

Spoor kan grote bijdrage leveren aan duurzamer transport

Vanwege de effecten op het klimaat, zijn er structurele veranderingen in de vervoerssector nodig om deze toekomstbestendig te maken. Het spoor wordt vaak als duurzame optie aanbevolen: is dat terecht? En hoe zit dat als andere vervoersmiddelen ook schoner worden?

IN HET KORT

- Elektrisch spoorvervoer is in vergelijking met andere transportmiddelen goed voor milieu en klimaat.
- Het spoorvervoer kan bijdragen aan de verduurzaming van de vervoerssector als het meer mensen uit de auto krijgt.
- Om te kunnen voldoen aan de te verwachten groei zijn er investeringen in het personenvervoer noodzakelijk.

LISANNE VAN WIJNGAARDEN

Onderzoeker en adviseur bij CE Delft

HUIB VAN ESSEN

Gedeputeerde bij de Provincie Utrecht; artikel geschreven uit hoofde van de vorige functie bij CE Delft

Om de doelstelling van het klimaatakkoord van Parijs te halen, zijn er grote veranderingen nodig in de wijze waarop we ons verplaatsen. Daarnaast zorgt het wegvervoer voor nadelige effecten, zoals de toenemende filedruk en dichtslibbende wegen. Een veelgenoemde maatregel om deze problemen op te lossen, is om mensen te stimuleren meer gebruik van het openbaar vervoer te gaan maken. Om de effectiviteit van die maatregel te begrijpen is inzicht nodig in de duurzaamheids- en milieueffecten van het spoorvervoer in vergelijking met die van andere vervoerswijzen. Dat doen we eerst aan de hand van de effecten op milieu en klimaat en vervolgens via de route van de externe kosten van vervoer.

Milieu, klimaat en vervoer

Om inzicht te krijgen hoe het spoorvervoer op het gebied van het milieu presteert ten opzichte van andere

vervoerswijzen, vergelijken we broeikasgas-, luchtvervuilende en geluidsemissies per reizigerskilometer of tonkilometer, gebaseerd op STREAM (CE Delft, 2014; 2017). Deze studies geven een overzicht van de emissiekengetallen van vervoerswijzen wat betreft Nederland, rekening houdend met het soort vervoermiddel, gemiddelde bezettings- en beladingsgraden en de daadwerkelijk gereden afstand (zie ook kader 1).

Broeikasgasemissies

Om emissies die het klimaat aantasten op een eerlijke manier te vergelijken, kijken we naar de *well-to-wheel* CO₂-emissies van de verschillende vervoerswijzen. Hierbij wordt er, naast de emissies die vrijkomen bij het verbrandingsproces in het voertuig, ook rekening gehouden met de emissies die vrijkomen bij de winning en productie van brandstoffen of andere energiedragers zoals elektriciteit. Zo wordt vervoer met en zonder verbrandingsmotor eerlijk vergeleken.

Bij het personenvervoer scoren de treinen over het algemeen beter qua CO₂-uitstoot dan andere vervoerswijzen (zie figuur 1). De hogesnelheidstrein (op de HSL) heeft gemiddeld de laagste CO₂-uitstoot per reizigerskilometer. Maar alle elektrische treinen scoren beter dan de diesel-stoptrein, omdat ze een hogere bezettingsgraad hebben en een verbrandingsmotor ontbrekt.

De gemiddelde CO₂-uitstoot wat betreft goederenvervoer is in alle gevallen hoger voor containertransport dan voor bulktransport. Wat betreft het vervoer van bulkgoederen heeft het vervoer over de weg de hoogste CO₂-uitstoot per tonkilometer, en vervoer met een elektrische of dieseltrein gemiddeld de laagste uitstoot. Bij containervervoer heeft het transport per elektrische trein gemiddeld de laagste CO₂-emissies per tonkilome-

ter, maar een groot binnenvaartschip heeft een lagere CO₂-uitstoot dan een dieseltrein.

Sinds de meting in 2011 is de CO₂-uitstoot van verkochte nieuwe personenauto's in Nederland gedaald met 13,6 procent in de periode 2011–2017 (CBS et al., 2019). Dat is het gevolg van de EU-normering van nieuwe auto's en het fiscale beleid. Daarnaast krijgt men steeds meer inzicht in het verschil tussen test- en praktijkwaarden. De CO₂-uitstoot voor verkochte nieuwe auto's in Nederland was in 2015 in de praktijk 45 procent hoger dan volgens de typekeuringswaarden (TNO, 2016), ongeveer gelijk aan wat is vastgesteld voor de hele Europese Unie (ICCT, 2017).

De well-to-wheel-uitstoot van het elektrisch spoorvervoer kan ook als nagenoeg nul worden gezien. In Nederland rijden alle elektrische treinen vanaf 2017 op groene stroom, afkomstig uit nieuwe windparken in Nederland, België, Zweden en Finland (NS, 2019; NRC, 2017). Doordat er geen aanspraak wordt gemaakt op bestaande duurzame energiebronnen groeit het aanbod van groene stroom op de markt, en worden andere kopers van groene stroom niet verdrongen. Volgens deze redenering is de well-to-wheel-uitstoot van spoorvervoer momenteel nagenoeg nul. Indien wordt uitgegaan van de uitstoot van de gemiddelde elektriciteitsmix, dan is de uitstoot voor spoorvervoer iets lager dan getoond, als gevolg van het toenemend aandeel elektriciteit opgewekt uit hernieuwbare bronnen.

Luchtvervuiling

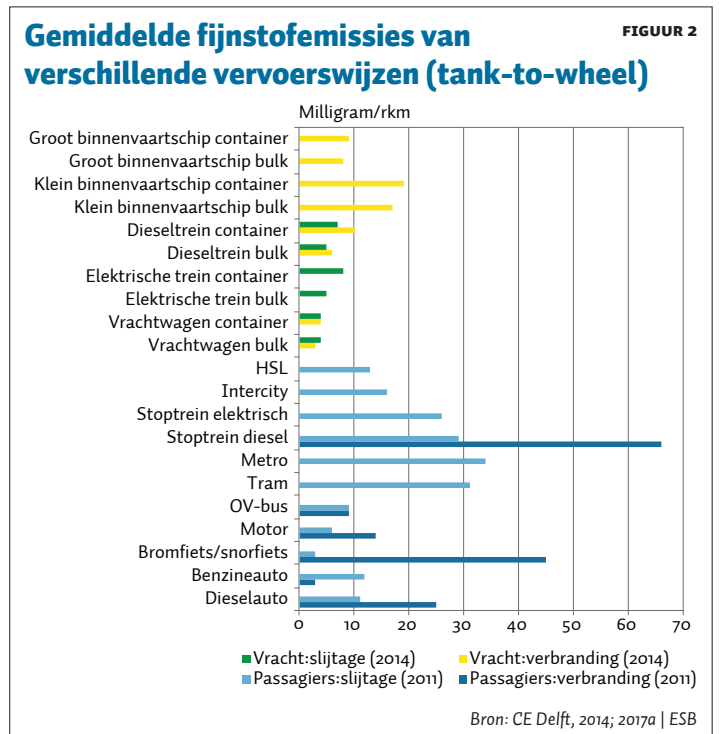
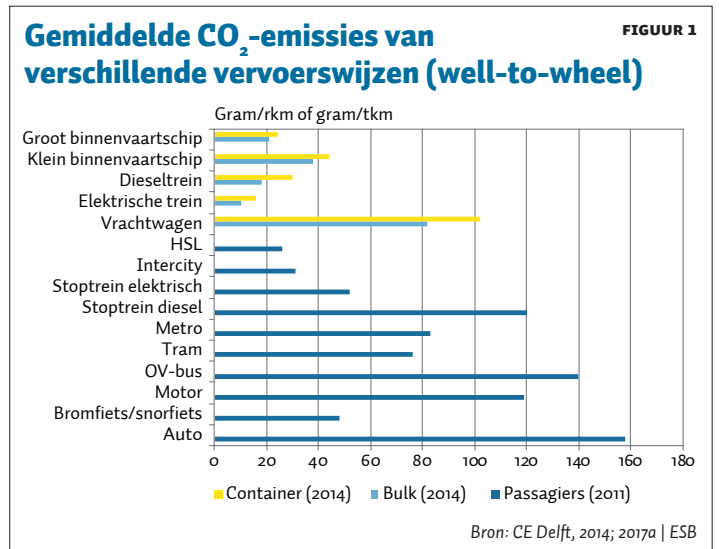
Luchtvervuilende emissies zoals stikstofoxide (NO_x) en fijnstof hebben vooral effecten op de menselijke gezondheid. De Europese Unie heeft daarom grenswaarden vastgesteld voor stoffen in de lucht, die niet door de EU-lidstaten overschreden mogen worden, maar in Nederland hebben we nog steeds enkele normoverschrijdingen van stikstofoxide en fijnstof. Laten we nu de uitstoot van fijnstof en stikstofoxide naar vervoerswijze vergelijken.

Fijnstof

Fijnstofemissies ontstaan bij verbranding van benzine of diesel, maar ook bij de slijtage van banden en remmen. Bij het elektrische spoorvervoer komt er ook fijnstof vrij bij de bovenleiding en het wielcontact met de rails. Figuur 2 laat de gemiddelde *tank-to-wheel*-fijnstofemissies (de emissies die ontstaan bij de actuele verbranding van de brandstof in het voertuig) van de verschillende vervoerswijzen zien. Voor het personenvervoer is

er rekening gehouden met de bezettingsgraad en voor het goederenvervoer met de beladingsgraad.

Uit figuur 2 blijkt dat de HSL het beste scoort qua totale fijnstofuitstoot per reizigerskilometer. Alle elektrische voertuigen hebben vanzelfsprekend geen verbrandingsemissies. Van de verbrandingsvoertuigen



heeft de dieselstoptrein de hoogste fijnstofuitstoot per reizigerskilometer. Als er alleen gekeken wordt naar de slijtage-emissies bij het personenvervoer dan heeft de brom-/snorfiets de laagste fijnstofuitstoot per reizigerskilometer, en de metro de hoogste.

De gemiddelde fijnstofemissies voor goederenvervoer zijn in alle gevallen hoger voor containertransport dan voor bulktransport. De elektrische trein heeft gemiddeld de laagste fijnstofuitstoot per tonkilometer voor vrachtvervoer. Van de voertuigen op brandstof heeft de vrachtwagen de laagste fijnstofemissies per tonkilometer, terwijl de kleine binnenvaartschepen de hoogste fijnstofemissies per tonkilometer heeft.

Stikstofoxide

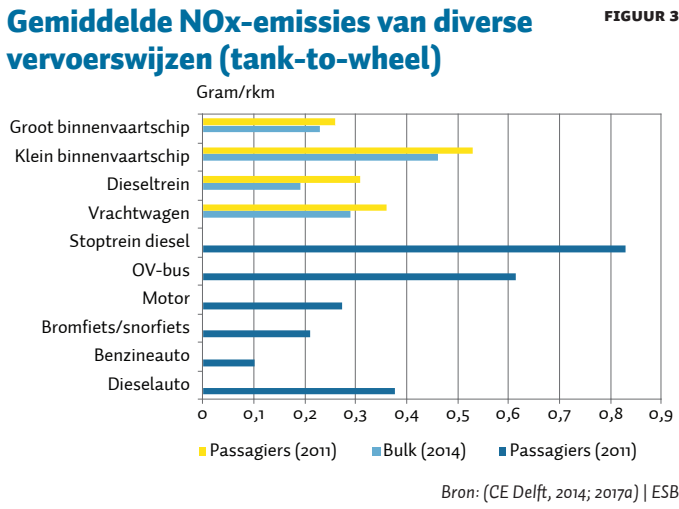
Stikstofoxide (NOx) komt vrij bij de verbranding in met name dieselmotoren. Figuur 3 laat de gemiddelde tank-to-wheel-NOx-uitstoot van verschillende vervoerswijzen zien. Alleen de transportmiddelen met een verbrandingsmotor zijn meegenomen in deze vergelijking.

De benzineauto heeft gemiddeld de laagste NOx-uitstoot per reizigerskilometer, en de dieselstoptrein relatief de hoogste. De gemiddelde NOx-emissies voor het goederenvervoer zijn in alle gevallen hoger voor containertransport dan voor bulktransport. Afhankelijk van het type binnenvaartschip kan de NOx-uitstoot relatief laag zijn (groot Rijnschip) of juist het hoogst van het vrachtvervoer (kleiner Rijn-Hernekanaalschip). Uit de figuren 1, 2 en 3 blijkt dus dat het elektrische spoorvervoer goed scoort waar het gaat om zowel CO₂-emissies als luchtvervuiling.

Externe kosten van het vervoer

Een bredere manier om naar de duurzaamheid van vervoer te kijken is door de externe kosten in kaart te brengen. Dat zijn de kosten die veroorzaakt worden door een activiteit, maar waar de veroorzaker niet voor betaalt. Zo wordt bij het rijden in een voertuig of trein de klimaatschade die daardoor optreedt momenteel niet meegenomen in de prijs van die rit. Belangrijke externe kosten bij mobiliteit zijn die door ongelukken, luchtvervuiling, klimaatschade, geluid, congestie, well-to-tank-emissies (*well-to-tank*) en de kosten van habitatschade of -verlies (CE Delft 2019; CE Delft en VU, 2014; CE Delft et al., 2011; Infras et al., 2008).

De totale externe kosten van al het vervoer in de Europese Unie in 2016 – via de weg, het spoor, water en lucht – bedroegen 987 miljard euro, zo'n zes procent van het bruto binnenlands product (CE Delft, 2019). Het grootste gedeelte hiervan komt op het conto van het wegvervoer, voornamelijk omdat er over de weg de meeste kilometers worden gemaakt. In figuur 4 wordt een eerlijke vergelijking gemaakt met de gemiddelde kosten per reizigerskilometer of tonkilometer. Bij vervoerswijzen over de weg zijn de ongevalskosten over het algemeen een belangrijke component van de externe kosten. Voor het spoor zijn de kosten van geluidsoverlast het belangrijkste. De klimaatkosten zijn de belangrijkste kostenpost bij de luchtvaart. De kosten voor de luchtvaart ogen relatief laag, omdat deze vooral bij het opstijgen en landen gemaakt worden en dus per gevlogen kilometer meevalen. Bij korte vluchten zijn de gemiddelde kosten dus



Marginale emissies van het openbaar vervoer KADER 1

In sommige studies (zoals CE Delft, 2008) wordt er onderscheid gemaakt tussen marginale en gemiddelde emissies bij het openbaar vervoer. Marginale emissies zijn emissies die worden veroorzaakt door een extra reiziger. Dit is gebaseerd op onderzoek van Rietveld (2002) dat laat zien dat de spoorvervoerscapaciteit in de spits ook effect heeft op het vervoersaanbod in de daluren, waardoor de marginale uitstoot van het spoorvervoer in spitsuren hoger is dan de gemiddelde uitstoot, en in daluren veel lager. Eind 2013 heeft de NS hier opnieuw onderzoek naar gedaan, waaruit bleek dat het rekenen met marginale emissies niet meer aansluit bij de praktijk (Hörcher, 2013). Deze studie concludeert dat de NS steeds beter in staat is om de capaciteit in het dal aan te passen aan de vraag. In de nieuwste versie van STREAM (CE Delft, 2014) wordt daarom geen onderscheid meer gemaakt tussen gemiddelde en marginale emissies bij het spoorvervoer. Dat laat onverlet dat het aantrekkelijk is dat, op systeemniveau, de marginale uitstoot in het dal nog altijd lager is dan in de spits.

hoger. Er is bij luchtvaart ook rekening gehouden met de klimaateffecten van niet-CO₂-emissies.

Voor het vrachtvervoer zijn de kosten uitgedrukt in cent per tonkilometer. De gemiddelde externe kosten van vracht die per trein wordt vervoerd bedragen 1,3 cent per tonkilometer. Dat is hoger dan bij de zeevaart, maar lager dan het vervoer per vrachtwagen of per binnenvaartschip. Bij het vrachtvervoer via binnenvaart of zeevaart is de luchtvervuiling de belangrijkste kostenpost. Voor spoorvervoer is de belangrijkste kostenpost het geluid.

Vanuit het perspectief van externe kosten zijn auto, vrachtwagen, binnenvaart en luchtvaart de slechtst scorende vervoersmodaliteiten. Ook hier komt met name de vrachttrein er goed uit, al is er hierbij wel sprake van meer geluidsschade dan gemiddeld.

Uitdagingen voor het spoor

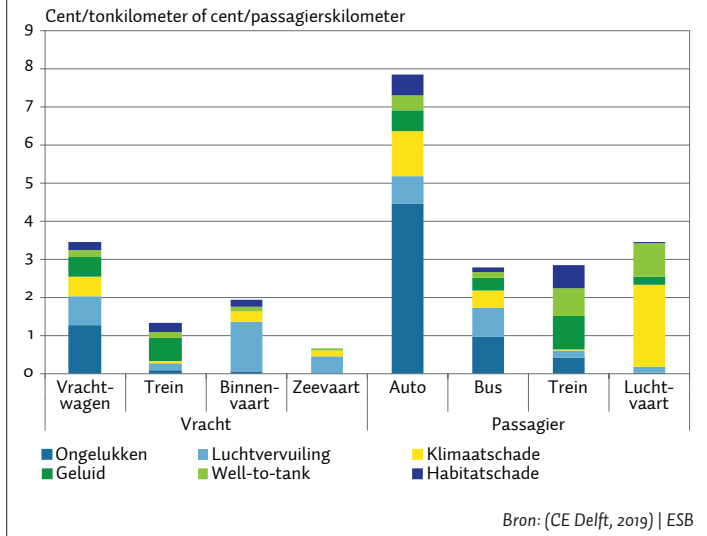
Het spoor kent momenteel meer milieuvoordelen dan andere vervoerswijzen, met name op het gebied van klimaat. Dit komt mede doordat de elektrische treinen in Nederland nu al op groene stroom rijden en het energiegebruik ervan lager is dan bij auto's. Ook als we naar de externe kosten kijken vanuit een breder duurzaamheidsperspectief, scoort het spoor relatief goed. Kader 2 presenteert verschillende mogelijkheden om het spoorvervoer nog duurzamer te maken.

Alle vervoerswijzen zullen schoner worden in de toekomst. Voor de auto zijn de CO₂-emissies gedaald als gevolg van regelgeving, en zorgt de aanscherping van EU-normen voor een verdere daling. Doordat auto's gemiddeld bijna twintig jaar meegaan, is de kans echter groot dat er nog lang auto's met verbrandingsmotoren zullen rondrijden. Willen we verduurzamen, dan zullen andere vervoersmodaliteiten deels vervangen moeten worden door spoorvervoer. Dan moet dus het spoor gaan zorgen voor een grote aanwas in treinkilometers.

Modal shift

Over het algemeen kan een modal shift naar het spoor een significante bijdrage leveren aan de klimaatopgave. Deze bijdrage is echter kleiner en vindt langzamer plaats dan de technische veranderingen en het efficiëntere gebruik van personenauto's. Een modal shift naar het spoor heeft echter méér verschillende positieve effecten dan de verbeterde techniek bij personenauto's heeft, ook al omdat auto's een groot beslag op de ruimte leggen. Met het oog op de klimaatbewuste reiziger zal het spoor een steeds beter alternatief worden voor de

Gemiddelde externe kosten per vervoersmodus voor de EU28 in 2016

FIGUUR 4


korte Europese vluchten, mits er sterk ingezet wordt op de integratie van de verschillende Europese spoorweg-systemen. Aangezien de ervaren aantrekkelijkheid en kwaliteit van het spoorvervoer grotendeels afhankelijk is van het voor- en natransport, is het tot slot van belang dat dit vervoer goed geïntegreerd is in de andere vervoersmogelijkheden. De toenemende populariteit van MaaS (Mobility-as-a-Service) biedt daarom ook kansen (CE Delft, 2019).

Groeiende vraag spoorvervoer

In de periode 2010–2016 groeide het spoorvervoer gemiddeld met twee procent per jaar (KiM, 2017). In de periode tot 2030 wordt een jaarlijkse groei van tussen de 1,4 en 1,8 procent verwacht (Ministerie van IenM, 2017b). Voor het spoorvervoer in de toekomst liggen de groeimogelijkheden vooral bij vervoer tussen en binnen de stedelijke regio's, omdat het spoor vooral bij grote reizigers aantallen kansrijk en efficiënt is. De groei van de stedelijke regio's zal naar verwachting doorzetten, wat tegelijkertijd druk geeft op de bereikbaarheid, de schaarse openbare ruimte, leefbaarheid, gezondheid en de kwaliteit van leven in de stad of regio.

In de visie van de Europese Commissie moet de CO₂-uitstoot bij de transportsector in de EU in 2050 verminderd zijn met zestig procent ten opzichte van 1990 (Europese Commissie, 2011). Voor het spoorver-

voer stelt de Europese Commissie dat de aanleg van het Europese hogesnelheidsnet in 2050 voltooid moet zijn. Ook wordt er gestreefd naar vermindering van het langafstandsvervoer over de weg met dertig procent in 2030.

De Europese doelen en nationale prognoses bieden voor het spoorvervoer groeikansen. Het spoor zou een deel van de autokilometers kunnen vervangen, met positieve milieueffecten als resultaat. Tegelijkertijd heeft Nederland al een van de best ontwikkelde mobiliteitsnetwerken ter wereld (Ministerie van IenM, 2017a; CPB, 2016). Hierdoor lijken de meeropbrengsten van nieuwe infrastructuur of de uitbreiding van de spoorca-

paciteit slechts beperkt (CPB en PBL, 2016). Het CPB en PBL hebben berekend dat als tien procent van de automobilisten over zou stappen op de trein, er een verdubbeling van de capaciteit op het spoor nodig zal zijn (CPB en PBL, 2016).

De grootste uitdagingen voor het spoorvervoer zijn de beperkte capaciteit tijdens de spits en de beperkte groeimogelijkheden vanwege de kostbare investeringen. Het beter spreiden van reizigers gedurende de dag biedt kansen, bijvoorbeeld door studenten buiten de spits te laten reizen. Ook kunnen langere treinen, dubbeldekkers en het opschroeven van de frequentie van treinen op korte termijn bijdragen aan meer capaciteit voor nieuwe

Verduurzaming van het spoor in de toekomst

Het spoor blijft vanuit klimaatperspectief een van de betere vervoersmiddelen. Desalniettemin vragen het akkoord van Parijs en het Nederlandse klimaatakkoord ook om verduurzaming van het spoor. In de CO₂-visie 'OV en Spoor 2050' committeren twaalf partijen – zoals vervoerders en regionale overheden – zich aan de doelstellingen om in 2050 de spoor- en openbaarvervoerssector volledig CO₂-neutraal te krijgen. In figuur 5 is de mogelijke ontwikkeling geschetst van de CO₂-footprint van de spoorsector die nodig is om deze doelstelling tegen 2050 te halen. Deze footprint bestaat uit scope 1-, scope 2- en scope 3-emissies. Scope 1-emissies zijn de directe emissies van het

vervoer zelf, die vrijkomen bij verbranding van brandstoffen. De CO₂-emissies die vrijkomen bij de opwekking van ingekochte elektriciteit of warmte vallen onder scope 2. De scope 3-emissies zijn de emissies in de keten van ingekochte producten of materialen.

Uit figuur 5 blijkt dat de emissies als gevolg van de productie van de ingekochte elektriciteit om de elektrische persontreinen te laten rijden de belangrijkste component van de CO₂-footprint van 2013 was. Sinds 2017 rijden alle elektrische treinen in Nederland echter op groene stroom, waardoor er geen sprake meer is van emissies bij de stroomproductie. Het verder vergroenen van de energievoorziening

is daarom niet mogelijk, maar het energiegebruik kan op vele manieren worden verminderd, zoals door een slimme airconditioning die automatisch naar behoefte gaat draaien. Zulke energiebesparende maatregelen hebben geen invloed op de CO₂-emissie van het spoor (die is sinds 2017 al nul), maar wel op het stroomgebruik. Voorbeelden zijn het verhogen van de spanning op de bovenleiding, terugvoeden en opslaan van elektriciteit, energiezuinig rijden en andere rendementsverbeteringen. Daarmee kan een daling van het elektriciteitsgebruik van het spoorvervoer wel indirect leiden tot minder fossiel opgewekte elektriciteit in Nederland als geheel.

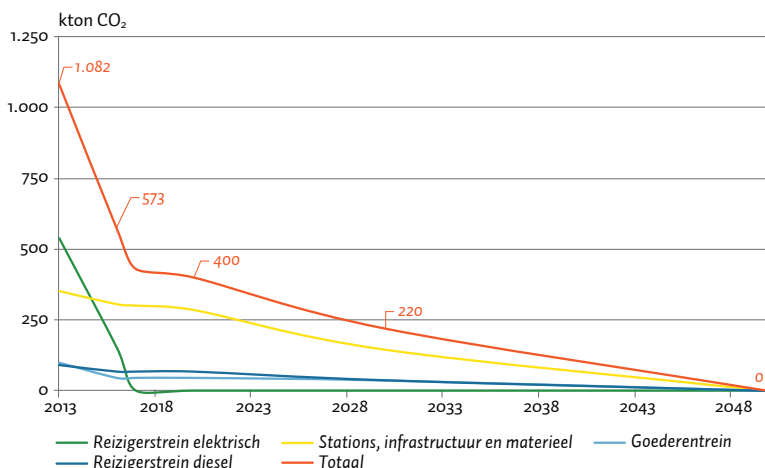
De nog resterende dieseltreinen in Nederland zullen tussen nu en 2050 vervangen moeten worden door bijvoorbeeld (partiele) elektrificatie of waterstofftreinen. De kosten van volledige elektrificatie zijn per vermeden ton CO₂ hoger dan het inzetten van waterstof of biolng. Vanwege het feit dat de regionale treinen nog relatief nieuw zijn, zal een drastische omschakeling op waterstof of elektriciteit pas vanaf ongeveer 2030 een realistische stap worden (CE Delft, 2018). In de tussentijd zal er waarschijnlijk ingezet moeten worden op het gebruik van biobrandstoffen.

Het reduceren van de CO₂-emissies in de categorie stations, infrastructuur en materieel productie zal naar verwachting het moeilijkst zijn. Het gebruikte beton, staal en de ballast is verantwoordelijk voor circa tachtig procent van de CO₂-emissies in deze categorie. Eventuele maatregelen zijn het verlengen van de levensduur van producten en het hergebruik van materialen. Ook het circulair en modulair ontwerpen kan bijdragen aan de benodigde reductie.

KADER 2

Ontwikkeling van de CO₂-footprint van de spoorsector tussen 2013 en 2050

FIGUUR 5



Bron: (CE Delft, 2018) | ESB

reizigers in de spits. Op de langere termijn zullen er echter meer investeringen in het spoorwagennet nodig zijn.

De oplossing ligt niet in het aanleggen van extra kilometers spoor, maar in beter verkopen van het hoofdspoor en het regionale of stedelijke ov (Rli, 2018). Een geslaagd voorbeeld van verknooping is de ombouw van de Hofpleinlijn tussen Rotterdam en Den Haag van een spoorlijn naar een lightrailverbinding die nu aldus deel uitmaakt van Randstadrail. In plaats van extra kilometers spoor zijn er ook andere manieren om de capaciteit op het spoor te vergroten. Op nationaal niveau wordt er daarom ingezet op het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer waarbij er, op de huidige infrastructuur en de drukste lijnen met zes intercity's, zes sprinters en twee goederentreinen per uur per richting gereden kan worden. Om treinen dicht op elkaar te kunnen laten rijden, is de invoering van het treinbeïnvloedings- en beveiligingssysteem ERTMS noodzakelijk, een Europees initiatief om tot een uniform systeem in alle EU-landen te komen.

In het goederenvervoer is het minder duidelijk welke rol het spoor zal spelen bij de verduurzaming. De rol hangt samen met de ontwikkelingen in de eisen die er gesteld worden aan het goederenvervoer (steeds grotere flexibiliteit en kortere reistijden) en de te verwachten krimp in de markten waar het spoor traditioneel sterk is, zoals kolen, aardolieproducten en andere zware bulkgoederen. Vooralsnog lijkt de grootste uitdaging te liggen in het slim opvangen van de groei in het personenvervoer.

Literatuur

- CBS, PBL, RIVM en WUR (2019) *CO₂-emissie per voertuigkilometer van nieuwe personenauto's, 1998–2017*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Planbureau voor de Leefomgeving, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Wageningen University and Research. Publicatie te vinden op www.clo.nl.
- CE Delft (2008) *STREAM: Studie naar transportemissies van alle modaliteiten*. Rapport CE Delft, september.
- CE Delft (2014) *STREAM Personenvervoer 2014*. Rapport CE Delft, 14.4787.20a.
- CE Delft (2017) *STREAM Goederenvervoer 2016*. Rapport CE Delft, 17.4H29.10.
- CE Delft (2018) *Roadmap duurzaam OV en spoor*. Rapport CE Delft, 18.4M99.012.
- CE Delft (2019) *Behaviour and rail transport*. Rapport CE Delft. Te verschijnen
- CE Delft en VU (2014) *Externe en infrastructuurkosten van verkeer*. Rapport CE Delft, 14.4485.35.
- CE Delft (2019) *Handbook on the external costs of transport*. Delft: CE Delft Te vinden op: ec.europa.eu.
- CE Delft, Infrast en Fraunhofer ISI (2011) *External costs of transport in Europe*. Rapport CE Delft, 11.4215.50.
- CPB (2016) *Investeren in infrastructuur*. CPB Policy Brief, 2016/06.
- CPB en PBL (2016) *Kansrijk mobiliteitsbeleid*. PBL-publicatienummer 2337.
- Europese Commissie (2011) *Stappenplan voor een interne Europese vervoersruimte: werken aan een concurrerend en zuinig vervoerssysteem*. EC Witboek, 28 maart.
- Hörcher, D. (2013) *Marginal external costs of peak-hour and off-peak rail passenger*. Amsterdam: VU/NS.
- ICCT (2017) *From laboratory to road: a 2017 update of official and 'real-world' fuel consumption and CO₂ values for passenger cars in Europe*. ICCT-publicatie te vinden op www.theicct.org.
- Infrast, CE Delft, ISI en University of Gdansk (2008) *Handbook on estimation of external costs in the transport sector*. Rapport CE Delft, 07.4288.52.
- KiM (2017) *Mobiliteitsbeeld 2017*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid. Publicatie te vinden op www.rijksoverheid.nl.
- Ministerie van I en M (2017a) *MIRT Overzicht 2018*. Publicatie te vinden op www.mirtoverzicht.nl.
- Ministerie van I en M (2017b) *Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse 2017*. Hoofdrapport, 1 mei. Te vinden op www.rijksoverheid.nl.
- NRC (2017) *NRC check: 'De NS rijdt voor 100 procent op windstroom'*. NRC, 28 juni.
- NS (2019) *Groene stroom*. Artikel in 2019 geraadpleegd op www.ns.nl.
- Rietveld, P. (2002) *Why railway passengers are more polluting in the peak than in the off-peak: environmental effects of capacity management by railway companies under conditions of fluctuating demand*. *Transportation Research Part D*, 7(5), 347–356.
- Rli. (2018) *Van B naar Anders: investeren in mobiliteit voor de toekomst*. Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, mei. Publicatie te vinden op rli.nl.
- TNO (2016) *Real-world fuel consumption of passenger cars based on monitoring of Dutch fuel pass data*. TNO Rapport, 2018 R10371.