

PROGNOSTICEREN IMPACT ZERO EMISSIEZONES (ZEZ) OP LOGISTIEK EN EMISSIES

M. de Bok, Significance, Technische Universiteit Delft

S. Thoen, Significance

C.J. Spruijt, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving

M. Van de Berg, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving

Samenvatting

Het klimaatakkoord, milieu zones en zero emissie zones in steden en andere duurzame ontwikkelingen betekenen voor de logistieke sector dat de wereld verandert. Zowel overheden als verladers en vervoerders bereiden zich voor op deze veranderingen. Prognoses en modelberekeningen kunnen hulp bieden bij het in kaart brengen van de te verwachte effecten van deze ontwikkelingen op vervoerspatronen, verkeersprestaties en emissies. Op basis van de aan de TU Delft ontwikkelde Tactical Freight Simulator wordt het goederenvervoermodel BasGoed uitgebreid met een logistieke module waarbij de mogelijke impact van Zero Emissie Zones geprognoseerd kan worden. Eerste resultaten tonen aan dat het invoeren van ZEZ effect heeft op zowel de uitstoot als de verkeersprestaties. De zones zorgen voor het gebruik van duurzamere voertuigtypes, waardoor er minder uitstoot is. De distributiecentra aan de rand van de ZEZ zorgen ook voor een andere inrichting van de logistieke processen. Hierdoor wordt de verkeersprestatie beïnvloed. De emissies binnen de ZEZ nemen duidelijk af, terwijl op de omliggende wegen een gemengd beeld optreedt: door schonere voertuigen nemen de emissies af, maar doordat er meer kilometers gemaakt worden om bij de distributiecentra te komen nemen de emissies toe. Afhankelijk van de locatie verschilt het welke van deze effecten de overhand heeft. Doorontwikkeling van het model is nodig om het als volwaardige module op te nemen in het goederenvervoermodel BasGoed. Uiteindelijk zal het model dan gebruikt kunnen worden om inzicht te geven in effecten van verschillende maatregelen rondom de ZEZ.

1. Aanleiding

Het klimaatakkoord, milieu zones en zero emissie zones in steden en andere duurzame ontwikkelingen betekenen voor de logistieke sector dat de wereld veranderd. Zowel overheden als verladers en vervoerders bereiden zich voor op deze veranderingen. Prognoses en modelberekeningen kunnen hulp bieden bij het in kaart brengen van de te verwachte effecten van deze ontwikkelingen op vervoerspatronen, verkeersprestaties en emissies.

Het huidige nationale goederenvervoer model BasGoed duidt de algemene ontwikkelingen van het goederenvervoer en prognosticeert de omvang van het goederenvervoer per weg, water en spoor. Via aanvullende modellen wordt dit vertaald naar het verwachte gebruik van infrastructuurnetwerken. Onder invloed van de duurzaamheidsontwikkelingen worden de netwerken in de toekomst op een andere manier gebruikt. Door de opkomst van zero emissie zones (ZEZ) zal inzet van andere (schonere) voertuigtypes noodzakelijk maken voor vervoer van en naar de stedelijke kernen. Bedrijven zullen zich heroriënteren en strategieën met goederenvervoerhubs aan de rand van de stad worden steeds aantrekkelijker. De vestiging van distributiecentra en consolidatiecentra leiden tot andere vervoerspatronen en verkeerspatronen. Om de impact hiervan in te schatten met behulp van modellen is het gewenst de modellen aan te passen op deze ontwikkelingen. Op basis van de Tactical Freight Simulator van de TU Delft (De Bok et al, 2021) wordt een logistieke module voor BasGoed ontwikkeld. Voor de integrale mobiliteitsanalyses van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IMA) [Significance, 2020] zijn eerste ervaringen opgedaan om de impact van zero emissies op vervoerspatronen, verkeersprestaties en emissies in beeld te brengen.

In deze paper wordt beschreven op welke manier getracht wordt de ontwikkelingen rondom zero emissie zones en daaraan gerelateerde effecten mee te nemen in de vervoers- en verkeersmodellen, wat de eerste toepassingen voor effecten laten zien, en wat er nog nodig is aan ontwikkeling voor het integraal opnemen van zero emissie zone modellering ten behoeve van prognoses en effectinschattingen.

2. Methodiek modellering zero emissie zones en effectberekeningen

Logistiek model wegvervoer

De basis voor de analyses is een microsimulatiemodel voor wegvervoer waarin een zendingen-gebaseerde aanpak gevolgd wordt en het gedrag van individuele bedrijven gesimuleerd wordt. Het model is ontwikkeld aan de TU Delft en de ontwerpfilosofie is bij de start van het traject gepresenteerd op de VLWD van 2018 (de Bok en Tavasszy, 2018). Kenmerkend voor de aanpak is het gebruik van een nieuwe gedetailleerde dataverzameling voor wegvervoer (XML-bestanden). In 2018 was het eerst werkende prototype van het model beschreven. In daarop volgende versies van het model zijn logistieke keuzes aan het model toegevoegd, zoals toerformatie (Thoen et al, 2020) en voertuigtype- en zendingkeuze (de Bok et al, 2020).

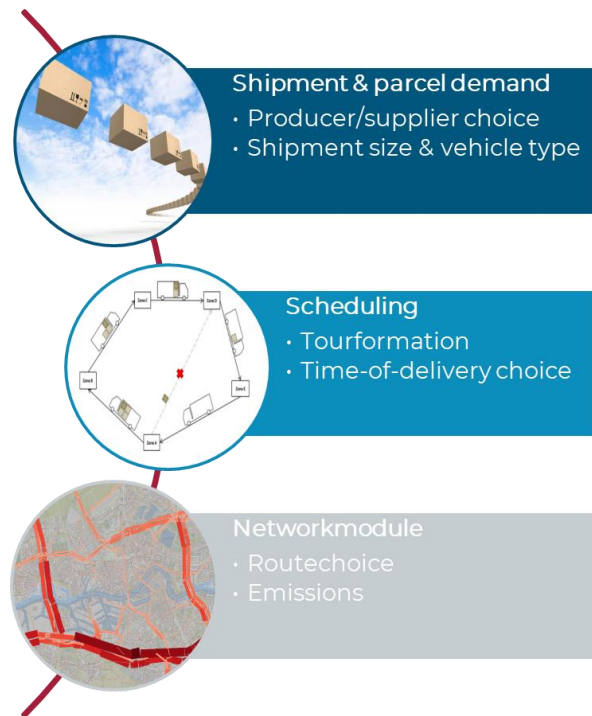
Het model is opgezet in een gelaagde structuur waarin verschillende logistieke keuzes worden gesimuleerd. De eerste laag simuleert de lange termijn keuzes: keuze voor toeleverancier, distributiekanaal, zendinggrootte en voertuigtype. De tweede laag simuleert de dagelijkse keuzes in logistieke planning: het vormen van rondritten en tijdstipkeuze. Ten slotte wordt de route van voertuigen gesimuleerd in een netwerkmodel waarin ook belangrijke KPI's worden berekend voor transporttijden en afstanden en emissies.

Kenmerkend voor de aanpak is het gebruik van de CBS XML-dataverzameling voor wegvervoer (XML-bestanden). De datadichtheid van de XML dataverzameling is zeer groot: van alle laad- en

loslocaties van de vrachtwagenritten worden de GPS coördinaten geregistreerd. Dit maakt meer gedetailleerde verklarende analyses mogelijk op de ritpatronen.

Emissieberekeningen

Het microsimulatiemodel voor wegvervoer bevat een aanvullende module die per logistieke (rond)rit de emissies berekent. Een noviteit in deze berekening is dat het routepad voor de vrachtwagen wordt afgeleid, en op basis van het type weg, de verkeersafwikkeling en de lading de emissie berekent. De methode is beschreven in wetenschappelijke publicaties (Thoen et al, 2020b), en is succesvol toegepast in praktijktoepassing als emissietool in goederenvervoer model BasGoed.



3. Toepassingservaringen projectcase Zuid-Holland

Beschrijving scenario

Voor de IMA casus Zuid-Holland is bekeken wat mogelijke effecten zijn van zero emissie zones in stadskernen Rotterdam, Den Haag, Delft, Leiden, Zoetermeer, Dordrecht en Gouda. Hiervoor zijn twee dimensioneringen getest: maximale effect van grote zero emissies zones (ronde 1) en realistischer kleinere zones (ronde 2).

Naast de vormgeving van de zone bestaat het transitie scenario uit twee belangrijke dimensies: het lokaliseren van consolidatiehubs aan de rand van de zone, en per logistiek segment het consolidatiepotentieel en ZE-voertuigtype voorkeuren. Per ZEZ-gemeente is bepaald waar distributiecentra, ofwel Urban Consolidation Centers (UCC's), komen. In deze UCC's zal een deel van de goederenstromen van en naar de ZEZ-gebieden worden geconsolideerd en overgeslagen naar schone voertuigen. Getracht is om vanuit iedere richting een UCC te plaatsen aan de rand van ZEZ langs een toegangsweg naar het ZEZ-gebied.

Vervolgens is per logistiek segment het 'consolidatiepotentieel' vastgesteld. Dit is het aandeel van de goederenstromen van/naar de ZEZ-gebieden dat naar verwachting via een UCC geherrouteerd zal worden. Deze percentages zijn afgeleid uit kwalitatieve aannames in de Roadmap Zero Emission City Logistics (Gemeente Rotterdam, 2019). Het transport tussen de UCC en de ZEZ vindt plaats met zero-emissie voertuigen. Ten slotte zijn afhankelijk van het logistieke segment aannames gedaan over de verwachte inzet van voertuigen, die variëren in grootte en aandrijfvorm.

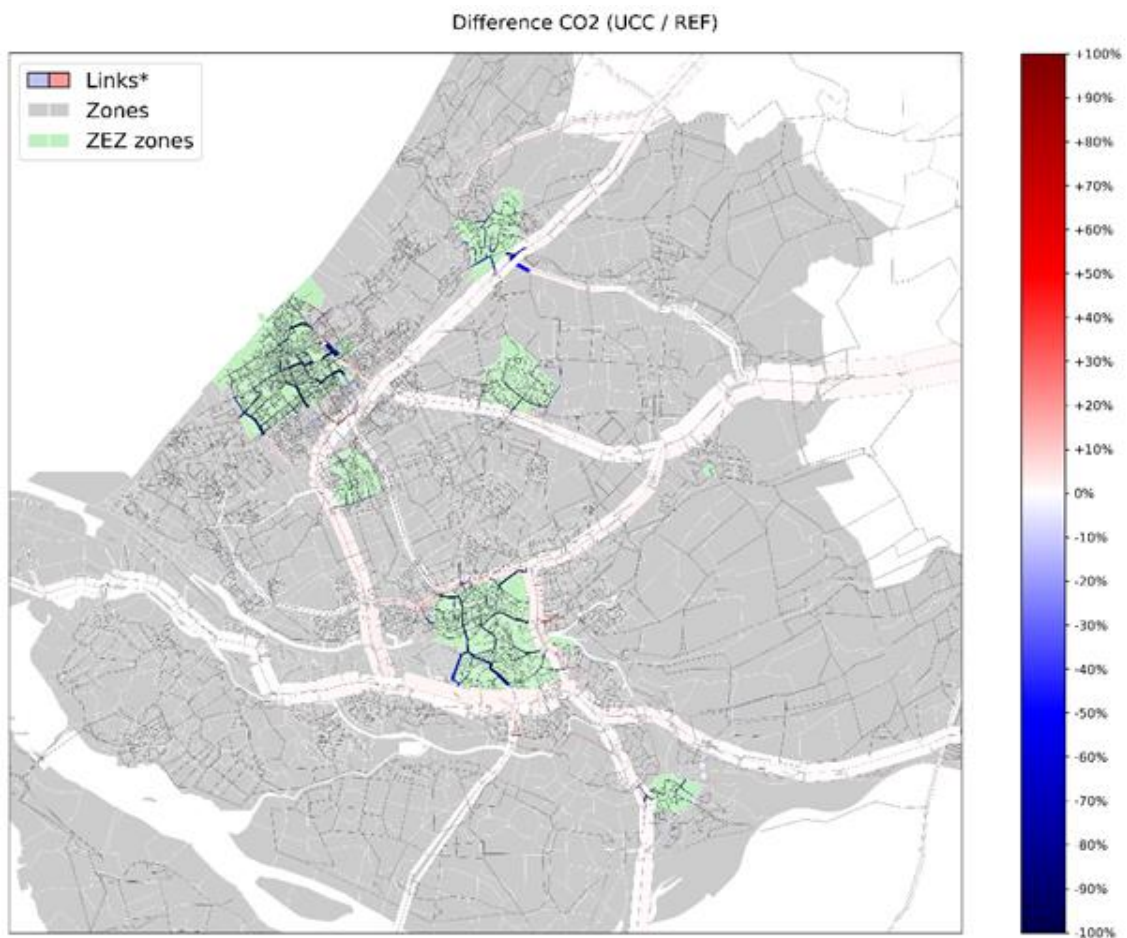
Resultaten

In **Figuur 1** zien we de impact op de CO₂-emissies in het netwerk, met als kleurstelling de toename (rood) of afname (blauw). In groen is de omvang van de ZEZ te zien: in de 2e ronde zijn deze kleiner dan in de 1e ronde. Hier zien we duidelijk dat in de ZEZ-gebieden (lichtgroen) de emissies sterk afnemen. Dit valt te verwachten, hier wordt immers gewicht naar ZE-voertuigen en hybrideaandrijvingen. Op het hoofdwegennet is op sommige corridors een lichte toename van de CO₂-emissies te zien. Dit komt door de herroutering van ritten. Wanneer een geherrouteerde rit vanuit bijvoorbeeld het noorden van Zuid-Holland naar Rotterdam-Zuid gaat, dan mag deze niet door het ZEZ-gebied rijden, maar moet een omweg over de ring van Rotterdam naar een distributiecentrum aan de zuidelijke rand van het ZEZ-gebied gereden worden.

In **Tabel 1** zien we de emissies op de wegvakken per gemeente. Hier zien we dat de afname binnen de ZEZ-gebieden groter is dan de toename in omliggende gebieden; in totaal nemen de CO₂-emissies binnen Zuid-Holland namelijk maximaal met 4.0% af. De grootste afname is op te merken in de

gemeente Den Haag (33.6%). In Rotterdam is de afname relatief beperkt (8.0%), dit komt met name doordat er veel omrijdverkeer is op de ring van Rotterdam.

In de run met de realistische, en kleinere dimensionering van ZE-gebieden zien we logischerwijs minder sterke effecten. De CO₂-emissies binnen Zuid-Holland nemen met 1.9% af (i.p.v. 4.0%). In enkele gemeenten is de CO₂-reductie veel kleiner door de kleinere ZE-zones, in Den Haag is de reductie bijvoorbeeld niet meer 33.6% maar 5.2%. Alleen in Rotterdam zien we een licht tegengesteld effect (8.2% CO₂-reductie i.p.v. 8.0%), door de kleinere ZE-gebieden in de andere gemeenten (waarschijnlijk vooral Dordrecht en Delft) is er iets minder verkeer op de snelwegen dat omrijdt naar een UCC.



* Linkwidth is shown proportional to traffic intensity REF (max. = 39377 freight vehicles/day)

Figuur 1. Relatieve verandering van de CO₂-emissies in het ZEE-scenario (1^e ronde).

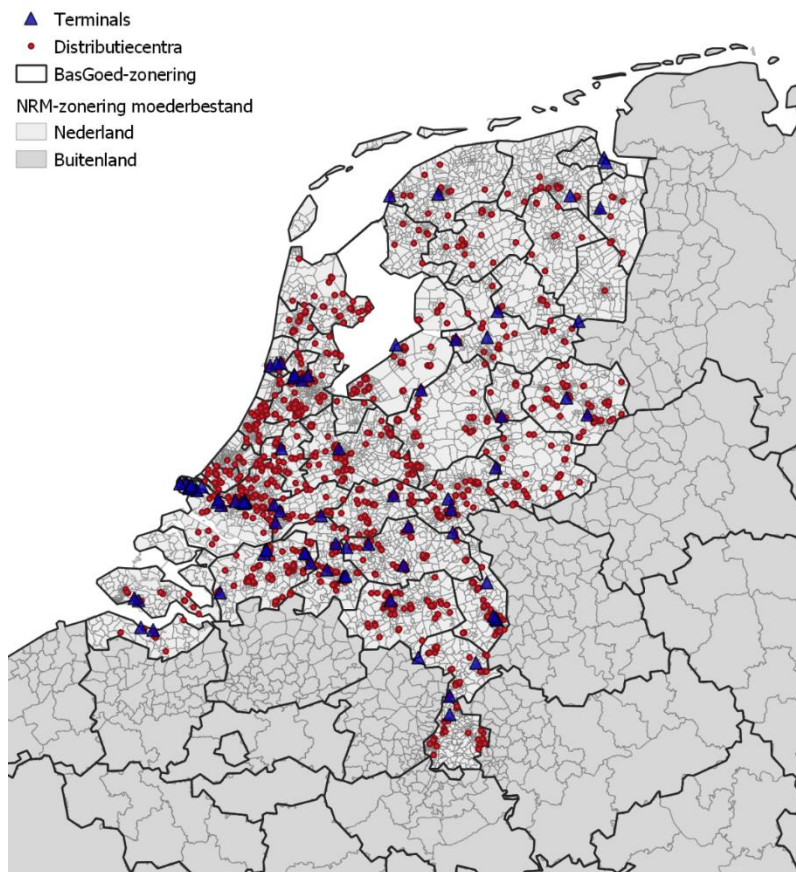
Tabel 1. De procentuele toename/afname van de CO2-emissies per gemeente in het ZEZ-scenario's.

Gemeente	CO2-emissies (x1,000,000 kg)					Gemeente	CO2-emissies (x1,000,000 kg)				
	Referentie	1e ronde		2e ronde			Referentie	1e ronde		2e ronde	
		GVA 1.3	Vershil	GVA 1.3	Vershil			GVA 1.3	Vershil	GVA 1.3	Vershil
Alblasserdam	11.2	11.4	2.0%	11.3	1.4%	Maassluis	2.3	2.3	-0.9%	2.3	-1.1%
Albrandswaard	3.7	3.8	3.1%	3.7	2.0%	Midden-Delfland	35.6	36.2	1.6%	35.5	-0.5%
Alphen aan den Rijn	39.9	40.0	0.2%	40.0	0.3%	Molenlanden	19.9	19.9	0.0%	19.9	-0.1%
Barendrecht	40.3	41.5	2.9%	41.3	2.4%	Nieuwkoop	6.3	6.4	1.3%	6.3	0.6%
Bodegraven-Reeuwijk	104.2	105.2	1.0%	104.8	0.6%	Nissewaard	7.2	7.3	0.8%	7.3	0.9%
Brielle	2.9	2.9	-1.5%	2.9	1.0%	Noordwijk	9.4	9.4	-0.1%	9.3	-0.5%
Capelle aan den IJssel	8.3	8.8	5.6%	8.8	5.9%	Oegstgeest	4.1	4.2	2.5%	4.1	0.3%
Delft	12.3	10.8	-12.4%	12.3	-0.2%	Papendrecht	19.5	19.5	0.0%	19.6	0.5%
Den Haag	75.2	49.9	-33.6%	71.4	-5.2%	Pijnacker-Nootdorp	3.9	3.9	-0.5%	3.9	0.3%
Dordrecht	56.2	53.4	-5.0%	55.4	-1.5%	Ridderkerk	44.1	44.7	1.4%	44.6	1.3%
Goeree-Overflakkee	21.3	21.7	1.9%	21.4	0.6%	Rijswijk	19.5	20.9	7.4%	19.4	-0.2%
Gorinchem	38.2	38.4	0.5%	38.4	0.3%	Rotterdam	313.0	288.0	-8.0%	287.5	-8.2%
Gouda	5.0	5.0	-0.1%	4.9	-1.2%	Schiedam	29.9	30.5	2.1%	30.1	0.5%
Hardinxveld-Giessendam	32.2	32.4	0.5%	32.4	0.6%	Sliedrecht	17.7	17.7	-0.1%	17.9	0.8%
Hellevoetsluis	6.0	5.9	-0.7%	6.0	0.1%	Teylingen	9.5	9.7	2.1%	9.5	0.6%
Hendrik-Ido-Ambacht	11.3	11.4	1.0%	11.4	1.1%	Vijfheerenlanden	21.6	21.7	0.4%	21.7	0.3%
Hillegom	3.7	3.7	1.1%	3.7	0.2%	Vlaardingen	8.2	8.2	0.1%	8.2	-0.7%
Hoeksche Waard	49.5	49.7	0.4%	49.3	-0.4%	Voorschoten	1.3	1.3	0.2%	1.3	0.0%
Kaag en Braassem	33.2	33.4	0.8%	33.4	0.6%	Waddinxveen	25.3	25.5	0.4%	25.6	0.8%
Katwijk	3.7	3.7	-0.3%	3.7	-0.1%	Wassenaar	6.2	6.2	0.3%	6.3	1.2%
Krimpen aan den IJssel	1.4	1.4	-0.6%	1.4	0.5%	Westland	33.0	33.3	0.9%	32.8	-0.6%
Krimpenerwaard	16.6	16.4	-0.9%	16.7	0.6%	Westvoorne	3.7	3.7	0.9%	3.6	-2.4%
Lansingerland	17.9	18.0	0.5%	17.9	0.0%	Zoetermeer	21.1	17.9	-15.3%	21.1	-0.1%
Leiden	25.8	18.9	-26.8%	25.2	-2.5%	Zoeterwoude	4.8	4.2	-12.0%	4.8	0.5%
Leiderdorp	10.7	10.7	0.8%	10.8	1.0%	Zuidplas	51.7	52.0	0.7%	52.1	0.8%
Leidschendam-Voorburg	32.3	32.8	1.5%	32.5	0.5%	Zwijndrecht	10.5	10.7	1.7%	10.7	1.6%
Lisse	4.7	4.7	0.0%	4.8	0.6%	Totaal Zuid-Holland	1397.1	1341.2	-4.0%	1371.0	-1.9%

4. Verdere ontwikkeling modellering ZEZ

Voor de ontwikkeling van een logistieke module in het goederenvervoer model BasGoed is een roadmap opgesteld (RWS, 2021). Op basis hiervan is ervoor gekozen dat de logistieke module gebaseerd zal worden op het microsimulatiemodel. Hiervoor moet het model geschikt gemaakt worden voor heel Nederland, en moet worden aangesloten bij de dimensies en structuur van BasGoed.

Het ontwikkelen van de logistieke module gebeurt in twee stappen. Als eerste stap wordt de huidige systematiek via koppelingen geschikt gemaakt. Hiervoor worden de indelingen (voertuigtypen, goederensoorten, etc) uit het microsimulatiemodel gekoppeld aan de indelingen die in BasGoed gebruikt worden. Tevens wordt de invoer voor heel Nederland verzameld, zoals de terminals en distributiecentra in figuur 2. Deze figuur toont de terminals die nu aanwezig zijn. Bij het bepalen van locaties van de ZEZ is het vervolgens logisch om aan de randen van de ZEZ distributiecentra toe te voegen. Op deze manier kan met het prototype uit stap 1 ervaring worden opgedaan met het analyseren van ZEZ scenario's en effectberekeningen voor vervoer, verkeer en emissies.



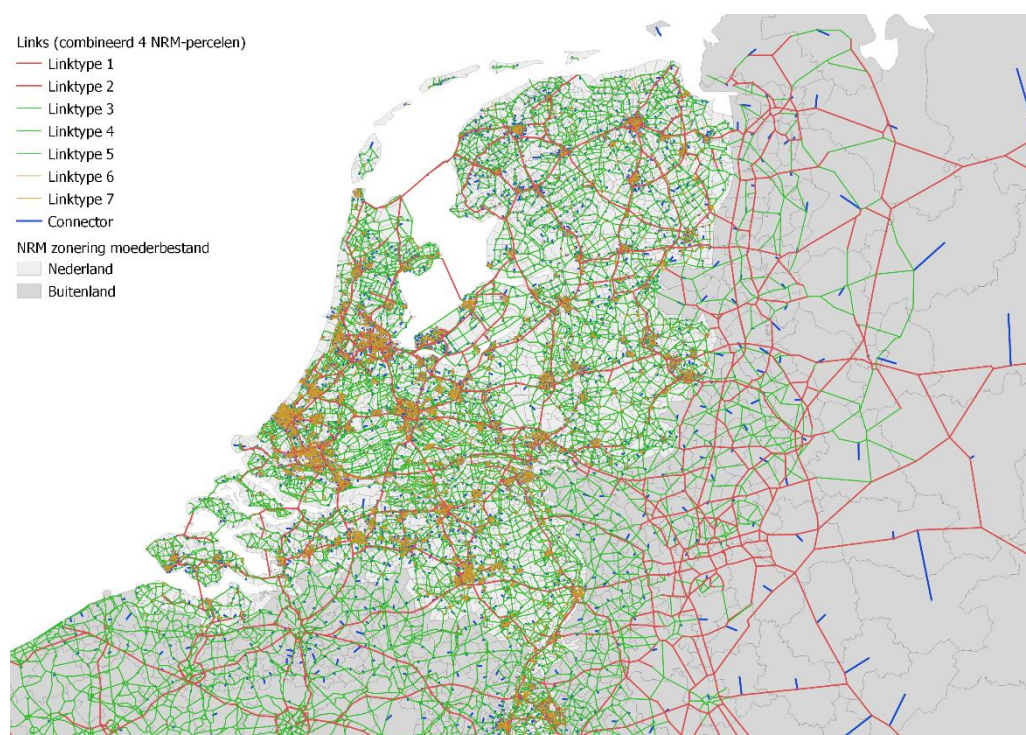
Figuur 2. Terminals en distributiecentra voor heel Nederland

In een volgende stap zal het model volledig geïntegreerd worden. Dit betekent dat de indelingen waar mogelijk beter op elkaar afgestemd worden, en dat mogelijke verbeteringen en of uitbreidingen kunnen worden uitgevoerd. Drie mogelijke verbeteringen worden hieronder kort toegelicht.

Het type voertuigen dat gebruikt wordt bepaald voor een belangrijk deel de emissies. Daarom speelt de beschikbaarheid van verschillende typen voertuigen, het wagenpark, een grote rol. Op dit moment moet het beschikbare wagenpark als invoer aan het model worden meegegeven. Om een goede inschatting hiervan te kunnen maken, is een wagenparkmodel nodig. Hiermee kan de ontwikkeling van het aanbod van verschillende (duurzame) voertuigtypes worden meegenomen. Het planbureau voor de leefomgeving (PBL) en TNO brengen op dit moment in opdracht van het Ministerie de eerste stappen die nodig zijn om zo'n model te ontwikkelen in kaart. Hierbij wordt gekeken naar o.a. de wagenparksamenstelling zoals die in de Klimaat en Energie Verkenning (Planbureau voor de Leefomgeving, 2019) gebruikt is, en naar het trend-gebaseerde wagenparkmodel TREVA (Planbureau voor de Leefomgeving, 2015).

De verschillende voertuigtipes dragen elk op een eigen manier bij aan de emissies. Hiervoor moeten emissiefactoren worden vastgesteld. De huidige factoren zijn gebaseerd op (CE Delft, 2018). Deze moeten worden geactualiseerd, en ook moeten er waarden voor de toekomstjaren worden vastgesteld. Idealiter wordt vervolgens een periodieke actualisering uitgevoerd op basis van de meest recente inzichten.

BasGoed is een vervoersmodel, wat de hoeveelheid vervoer tussen twee zones bepaald. In het prototype van de logistieke module wordt ook een toedeling gemaakt, om te bepalen hoeveel verkeer er over iedere weg rijdt. Dit is echter een modelmatige benadering, en moet nog getoetst worden aan de werkelijkheid. Oftewel, het model moet gekalibreerd en gevalideerd worden. Hiervoor willen we naar het wegennet uit figuur 3 kijken. Hiervoor zijn telgegevens en eventueel resultaten van toedelingsmodellen beschikbaar. Er moet een kalibratiemethode worden uitgewerkt om de met het model berekende hoeveelheid ritten per voertuigtype te schalen naar de in werkelijkheid waargenomen hoeveelheid ritten.



Figuur 3. Mogelijk te gebruiken wegennetwerk voor de toedeling.

5. Conclusies en discussie

Het invoeren van Zero Emissie Zones voor het goederenvervoer heeft effect op de goederenstromen in Nederland. Met het in deze paper beschreven model kan dit effect in kaart gebracht worden. Hierdoor wordt het mogelijk om de effecten van verschillende scenario's voor het invoeren van ZE-zones te vergelijken.

Eerste resultaten tonen aan dat het invoeren van ZEZ effect heeft op zowel de uitstoot als de verkeersprestaties. De zones zorgen voor het gebruik van duurzamere voertuigtypes, waardoor er minder uitstoot is. De distributiecentra aan de rand van de ZEZ zorgen ook voor een andere inrichting van de logistieke processen. Hierdoor wordt de verkeersprestatie beïnvloed. De emissies binnen de ZEZ nemen duidelijk af, terwijl op de omliggende wegen een gemengd beeld optreedt: door schonere voertuigen nemen de emissies af, maar doordat er meer kilometers gemaakt worden om bij de distributiecentra te komen nemen de emissies toe. Afhankelijk van de locatie verschilt het welke van deze effecten de overhand heeft.

Doorontwikkeling van het model is nodig om het als volwaardige module op te nemen in het goederenvervoermodel BasGoed. Uiteindelijk zal het model dan gebruikt kunnen worden om inzicht te geven in effecten van verschillende maatregelen rondom de ZEZ.

Hierbij is een belangrijke vraag wat de informatiebehoefte precies is. Welke informatie hebben de verschillende organisaties nodig over effecten van klimaatmaatregelen, zero emissie, logistiek? Welke toekomstverwachtingen zijn interessant? En aan welke maatregelen wordt gedacht? Bij de verdere ontwikkeling van het model kunnen deze onderwerpen richting geven aan de gewenste functionaliteiten, waardoor een model kan worden ontwikkeld wat zo veel mogelijk voorziet in de gewenste informatie.

Referenties

De Bok, M, L. Tavasszy (2018) De incrementele ontwikkeling van een data-driven agent-gebaseerd simulatiemodel voor goederenvervoer. Paper gepresenteerd op de Vervoerslogistieke Werkdagen.

de Bok, M, I Bal, L Tavasszy, T Tillema (2020) Exploring the impacts of an emission based truck charge in the Netherlands, Case Studies on Transport Policy, Volume 8, Pages 887 – 894. (<https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.05.013>)

de Bok, M, L Tavasszy, I Kourouniotti, S Thoen, L Eggers, V Mayland Nielsen, J Streng (2021) Application of the HARMONY tactical freight simulator to a case study for zero emission zones in Rotterdam, Transportation Research Records, in press.

Gemeente Rotterdam (2019) Roadmap Zero Emission City Logistics (<https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/stappenplan-zero-emissie/Roadmap-ZECL.pdf>)

Significance (2020) Gevoeligheidsanalyses ten behoeve van onzekerheidsverkenningen NMCA, Rapport voor Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 3 november 2020.

Thoen, S, M de Bok and L Tavasszy (2020a) Shipment-based urban freight emission calculation. 2020 Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems (FISTS) in Delft. (DOI: 10.1109/FISTS46898.2020.9264858)

Toen, S, L Tavasszy, M de Bok, G Correia, R van Duin (2020b) Descriptive modeling of freight tour formation: A shipment-based approach, Transportation Research Part E, Volume 140, Pages XX – XX (<https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101989>)

RWS (2021), Roadmap Logistieke wegvervoermodule, uitgevoerd binnen de samenwerking goederenvervoermodellen, verwachte publicatie December 2021

Planbureau voor de Leefomgeving (2019), Klimaat en Energieverkenning 2019, Den Haag 2019 (<https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-klimaat-en-energieverkenning-2019-3508.pdf>)

Planbureau voor de Leefomgeving (2015), Het trendextrapolatiemodel voor vrachtautoparken, Den Haag 2019,

(https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/PBL_2015_Het_trendextrapolatiemodel_voor_vracht_autoparken_TREVA_1677.pdf)

CE Delft (2018), Stream Goederenvervoer, Delft (https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/03/CE_Delft_4H29_Stream_Goederenvervoer_2016_DEF_NL.pdf)