modal shift in vervoersstromen wordt vervolgens vertaald naar voertuigbewegingen die als invoer dienen voor het toedelingsmodel Qblok:

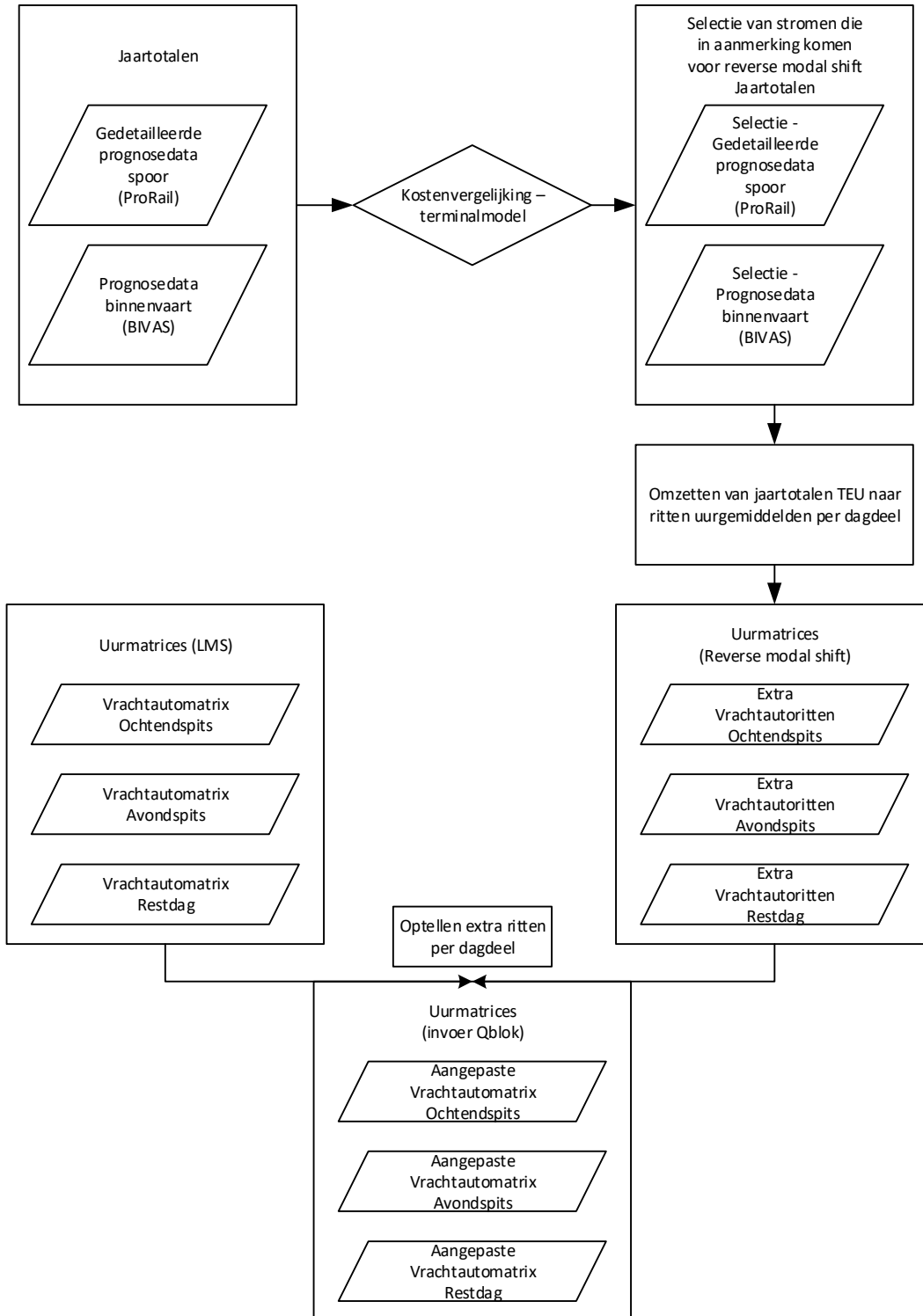
1. Van jaartotalen vervoersstromen naar daggemiddelden voertuigbewegingen.
2. Van daggemiddelden naar dagdeel-uurmatrices.

Er wordt een gemiddelde waarde van anderhalf TEU per rit gehanteerd voor het omzetten van vervoersstromen in TEU naar voertuigbewegingen. Voor het omzetten van jaartotalen naar daggemiddelden is de waarde 300 gekozen. Daarnaast hanteert Qblok de reizenmatrices per dagdeel als invoer en daarom zijn de verdeling over de dagdelen uit de vrachtautomatrices (VAM) gehaald die als input zijn geleverd in de LMS scenario's. De extra reizen door reverse modal shift zijn hiermee naar rato verdeeld.

De dagdeel-uurmatrices die bij de reverse modal shift reizen horen, worden vervolgens opgeteld bij de autonome vrachtautomatrices. Op deze manier kunnen de autonome situatie en de na reverse modal shift situatie vergeleken worden in kentallen zoals de ontwikkeling van het aantal voertuigen per traject, voertuigkilometers en voertuigverliesuren.



Figuur 6: Schematische weergave bepaling vervoerstromen



Bron: Panteia, 2019

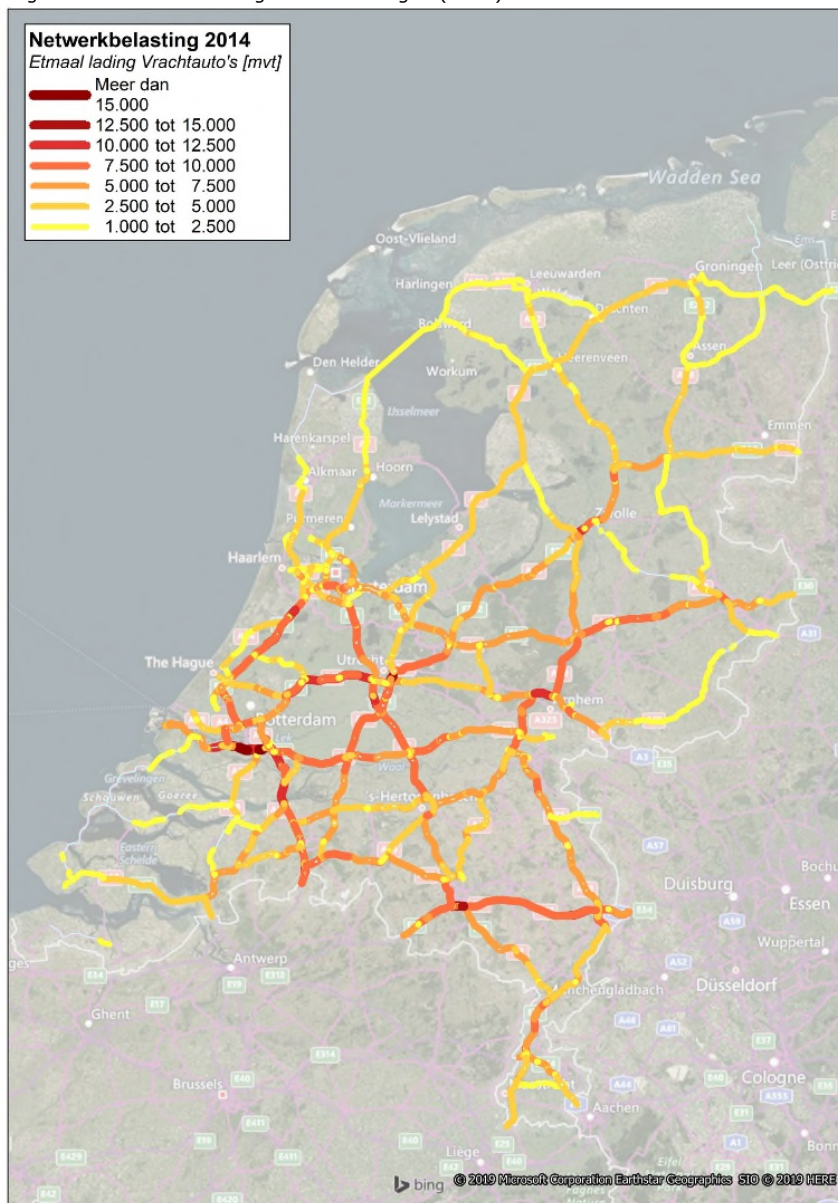
### 3 Huidige/toekomstige vervoersimpact van stromen

Om een idee te krijgen van de omvang, gaan we eerst na wat de stromen zijn in de huidige situatie. Daarna kijken we aan de hand van WLO2 scenario's Hoog en Laag naar de toekomstige stromen (2030, 2040). Vervolgens bepalen we de stromen inclusief de reverse modal shift. Dit geeft een indruk van het aantal vrachtauto's op het wegennet met en zonder reverse modal shift.

#### 3.1 Stromen basisjaar (2014)

Figuur 7 toont de netwerkbelasting door vrachtauto's voor 2014.

Figuur 7: Netwerkbelasting vrachtoertuigen (2014)



Uit figuur 7 kan het volgende worden afgeleid:

- Gemiddeld genomen (en per etmaal) is het zuidelijke deel van de ringweg Rotterdam het meest drukke gedeelte van het hoofdwegennet.
- Ook delen van de A12 (vooral in oostelijke richting), ringweg Eindhoven en ringweg Utrecht hebben relatief veel vrachtverkeer.
- Noord-Nederland en de Provincie Zeeland zijn ten opzichte van de rest van Nederland 'rustig' qua vrachtvervoer over de weg.

Bijlage 3 bevat kaarten waarop de huidige stromen meer gedetailleerd zijn weergegeven.

### 3.2 Stromen: autonome situatie

Tabel 4 toont de autonome situatie voor de modaliteiten weg, spoor en binnenvaart van goederenstromen van en naar Rotterdam voor zowel containers als overige goederen. Voor de huidige situatie wordt uitgegaan van het basisjaar 2014. Voor 2030 en 2040 wordt uitgegaan van WLO Laag en Hoog. De stromen van en naar Rotterdam hebben een groot aandeel containers vergeleken met het totale vervoer in Nederland, waarbij het aandeel containers iets meer dan 10% bedraagt.

Tabel 4: Autonome situatie: goederenstromen over weg, spoor en binnenvaart van en naar Rotterdam

(mln. tonnen)	Weg			Spoor			Binnenvaart		
	Containers	Overig	Totaal	Containers	Overig	Totaal	Containers	Overig	Totaal
scenario									
2014	38,1	103,2	141,4	13,4	13,1	26,5	30,2	120,4	150,6
2030L	36,2	102,8	139,1	19,8	15,5	35,2	42,1	122,6	164,8
2030H	41,2	119,9	161,2	22,4	16,7	39,1	48,3	134,7	183,0
2040L	39,7	106,7	146,4	24,2	17,1	41,3	45,9	126,6	172,6
2040H	48,8	136,6	185,3	29,9	20,4	50,2	54,8	146,4	201,2

Uit tabel 4 kan het volgende worden afgeleid:

- In alle scenario's stijgt het spoorvervoer het hardst. Vooral het containervervoer over spoor neemt sterk toe. Het totaalvolume vervoerd per spoor is het laagst van alle modaliteiten.
- Ook voor binnenvaart neemt het gecontaineriseerde vervoer het sterkst toe. Het niet gecontaineriseerde vervoer blijft in alle scenario's echter een factor 2 à 3 groter voor de binnenvaart.
- Het containervervoer over de weg daalt in het scenario 2030 Laag. In de overige scenario's is de groei van containers over de weg relatief laag. De ontwikkeling van het totale vrachtvervoer over de weg ligt dan ook tussen -2% en 14% (2030) en 4% en 31% (2040).

Bijlage 4 geeft een overzicht van de ontwikkeling van het gecontaineriseerd wegvervoer. Dit gecontaineriseerd wegvervoer is niet gelijkmatig verdeeld over het wegennet:

- De daling in gecontaineriseerd wegvervoer in scenario 2030 Laag is niet specifiek terug te zien (zie bijlage 2). Wel is er juist een stijging te zien op de ringweg Eindhoven/A67 en de A12 (beide voornamelijk in oostelijke richting). Hier wordt het lokaal drukker qua vrachtvervoer. Voor het scenario 2030 Hoog is de toename in netwerkbelasting door

vrachtauto's duidelijk zichtbaar. Naast de trajecten A67 en de A12 worden de A4 (Amsterdam – Den Haag), A2 (Den Bosch – Amsterdam) en A28 (Utrecht – Amersfoort) (allen in beide richtingen) duidelijk drukker. Daarnaast zien we een stijging in vrachtauto's op de plekken waar de snelwegwegen vanuit België, Nederland binnen lopen (A4, A16/A58 en A67).

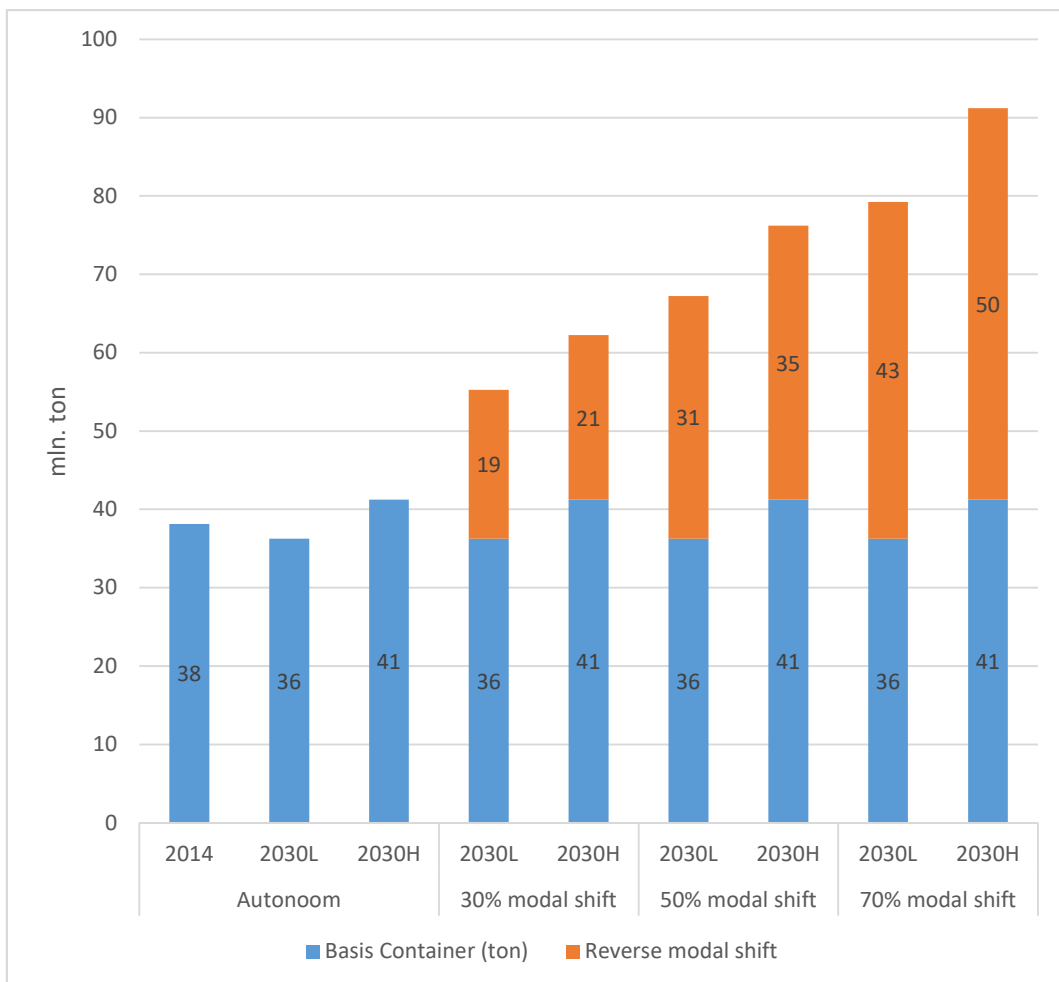
- De autonome ontwikkeling van de netwerkbelasting voor vrachtauto's in 2040 is geografisch vergelijkbaar met 2030 (bijlage 2). In het scenario 2040 is op een groot deel van het hoofdwegennet een duidelijke toename in vrachtvoertuigen te zien.

### 3.3 Stromen inclusief reverse modal shift

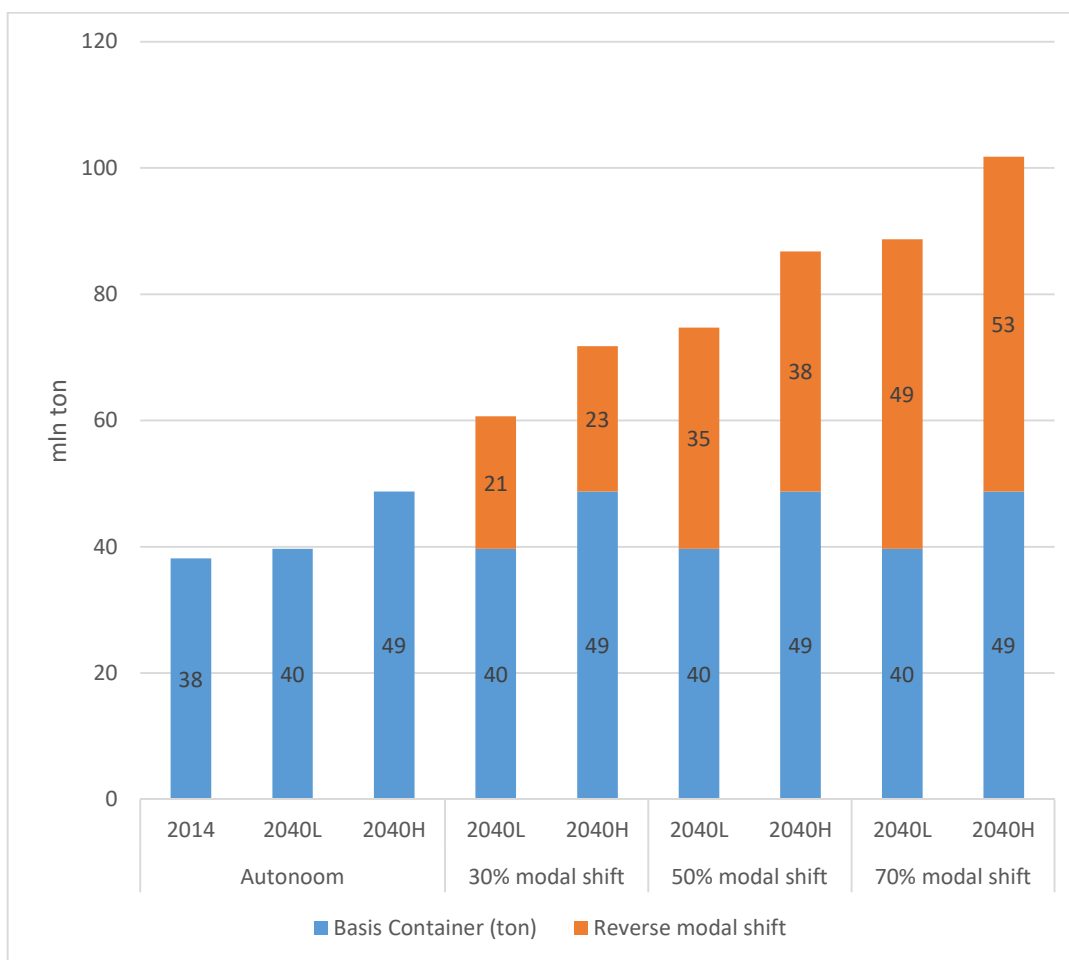
Figuur 8 en figuur 9 laten het effect zien van een reverse modal shift op het containervervoer over de weg.

- Bij 70% reverse modal shift is het volume van het containervervoer over de weg twee keer groter dan in de situatie zonder reverse modal shift.
- Dit betekent dat de groei van reverse modal shift stromen hoger is dan de autonome groei van het gecontaineriseerd wegvervoer.
- 30% modal shift in 2030 betekent dat er meer volume over de weg wordt vervoerd dan in de autonome situatie 10 jaar later.

Figuur 8: Ontwikkeling containervervoer over de weg (Rotterdam gerelateerd, 2030)



Figuur 9: Ontwikkeling containervervoer over de weg (Rotterdam gerelateerd, 2040)



De kaarten in de figuren 10 en 11 laten zien waar de netwerkbelasting door vrachtauto's het sterkst toeneemt<sup>6</sup>. De kaarten tonen duidelijk het effect van de reverse modal shift op de netwerkbelasting. Daarbij valt het volgende op.

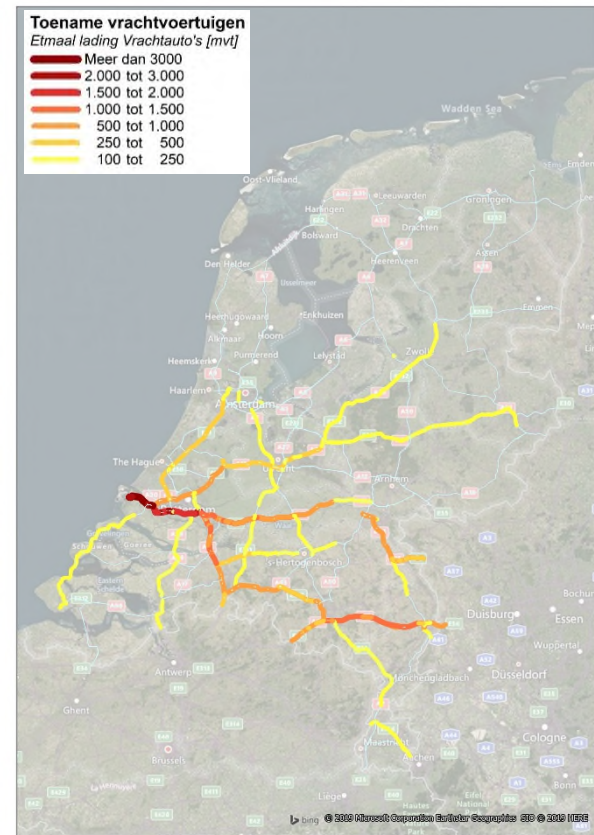
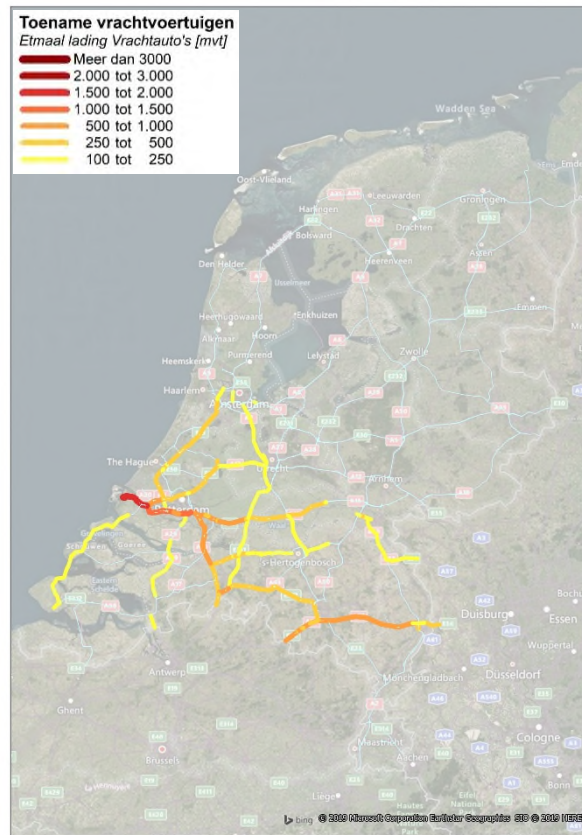
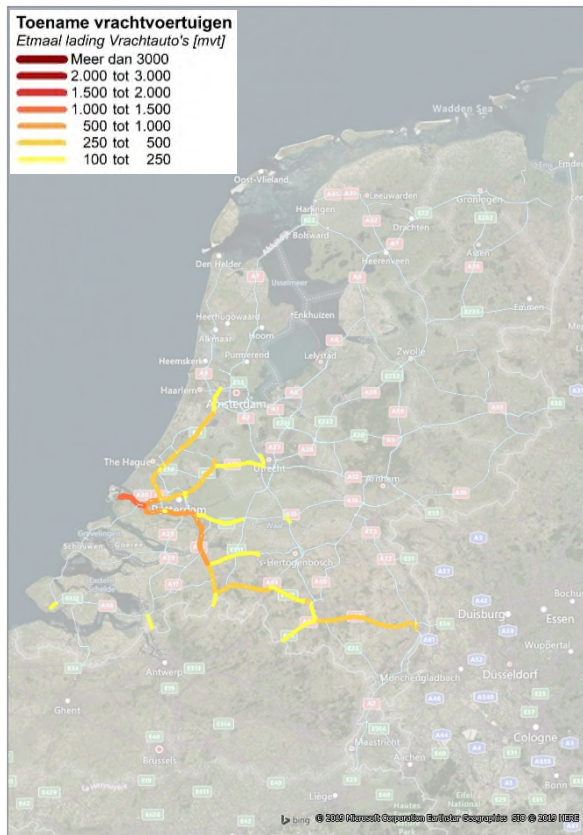
- Het aantal vrachtvoertuigen neemt duidelijk toe van- en naar Maasvlakte.
- Bij toenemende afstand tot de Maasvlakte neemt de toename van het aantal vrachtwagens af.
- Er is vooral een toename te zien op de Oost/West assen (A15 en R'dam – Venlo), wat betekent dat vooral het zuidelijke deel van de ring van Rotterdam meer vrachtverkeer zal zien.
- Ook is duidelijk zichtbaar dat het vrachtverkeer op de A67 toeneemt door zowel de stromen vanaf/naar de Maasvlakte als de stromen vanuit/naar de haven van Antwerpen.

Bijlage 4 bevat verschilplots voor alle scenario's op een hoger detailniveau.

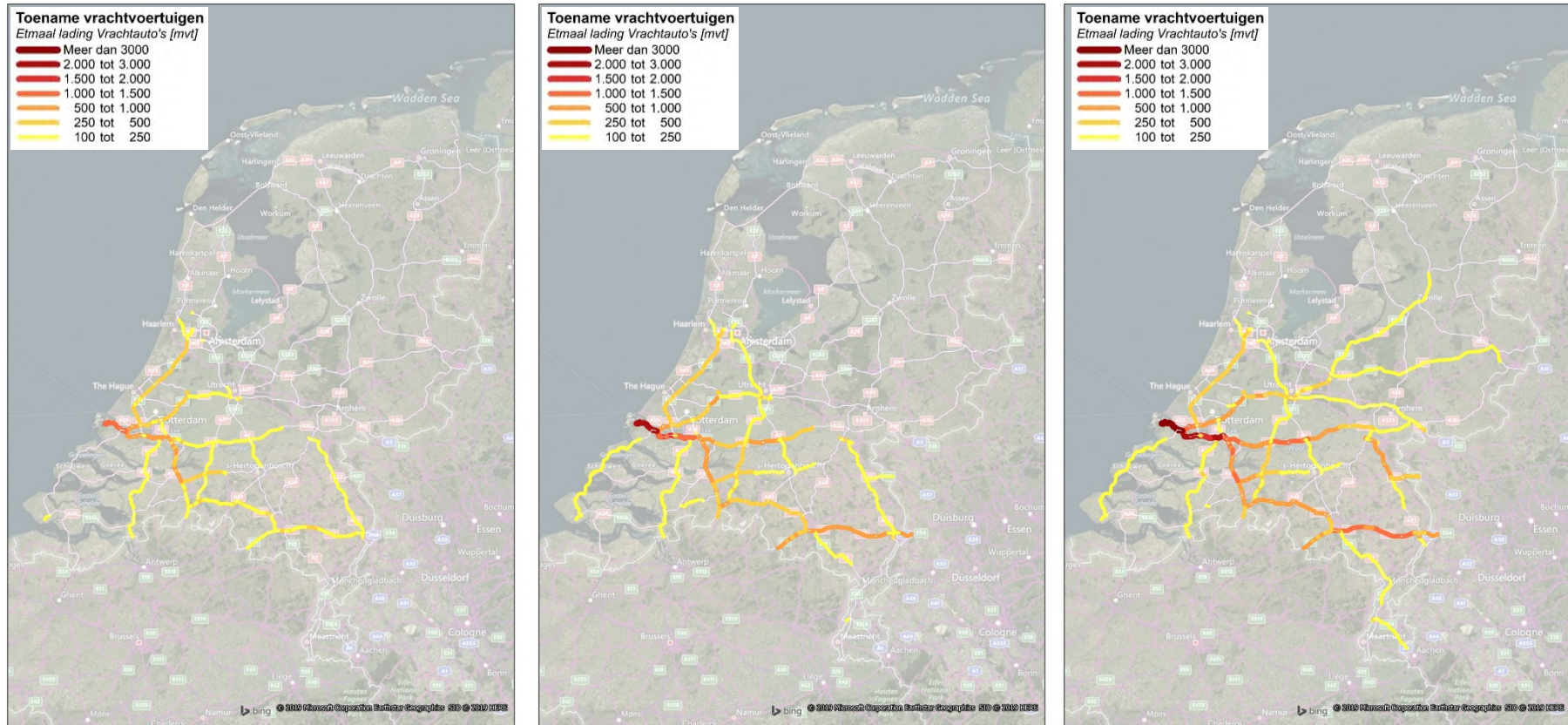
<sup>6</sup>Deze studie beperkt zich tot de effecten op het hoofdwegennet (HWN). Niet direct zichtbaar is dat het LMS model er in voorziet dat het verkeer gebruik kan maken van het onderliggend wegennet bij dichtslippen van het hoofdwegennet. Dit effect werkt ontlastend voor het HWN. Vrachtverkeer wijkt normaal gesproken echter minder snel uit naar het onderliggend wegennet dan personenauto's. Verondersteld wordt dat het effect zodanig beperkt is dat het geen grote invloed heeft op de resultaten.



Figuur 10: Verschilplots 2040 Laag; 30%, 50% en 70% shift



Figuur 11: Verschilplots 2040 Hoog; 30%, 50% en 70% shift

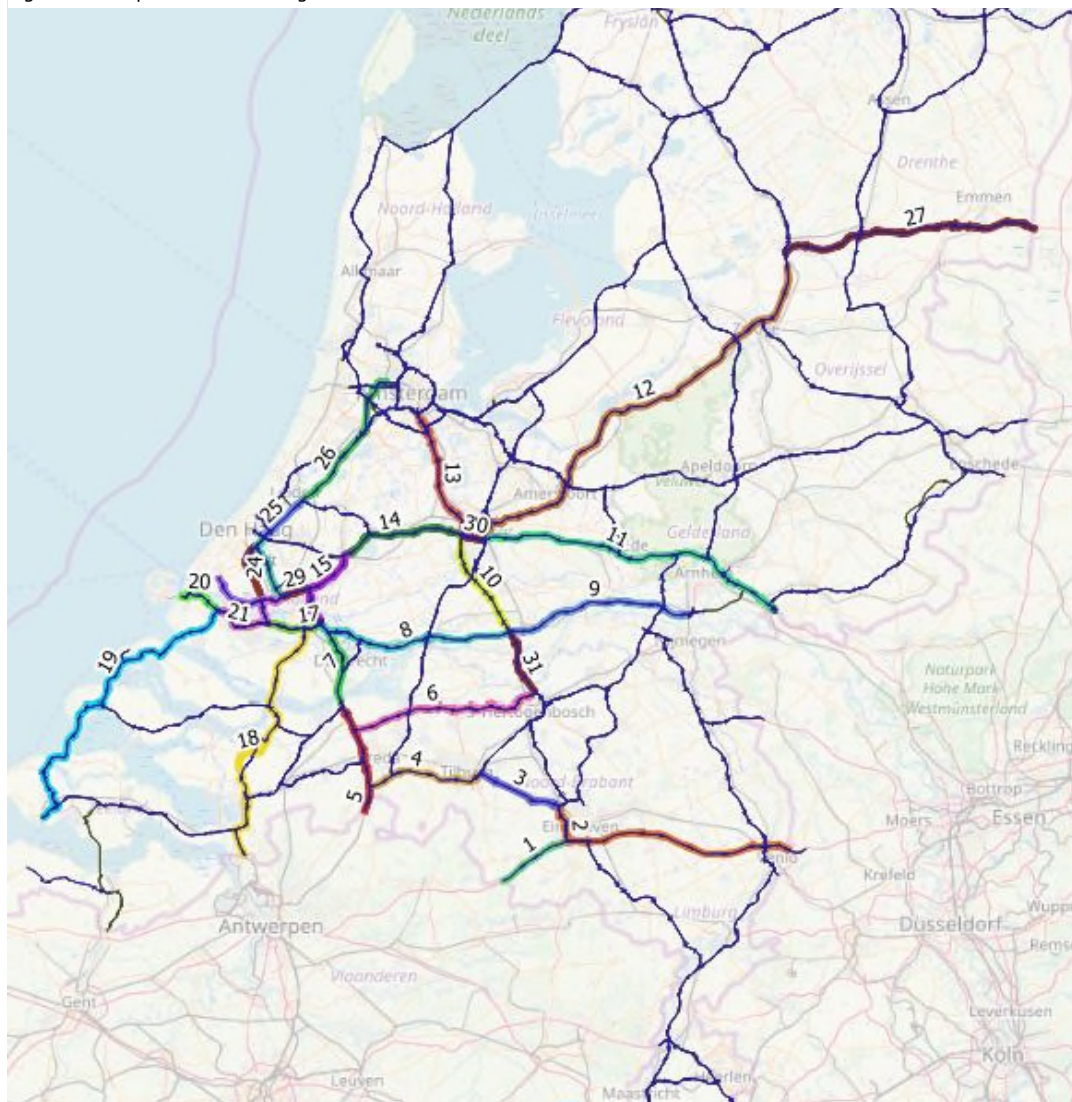


### 3.4 Representatieve dwarsdoorsnedes

Om schattingen van de omvang van de extra beheer- en onderhoudskosten te maken is op basis van de toename in de netwerkbelasting een indeling in representatieve wegvakken gemaakt (zie figuur 12). De lengte van de trajecten verschilt omdat er is geselecteerd op basis van drukte en verbondenheid. De ringweg van Rotterdam is bijvoorbeeld in korte stukken opgedeeld omdat er hier verschil is in toename van het aantal vrachtauto's voor verschillende richtingen.

Dit heeft geresulteerd in een indeling van het hoofdwegenet in 31 trajecten (zie kaart hieronder). Bijlage 1 bevat een tabel met alle trajecten.

Figuur 12: Representatieve wegvakken



Bron: Panteia, 2019



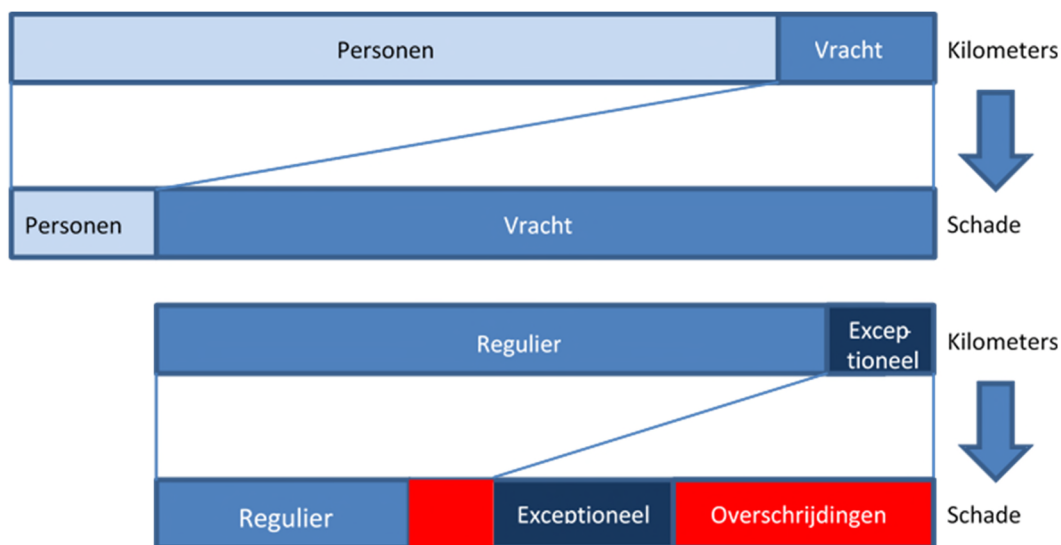
## 4 Effecten op beheer- en onderhoudskosten

In dit hoofdstuk 4 worden de effecten van de in voorgaande hoofdstukken beschreven reverse modal shift op de beheer- en onderhoudskosten gepresenteerd. De basisgedachte daarbij is dat een toename van het vrachtverkeer ook zal leiden tot een toename van deze kosten. Achtereenvolgens wordt in dit hoofdstuk ingegaan op: de algemene relatie tussen gebruik van infrastructuur en de kosten (4.1), een nadere specificering hiervan (4.2), en een uiteenzetting van de resultaten van een analyse op deze materie (4.3).

### 4.1 Algemene relatie tussen gebruik en kosten infrastructuur

Beslissingen over de infrastructuur en het gebruik ervan door (zwaar) vrachtverkeer worden vanwege de complexiteit onvoldoende beschouwd vanuit de hoogte en de ontwikkeling van de kosten voor beheer- en onderhoud. Het is algemeen bekend dat vrachtverkeer een grote invloed heeft op het onderhoudsregime van wegverhardingen en dat te zwaar beladen voertuigen jaarlijks zorgen voor extra schade aan wegen en kunstwerken. In figuur 13 is gevisualiseerd dat vooral het vrachtverkeer en daarbinnen vooral het niet-reguliere vrachtverkeer schade aan de weg toebrengt. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in het "juist" gebruik van de infrastructuur (blauw) en de overschrijdingen van aslasten en voertuiggewichten (rood).

Figuur 13: verhouding gebruik en schade (bron: Rijkswaterstaat)



Om zicht te krijgen op de relatie tussen (zwaar) vrachtverkeer en de beheer- en onderhoudskosten is van belang om:

- gericht en goed onderbouwde beleidskeuzes te kunnen maken (bijvoorbeeld rondom routing en vervoersystemen);
- gefundeerdere gesprekken aan te gaan over kosten die gerelateerd zijn aan het gebruik;
- meerjarige (betere) voorspellingen te maken en daardoor meer in control te zijn ten aanzien van de verwachte prestaties, risico's en kosten.



## 4.2 Methode specificering relatie gebruik en kosten onderhoud infrastructuur

### *Inleiding*

In een methode die is opgesteld in samenwerking met Rijkswaterstaat is in de afgelopen jaren getracht een kwantitatieve schatting van de omvang van de gebruiksafhankelijke beheer- en onderhoudskosten te maken. Op dit punt dient uitdrukkelijk vermeld te worden dat Rijkswaterstaat weliswaar bijgedragen heeft aan de ontwikkeling van dit inzicht, maar dat de complexiteit van deze relatie te allen tijde vermeld dient te worden bij resultaten van deze analyse. De resultaten geven een eerste inzicht, maar kunnen nooit dienen als concrete schattingen voor kosten voor beheer en onderhoud.

Rijkswaterstaat en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat hebben samen met Goudappel Coffeng / DAT.Mobility gewerkt om het inzicht in enerzijds de samenstelling en omvang van het vrachtverkeer en anderzijds de beheer- en onderhoudskosten voor het hoofdwegennet te vergroten. De relatie tussen beide is zo ver mogelijk kwantitatief gelegd. De aanpak is gebaseerd op een praktische insteek met behulp van uitgebreide data-analyses zonder daarmee de wegbouwkundige verklaring te determineren. Hierbij is de richting van een verandering belangrijker is dan de exacte waarde. De resultaten zijn verwerkt in een rekeninstrument met de naam Zwaarteblik.

In de totale beheer- en onderhoudskosten worden verschillende onderdelen onderkend. Deze onderdelen zijn: de verhardingen, de kunstwerken, het verkeersmanagement, verkeersvoorzieningen en (voorzieningen voor) landschap en milieu. De onderdelen verhardingen en kunstwerken nemen het merendeel van de kosten voor hun rekening. Bovendien is het gebruiksafhankelijke deel in deze twee categorieën te vinden. Dus de analyse van gebruiksafhankelijke kosten voor beheer en onderhoud heeft alleen maar te maken met verhardingen en kunstwerken.

De onderstaande analyse is gebaseerd op de jaarlijkse voorstelling van beheer- en onderhoudskosten van Rijkswaterstaat richting de beleidsdirectie (OBR). Partijen hebben aangegeven dat een verbetering van het inzicht in de relatie tussen gebruik van de infrastructuur en de daarmee gepaard gaande beheer- en onderhoudskosten bereikt kan worden als uitgegaan zou worden van de daadwerkelijk uitgegeven bedragen. Een dergelijke analyse is tot op dit moment nog niet mogelijk gebleken.

### *Gebruiksfhankelijke beheer- en onderhoudskosten*

Leidend voor de relatie tussen het gebruik van de infrastructuur en beheer – en onderhoudskosten is niet het vast en variabel onderhoud, maar het onderscheid in gebruiksfhankelijke en gebruiksonafhankelijke kosten. Daarom zijn de beheer – en onderhoudskosten op basis van literatuur en met expert judgement opgedeeld in gebruiksfhankelijke en gebruiksonafhankelijke kosten. De twee belangrijkste andere oorzaken voor de kosten zijn: het weer en de aanlegkwaliteit. Hieronder volgt een beschouwing van de opdeling in gebruiksonafhankelijk en gebruiksfhankelijk inclusief onderbouwning.

### **Verhardingen**

Op basis van de inzichten wordt een groot deel van de kosten van onderhoud (vervanging) van verhardingen afhankelijk gezien van het gebruik. Een deel van deze kosten betreft de versterking van de verhardingen. Deze versterking is hierbij voor 100% gebruiksfhankelijk omdat voor versterking vooral schadebeelden in de onderlaag kenmerkend zijn en er vanuit gegaan kan worden dat het klimaat geen invloed heeft op de onderlaag.

Voor het vervangen van de deklaag is er van uitgegaan dat bij rijbanen zonder zwaar verkeer (vluchtstrook en linkerrijstrook) om de 18 jaar de deklaag vervangen moeten worden en bij rijbanen met zwaar verkeer om de 9 jaar de deklaag vervangen wordt. Dit resulteert er in dat de kosten voor het vervangen van deklagen voor 2/3 gebruiksfhankelijke kosten zijn en voor 1/3 niet-gebruiksfhankelijke kosten (degradatie in de tijd).

### **Kunstwerken**

De kunstwerken zijn onderverdeeld in viaducten, onderdoorgangen, tunnels en bruggen. Binnen deze verdeling is door de verschillende schadebeelden bij stalen en beweegbare bruggen ten opzichte van betonnen bruggen een extra verdeling aangebracht. Schade aan stalen en beweegbare bruggen is voornamelijk gerelateerd aan de vierde macht aslasten die passeren, terwijl andere kunstwerken degraderen op basis van het totale gewicht van de voertuigen die over de brug rijden.

De kunstwerken zijn in het onderhoudsbeheerregime (OBR) nauwkeuriger opgenomen. Hier is per soort kunstwerk aangegeven waar de kosten aan gemaakt worden. Voor bepaalde kosten is bekend dat deze geheel gebruiksfhankelijk of niet-gebruiksfhankelijk zijn. Van andere kosten is dit op basis van expert judgement bepaald. Voor verhardingen op kunstwerken is dezelfde verhouding aangehouden als bij het wegdek en voor schadegevoelige betonnen onderdelen van kunstwerken (opleggingen, schampkanten en steunpunten) is gerekend met 80% gebruiksfhankelijkheid.

### **Overige onderdelen infrastructuur**

Van alle overige geprogrammeerde kosten is enkel de markering in sterke mate gebruiksfhankelijk op basis van voertuigpassages. Overige zaken als verkeersmanagement zijn niet gebruiksfhankelijk omdat het beheer en onderhoud hiervan bij andere vervoersverdelingen gelijk is.

De facto is voor elke regel in het OBR bepaald welk deel gebruiksfhankelijk is. Deze schattingen zijn gebaseerd op verschillende inzichten en bronnen het beste inzicht dat daarop gebaseerd kan zijn. In verschillende sessies is door experts aangegeven dat dit inzicht weliswaar bruikbaar is op globaal niveau, maar dat er geen voorspellende waarde voor specifieke beheer- en onderhoudskosten voor wegen en of kunstwerken aan ontleend kunnen worden.

#### *Bronnen voor beheer- en onderhoudskosten*

De beheer- en onderhoudskosten zijn uit meerdere bronnen gehaald. Hiervoor was de categorisering van zowel het Referentiekader Beheer en Onderhoud (RBO) als het onderhoudsbeheerregime (OBR) van 2015 leidend. Binnen de categorieën van de RBO is op basis van expert judgement en andere databronnen zowel voor verhardingen als voor kunstwerken systematisch tot een indicatie van de gebruiksfhankelijke kosten per objectklasse gekomen. De databronnen die verder hiervoor gebruikt zijn, staan genoemd in onderstaande tabel 5.



Tabel 5: Databronnen met gebruiksdoel

#	Data bron	Doel
1	Ministerie van Infrastructuur en Milieu: RBO 2015, deel II met samenvattende informatie uit OBR's	Referentiekader Beheer en Onderhoud met de totale (norm)kosten per objectcategorie (verhardingen, kunstwerken, verkeersvoorzieningen, verkeersmanagement, landschap & milieu)
2	Rijkswaterstaat: OBR 2014	Onderhoudsbeheerregime voor kortere termijn met meer informatie om het gebruikafhankelijke deel voor kunstwerken te bepalen.
3	RUPS 2014-2017	Rijkswaterstaat Uniform Programmerings-Systeem voor het inschatten van het aandeel formatie over een betere verdeling voor wegennet naar gemiddelde kosten per verhardingsklasse
4	Rapportage CE Delft: infrastructuurkosten van het vrachtverkeer over de weg	Categorisering en mate van gebruikafhankelijkheid kunstwerken en overig (zie ook hoofdstuk 2.2)
5	Rapportage Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid: second opinion infrastructuurkosten van het vrachtverkeer over de weg	Beperkingen CE Delft rapportage
6	Interne rapportage Rijkswaterstaat: Belasting weginfrastructuur door zwaar vrachtverkeer	Ontwikkeling kosten naar de toekomst
7	Rapportage Rijkswaterstaat: Leidraad Risicogestuurd Beheer en Onderhoud	Stappenplan implementatie Beheer en Onderhoud

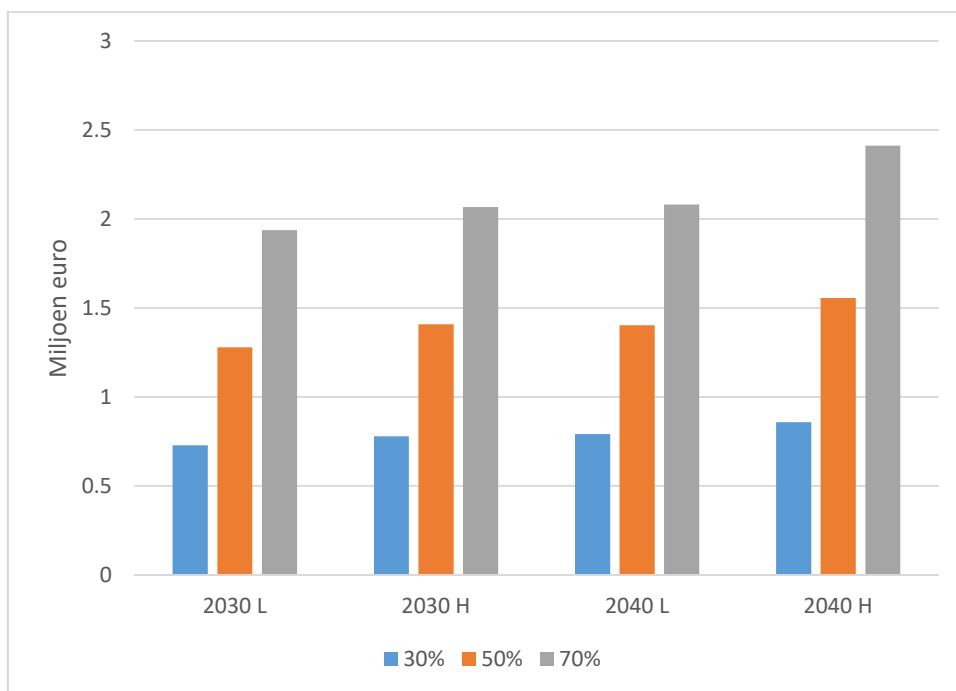
Nogmaals zij benadrukt dat vanuit Rijkswaterstaat een meer integrale benadering vanuit de uitgaven gepropageerd wordt. En ook dat dat de complexiteit van relaties en het verschil in technologie voor verhardingen en kunstwerken maakt dat alleen een algemeen en indicatieve waarde gehecht mag worden aan de resultaten.

### 4.3 Resultaten analyse gebruik en kosten onderhoud infrastructuur

Met behulp van de kengetallen die in het onderzoek ten behoeve van Zwaarteblik zijn opgesteld en de intensiteitsgegevens van de mogelijke reverse modal shift zijn berekeningen uitgevoerd om de effecten op de beheer- en onderhoudskosten te bepalen van deze reverse modal shift. In onderstaande figuur 14 zijn de effecten weergegeven.



Figuur 14: Effecten van de Reverse Modal Shift op de beheer- en onderhoudskosten van de infrastructuur (in k€ per jaar)



Figuur 14 laat zien dat de effecten variëren van een half miljoen euro per jaar (in het 30% scenario in 2030) tot ongeveer 2,4 miljoen euro per jaar (in het 70% scenario in 2040). Op het totaal van de beheer- en onderhoudskosten (jaarlijks meer dan 500 miljoen euro) is dit een relatief kleine toename.

De grootste effecten doen zich, conform de toename van het verkeer die daar als gevolg van de reverse modal shift ontstaat, voor op de A15. De additionele beheer- en onderhoudskosten op de verschillende wegvakken samen zorgen voor ongeveer een vijfde van de totale extra kosten in de verschillende scenario's (400.000 per jaar extra in het scenario 2040 Hoog en 70% modal shift). Onderdeel van de A15 is de Suurhoffbrug, die in de komende jaren vervangen gaat worden (na eerst de bouw van een tijdelijke brug). Alhoewel er in het kader van deze reverse modal shift studie niet specifiek gerekend is voor de individuele bruggen, is het ons advies om in de voorbereidingen voor de bouw van de Suurhoffbrug de bevindingen van dit onderzoek mee te geven.

Na de A15 kent de A67 de grootste effecten (300.000 extra per jaar in het scenario 2040 Hoog en 70% modal shift).

Deze effecten lijken gering in het licht van de totale omvang van de jaarlijkse beheer- en onderhoudskosten. Daarbij moet bedacht worden dat:

- 1) vanuit de inzichten in Zwaarteblik is geschat dat zo'n 30% van de jaarlijkse kosten direct verband houdt met het gebruik van de infrastructuur.
- 2) de in ogenschouw genomen wegen vormen maar een deel van het totale netwerk. Een inschatting is dat op deze wegen maximaal 30% van het vrachtverkeer plaatsvindt.
- 3) de reverse modal shift leidt (bij 2040 hoog en 70%) tot een toename van dat vrachtverkeer met zo'n 5%.



Deze "hoog-over" berekening leidt tot een jaarlijkse extra bedrag van 2-2,5 miljoen Euro. De feitelijke berekeningen zijn uiteraard in meer detail gemaakt, maar liggen wel in deze range. De uitkomst blijft een ruwe schatting. Meer onderzoek is vereist om deze schatting te verbeteren.

## 5 Overige impact netwerk: congestie en veiligheid

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de invloed van de verschillende scenario's voor reverse modal shift op congestie en verkeersveiligheid.

### 5.1 Congestie

De IC-verhouding geeft aan hoe congestie- of filegevoelig een wegvak is. Over het algemeen kan gesteld worden dat bij een I/C-verhouding van:

- 0,7 of lager: er geen of weinig congestie zal optreden
- 0,7 - 0,9: er op bepaalde momenten congestie zal zijn, bijvoorbeeld tijdens de spits
- 0,9 of hoger: er structurele filevorming op zal treden.

Figuur 15 en 16 geven de IC-verhoudingen voor de ochtendspits in de scenario's 2040 Laag en Hoog bij 70% reverse modal shift en de toename in procentpunten die plaats zal vinden binnen deze scenario's. Bijlage 4 toont de IC-verhoudingen (ochtendspits) voor de autonome situatie voor alle scenario's (en de referentiesituatie 2014). Daarnaast laat bijlage 4 ook de toename in procentpunten zien bij 70% modal shift. Hoewel de impact van congestie in de standaard WLO scenario's en de mogelijke rem hiervan op een reverse modal shift in dit project niet is onderzocht, is wel duidelijk dat de extra congestie als gevolg van een reverse modal shift geen of een zeer beperkte extra rem op een reverse modal shift zal zijn: bij toenemende reverse modal shift nemen de problemen op de weg slechts zeer beperkt toe.

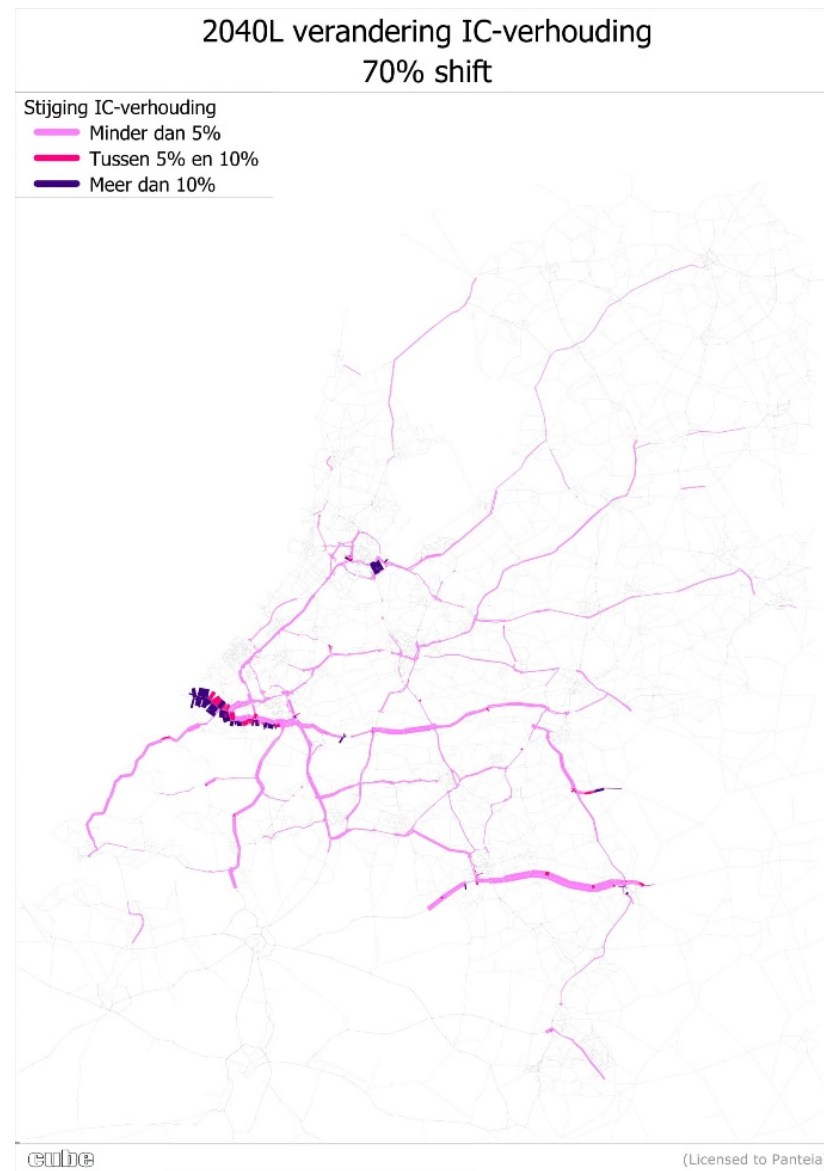
Qua IC-verhoudingen is er weinig verschil tussen het hoge en lage scenario. Daarentegen (en zoals verwacht op basis van paragraaf 3.3) zien we een duidelijke toename in IC-verhouding op de wegvakken tussen de Maasvlakte en de ring van Rotterdam. Dit is het geval binnen alle scenario's. Ook de zuidelijke ringweg van Rotterdam (A15 tussen knooppunt Benelux en knooppunt Ridderkerk) zal, in mindere mate, een stijging in I/C-verhouding ondervinden. Verder is er op bepaalde wegvakken een verhoging van de IC verhouding te zien, dit zowel in de referentie situatie als de situaties met reverse modal shift.

Figuur 17 geeft een meer gedetailleerd beeld van de regio Rotterdam. De figuur toont voor 2040 Hoog een plot van de I/C waarden in de ochtendspits langs de A15 voor het havengebied en de ring Rotterdam, zowel voor de autonome situatie als voor de situatie met 70% reverse modal shift. De I/C verhouding in het havengebied is laag in de autonome situatie. De I/C verhouding stijgt door reverse modal shift sterk van/naar de Maasvlakte, dit leidt echter op een gemiddelde werkdag echter niet tot hevigere congestie. Kijken we verder langs de A15 dan worden de I/C verhouding in de situatie zonder reverse modal shift groter op de A15/Ringweg Rotterdam. Enige congestie gaat dan optreden: lokaal zijn er een aantal plaatsen waar problemen zijn. De 70% reverse modal shift zorgt daar echter voor een minimale toename van de I/C verhouding.

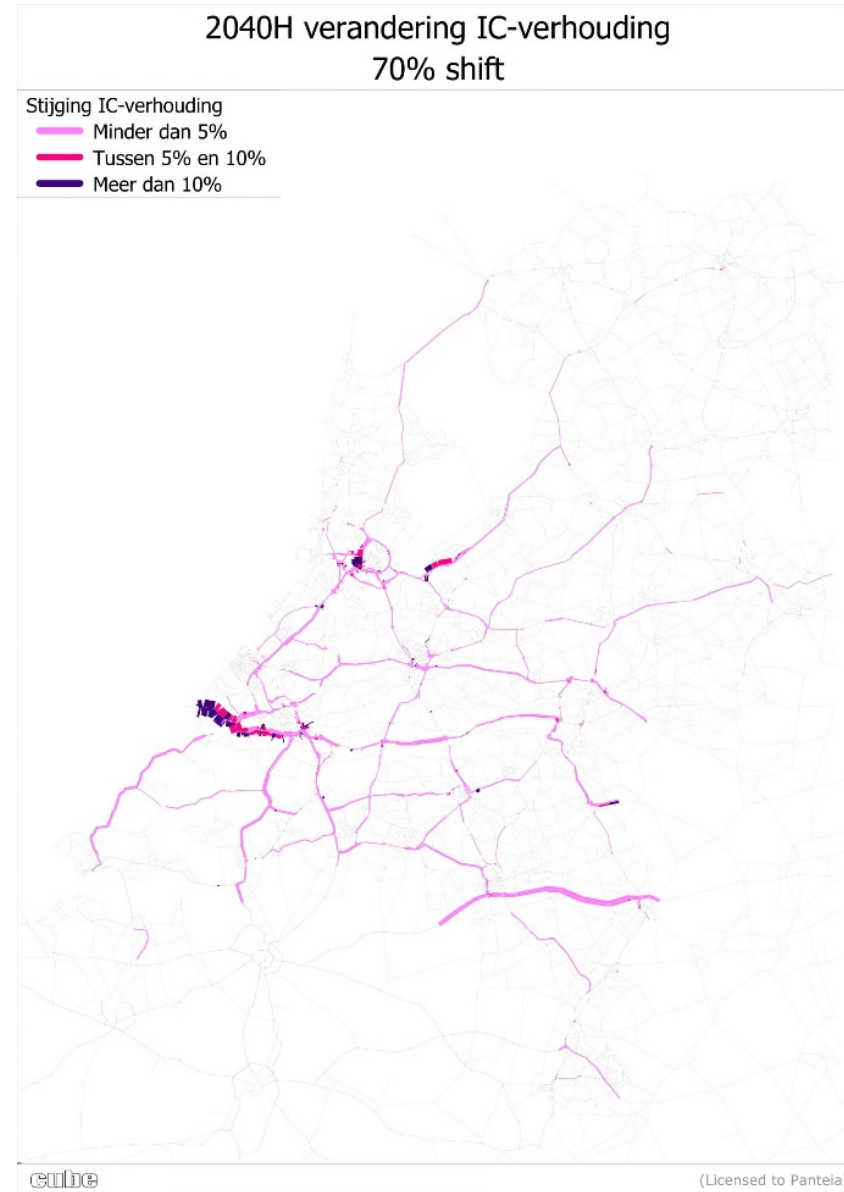
De I/C-verhouding tussen de Maasvlakte en ringweg Rotterdam is in de autonome situatie niet problematisch. De stijging bij 70% reverse modal shift zal hier mogelijk op enkele stukken zorgen voor wat (lichte) congestie tijdens de ochtendspits. Ditzelfde geldt voor een aantal korte wegvakken op de rest van het hoofdwegennet.



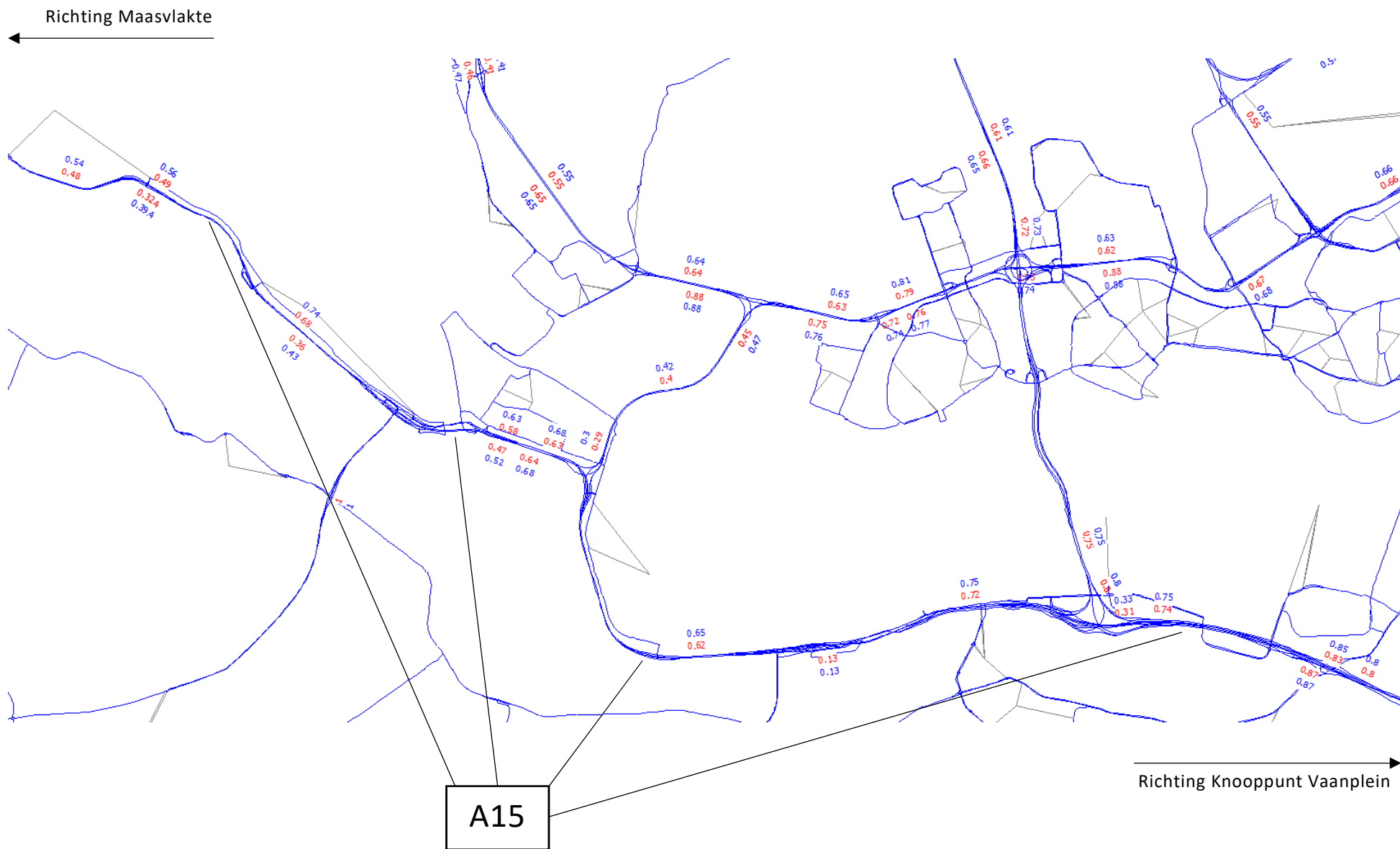
Figuur 15: IC verhouding 2040 Laag 70% shift



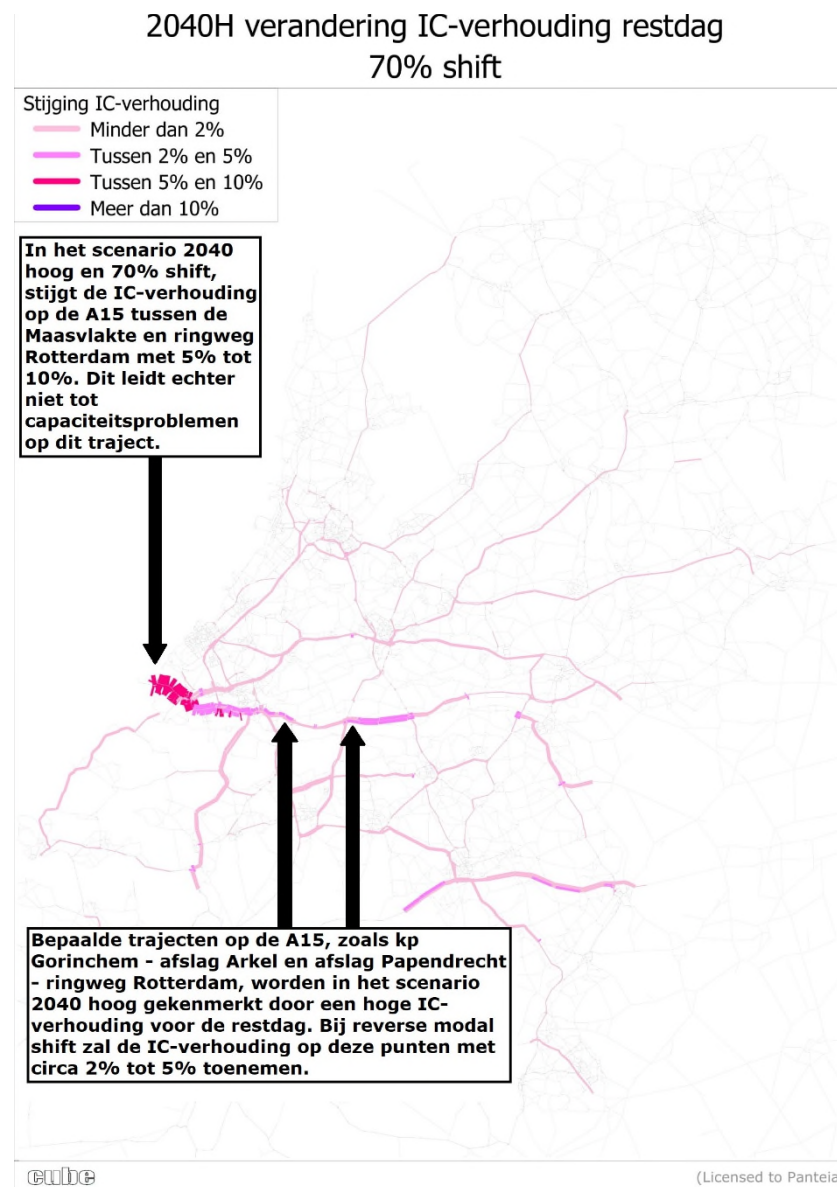
Figuur 16: IC verhouding 2040 Hoog 70% shift



Figuur 17: IC verhouding 2040 Hoog autonome situatie (rood) en met 70% shift (blauw)



Figuur 18: restdag IC verhoudingen 2040 Hoog 70% reverse modal shift



Buiten de spits, in de restdag zijn de effecten gering. Figuur 18 toont de I/C-verhoudingen voor de restdag in het 2040-Hoog scenario bij 70% reverse modal shift, naast de impact van de reverse modal shift op de stijging van de I/C-verhoudingen. Effecten zijn alleen zichtbaar op de wegvakken tussen afslag Papendrecht en de Ringweg Rotterdam en bij het knooppunt Gorinchem. De bijdrage aan de I/C verhouding tussen de Maasvlakte en ringweg Rotterdam is weliswaar het hoogst, maar deze leidt in combinatie met de I/C-verhouding op dit wegvak in de autonome situatie niet tot problemen. Voor het grootste deel van het netwerk bedraagt de bijdrage aan de I/C verhouding door de reverse modal shift maximaal 2% op de restdag. Door verschuiving van vrachtvervoer naar de restdag kan de toegenomen congestie worden beperkt. Technologische ontwikkelingen kunnen het mogelijk maken de restdag beter te benutten. Door de factor arbeid uit te schakelen zou bijvoorbeeld 's nachts rijden een goede optie kunnen zijn.

In tabel 6 is een overzicht opgenomen van de toename van de voertuigverliesuren.

Tabel 6: Toename voertuigverliesuren (in mln. ten opzichte van 2014)

	Personen*	Vracht*	Totaal
2030 laag (ten opzichte van 2014)	0.35	-0.02	0.33
2030 laag incl. 30% reverse modal shift	0.36	-0.01	0.35
2030 laag incl. 50% reverse modal shift	0.39	0.01	0.40
2030 laag incl. 70% reverse modal shift	0.54	0.04	0.58
2030 hoog (ten opzichte van 2014)	6.69	0.76	7.45
2030 hoog incl. 30% reverse modal shift	6.92	0.81	7.73
2030 hoog incl. 50% reverse modal shift	7.02	0.84	7.86
2030 hoog incl. 70% reverse modal shift	7.08	0.88	7.95
2040 laag (ten opzichte van 2014)	2.42	0.19	2.61
2040 laag incl. 30% reverse modal shift	2.49	0.22	2.71
2040 laag incl. 50% reverse modal shift	2.57	0.25	2.82
2040 laag incl. 70% reverse modal shift	2.64	0.27	2.92
2040 hoog (ten opzichte van 2014)	13.06	1.67	14.73
2040 hoog incl. 30% reverse modal shift	13.03	1.70	14.73
2040 hoog incl. 50% reverse modal shift	13.31	1.76	15.08
2040 hoog incl. 70% reverse modal shift	13.38	1.81	15.20

\*de verdeling personen en vracht is gemaakt door het toepassen van de balans in gemiddelde voertuigkilometers in de spitsuren per scenario.

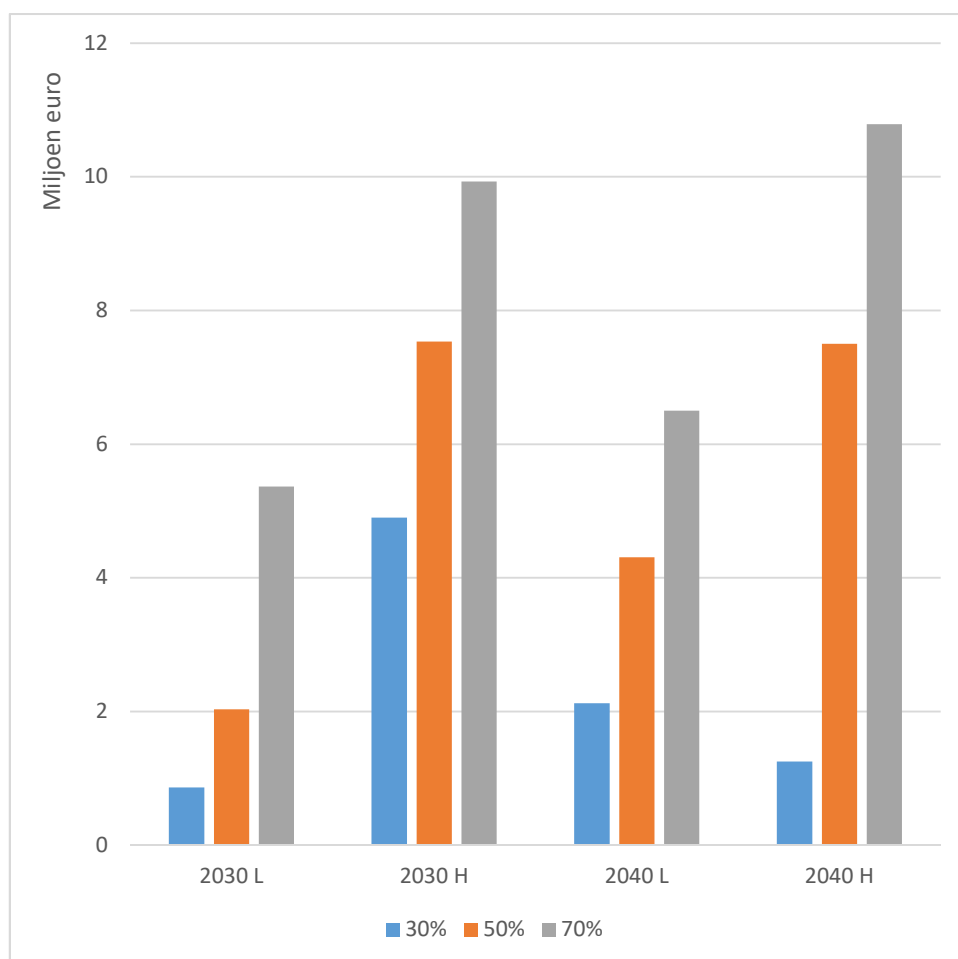
Door de resultaten uit tabel 6 te vermenigvuldigen met reistijdswaarderingen<sup>7</sup> wordt inzicht verkregen in de congestiekosten die een reverse modal shift met zich meebrengt. Figuur 19 geeft een overzicht van de jaarlijkse meerkosten ten opzichte van de autonome ontwikkelingen ten gevolge van congestie, veroorzaakt door reverse modal shift. Bij 70% modal shift bedragen de meerkosten circa 5 tot maximaal 11 miljoen euro extra per jaar. Vergelijken we 2030 Hoog en 2040 Hoog met elkaar, dan blijkt de congestie af te nemen. Dit is een effect dat gelegen is binnen het LMS model. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat personenverkeer zich bij toenemende congestie op een bepaald moment zich naar het onderliggend wegennet verplaatst.

<sup>7</sup> Rijkswaterstaat (2018). MEMO Berekeningswijze reistijdswaarderingen (Values of Time, VoT) voor 2010 - 2018 in lopende prijzen.



Opgemerkt wordt dat het hier gaat om een inschatting van extra economische schade bovenop de toename van de geraamde congestieschade in de situatie zonder reverse modal shift. In de autonome situatie nemen de congestiekosten toe ten opzichte van 2014. De extra toename vanwege congestie door reverse modal shift is relatief klein. Ter vergelijking: KiM schatte voor 2014 de totale kosten van reistijdverliezen door files en vertragingen op het Nederlandse hoofdwegennet in als 1,8 à 2,4 miljard euro<sup>8</sup>.

Figuur 19: Jaarlijkse meerkosten door congestie ten gevolge van reverse modal shift



## 5.2 Veiligheid

Verkeersongevallen leiden tot maatschappelijke kosten. Door Rijkswaterstaat zijn waarderingskengetallen gepubliceerd voor de maatschappelijke kosten van verkeersongevallen per voertuigkilometer<sup>9</sup>. Aan de hand van de veranderingen in de voertuigkilometers (zie tabel 7) kunnen we uitspraken doen over veiligheid in termen van het aantal ongevallen.

<sup>8</sup> KIM, Mobiliteitsbeeld 2015

<sup>9</sup> Memo Waardering van Verkeersveiligheid (2015), Steunpunt Economische Expertise



Tabel 7: Toename voertuigkilometers (in miljarden ten opzichte van 2014)

	Personen	Vracht
2030 laag	3.5	0.3
2030 laag incl. 30% reverse modal shift	3.5	0.3
2030 laag incl. 50% reverse modal shift	3.5	0.4
2030 laag incl. 70% reverse modal shift	3.5	0.4
2030 hoog (ten opzichte van 2014)	9.0	0.9
2030 hoog incl. 30% reverse modal shift	9.0	0.9
2030 hoog incl. 50% reverse modal shift	9.0	0.9
2030 hoog incl. 70% reverse modal shift	9.0	1.0
2040 laag	5.9	0.4
2040 laag incl. 30% reverse modal shift	5.9	0.4
2040 laag incl. 50% reverse modal shift	5.9	0.5
2040 laag incl. 70% reverse modal shift	5.9	0.5
2040 hoog (ten opzichte van 2014)	12.7	1.4
2040 hoog incl. 30% reverse modal shift	12.7	1.5
2040 hoog incl. 50% reverse modal shift	12.7	1.5
2040 hoog incl. 70% reverse modal shift	12.7	1.6

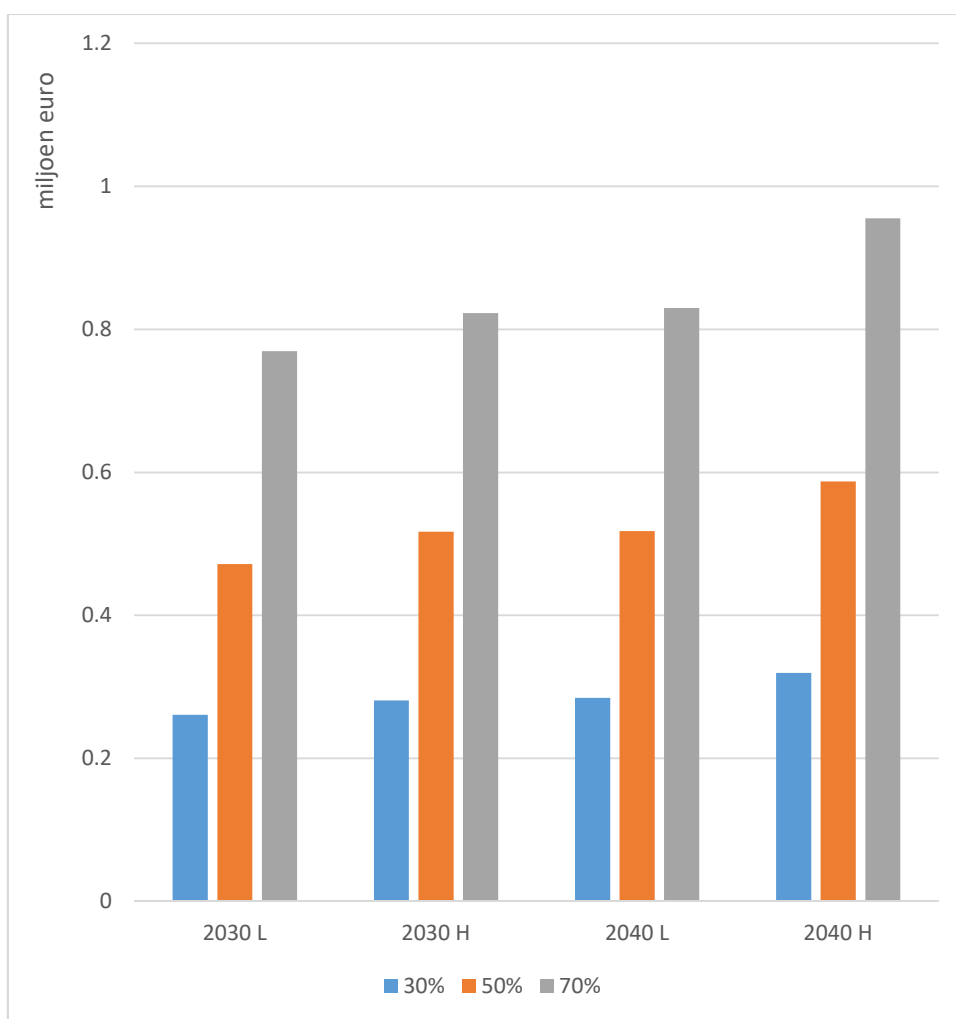
Om een indruk te krijgen van de effecten van de reverse modal shift op verkeersveiligheid is een schatting gemaakt van het aantal ongevallen met dodelijke afloop en het aantal ongevallen met zwaar gewonden. Dit is gedaan aan de hand van extrapolatie van ongevals cijfers voor het hoofdwegennet in 2014 en data over ongevallen van Rijkswaterstaat<sup>10</sup>. Berekeningen laten zien dat er door de reverse modal shift naar verwachting maximaal 0,2 extra dodelijk ongeval zal plaatsvinden per jaar en 2 zwaar gewonden per jaar. Dit effect is beperkt. Ter vergelijking: in 2014 vielen op de Rijkswegen 63 dodelijke slachtoffers te betreuren.

Tevens is een inschatting gemaakt van de maatschappelijke kosten door extra ongevallen veroorzaakt door reverse modal shift. De maatschappelijke kosten per verkeersdode zijn gezet op circa €2,9 miljoen, voor zwaar gewonden bedragen de kosten €310.000 per ongeval<sup>11</sup>. Figuur 20 geeft een overzicht van de jaarlijkse meerkosten ten opzichte van de autonome ontwikkelingen ten gevolge van verkeersongevallen. De meerkosten bedragen maximaal 1 miljoen euro per jaar.

<sup>10</sup> Rijkswaterstaat, Veilig over Rijkswegen 2016, Deel A: Verkeersveiligheid landelijk beeld, 26 oktober 2018 (<http://publicaties.minienm.nl/documenten/veilig-over-rijkswegen-2016> )

<sup>11</sup> SWOV factsheet, <https://www.swov.nl/feiten-cijfers/fact/kosten-verkeersongevallen-hoeveel-kosten-verkeersongevallen-de-maatschappij>

Figuur 20: Jaarlijkse meerkosten door ongevallen ten gevolge van reverse modal shift (in mln. Euro's)





## 6 Impact robuustheid multimodale netwerk

Aan de hand van scenario's en de impact op het wegennetwerk uit de voorgaande stap wordt in dit hoofdstuk gekeken naar de impact op de robuustheid van het multimodale netwerk. Hierbij wordt zowel aandacht besteed aan de gevolgen voor de beschikbaarheid van verschillende alternatieven in het multimodale/synchromodale netwerk en de flexibiliteit om deze alternatieven optimaal in te zetten op het moment dat dit nodig is.

### 6.1 Beperking negatieve impact met behulp van technologische ontwikkelingen

Naast lagere kosten en verbeterde verkeersveiligheid als gevolg van connected and automated transport<sup>12</sup>, kan connected and automated transport een bijdrage leveren aan het dempen van de effecten van een reverse modal shift. Toch heeft dit mogelijk ook een negatieve impact op bepaalde aspecten, zoals:

- Extra congestie als gevolg van een toename van de hoeveelheid vrachtverkeer.
- Extra schade aan de infrastructuur doordat vrachtwagens kort achter elkaar in hetzelfde spoor rijden.
- Extra schade aan de infrastructuur doordat vrachtwagens op bruggen kort achter elkaar rijden.

#### *Extra congestie*

Onder de veronderstelling dat het wegvervoer als gevolg van autonoom rijden een 50% kostenreductie bewerkstelligt, treedt er een reverse modal shift op van binnenvaart en spoor naar de weg wanneer de innovatieve ontwikkelingen op de weg sneller gaan dan bij binnenvaart en spoor. Dit extra wegtransport leidt tot extra congestie.

Volledig autonoom rijden biedt bovendien ook meer mogelijkheden voor transport in de nacht omdat geen chauffeur nodig is. Momenteel is nacht-rijden nog duur wanneer er wordt gekeken naar de inzet van chauffeurs. De beschikbare capaciteit van de weg en het voertuig kan bij nacht-rijden beter benut worden. Voor transport in de nacht moet het wel mogelijk zijn dat de lading op knooppunten ontvangen kan worden en dat de lading tevens veilig en betrouwbaar afgehandeld wordt. Dit is mogelijk met een Smart Dolly die momenteel ontwikkeld en getest wordt<sup>13</sup>. Een Smart Dolly is een korte trailer met 2 assen die een andere trailer kan koppelen en verplaatsen met elektrische aandrijving. Een autonome Smart Dolly kan trailers in de nacht in ontvangst nemen en op een veilige locatie plaatsen op een terminal of bij een distributiecentrum. In figuur 21 zijn ter illustratie het VERA concept van Volvo en het Camper concept van TNO opgenomen die nu verder ontwikkeld en getest worden.

---

<sup>12</sup> Value Case Truck Platooning - an early exploration of the value of large-scale deployment of truck platooning, TNO, November 2017

<sup>13</sup> Marcelissen, W. (2019). Test Platform SLAM – Automated guided vehicle – Camper project TNO Helmond. Afstudeerrapport HTS Autotechniek Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.



Figuur 21: Het VERA concept van Volvo (links) en het Camper concept van TNO (rechts)



#### *Extra schade aan infrastructuur door 'in spoor' rijden*

Een mogelijke schadelijk gevolg van truck platooning is dat vrachtwagens kort achter elkaar in hetzelfde spoor rijden en zo de infrastructuur zwaar belasten. Dit is reeds onderkend en er wordt al gewerkt aan oplossingen. Zo is het mogelijk om truck platoons bewust 'uit spoor' te laten rijden. De ene vrachtwagen rijdt iets meer naar rechts op de weg, de andere vrachtwagen rijdt iets meer naar links op de weg. Hiermee wordt voorkomen dat de vrachtwagens op exact hetzelfde stuk weg rijden en wordt de belasting verdeeld over een groter deel van de weg. Omdat momenteel veel vrachtwagens ook al kort achter elkaar rijden en het 'uit spoor' rijden niet te regelen is, leidt het gestuurd 'uit spoor' rijden bij verschillende niveaus van connected and automated transport mogelijk zelfs tot minder zware belasting van de weg dan nu het geval is.

#### *Extra schade aan infrastructuur door hoge belasting van bruggen*

Indien vrachtwagens kort achter elkaar een brug passeren leidt tot een extra zware belasting van de brug. Om dit te voorkomen wordt ook hier reeds aan oplossingen gewerkt. Door voertuigen met de infrastructuur te laten communiceren weten voertuigen op welke punten een brug gepasseerd wordt. Op die locaties kan de afstand tussen de vrachtwagens vergroot worden. Nadat de brug gepasseerd is wordt de afstand tussen de vrachtwagens vervolgens weer kleiner gemaakt. Hiermee wordt voorkomen dat de belasting van de brug te groot wordt. Overigens is het de verwachting dat de impact van truck platooning op de doorstroming op het wegennet positief is, maar een kwantificering hiervan ontbreekt nog. Of het vergroten van de afstand tussen vrachtwagens bij bruggen lokaal tot extra congestie zal leiden is daarmee niet duidelijk.

#### *Beperking negatieve impact*

Een reverse modal shift kan leiden tot een negatieve impact op congestie en belasting van de infrastructuur. Tegelijkertijd wordt er al aan verschillende technologische innovaties gewerkt die ertoe leiden dat de negatieve impact op deze aspecten wordt beperkt.

## **6.2 Robuustheid van het multimodale/synchromodale netwerk**

Naast de impact van een reverse modal shift op aspecten zoals congestie, verkeersveiligheid en belasting van het wegennet heeft deze reverse modal shift nog een ander effect. Namelijk op de beschikbaarheid van aantrekkelijke alternatieven – waaronder verschillende modaliteiten – binnen het multimodale/synchromodale netwerk die naast elkaar gebruikt kunnen worden.

### *Gebruik van meerdere modaliteiten naast elkaar*

Gedreven vanuit digitalisering, automatisering en duurzaamheid wordt de synchro-modale werkwijze steeds belangrijker. Belangrijke elementen bij deze werkwijze zijn:

- Het creëren en ontwikkelen van alternatieven in het multimodale netwerk (in tijd, in route, in modaliteit, in push/pull systeem, in gebruik netwerk concurrent, ...).
- Het organiseren van de vrijheid om deze alternatieven flexibel (last-minute) in te zetten op basis van goede afstemming tussen verlader en logistiek dienstverlener.
- Het ontwikkelen en toepassen van synchro-modale planningstools op basis van (real-time) informatievoorziening over de alternatieven om transparantie te bieden en optimale keuzes te maken.

Door gebruik te maken van deze werkwijze kan snel ingespeeld worden op allerlei veranderingen die op korte termijn in het logistieke proces spelen en kunnen verschillende vervoersmiddelen optimaal benut worden. Tevens kan bij grootschalige verstoringen relatief eenvoudig gebruik gemaakt worden van andere alternatieven in het netwerk (robustheid van het netwerk). Een belangrijke voorwaarde hierbij is dat er verschillende alternatieven in het netwerk beschikbaar zijn waaronder het gebruik van verschillende modaliteiten en dat de alternatieven aantrekkelijk zijn in termen van transportkosten, betrouwbaarheid, doorlooptijd en/of duurzaamheid.

Tevens zijn er veel partijen die gebruik maken van structureel intermodaal transport. Dit betekent dat er standaard gebruik gemaakt wordt van binnenvaart en/of spoorvervoer en dat hier alleen bij hoge uitzondering van afgeweken wordt. Voor deze intermodale diensten is het een belangrijke voorwaarde dat er voldoende lading structureel gebundeld kan worden om de beladingsgraad van binnenvaartschepen en/of treinen zo hoog mogelijk te krijgen.

Mede vanwege het toenemend belang duurzaamheid is er veel aandacht voor initiatieven waarbij lading verschoven wordt van weg naar spoor en/of binnenvaart. Het Lean & Green Off-Road programma van Connekt is hier bijvoorbeeld op gericht. Ook heeft het Havenbedrijf Rotterdam vanuit een duurzaamheidsperspectief met verschillende deep sea terminals afspraken gemaakt over een te behalen modal-split voor de aan- en afvoer van containers waarbij de beoogde aandelen van binnenvaart en spoor aanzienlijk hoger zijn dan momenteel het geval is.

### *Impact van reverse modal shift op alternatieven binnen het multimodale/synchro-modale netwerk*

Uit een analyse van de resultaten van de scenario's die in dit project zijn doorgerekend blijkt de impact op verschillende specifieke herkomst-bestemmingsrelaties aanzienlijk. Voorbeelden hiervan zijn:

- Stroom tussen Rotterdam en Noord-Limburg in het 2040 hoog scenario waarbij het vervoer over de weg sterk toeneemt (+582% voor containers over de weg en +222% voor het totale vervoer over de weg) en het containervervoer via spoor (-100%) en binnenvaart (-67%) zeer sterk afneemt.
- Stroom tussen IJmond en Rotterdam in het 2040 hoog scenario waarbij het vervoer over de weg sterk toeneemt (+622% voor containers over de weg en +164% voor het totale vervoer over de weg) en het containervervoer via de binnenvaart (-72%) zeer sterk afneemt.

Deze zeer sterke ontwikkelingen zijn deels een overschatting door de toegepaste methode waarbij op basis van een vergelijking van globale kosten tussen modaliteiten



besloten wordt of de gehele transportstroom naar een andere modaliteit verschuift. In de praktijk spelen ook andere factoren een rol waardoor de verschuiving op deze herkomst-bestemmingsrelaties wat kleiner zal zijn. Ondanks deze kanttekening laten de resultaten goed zien wat de impact kan zijn van een reverse modal shift. Op enkele relaties verdwijnen modaliteiten in zijn geheel (zoals tussen Rotterdam en Noord-Limburg voor het spoor) of neemt het volume drastisch af (zoals tussen IJmond en Rotterdam voor de binnenvaart).

Vanuit het belang van de beschikbaarheid van verschillende aantrekkelijke alternatieven zoals hiervoor beschreven die naast elkaar gebruikt kunnen worden is dit een negatief effect: alternatieven verdwijnen of worden aanzienlijk minder aantrekkelijk. Bij alternatieven waarbij een groot deel van het volume verschuift is het nadelige effect groter. Voor spoor en binnenvaart is bundeling van lading noodzakelijk voor een goede beladingsgraad van vervoersmiddelen en een minimale frequentie. Als het volume sterk afneemt wordt het moeilijker een goede beladingsgraad en een goede frequentie te realiseren waardoor de transportkosten naar verwachting zullen toenemen wat mogelijk tot een nog verdere afname zal leiden.

Voor de synchronodale werkwijze waarbij alternatieven in het netwerk flexibel en optimaal benut worden, de robuustheid van het netwerk om goed om te kunnen gaan met grote verstoringen en de inzet van spoor en binnenvaart om duurzaamheidsdoelen te behalen heeft een reverse modal shift een negatieve impact.



## 7 Conclusies en aanbevelingen

Dit hoofdstuk bevat de conclusies en aanbevelingen uit dit onderzoek naar reverse modal shift. Op hoofdlijnen volgt uit de analyse dat de impact van de reverse modal shift op onderhoud, congestie en verkeersveiligheid beperkt is. Hierna wordt dieper ingegaan op achtereenvolgens de stromen, de impact op onderhoud, congestie en verkeersveiligheid, de impact op de robuustheid van het netwerk en de invloed van technologische ontwikkelingen. Ten slotte doen wij een viertal aanbevelingen.

### 7.1 Stromen

De drukte op het wegennet neemt in de situatie zonder reverse modal shift toe. In de autonome situatie wordt er in 2040 over de weg van en naar Rotterdam 40 tot 49 miljoen ton vervoerd, afhankelijk van het hoge of lage scenario. Dat is 2 tot 11 miljoen meer dan in 2014. Wanneer hier reverse modal shift stromen bij komen, kan het volume van containervervoer over de weg tot meer dan twee keer zo hoog worden als in de situatie zonder modal shift. Dit betekent dat er in 2040 bij 70% reverse modal shift 95 tot 99 miljoen ton aan gecontaineriseerde goederen over de weg van en naar de Rotterdamse haven vervoerd wordt. Een reverse modal shift zorgt voor een snellere groei van het containervervoer over de weg: bij 30% reverse modal shift in 2030, is het vervoerd volume even hoog als de autonome situatie in 2040.

De toename in vervoerd volume over de weg is niet gelijkmatig verdeeld over het wegennet. De toename van het vervoer is het sterkst van en naar de Maasvlakte. In 2040 (70% reverse modal shift) komen hier voor beide richtingen per etmaal zo'n 3000 tot 3500 vrachtvoertuigbewegingen bij. Er is een duidelijke toename te zien in Oost-West richting (en West-Oost) zoals op de A15 en de A67. Door de toename in wegvervoer nemen de I/C-verhoudingen door reverse modal shift lokaal toe. Over het algemeen zorgt de toename in I/C-verhoudingen niet voor extra problemen op het wegennet in vergelijking met autonome situatie, die overigens al druk is. De impact van congestie in de standaard WLO scenario's en de mogelijke rem hiervan op een reverse modal shift is in dit project niet onderzocht.

Lokaal ontstaat er wel meer (kans op) filevorming tijdens de spits. Dit is vooral zichtbaar op de wegvakken tussen de Maasvlakte en de ring van Rotterdam. De I/C verhoudingen worden hier echter niet heel hoog. Slechts op enkele plaatsen lijkt een reverse modal shift tot meetbare extra congestie te leiden. Deze extra congestie is in het algemeen zeer beperkt. Hiermee kan geconcludeerd worden dat de extra congestie als gevolg van een reverse modal shift geen of een zeer beperkte extra rem op een reverse modal shift zal zijn: bij toenemende reverse modal shift nemen de problemen op de weg slechts zeer beperkt toe. Verderop neemt het effect van de reverse modal shift vrij snel af doordat de stromen zich verder verdelen over het wegennet. Ook buiten de spits, in de restdag zijn de effecten van een reverse modal shift kleiner.

### 7.2 Impact op het wegennet

#### *Beheer en onderhoud*

Extra verkeer leidt per definitie tot hogere beheer- en onderhoudskosten. Een deel van deze kosten is direct afhankelijk van het gebruik. De overige kosten hangen samen met bijvoorbeeld het weer en de aanlegkwaliteit. De reverse modal shift heeft een beperkt effect op de totale beheer- en onderhoudskosten. De extra kosten variëren van ongeveer een half miljoen euro per jaar (in het lage scenario in 2030) tot aan bijna 2



miljoen euro per jaar (in het hoge scenario in 2040). Dit is 0,4% van de totale jaarlijkse beheer- en onderhoudskosten. De wegen waarop de grootste effecten te verwachten zijn, zijn de A67 (vooral op het traject Eindhoven – Venlo) en de A15 (vooral de het traject Maasvlakte – kp Ridderkerk, waarna het effect afneemt in oostelijke richting). Dit zijn de wegen waarop ook de grootste toename van het vrachtverkeer als gevolg van de reverse modal shift te verwachten is. Het gaat hier om een ruwe schatting. Meer onderzoek is vereist om deze schatting te verbeteren.

#### *Congestie en verkeersveiligheid*

Ook congestiekosten en maatschappelijke kosten van verkeersongevallen zullen stijgen als gevolg van extra drukte.

De extra kosten ten gevolge van congestie zijn beperkt, maar moeten bezien worden tegen de achtergrond van de dan bestaande drukte op het netwerk. De jaarlijkse meerkosten ten gevolge van extra congestie door reverse modal shift bedragen maximaal circa 11 miljoen euro per jaar. Het gaat hier echter om een conservatieve schatting. Vooral in het scenario 2040 Hoog zal namelijk door de drukte een deel van het personenverkeer gaan uitwijken naar het onderliggend wegennet en daar ook voor congestie zorgen. De focus lag in deze studie op de effecten op het hoofdwegennet. De effecten voor het onderliggend wegennet zijn hierbij niet in kaart gebracht. Vooralsnog lijkt reverse modal shift echter niet te worden afgeremd door toegenomen congestie op het wegennet: bij steeds groter wordende aandelen reverse modal shift nemen de problemen op de weg slechts beperkt toe. Vooral buiten de spits zijn de effecten gering. Door verschuiving van vrachtvervoer naar buiten de spits kan de toegenomen congestie worden beperkt.

Door reverse modal shift zullen jaarlijks maximaal 0,2 doden en 2 zwaar gewonden vallen ten opzichte van de autonome situatie zonder reverse modal shift. Dit is een beperkte toename in vergelijking met het jaarlijks aantal slachtoffers op het hoofdwegennet. De maatschappelijke kosten door extra ongevallen veroorzaakt door reverse modal shift bedragen maximaal 1 miljoen euro per jaar.

### **7.3 Impact op robuustheid netwerk**

Om meerdere redenen is de beschikbaarheid van aantrekkelijke alternatieven (waaronder verschillende modaliteiten) binnen het multimodale en synchromodale netwerk van groot belang. Bijvoorbeeld voor de inzet van structureel intermodaal transport waarbij de goederen in grotere volumes op duurzame wijze via spoor en binnenvaart vervoerd worden. Maar ook voor synchromodale concepten waarbij flexibel ingespeeld wordt op de dynamiek in de logistieke keten, waarbij de verschillende vervoerswijzen naast elkaar gebruikt worden. Beschikbare assets worden zo optimaal benut en het netwerk wordt robuuster. Grote verstoringen in een modaliteit kunnen beter worden opgevangen door een of meer beschikbare alternatieven in het netwerk.

Een reverse modal shift treedt op wanneer de kosten van het wegvervoer sterk omlaag gaan en/of de flexibiliteit van het wegvervoer groter wordt. Als gevolg hiervan verschuift lading van binnenvaart en spoor naar de weg en worden de binnenvaart en spoor alternatieven minder aantrekkelijk. Niet alleen in termen van kosten en flexibiliteit, maar ook doordat er minder lading gebundeld kan worden, er minder diensten mogelijk zijn op bepaalde relaties en de frequentie zal afnemen. Voor de inzet van duurzame en flexibele alternatieven in een robuust multimodaal/synchromodaal netwerk heeft een reverse modal shift een sterk negatieve invloed. Netwerken raken daardoor versnipperd. Vanuit een netwerkgedachte betekent dit dat de volumes zullen afnemen.

Op systeemniveau geldt dat als door automatisering en vergroening het wegtransport voor verladers een gelijke of lagere prijs oplevert, en de uitstoot per container voldoende daalt, de argumenten verminderen voor verladers om binnenvaart/spoor te blijven gebruiken. Het tempo van automatisering en vergroening voor de binnenvaart en het spoor dient dusdanig te zijn dat deze argumenten gehandhaafd blijven. Voor binnenvaart en spoor geldt echter nu reeds dat kasstromen veelal ontbreken om te innoveren en te vergroenen. Een reverse modal shift kan de positieve kasstromen verder doen verminderen waardoor het proces van reverse modal shift verder wordt versterkt.

#### **7.4 Invloed technologische ontwikkelingen**

Een reverse modal shift leidt door de verschuiving van containers per spoor en binnenvaart naar de weg tot meer congestie op het wegennet. Momenteel wordt er aan technologische ontwikkelingen gewerkt zoals truck platooning en hogere levels van autonoom rijden waardoor de capaciteit van een wegvak naar verwachting toeneemt en de impact op congestie afneemt (meer voertuigen kunnen tegelijkertijd op een km asfalt rijden). Ook 's nachts rijden wordt met bijvoorbeeld autonoom rijden en een smart dolly concept voor afhandeling op het terrein van bedrijven aantrekkelijker waardoor de congestie afneemt. Daarnaast leidt een ontwikkeling als truck platooning tot extra belasting van de infrastructuur door het 'in spoor' rijden en door de korter op elkaar rijdende voertuigen met een grotere momentane belasting van bruggen. Ook hiervoor worden technologische maatregelen ontwikkeld zoals het bewust 'uit-spoor' laten rijden van truck platoons en autonome vrachtwagens (minder schade aan de weg) en het vergroten van de afstand tussen vrachtwagens als deze een brug passeren (minder grote belasting van bruggen).

#### **7.5 Aanbevelingen**

Op basis van de bovenstaande conclusies en de trends en ontwikkelingen in de sector doen wij de volgende aanbevelingen:

- Om modal shift ontwikkelingen goed in beeld te krijgen is het van belang dat er gemonitord wordt. Het periodiek en op een systematische manier verzamelen van ontwikkelingen, zoals transportkosten (in zowel het wegvervoer als het spoorvervoer) en congestie, kan helpen tijdig problemen te signaleren. Bij transportkostenontwikkelingen is het interessant om te kijken in hoeverre de TCO van de binnenvaart afneemt zodra de bemanningsregelgeving aangepast gaat worden, waardoor vooral bij grote containerstromen met minder bemanning gevaren kan worden. Een eerste aanzet tot een hernieuwde bemanningsregelgeving is gegeven in het project TASCs<sup>14</sup>. Invoering wordt niet verwacht voor 2024.
- Daarnaast moet er ook in brede zin gekeken worden naar de binnenvaart en het weg- en spoorvervoer. Hierbij kan gedacht worden aan onderhoud van (vaar)wegen. De toename van de totale onderhoudskosten is weliswaar beperkt, maar voor specifieke kunstwerken kan er sprake zijn van een significante invloed. Een voorbeeld hiervan is de Suurhoffbrug. Deze brug is onderdeel van de A15 en moet in de komende jaren vervangen gaan worden (na eerst de bouw van een tijdelijke brug). Alhoewel er in het kader van deze reverse modal shift studie niet gekeken is naar specifieke bruggen, is het ons advies om in de voorbereidingen voor de bouw van de Suurhoffbrug de bevindingen van dit onderzoek mee te geven.
- Om het innovatieniveau van de binnenvaart en het spoorgoederenvervoer op hetzelfde niveau als dat van wegvervoer te krijgen is een verbetering in de

<sup>14</sup> <https://www.etf-europe.org/resource/tascsc-final-report>



samenwerking tussen partijen binnen te keten van belang. Projecten zoals Smart Shipping dragen hieraan bij, maar meer internationale afstemming (vooral met Vlaanderen) en meer concrete projecten in de verschillende fasen van autonoom rijden moeten opgestart worden om het innovatietempo van de verschillende modaliteiten niet al te veel uit de pas te laten lopen. Hierbij kan gedacht worden aan Europese onderzoeksprojecten in H2020- of Interregverband, de nationale DKTI regeling en mogelijk ook financiering vanuit het CEF<sup>15</sup>. Binnen Nederland is reeds een wettelijk kader aanwezig waarmee demonstratieprojecten op het (hoofd)vaarwegennet mogelijk gemaakt worden.

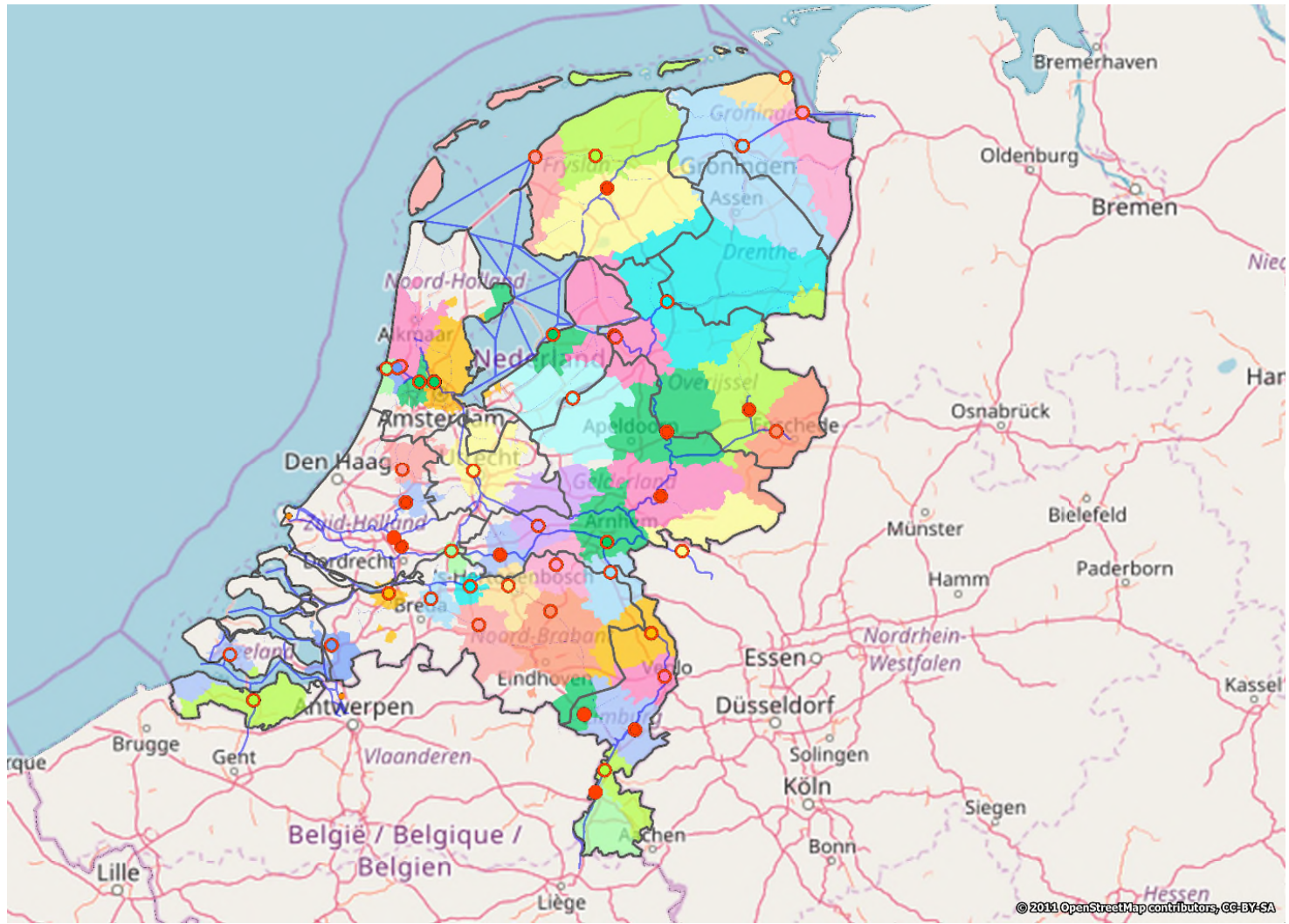
- De huidige druk op de afhandeling van de containerbinnenvaart in Rotterdam, door pieken in volume en planning, is voor de binnenvaart een interne driver die voor modal shift van binnenvaart naar weg kan zorgen. Wanneer deze ontwikkeling aanhoudt of verder doorzet, zal de binnenvaart als modaliteit minder aantrekkelijk worden. Dit leidt uiteindelijk mede tot reverse modal shift. Organisatorische maatregelen ter bevordering van een systemsprong in de containerbinnenvaart kunnen dit tegengaan. Aanbeveling is om projecten waarmee de binnenvaart een systemsprong kan maken nader te onderzoeken. Daarbij denken we aan een systeem waarbij met kleine duwbakken wordt gewerkt en hub-and-spoke systemen zoals de West-Brabant corridor en de North West Central Corridor.

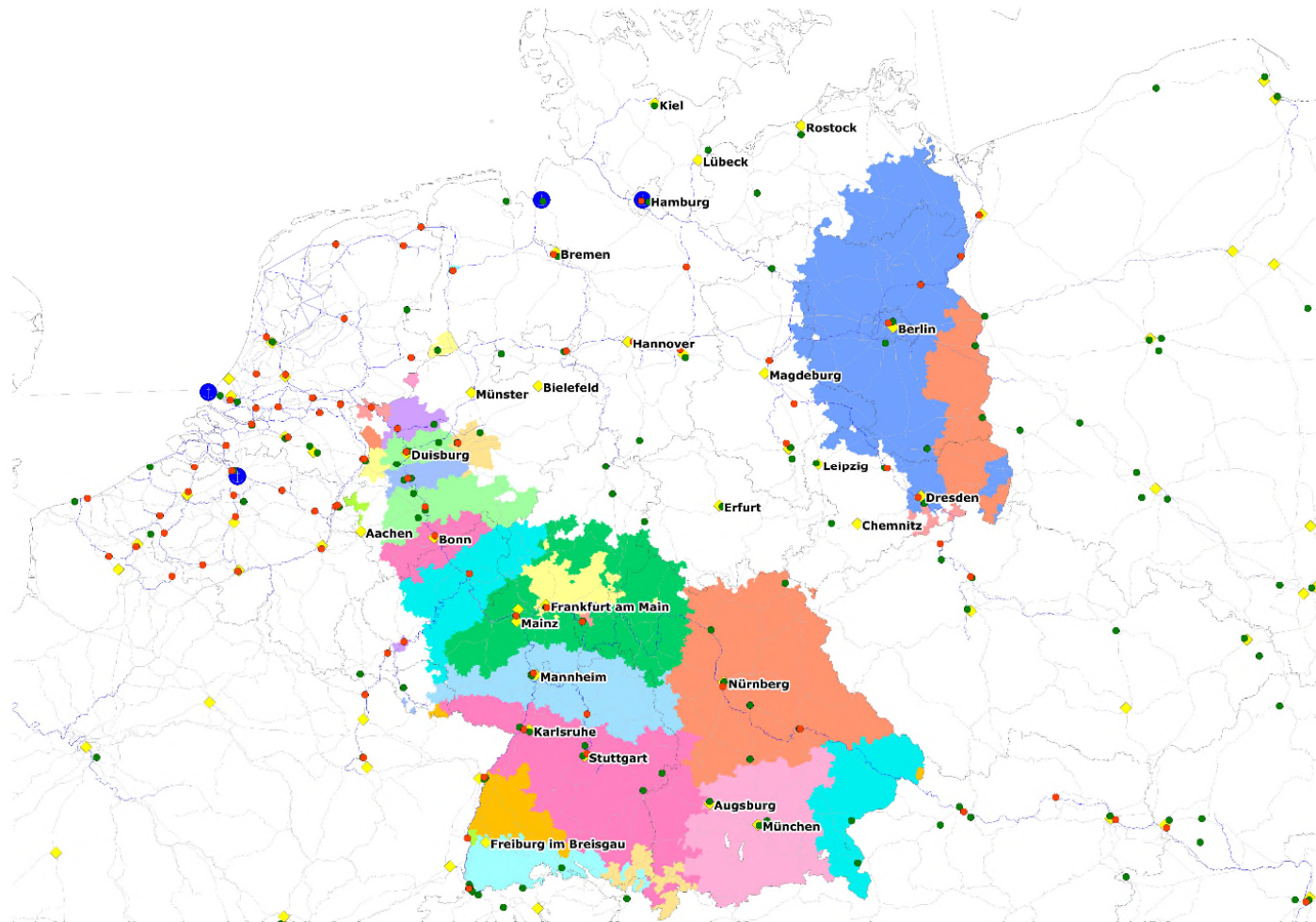
---

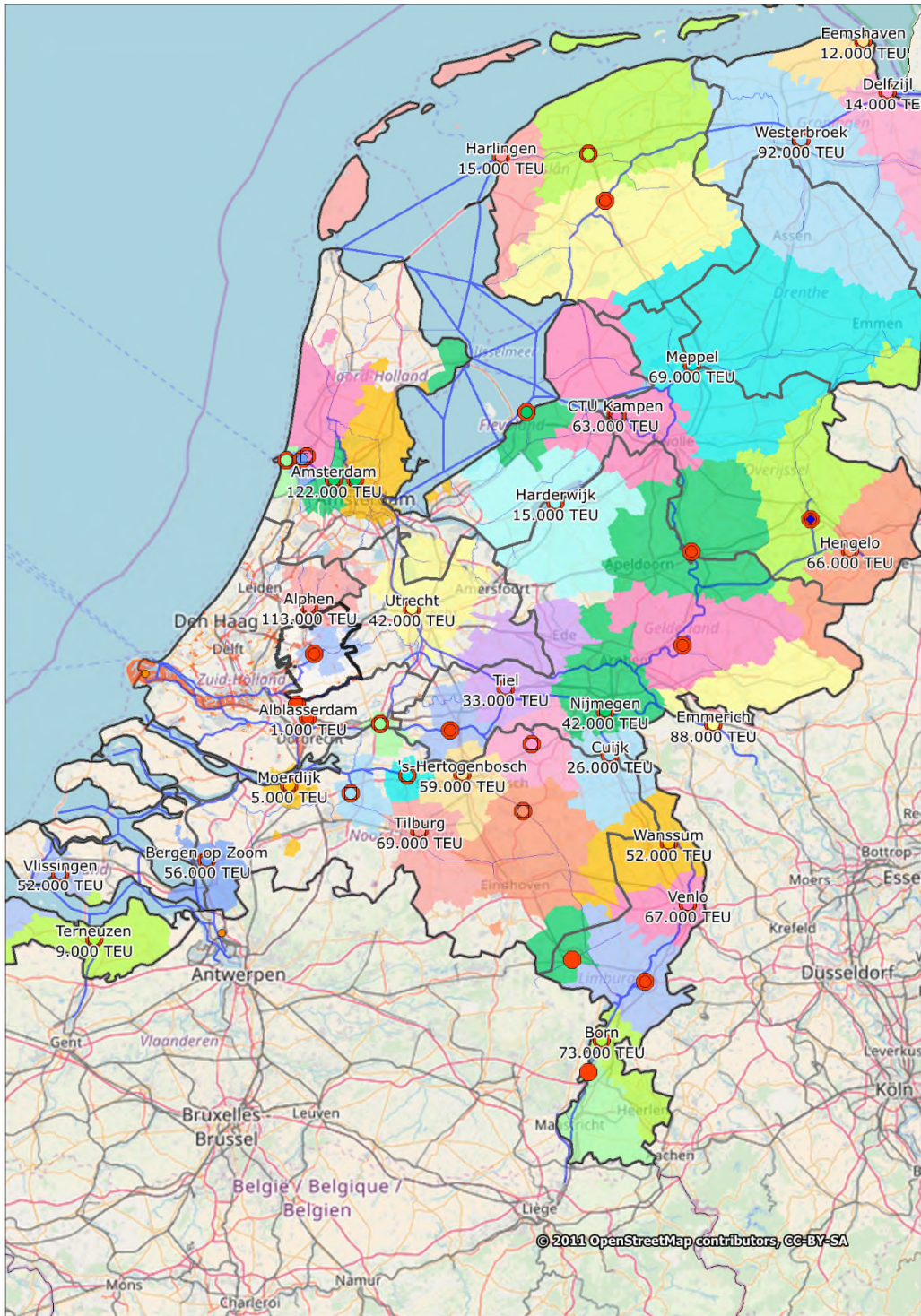
<sup>15</sup> Connecting Europe Facility, <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility>

**Bijlage 1 Container terminals in Nederland en  
Duitsland en het gebied dat zij bedienen**







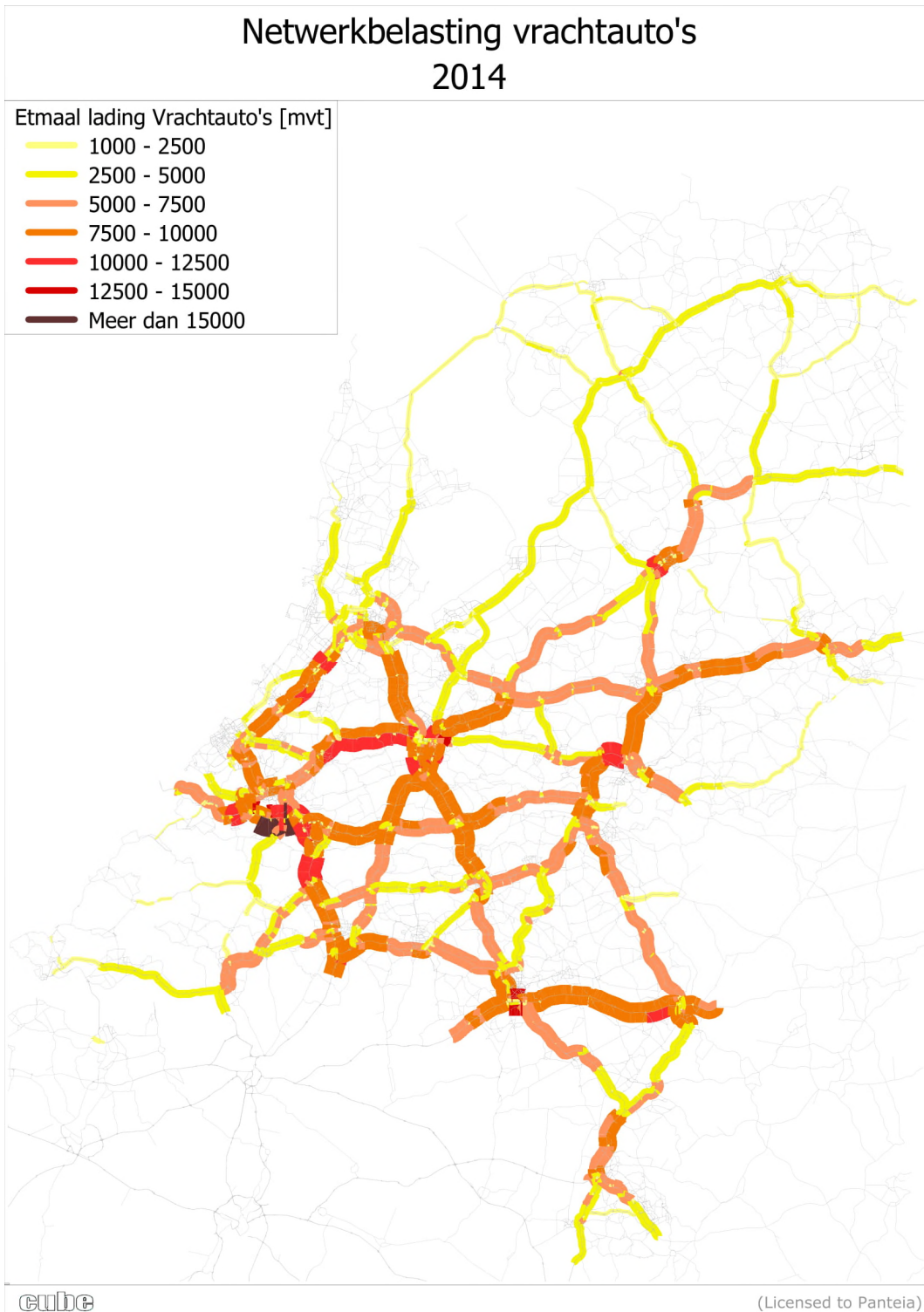




**Bijlage 2    Wegvakken ten behoeve van de analyse van de beheer- en onderhoudskosten**

Nummer	Weg	van	naar
1	A67	Grens België	Eindhoven
2	A67/A2	Eindhoven	Venlo
3	A58	Tilburg	Eindhoven
4	A58	Tilburg	Breda
5	A16	kp Klaverpolder	Grens België
6	A59	Den Bosch	kp Zonzeel
7	A16	kp Klaverpolder	kp Ridderkerk
8	A15	kp Deil	kp Ridderkerk
9	A15	kp Deil	Arnhem
10	A2	kp Deil	kp Ouderijn
11	A12	kp Lunetten	Grens Duitsland
12	A28/A27	kp Lunetten	Meppel
13	A2	Ringweg Amsterdam	kp Ouderijn
14	A12	Gouda	kp Ouderijn
15	A20	Gouda	kp Terbregseplein
16	A16 Ring Rotterdam	kp Ridderkerk	kp Terbregseplein
17	A15 Ring Rotterdam	kp Ridderkerk	kp Benelux
18	A29/A4	kp Vaanplein	Grens België
19	N57	afslag Brielle	Vlissingen
20	A15/N15	afslag Brielle	Maasvlakte
21	A15	afslag Brielle	kp Benelux
22	A20	kp Kethelplein	afslag Maasdijk
23	A4/A20	Kleinpolderplein	kp Benelux
24	A13	Kleinpolderplein	kp Prins Clausplein
25	A4	kp Prins Clausplein	Zoeterwoude Rijndijk
26	A4/A9	Zoeterwoude Rijndijk	Westelijk havengebied Ams
27	A28/A37	Grens Duitsland	Meppel
28	A4	kp Kethelplein	kp Prins Clausplein
29	A20	Kleinpolderplein	kp Terbregseplein
30	A12 Ring Utrecht	kp Oudenrijn	kp Lunetten
31	A2	kp Deil	kp Empel

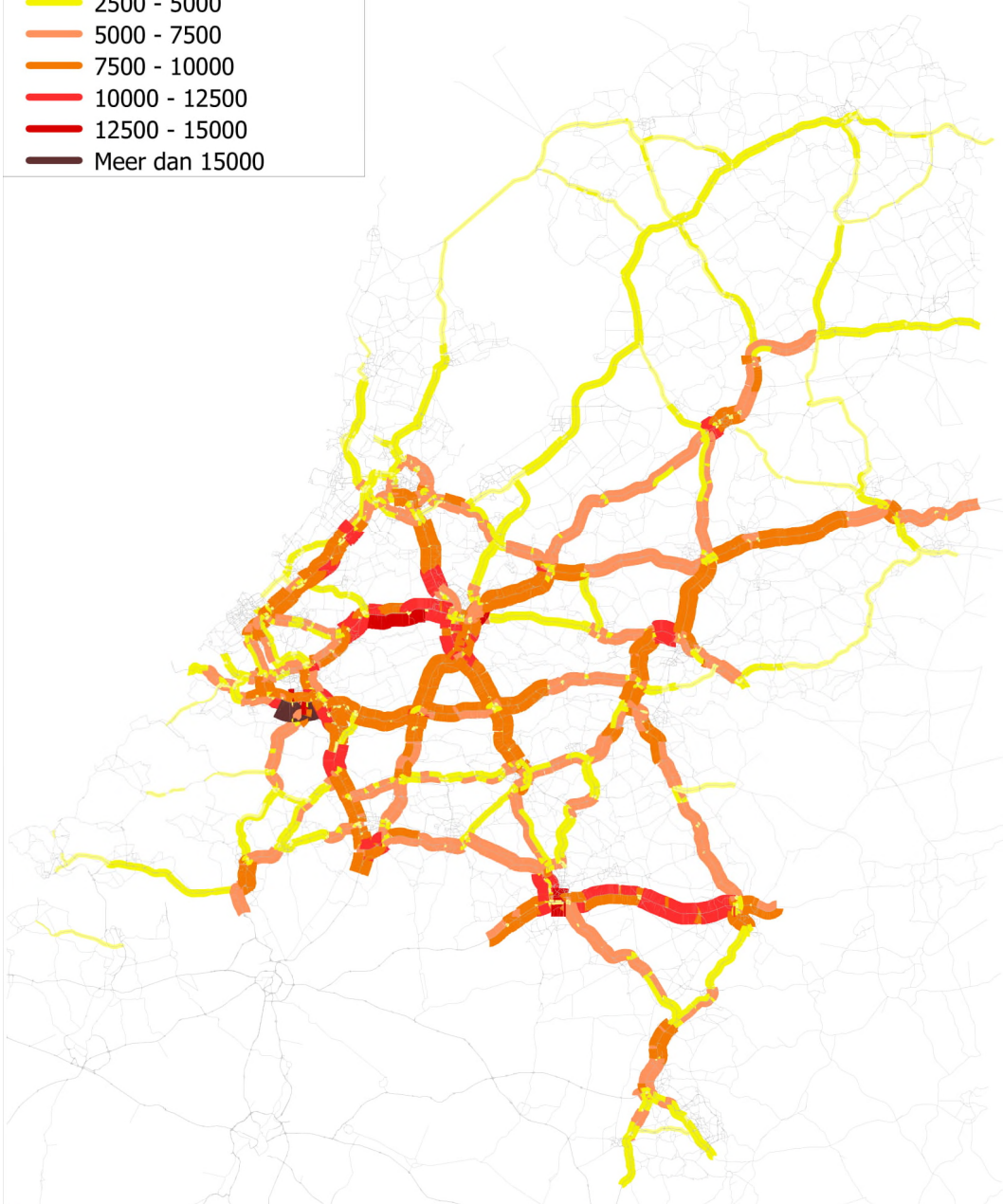




# Netwerkbelasting vrachtauto's 2030 Laag

Etmaal lading Vrachtauto's [mvt]

- 1000 - 2500
- 2500 - 5000
- 5000 - 7500
- 7500 - 10000
- 10000 - 12500
- 12500 - 15000
- Meer dan 15000



cube

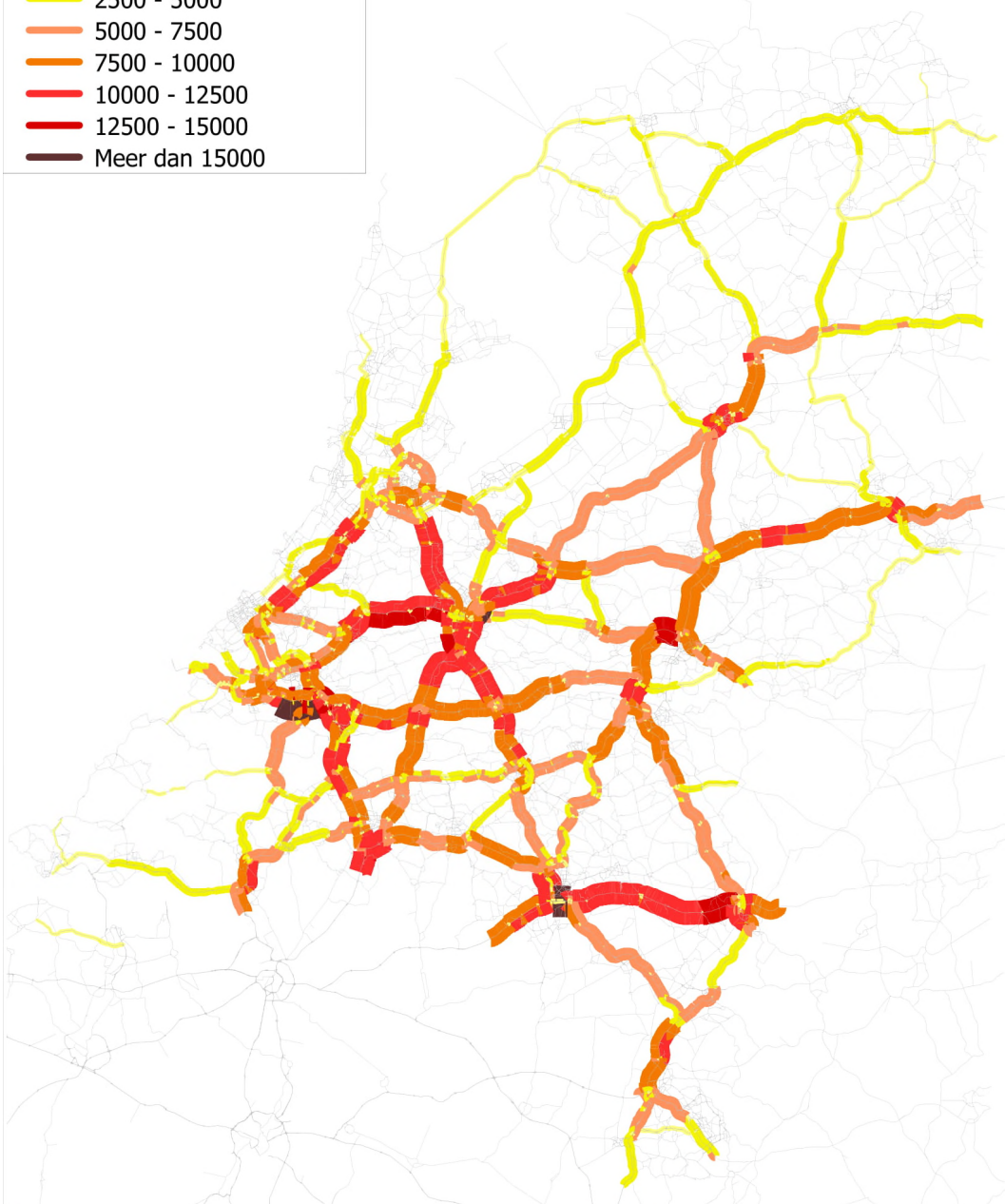
(Licensed to Panteia)



## Netwerkbelasting vrachtauto's 2030 Hoog

Etmaal lading Vrachtauto's [mvt]

- 1000 - 2500
- 2500 - 5000
- 5000 - 7500
- 7500 - 10000
- 10000 - 12500
- 12500 - 15000
- Meer dan 15000



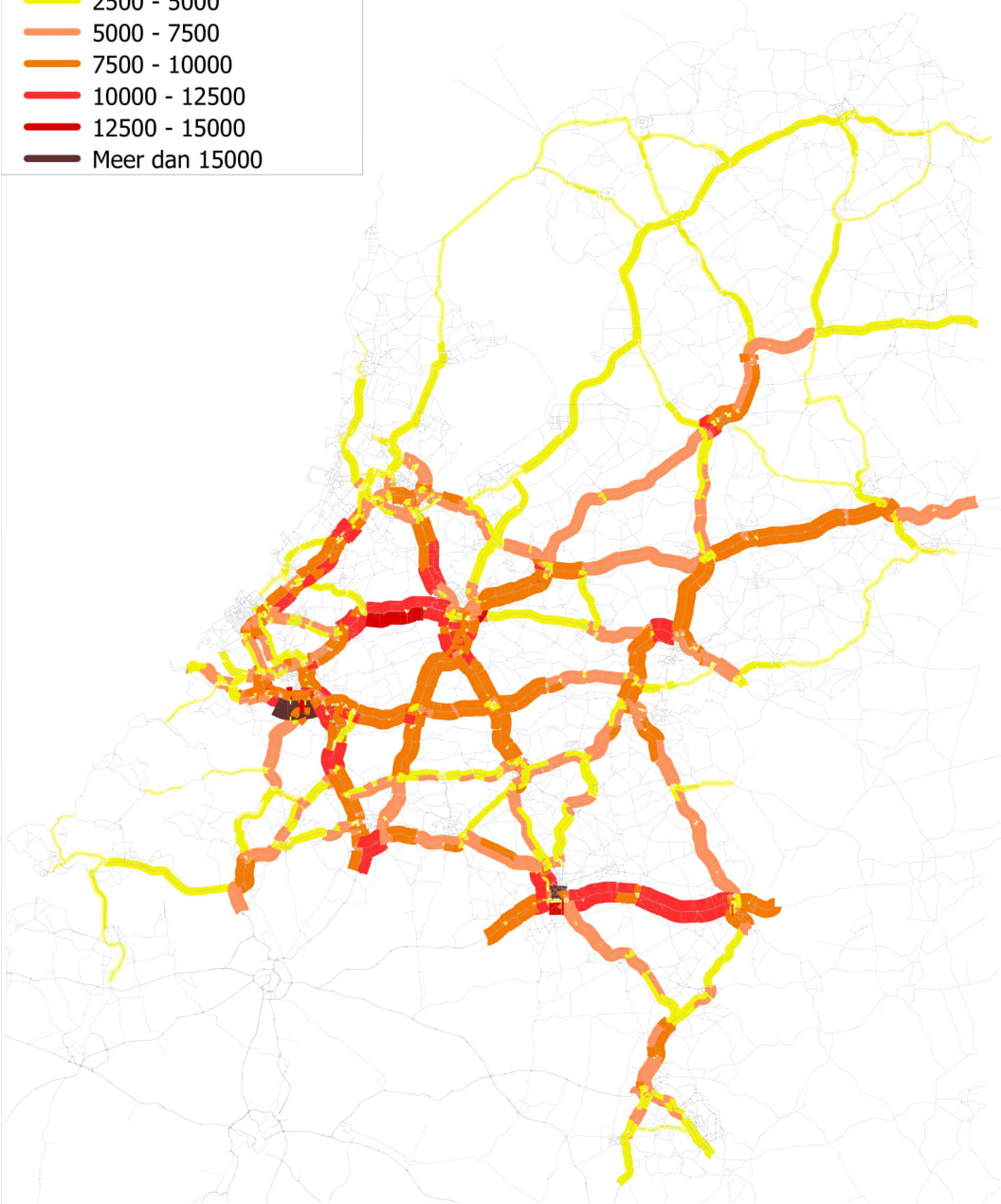
cube

(Licensed to Panteia)

# Netwerkbelasting vrachtauto's 2040 Laag

Etmaal lading Vrachtauto's [mvt]

- 1000 - 2500
- 2500 - 5000
- 5000 - 7500
- 7500 - 10000
- 10000 - 12500
- 12500 - 15000
- Meer dan 15000



cube

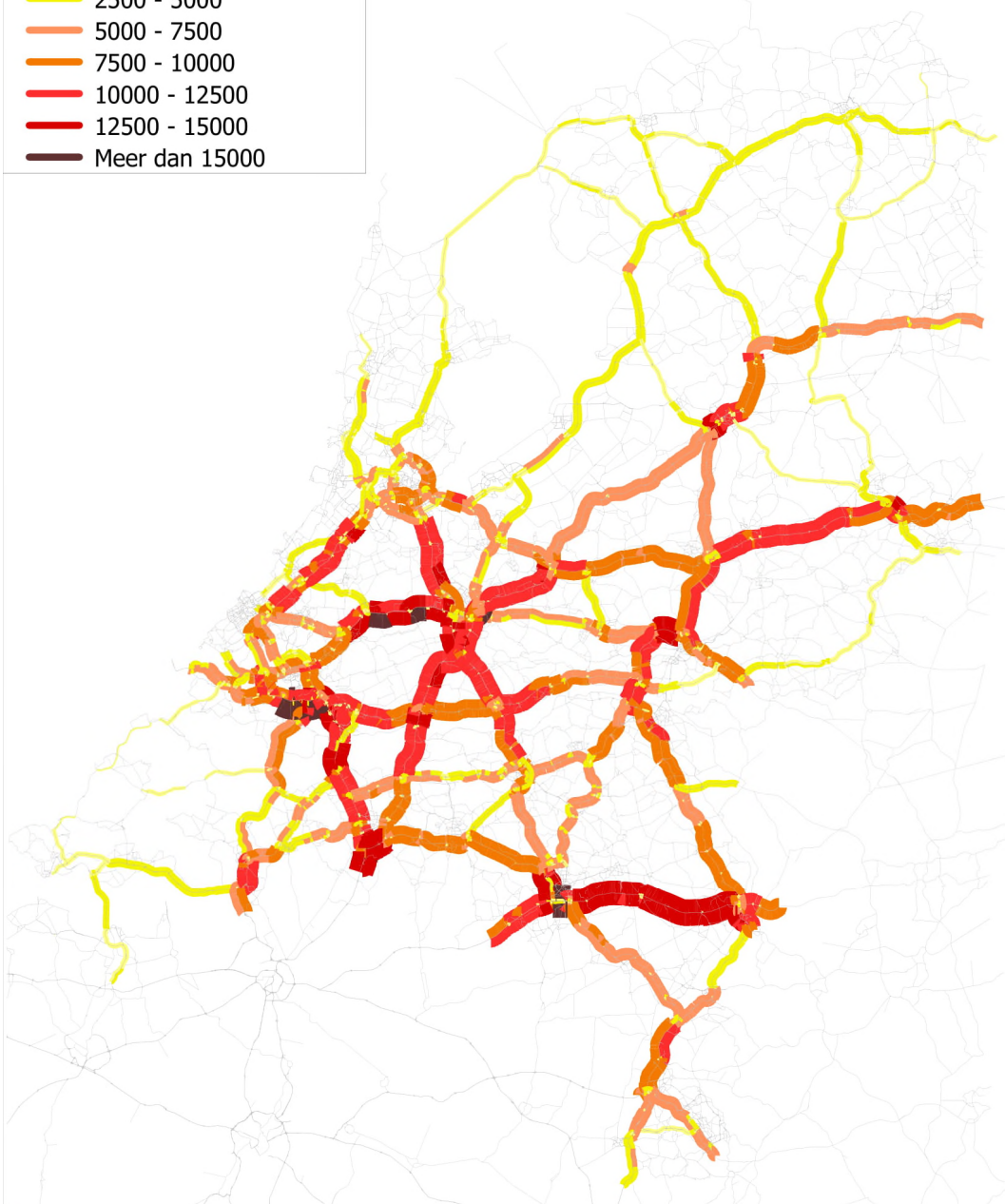
(Licensed to Panteia)



## Netwerkbelasting vrachtauto's 2040 Hoog

Etmaal lading Vrachtauto's [mvt]

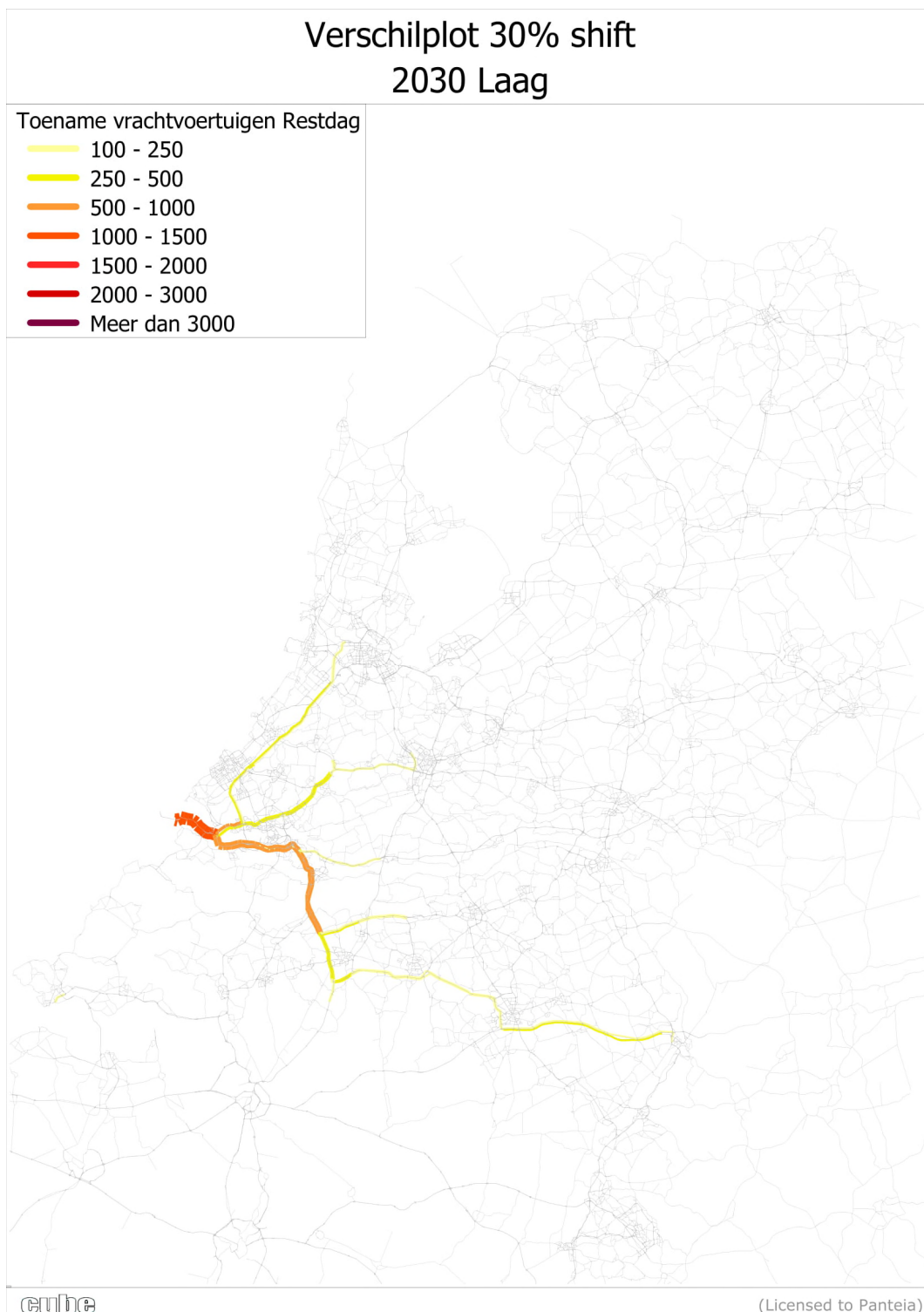
- 1000 - 2500
- 2500 - 5000
- 5000 - 7500
- 7500 - 10000
- 10000 - 12500
- 12500 - 15000
- Meer dan 15000



cube

(Licensed to Panteia)

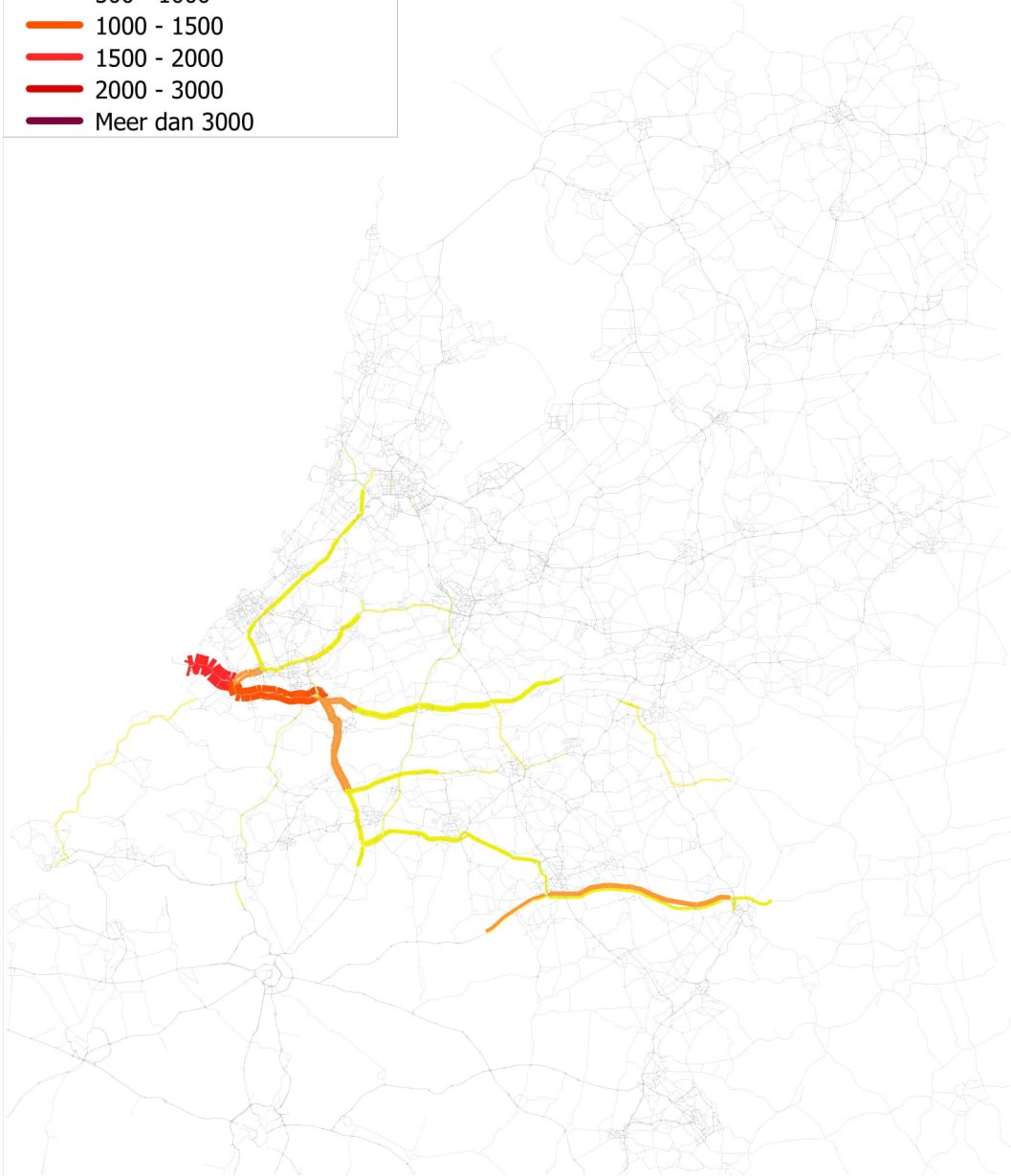
## Bijlage 4 **Verschilplots**



## Verschilplot 50% shift 2030 Laag

Toename vrachtoertuigen Restdag

- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- Meer dan 3000



cube

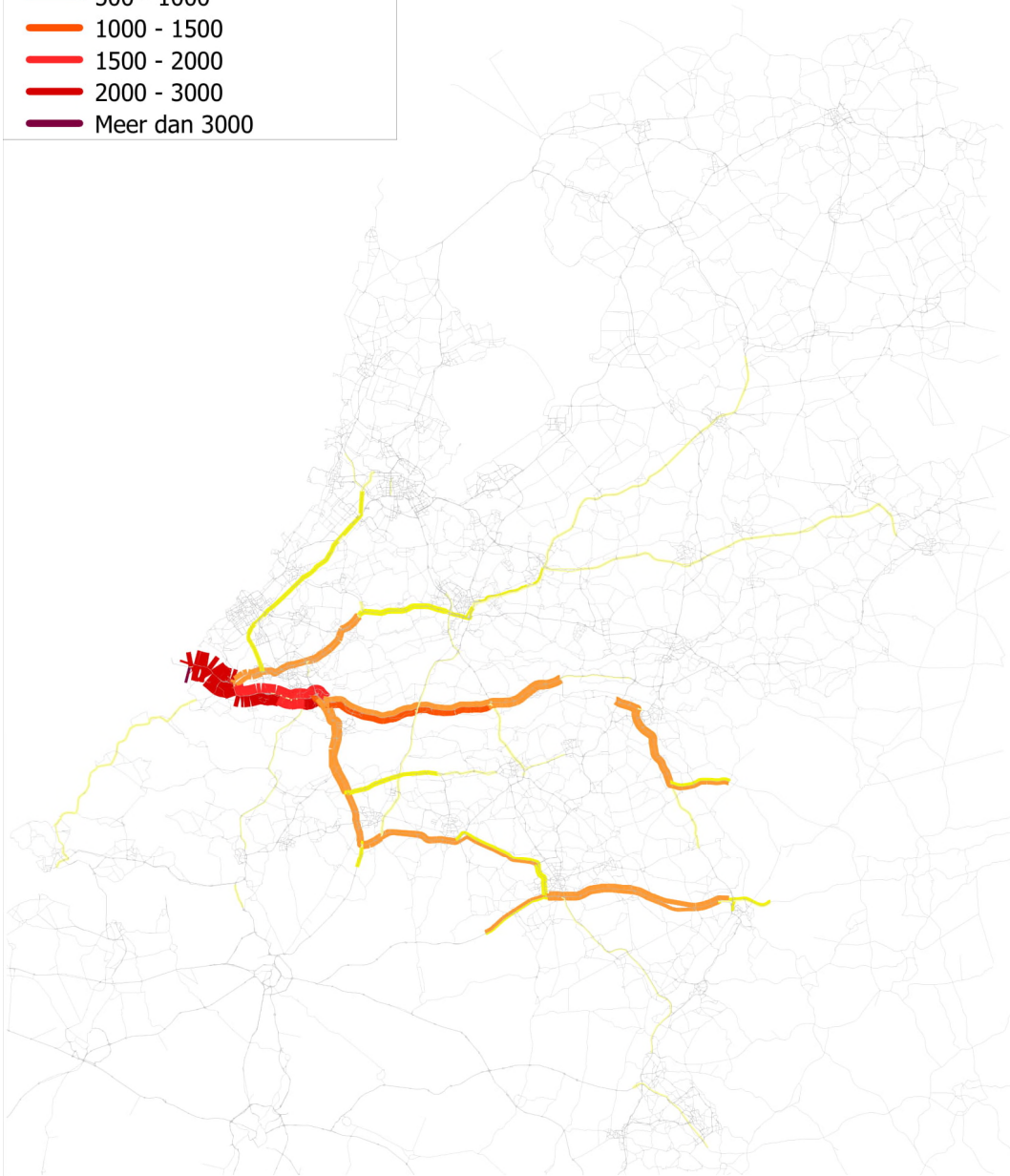
(Licensed to Panteia)



# Verschilplot 70% shift 2030 Laag

Toename vrachtoertuigen Restdag

- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- Meer dan 3000



cube

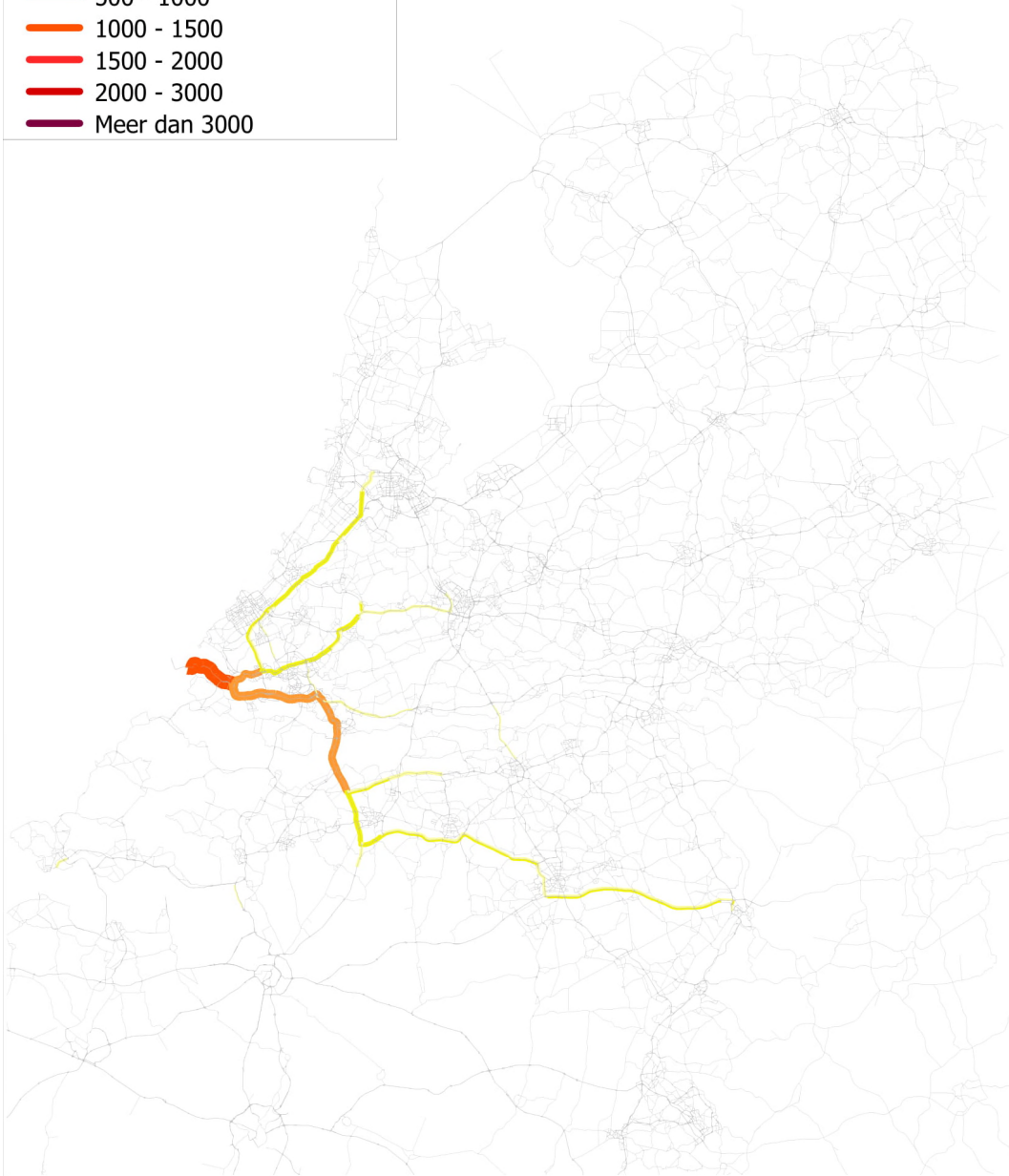
(Licensed to Panteia)



## Verschilplot 30% shift 2030 Hoog

Toename vrachtoertuigen Restdag

- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- Meer dan 3000



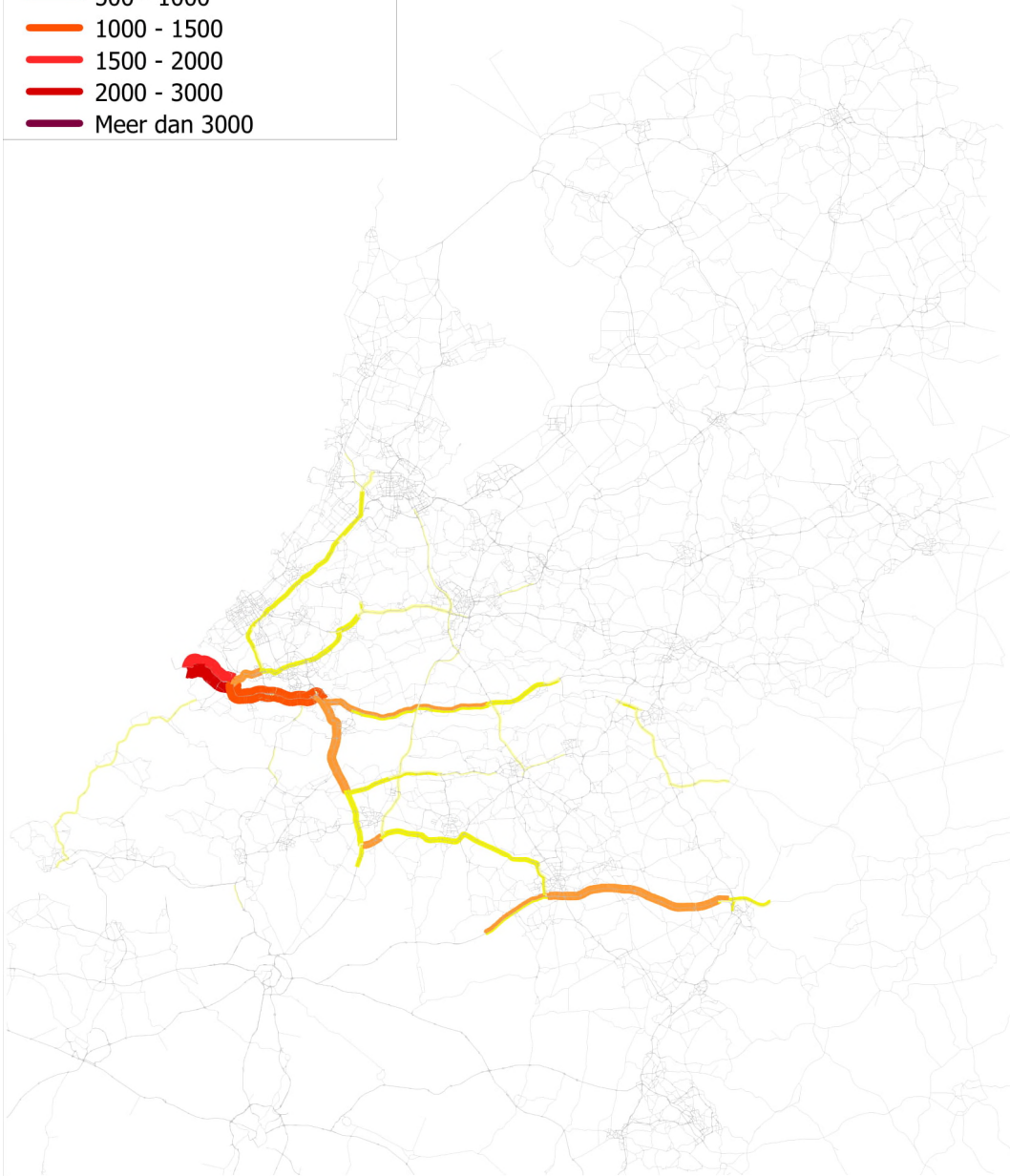
cube

(Licensed to Panteia)

# Verschilplot 50% shift 2030 Hoog

Toename vrachtoertuigen Restdag

- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- Meer dan 3000



cube

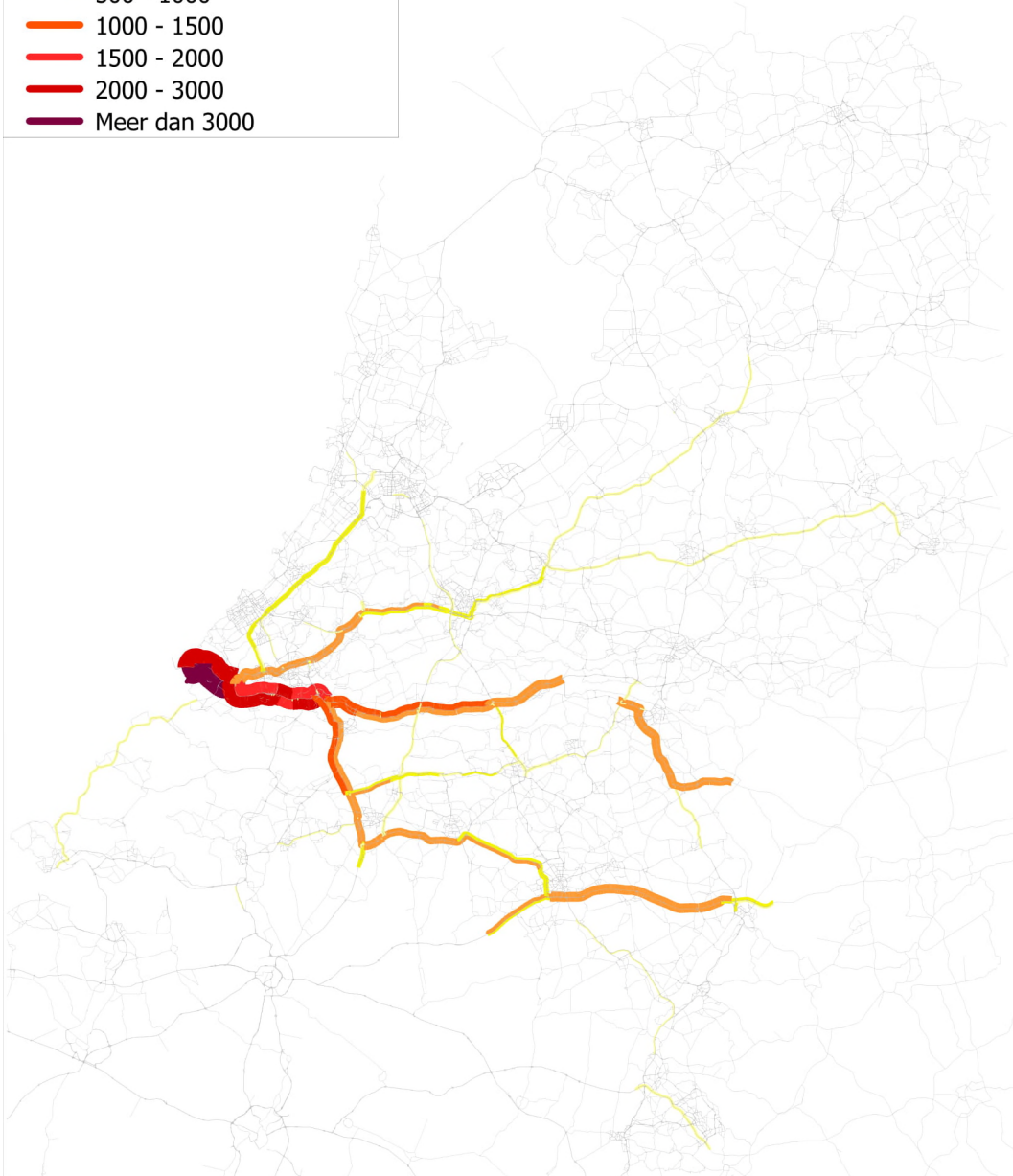
(Licensed to Panteia)



## Verschilplot 70% shift 2030 Hoog

Toename vrachtoertuigen Restdag

- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- Meer dan 3000



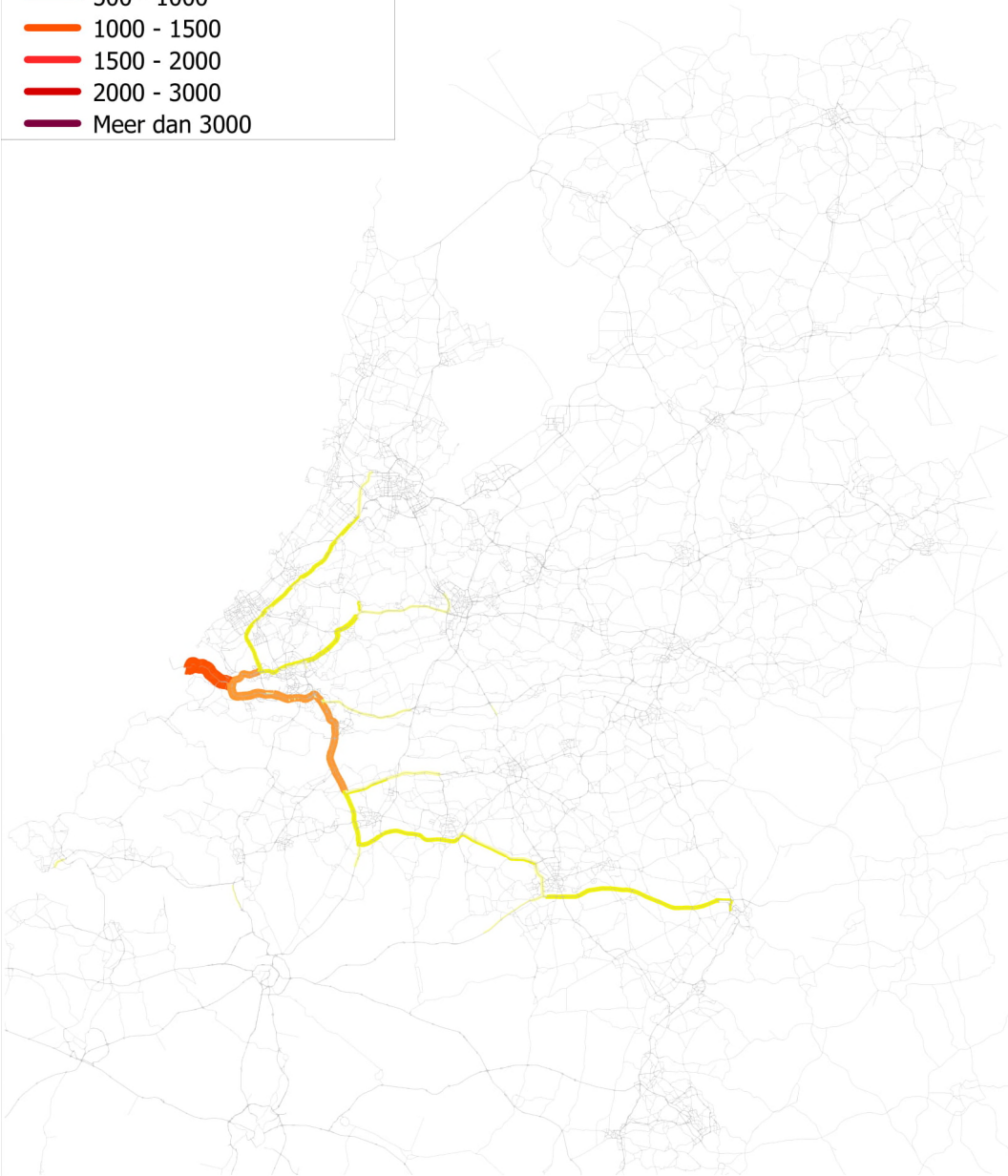
cube

(Licensed to Panteia)

# Verschilplot 30% shift 2040 Laag

Toename vrachtoertuigen Restdag

- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- Meer dan 3000



cube

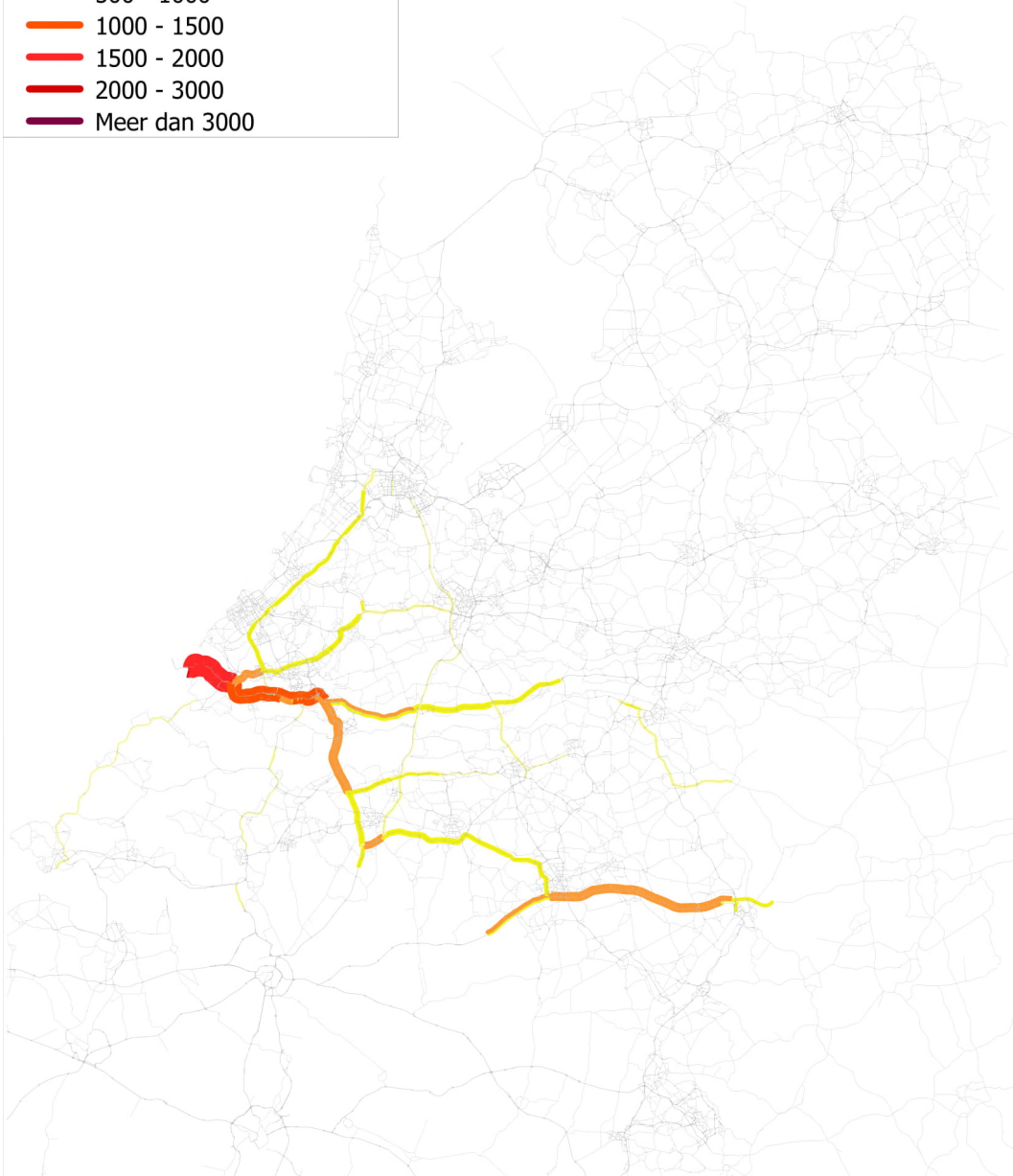
(Licensed to Panteia)



## Verschilplot 50% shift 2040 Laag

Toename vrachtoertuigen Restdag

- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- Meer dan 3000



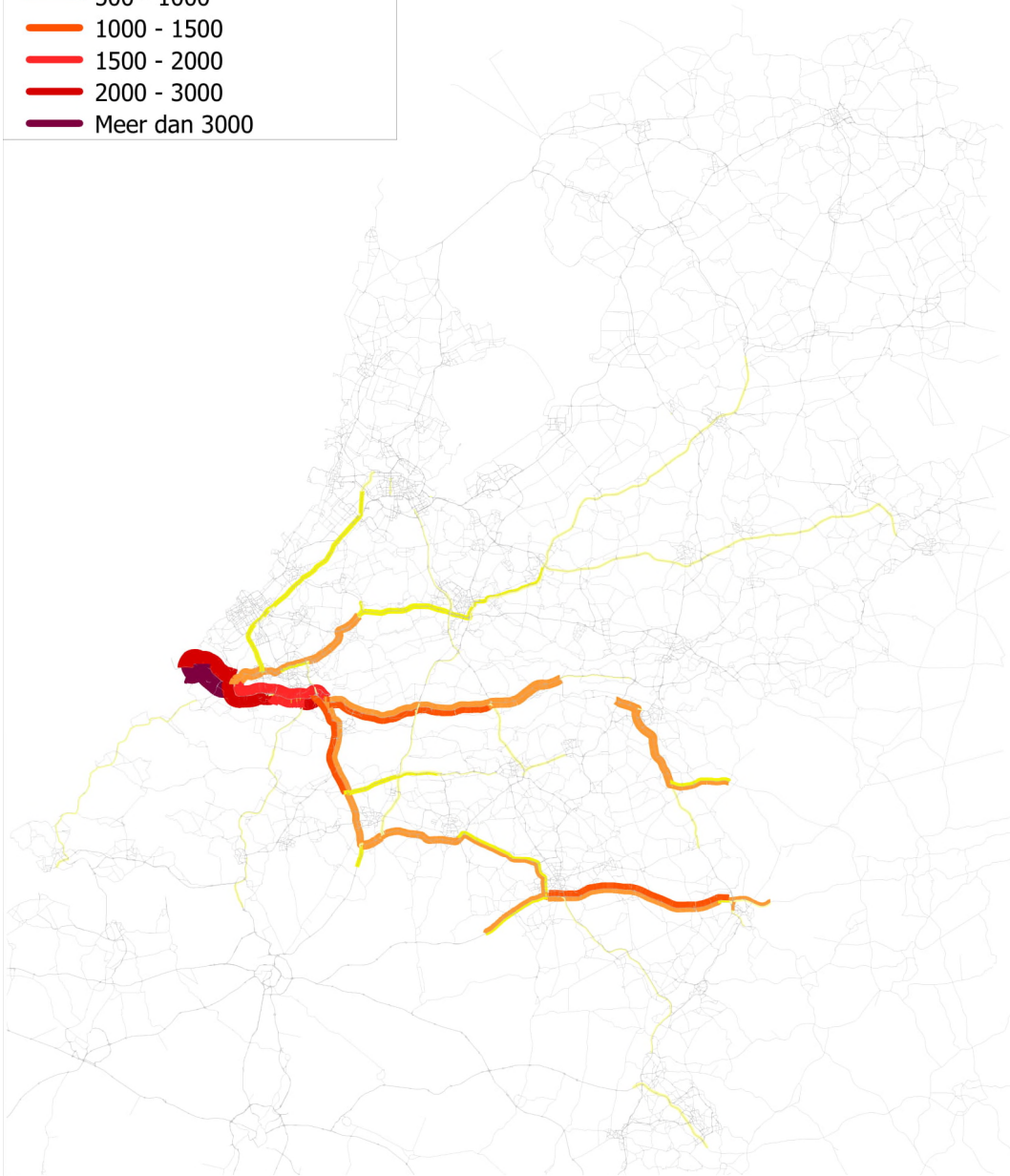
cube

(Licensed to Panteia)

# Verschilplot 70% shift 2040 Laag

Toename vrachtoertuigen Restdag

- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- Meer dan 3000



cube

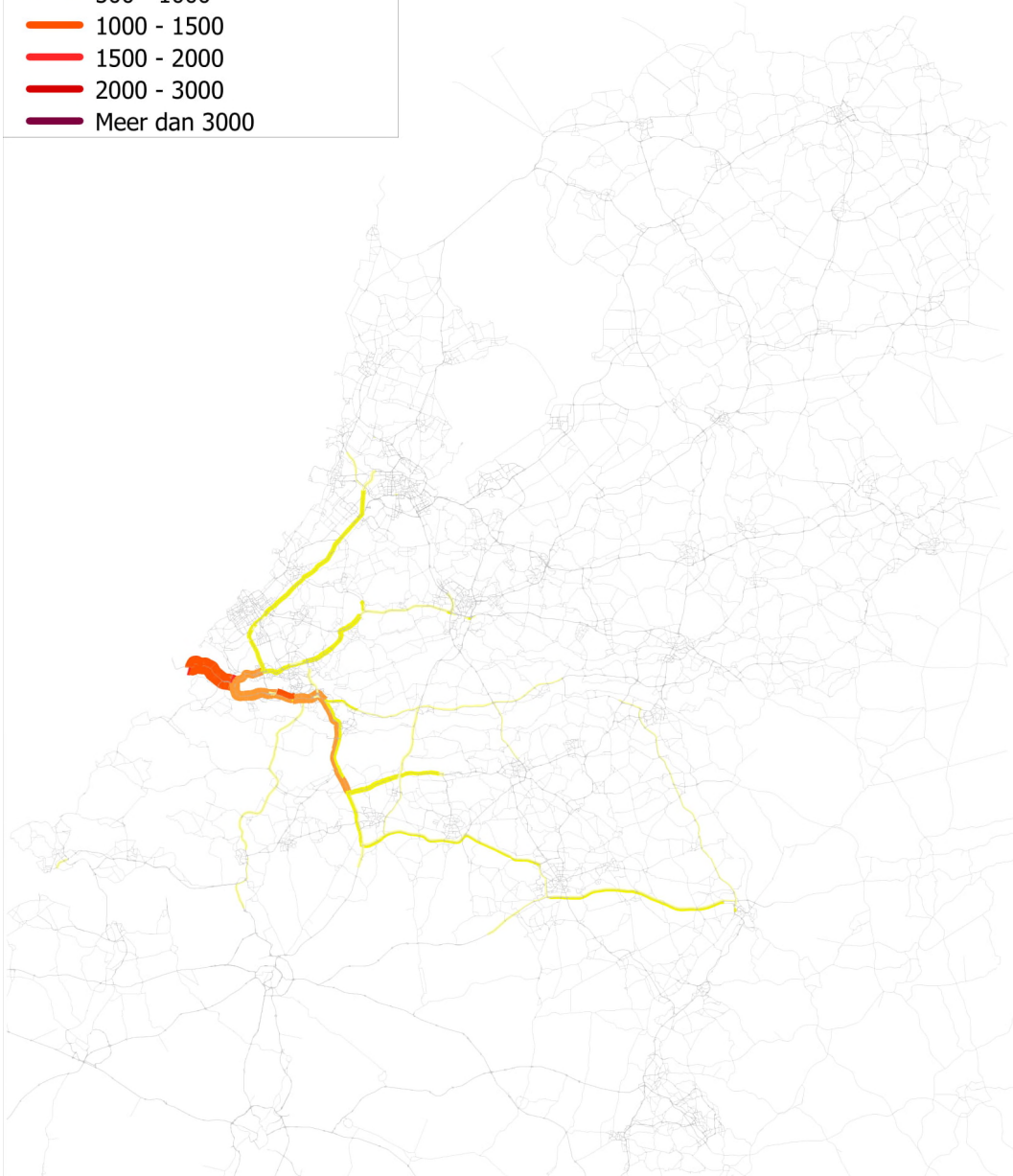
(Licensed to Panteia)



## Verschilplot 30% shift 2040 Hoog

Toename vrachtoertuigen Restdag

- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- Meer dan 3000



cube

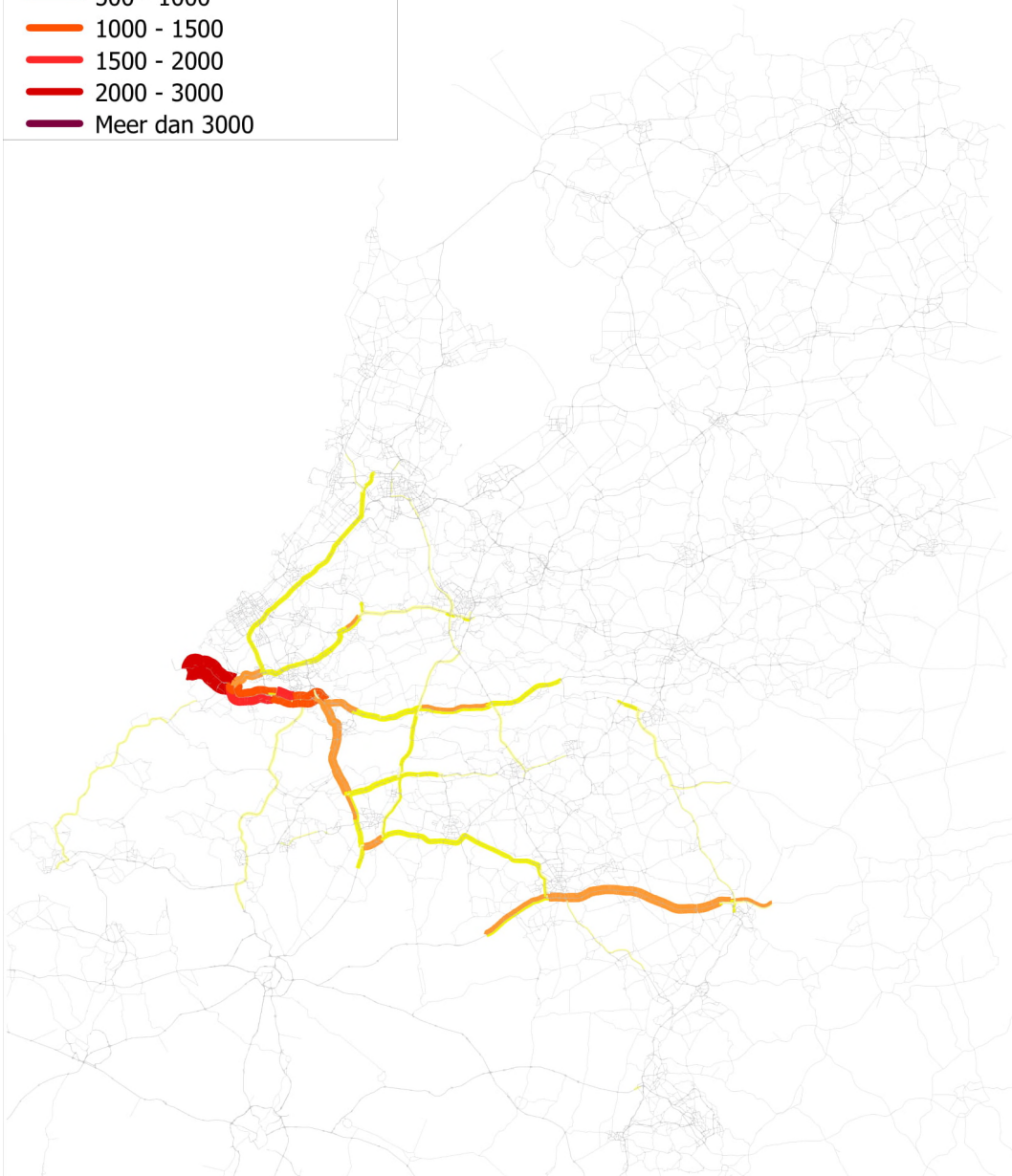
(Licensed to Panteia)



## Verschilplot 50% shift 2040 Hoog

Toename vrachtoertuigen Restdag

- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- Meer dan 3000



cube

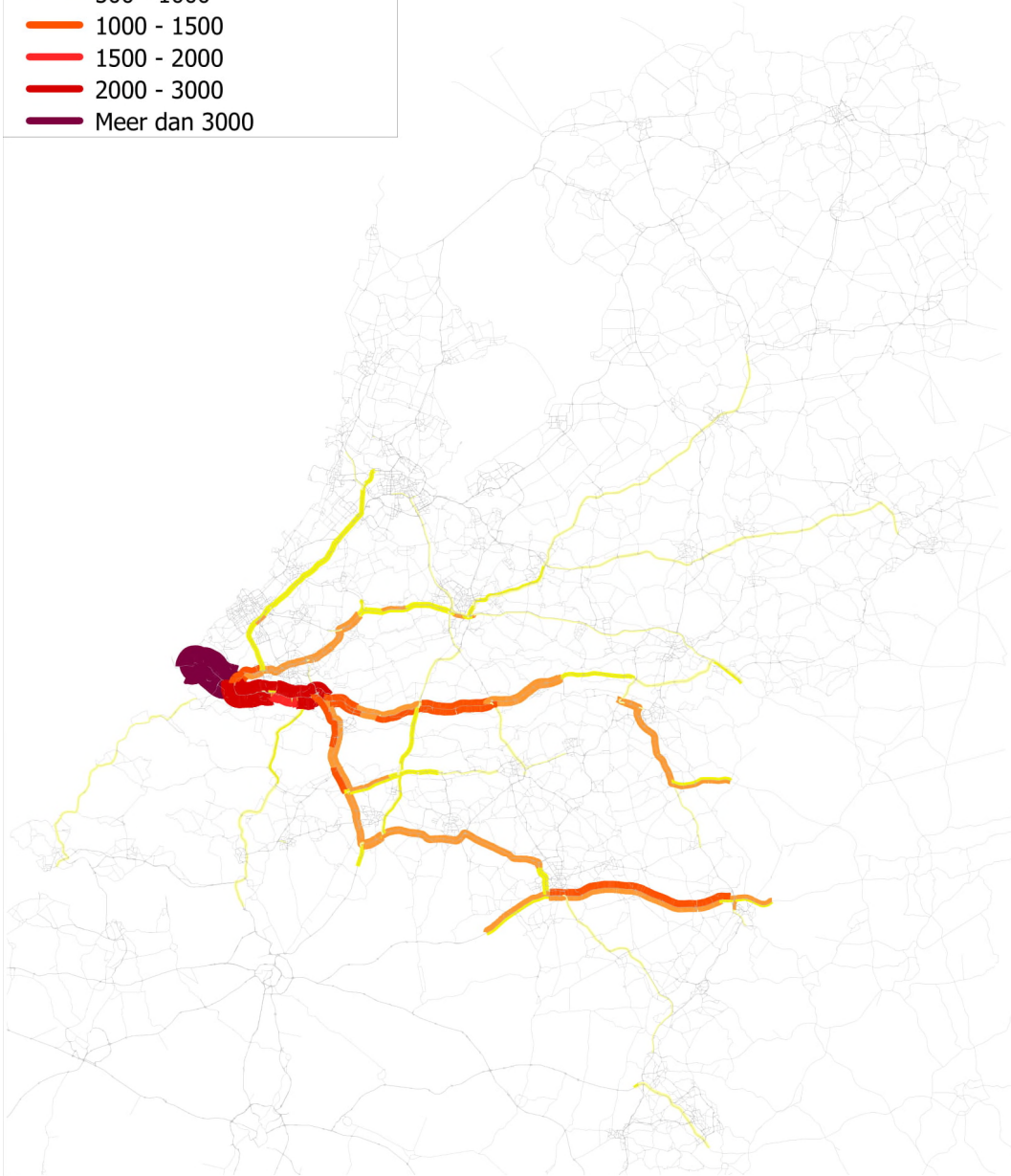
(Licensed to Panteia)



## Verschilplot 70% shift 2040 Hoog

Toename vrachtoertuigen Restdag

- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- Meer dan 3000



cube

(Licensed to Panteia)

## Bijlage 5 **IC-verhoudingen**



2014 IC-verhouding  
Ochtendspits referentie

- Kleiner dan 0.7
- 0.7 - 0.9
- Groter dan 0.9

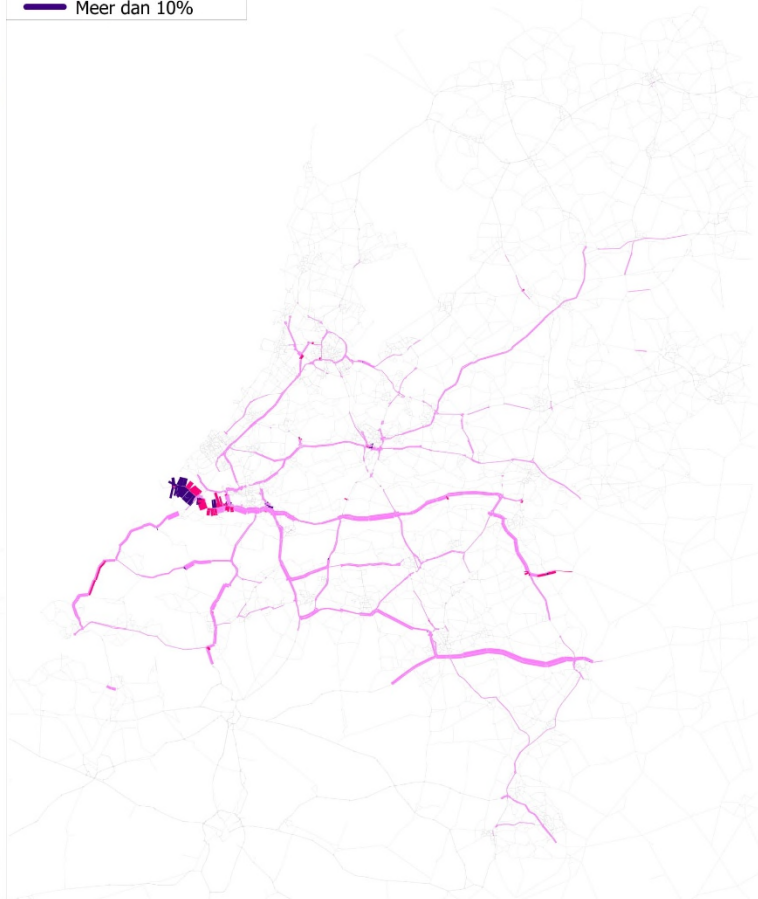


cube

(Licensed to Panteia)

2014 verandering IC-verhouding  
70% shift

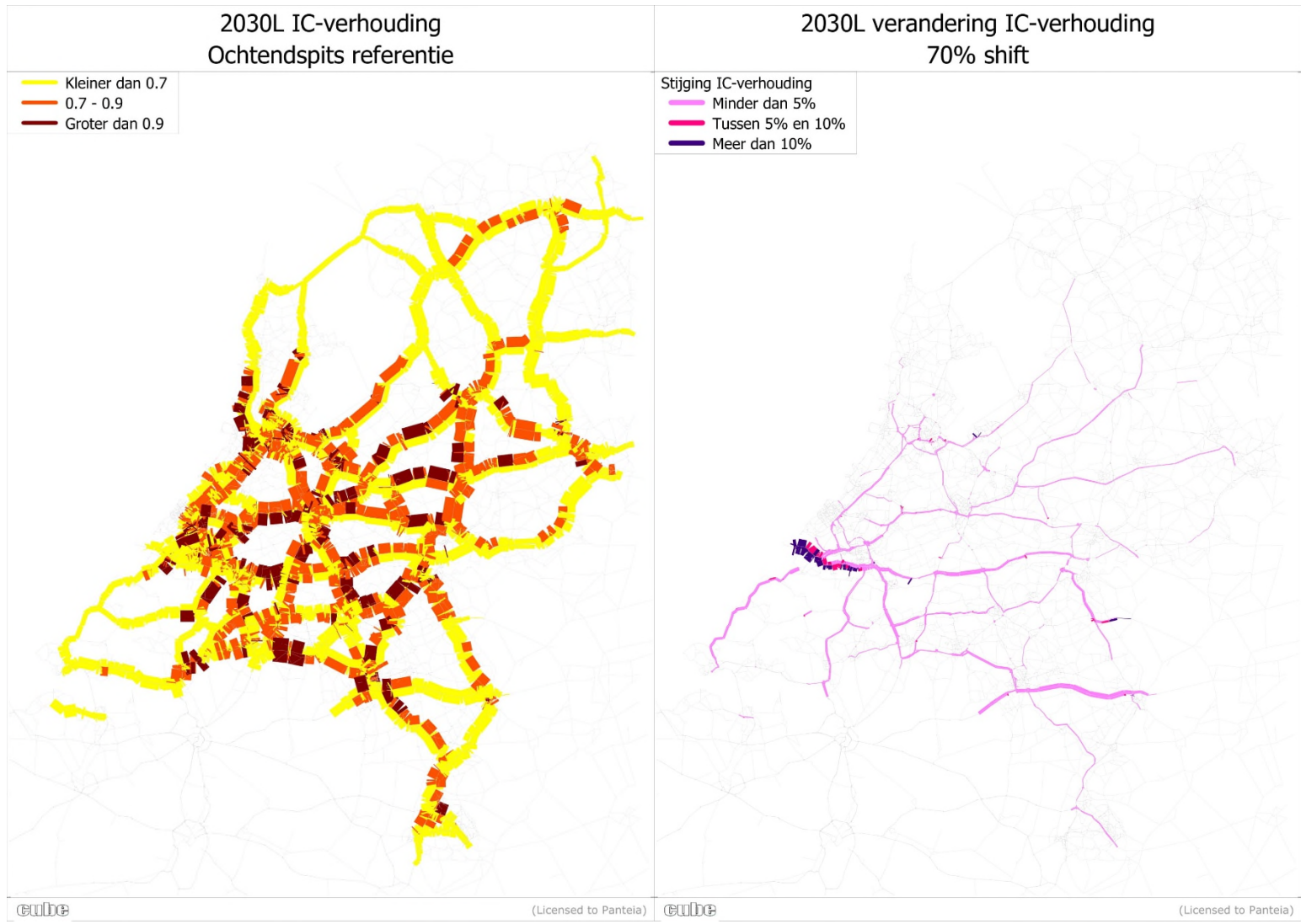
- Stijging IC-verhouding
- Minder dan 5%
  - Tussen 5% en 10%
  - Meer dan 10%



cube

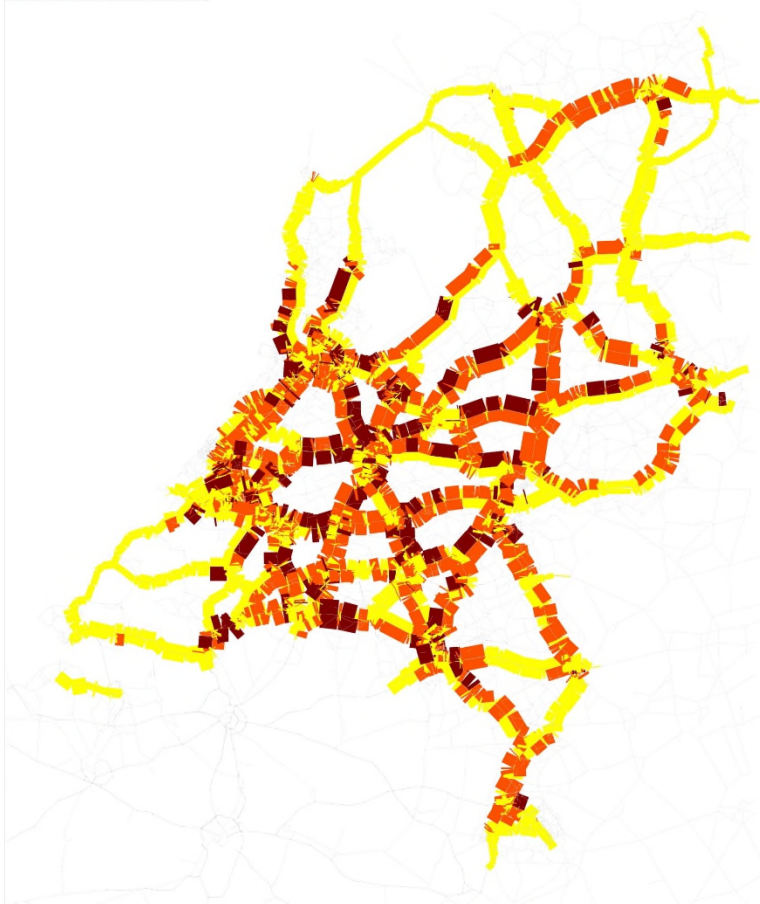
(Licensed to Panteia)





### 2030H IC-verhouding Ochtendspits referentie

- Kleiner dan 0.7
- 0.7 - 0.9
- Groter dan 0.9

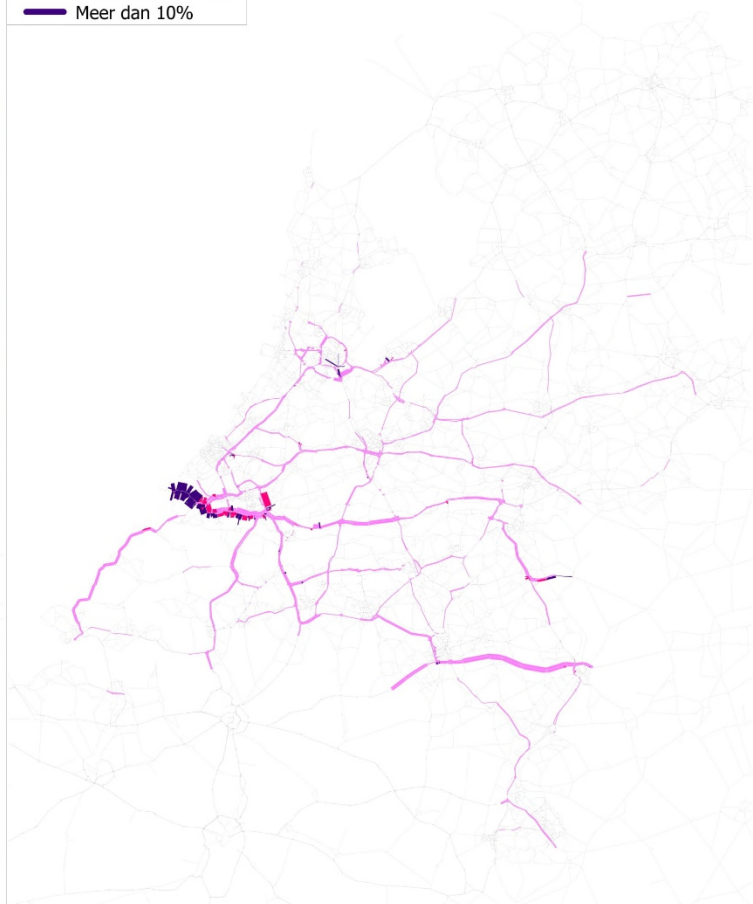


cube

(Licensed to Panteia)

### 2030H verandering IC-verhouding 70% shift

- Stijging IC-verhouding
- Minder dan 5%
  - Tussen 5% en 10%
  - Meer dan 10%



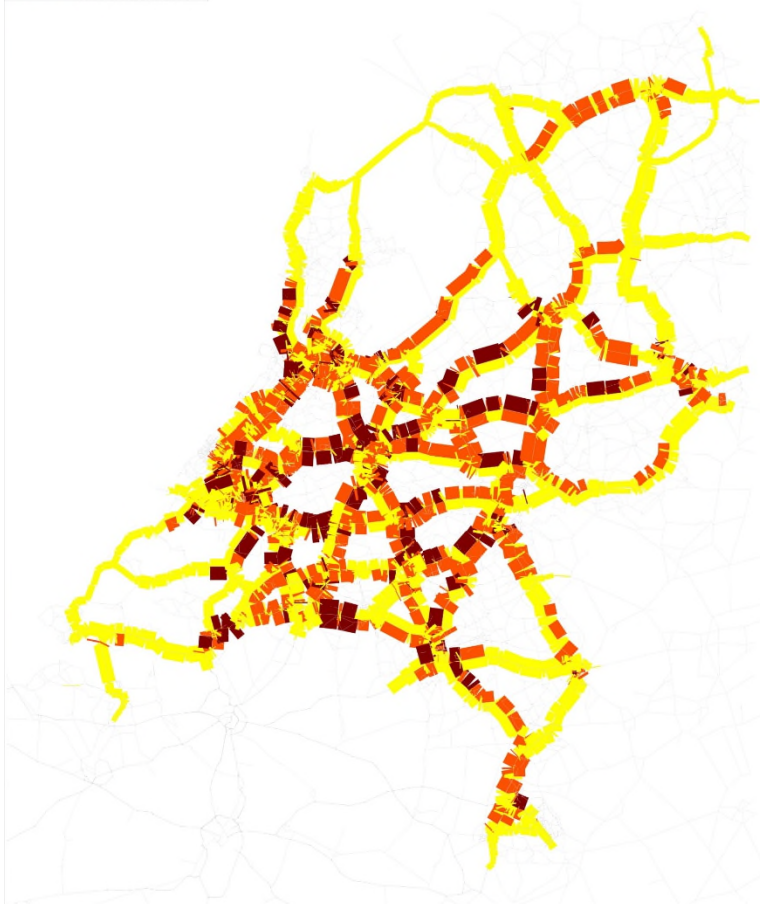
cube

(Licensed to Panteia)



2040L IC-verhouding  
Ochtendspits referentie

- Kleiner dan 0.7
- 0.7 - 0.9
- Groter dan 0.9

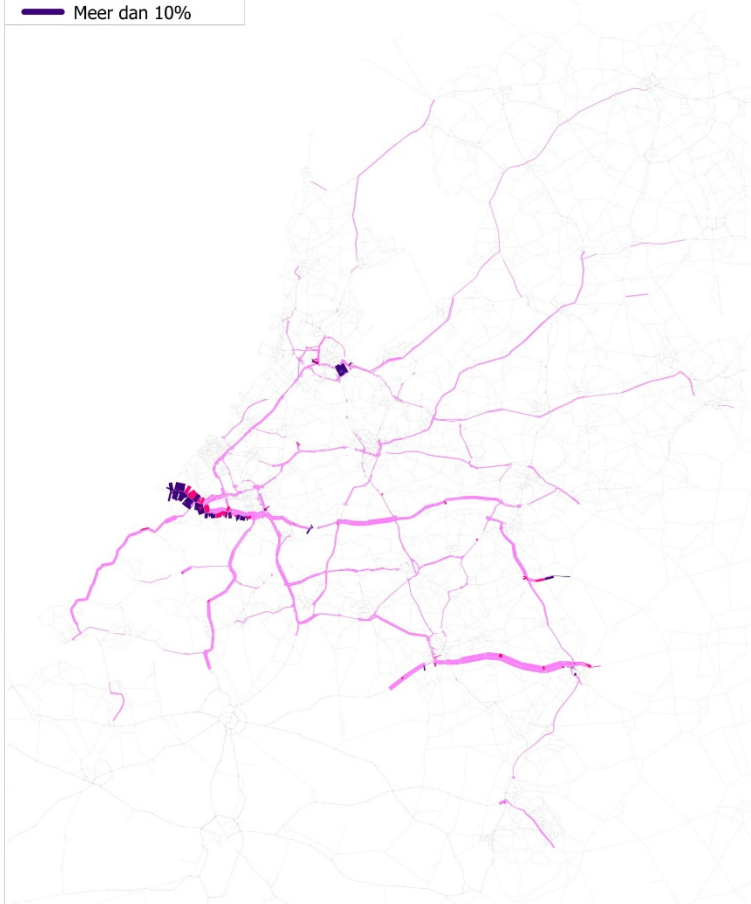


cube

(Licensed to Pantela)

2040L verandering IC-verhouding  
70% shift

- Stijging IC-verhouding
- Minder dan 5%
  - Tussen 5% en 10%
  - Meer dan 10%



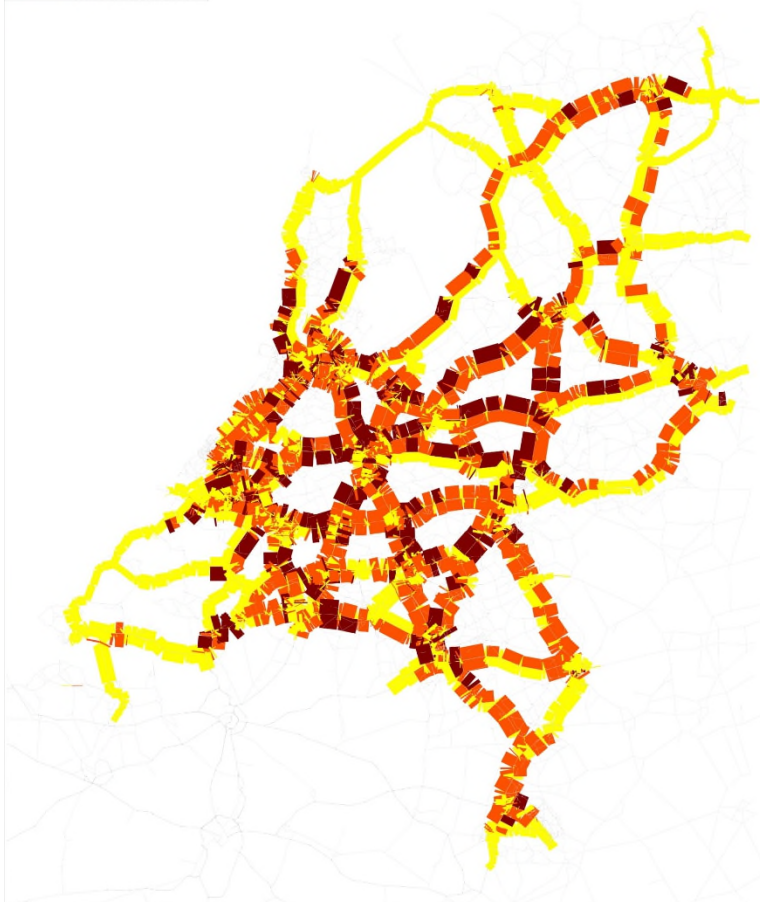
cube

(Licensed to Pantela)



### 2040H IC-verhouding Ochtendspits referentie

- Kleiner dan 0.7
- 0.7 - 0.9
- Groter dan 0.9

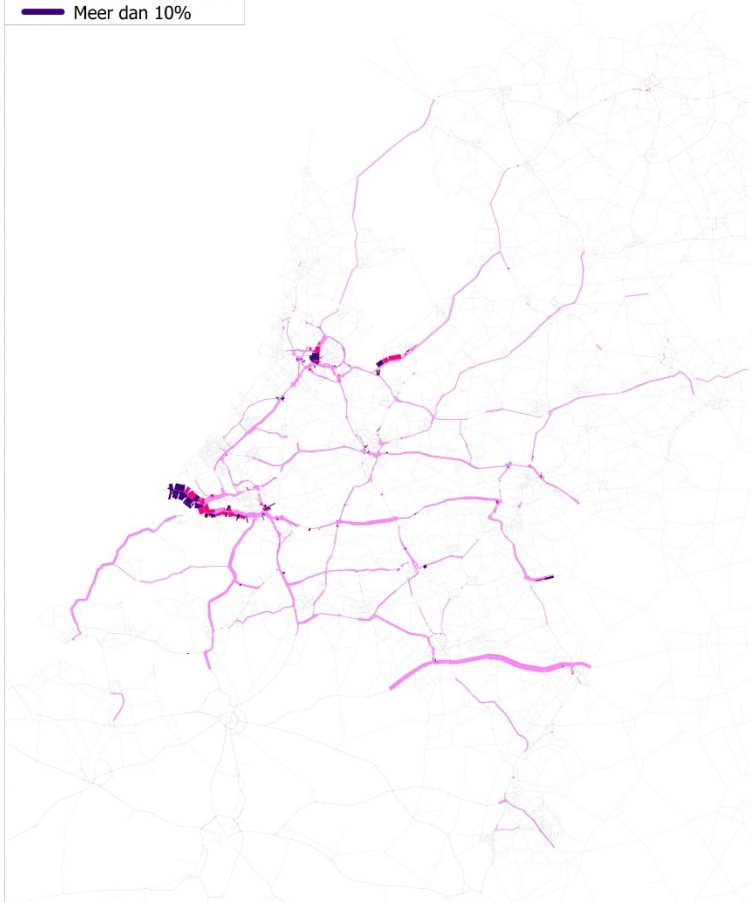


eube

(Licensed to Panteia)

### 2040H verandering IC-verhouding 70% shift

- Stijging IC-verhouding
- Minder dan 5%
  - Tussen 5% en 10%
  - Meer dan 10%



eube

(Licensed to Panteia)

