

NOTITIE 13

---

# Een pad naar verduurzaming

HOE KRIJGEN WE DE ZWAARSTE  
VOERTUIGEN DUURZAAM?

20 DECEMBER 2023

---

**Auteurs:** Jasper de Bruin, Igor Koster, Felix Marseille

**Contact en website**

[info@labverantwoordemobiliteit.nl](mailto:info@labverantwoordemobiliteit.nl)

[www.labverantwoordemobiliteit.nl](http://www.labverantwoordemobiliteit.nl)



# Introductie

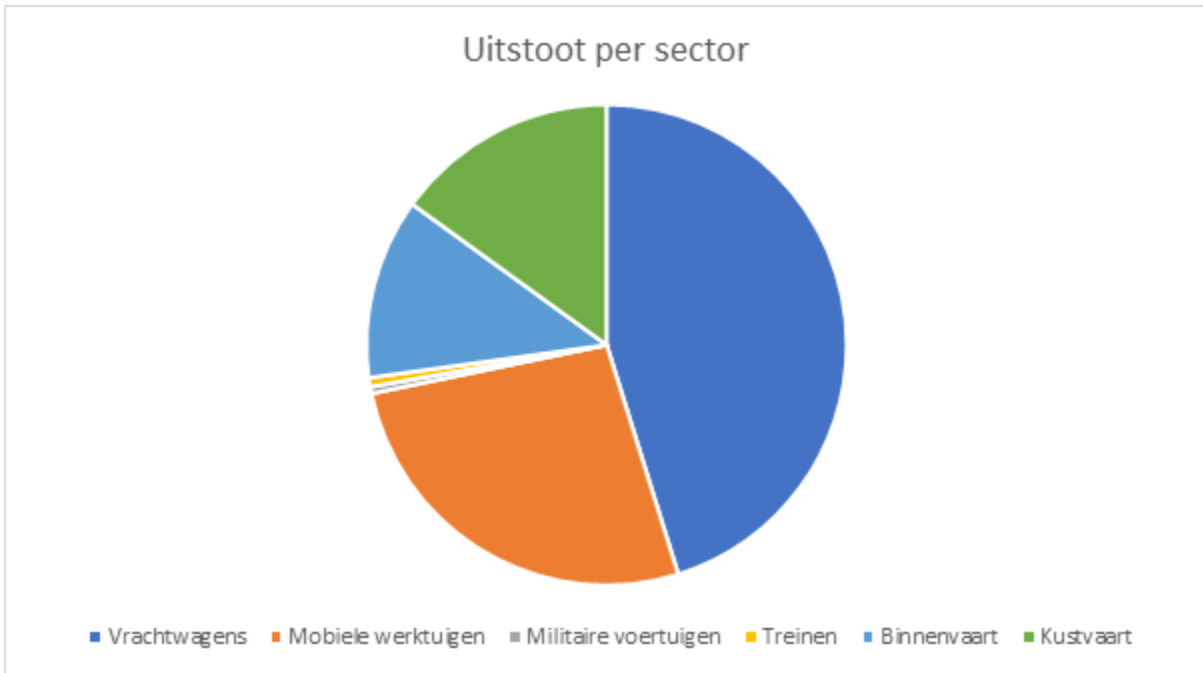
In deze notitie staat het duurzaam maken van de zwaarste vervoermiddelen centraal. Het gaat daarbij over de zwaarste vrachtauto's, over bouwvoertuigen, en over alle relevante mobiele voertuigen, over militaire voertuigen, over schepen (kustvaart, binnenvaart en veerboten) en over treinen. Alleen bussen zijn uitgesloten. Bij elkaar zijn deze zwaarste voertuigen goed voor een groot aandeel in de CO2 uitstoot. Het gaat om 13,6 Mton, op een totale uitstoot van 29,6 Mton (2022). Dat is net boven de 40%. Ook van belang is dat bij een aantal vervoermiddelen er relatief snel forse verbeteringen in het totale wagenpark of in de totale vloot te realiseren zijn. Maar dan moeten wel alle condities gunstig zijn, en daarvoor is er veel samenwerking tussen stakeholders nodig. Daarom is notitie dan ook ruimer dan strikt technisch.

In het eerste deel van deze notitie zetten we zes verschillende categorieën van zware mobiliteit in Nederland uiteen: vrachtwagens, mobiele werktuigen (bouwverkeer en tractoren), militaire voertuigen, regionaal treinverkeer, binnenvaart en kustvaart. Hierbij wordt ook een beeld van de sector gegeven door de huidige situatie qua een aantal karakteristieken van de vloot en huidige mate van transitie. In het tweede deel worden de verschillende alternatieve aandrijvingen en bijbehorende infrastructures onder de loep genomen om daarvan de eigenschappen weer te geven. Daarna worden de verscheidene, algemene vormen van overheidssturing en -ingrijpen om deze transitie met de juiste snelheid op het juiste spoor te krijgen. Met deze kennis wordt er per categorie een verduurzamingsstrategie gemaakt op het gebied van techniek, infrastructuur, bijhorend beleid en samenwerking binnen en buiten de sector zelf. We eindigen met een aantal meer algemene aanbevelingen. Daarnaast is er nu natuurlijk het probleem van de netcongestie, hier gaan we kort op in, maar achten wij verder buiten de scope van deze notitie.

In de mobiliteitssector staan we aan de vooravond van wat één van de grootste transitieën sinds de innovatie van de verbrandingsmotor zal gaan zijn, de volledige omschakeling van fossiel aangedreven voertuigen naar voertuigen aangedreven met een duurzaam alternatief. Waar personenmobiliteit en kleine bedrijfsvoertuigen al redelijk onderweg zijn qua aandacht, beleid, beschikbare techniek en überhaupt echte alternatieven die al rondrijden, daar blijven de zwaardere categorieën nog achter. Met de huidige doelstellingen van 49 % in 2030 en zelfs 95 % in 2050 procent reductie van de totale uitstoot in Nederland ten opzichte van 1990 ook in deze sectoren uiterst noodzakelijk<sup>1</sup> (Klimaatakkoord, 2019) Ten opzichte van het Klimaatakkoord zijn in vorige regeerakkoord doelen verder aangescherpt. Daar is ook een zgn. restemissie in 2030 opgenomen voor alle individuele sectoren. Ook is er in de Europese Green Deal aangescherpt en nieuw vastgesteld beleid. Die Green Deal is strenger dan Klimaatakkoord en loopt tot 2050, waar Klimaatakkoord niet voorbij 2030 kijkt.

De komende jaren worden essentieel om deze doelstellingen wel te halen, gezien de vaak lange doorlooptijd van veel van deze vervoermiddelen. Hierdoor zijn de juiste keuzes die in de komende jaren gemaakt moeten worden essentieel om deze doelen te halen.

Sommige categorieën vervoermiddelen hebben de laatste jaren iets van beweging gezien met voorzichtige stapjes, zoals bij regionaal treinverkeer in het noorden die tegenwoordig aangedreven met HVO, een type biobrandstof. (NOS,2023,1) Ook in de transport en afvalsector wordt mondjesmaat gebruik gemaakt van elektrisch aangedreven vrachtwagens (NOS,2023,2). En er zijn een paar pilots geweest, zoals op basis van de DKTI- regeling.



Maar het overgrote deel van het huidige bestand aan vervoermiddelen en van het gros van de nieuwverkoop is nog “gewoon” fossiel aangedreven. De uitdaging blijft in ieder geval groot als je die koppelt aan de doelstellingen voor de reductie in Nederland in 2030 en 2050. En zeker als je bedenkt dat de financieel rendabele vervangingstermijnen van schepen treinen en specifiekere wegvoertuigen snel de twintig jaar overschrijden.

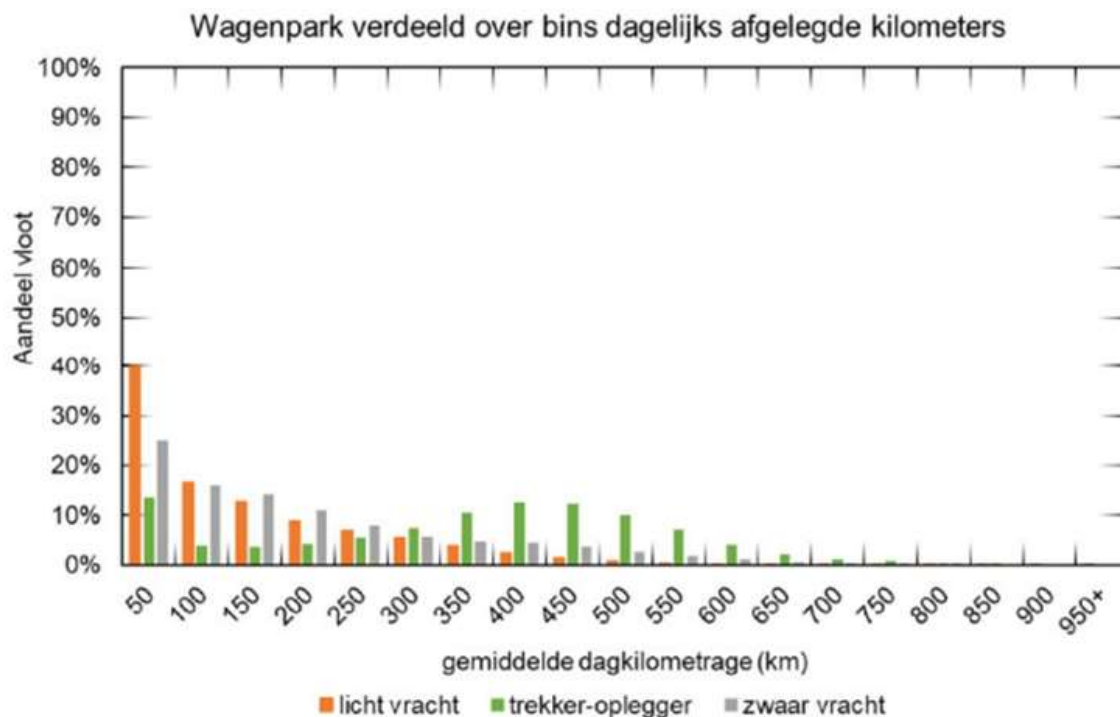
# Inhoudsopgave

<b>2. De vervoersmiddel geïntroduceerd</b> .....	5
2.1 Vrachtwagens .....	5
2.2 Mobiele werktuigen.....	6
2.3 Militaire voertuigen .....	7
2.4 Treinen .....	8
2.5 Binnenvaart.....	9
2.6 Kustvaart .....	10
2.7 Veerboten .....	11
<b>3. Alternatieve aandrijvingen</b> .....	13
3.1 Netcongestie .....	13
3.2 Batterij-elektrisch .....	13
3.3 Waterstof .....	14
3.4 Biobrandstof .....	15
3.5 E-fuels .....	16
<b>4. Mogelijke aanpak per vervoersmiddel</b> .....	18
4.1 Beleidsinstrumenten.....	18
4.2 Vrachtwagens .....	19
4.3 Mobiele werktuigen.....	22
4.4 Militaire voertuigen .....	24
4.5 Treinen .....	25
4.6 Binnenvaart.....	27
4.7 Kustvaart .....	29
4.8 Veerboten .....	30
<b>5. Een aantal kernaanbevelingen</b> .....	31
<b>Bronnen</b> .....	32

## 2. De vervoersmiddel geïntroduceerd

### 2.1 Vrachtwagens

Er zijn 110.000 zware vrachtwagens, waarvoor als norm geldt het totaal toegestane gewicht van boven de 23 ton., Er zijn twee grote categorieën, bakwagen en trekker- opleggers. Gemiddeld rijden trekker-opleggers 71.000 km en zware bakwagens 46.000 km per jaar (dit vergeleken met een personenauto; 13.000 km per jaar). Dit alles resulteert in een uitstoot van bijna 6 megaton CO<sub>2</sub>. De voertuigen worden vooral ingezet in de logistiek, met een enkele uitzondering zoals bijvoorbeeld mobiele kranen of hoogwerkers gemonteerd op een vrachtwagen (Trendrapport,2022). Zoals in de grafiek te zien is, is het dag - kilometrage van vrachtwagens sterk variërend (figuur, TNO 2021,1).



Voor de zware vracht geldt dat dag - kilometrages tot 250 km veruit het meeste voorkomen. Voor trekker-opleggers geldt dat 40 procent tussen de 350 en 500 km per dag rijdt (TNO,2021). De logistieke sector in Nederland bestaat zowel uit een aantal grote spelers, waarvan sommigen beschikking hebben over meer dan duizend trucks, als ook kleinere bedrijven tot personen met hun eigen truck zijn aanwezig. Als we gaan kijken naar de producten, is daar te zien dat het Nederlands wagenpark slechts uit een aantal fabrikantgroepen bestaan, 90 procent van de huidige voertuigen is afkomstig van slechts vier fabrikanten, namelijk DAF, Volkswagen's Traton Group met de merken Scania en Man, Daimler Trucks met het merk Mercedes, Volvo Group met de merken Volvo en Renault en IVECO. (Trendrapport,2022). Deze spelers hebben samen dus een behoorlijk sterke positie in de Nederlandse markt. Tegenwoordig worden door deze fabrikanten mondjesmaat elektrische trucks op de markt gebracht, die overigens tot nu slechts een marginaal aandeel hebben in het voertuigbestand. Het leeuwendeel van de nieuwverkoop bestaat nog steeds uit door diesel aangedreven voertuigen. In 2021 reden er nog maar 63 zware elektrische vrachtwagens rond in Nederland, deze hebben nu vaak een bereik van 200 tot iets boven de 400 km (Trendrapport,2022).

Het zou echter relatief snel kunnen gaan met de omschakeling naar elektrische trucks. Er is op het gebied van levensduur relatief veel speelruimte, de gemiddelde levensduur van trekkers door hun hogere kilometrage bedraagt acht jaar. Voor de zware bakwagens is dit veertien jaar. Na vijftien jaar is dan ook 95 procent van alle huidige trekkers vervangen en bij de zware bakwagens gebeurt dit na 22 jaar (Trendrapport,2022). Dit is relatief snel als je het vergelijkt met personenauto's en al zeker als je het vergelijkt met een aantal andere vervoermiddelen in deze notitie.



## 2.2 Mobiele werktuigen

Mobiele werktuigen hebben qua aantallen een aanzienlijk aandeel in het wagenbestand met ruim 500.000 voertuigen. Deze voertuigen zijn samen verantwoordelijk voor 3,5 megaton aan CO<sub>2</sub> uitstoot per jaar. (TLN,2021,1) Deze categorie is eigenlijk op te delen in tractoren en motorrijtuigen met beperkte snelheid, wat vaak meer specialistische machines zijn. Deze laatste voertuigen zijn actief in zowel de bouw als in de landbouw. Voorbeelden van deze motorrijtuigen zijn graafmachines en asfalteerders. De bouwsector is, net zoals bij logistiek, gevarieerd qua bedrijven van grote spelers zoals Dura Vermeer en Heijmans tot lokale ondernemers. Aan de productiekant van de voertuigen gaat het voornamelijk om een aantal enorme concerns, vaak onderverdeeld in meerdere dochterondernemingen.

De inzet van de motorrijtuigen is erg divers. Ze hebben hierdoor een andere energievraag door verscheidenheid in gewicht en toepassing. Waar landbouwvoertuigen voornamelijk in landelijke gebieden werkzaam zijn, met tot nu toe weinig mogelijkheden tot bijvoorbeeld laadpunten, bevinden bouwvoertuigen zich juist relatief vaak in steden of zijn betrokken bij grotere projecten, waar tijdelijke laadvoorzieningen opgetuigd kunnen worden (NOS, 2023,3). Over het algemeen geldt wel dat ze allemaal in staat moeten zijn om over onverharde terreinen te rijden en de mobiele werktuigen hebben naast voor de aandrijving ook de nodige energie nodig voor hun toepassing.

De huidige mate van transitie naar elektrische voertuigen, kijkend naar het aanbod bij de grotere mobiele werktuigen, is nog beperkt. Waterstofvoertuigen zijn bijvoorbeeld nog helemaal niet

beschikbaar (TNO,2022,1). Wel bouwen bouwbedrijven zelf hun voertuigen om of laten dit doen. Dit om te voldoen aan de concessies vanuit de overheid voor een project of voor het verkrijgen van subsidie voor duurzamere bouwvoertuigen. De stikstofproblematiek is een forse aanjager tot verduurzaming, aangezien fossiel aangedreven voertuigen ook bronnen van stikstof zijn (AD,2023). De levensduur van de bouwvoertuigen zit relatief dicht bij elkaar met levensduren van 7 tot en met 13 jaar. In de landbouwsector zijn dit langere periodes met 19 jaar voor tractoren en zelfs 33 jaar voor maaidorsers (TNO,2021,2).



## 2.3 Militaire voertuigen

Militaire voertuigen vormen een bijzondere categorie, het palet aan voertuigen is hier extreem divers van licht gepantserde voertuigen tot enorme tanks. Binnen deze categorie zijn alle voertuigen boven de tien ton meegenomen, inclusief vrachtwagens. Deze zijn hier meegenomen omdat de inzet en de eisen die gesteld worden in deze categorie nogal veel verschillen met de vrachtwagens die in de normale logistiek worden ingezet. De categorie bestaat qua omvang uit iets meer dan 7000 voertuigen, waarvan veruit de meerderheid, ongeveer 6000 uit vrachtwagens. (Defensie,2023) De uitstoot van defensie bedraagt ongeveer 0,06 megaton aan koolstofdioxide. (BNN/VARA,2022) De vrachtwagens zijn aangepaste versies met vaak extra vermogen en meerdere aangedreven wielen, sommige zijn ook uitgevoerd met een gepantserde cabine. Deze vrachtwagens kunnen niet afhankelijk worden van de publieke laadinfrastructuur (Defensie, 2023).

De andere voertuigen zijn specialistische machines, die vaak op kleinere schaal gemaakt worden en waar Nederland zelf ook maar een aantal van heeft rondrijden. Bij defensie zijn een aantal kenmerken van een voertuig essentieel, ze moeten overal inzetbaar zijn, betrouwbaar zijn en beschikken over een groot bereik. Tegenwoordig rijden daarom ook al deze voertuigen nog op diesel, aangezien bijvoorbeeld een elektrische aandrijving nog niet aan deze eisen kan voldoen. Echter komen de eerste gepantserde voertuigen met diesel generator en elektrische aandrijving wel al op de markt wat toch perspectief biedt (US Army,2022). Hiermee is de stap naar volledig elektrisch of naar een generator op een duurzame brandstof makkelijker te maken. De levensduur van de specialistische voertuigen is erg lang, dat wil zeggen minimaal 30 jaar. Dat maakt de keuzes die nu gemaakt worden extra belangrijk, zeker aangezien sinds de oorlog met Oekraïne de defensiebudgetten flink omhoog zijn gegaan en nu

dus veel materiaal wordt aangeschaft (NOS,2023,4) \_ wat ook weer meer ruimte biedt voor verduurzaming van het materieel.



## 2.4 Treinen

Ondanks het feit dat bijna al het spoor in Nederland voorzien is van bovenleiding die elektrisch vervoer van goederen en passagiers mogelijk maakt stoot de activiteit van vervoer op het spoor in Nederland jaarlijks direct 80 kiloton CO<sub>2</sub> en 1,5 kiloton NO<sub>x</sub> uit. Deze uitstoot is afkomstig van twee activiteiten. Als eerste in het goederenvervoer, hier maken bedrijven zoals DB, Tata Steel en Rail Force One gebruik van locomotieven die door diesel worden aangedreven. En als tweede in het passagiersvervoer waar op de regionale lijnen dieseltreinstellen worden gebruikt door bedrijven als Arriva, Connexion en Keolis. Deze passagiersdiensten worden als concessies, die over het algemeen 10-15 jaar gelden (Europa decentraal 2023), gegund aan de genoemde bedrijven. In deze concessies worden afspraken gemaakt tussen de desbetreffende provincies en vervoerders over aspecten als de dienstregeling en het toegestane rollend materieel. De concessieduur beslaat ongeveer de helft van de verwachte levensduur van de gebruikte treinstellen. Op dit moment zijn er 15 trajecten die gebruik maken van dieseltractie (First Dutch, 2014).

In deze omgeving op het spoor lijkt er nog niet een duidelijke weg naar verduurzaming te bestaan. Het ouderwets elektrificeren van de spoorlijnen waar nog met diesel wordt gereden, zoals het baanvak Groningen-Leeuwarden, lukt maar niet wegens hoge bouwkosten (Werkgroep Spoor in Friesland 2023). Het lijkt er dus op dat men op zoek moet naar verduurzamingsmethoden die weinig tot geen nieuwe infrastructuur behoeven.

Lithium-Ion accu's en waterstof brandstofcellen lijken de twee meest voor de hand liggende kandidaten voor deze transitie. Zo heeft de Provincie Groningen een aanbesteding lopen voor 4 regionale treinstellen die gebruik zullen maken van H<sub>2</sub> brandstofcellen (Provincie Groningen 2022). Andere provincies, met name Overijssel kijkt juist naar het verduurzamingspotentieel van accutreinen,



met name voor het baanvak Almelo-Hardenberg. Hier rijden vandaag de dieseltreinen voor een groot deel van de route onder bovenleiding. Alleen voor stukje tussen Mariënberg en Almelo is de dieselmotor nodig. Deze korte afstand maakt het makkelijker op dit baanvak voor accutreinen (RTV Oost 2022). De geringe afstand die moet worden gereden is ook een kenmerk van rangeerwerk in het goederenvervoer. Hier zouden batterijlocomotieven dus ook een rol van betekenis kunnen spelen.



## 2.5 Binnenvaart

Nederland heeft zich door haar ligging in de rivierdelta en gunstige locatie aan zee met de haven van Rotterdam ontwikkeld tot één van de grote spelers binnen de Europese binnenvaart. Waarbij de totale Europese binnenvaart om en nabij de 16 000 schepen telt, is Nederland met 8000 schepen verantwoordelijk voor de helft van deze vloot (Bureau Voorlichting Binnenvaart, 2023, Panteia,2022) Wat de sector bijzonder maakt is dat ongeveer 75% van de binnenvaart bestaat uit familie of gezinsbedrijven. Het aantal rederijen is dus relatief klein wat ervoor zorgt dat er in totaal zo'n 3150 losse zelfstandige ondernemingen actief zijn in de binnenvaart (Bureau Voorlichting Binnenvaart, 2023). Deze schepen vinden toepassingen in vele verschillende vormen van vrachttransport. De Nederlands binnenvaart sector is in 2021 verantwoordelijk voor 280 miljoen ton vracht.

Met een gemiddelde leeftijd van binnenvaartschepen van meer dan 40 jaar is te zien dat te sector moeilijk te verduurzamen (Cordis,2022). Een schip gaat erg lang mee wat de vervanging en verduurzaming van de sector vermoeilijkt. Wel vindt er tussentijds motorrevisie plaats en soms ook vervanging van de motor. De binnenvaart is verantwoordelijk voor een uitstoot van 1,6 mton CO<sub>2</sub> en 21,2 kton NO<sub>x</sub>. Wanneer dit wordt vergeleken met het totale goederenvervoer in Nederland dan is de binnenvaart verantwoordelijk voor 13% van de CO<sub>2</sub> uitstoot en 37% van de NO<sub>x</sub> emissies. Voor NO<sub>x</sub> komt dit doordat de emissie- eisen aan motoren tot voor kort veel minder streng waren dan (Nieuwsblad Transport, 2023). Wanneer men echter kijkt naar de uitstoot per kg vracht dan doet

de scheepvaart het juist erg goed. De uitstoot is dan tot wel bijna vier keer zo efficiënt als spoorvervoer en tot wel bijna tien keer zo efficiënt als met zware bedrijfsvoertuigen (Panteia,2022).

Daarnaast vindt er ondanks de lange omlooptijden en beperkte dwingende maatregelen al wel aardig wat verduurzaming plaats. Zo zijn er recentelijk zowel volledig elektrische als waterstofboten in de vaart genomen. Daarnaast is het idee om tegen 2030, 50 binnenvaart- en kustschepen op waterstof te laten varen (Nieuwsblad Transport, 2023). Wat laat zien dat er zeker mogelijkheden zijn om de transitie in gang te zetten.



## 2.6 Kustvaart

Short-sea shipping, ook wel kustvaart genoemd betreft de korte routes over zee die voornamelijk de kustlijnen volgen. Denk hierbij aan vaarroutes tussen Nederland en Scandinavië of tussen Italië en Spanje. In tegenstelling tot zeescheepvaart zullen deze schepen dan ook niet de oceanen oversteken en zijn ze vaak een stuk kleiner. In totaal beschikt Nederland over ongeveer 1000 kustvaartschepen (Eurostat, 2023). In tegenstelling tot de binnenvaart zijn deze schepen voornamelijk deel van rederijen.

In zijn geheel is de Nederlandse kustvaart in 2021 verantwoordelijk voor 305 miljoen ton aan vracht, wat neerkomt op 14.5% van het totale vrachtvervoer van de kustvaart binnen de EU. Alleen Italië vervoert meer met een aandeel van 15% van de totale hoeveelheid vrachtvervoer via de kustvaart (Eurostat, 2023). Ook deze sector is net zoals de binnenvaart nog sterk afhankelijk van zware stookolie en diesel voor het vervoeren van de vracht (Connekt, 2021). Dit in combinatie met een lange levensduur van gemiddeld 20 jaar, en een lage vernieuwingsgraad van 2 tot 3 procent per jaar maakt verduurzaming een lang proces. De totale uitstoot van deze sector is vrijwel onvindbaar, een benadering is het beste wat we hier kunnen doen. Het totale aandeel van short-sea shipping ten opzichte van al het zeetransport is 32 procent. Dat aandeel op een totale uitstoot van Nederlandse scheepvaart van 7,787 Mton, min het aandeel van de binnenvaart zou de Nederlandse short-sea shipping uitkomen op een uitstoot van ongeveer 2 Mton (CBS, 2022, European Commission, 2021).



## 2.7 Veerboten

In tegenstelling tot de overige scheepvaart is het stuk over veerboten gefocust op passagiersvervoer tussen het Nederlandse vasteland en de Waddeneilanden. In Nederland zijn er drie verschillende bedrijven die deze oversteek faciliteren in de tabel hieronder is een overzicht te vinden van de schepen en afstand ze varen (Rederij Doeksen, Rederij Wagenborg, TESO)

Shipping Company	Route(s)	Number of Ships	Name of vessel	Distance (KM)	Time
TESO	Den Helder – Texel	2	Texelstroom <i>Dokter</i> <i>Wagemaker</i>	5.5	25 minutes
Doeksen	Harlingen – Terschelling	2	Willem Barentsz (Friesland) Willem de Vlamingh Vlieland	38	2 hours
	Harlingen – Vlieland			35	1 hour 35 minutes
Wagenborg	Holwerd – Ameland	2	Sier Oerd	12	50 minutes
	Louwersoog – Schiermonnikoog	2	Rottum Monnik	11	50 minutes

Deze ferry's varen op verschillende soorten brandstoffen. In totaal varen er zes boten op diesel, twee op LNG, één op een combinatie tussen diesel & gas en één vaart op CNG & LNG met elektrische ondersteuning voor het weg te varen uit havens (Bachelor End Project, 2021). Dit in combinatie met een levensduur van ongeveer 38 jaar zorgt ervoor dat het verduurzamen van deze ferry's zonder regelingen erg lang kan duren (Bilen et. Al , 2018). Echter worden de partijen die deze route mogen varen door middel van concessies van de overheid vastgesteld. Dit betekent dat de overheid hierin een grote rol kan spelen door alleen concessies af te geven aan bedrijven die duurzame schepen zullen gaan gebruiken. Echter laat dit nog wel even op zich wachten gezien de concessies pas opnieuw worden geëvalueerd in 2029 (Rijksoverheid, zj). Dit zorgt ervoor dat er niet direct druk op de verduurzaming van de waddenveren kan komen. Overigens laat Noorwegen zien dat er wel veel kan (Electrive, 2021).



## 3. Alternatieve aandrijvingen

### 3.1 Netcongestie

Voordat we ingaan op de mogelijke alternatieven, willen we kort ingaan op de netcongestie problematiek in Nederland. Dit erkennen wij zeer zeker als een relevant probleem, maar achten we ook buiten de scope van deze notitie. Toch willen we kort even aanhalen wat in onze ogen mogelijke oplossingen zijn. Voor lange termijn is het belangrijk dat nu de juiste keuzes door middel van het goed inventariseren van toekomstige vraag worden gemaakt voor netverzwaringen en dit moet voor de komende tientallen jaren een doorlopend proces gaan worden. Voor nu is het belangrijk dat we creatief omgaan met de capaciteit die we wel hebben door efficiënt gebruik te maken van de huidige netaansluitingen, de energievraag op bedrijven op het terrein op elkaar aan te passen door middel van samen te werken met een laadplein of zelfs het opzetten van een energiehub, te werken met flexibiliteit door ongegarandeerde aansluitingen of het inzetten van batterij-opslag (CE Delft, 2022).

### 3.2 Batterij-elektrisch

Batterij-elektrisch is de tot op heden de meest toegepaste techniek als alternatieve, volledige duurzame aandrijving. Maar ook dat blijft tot nu toe ook redelijk beperkt nog tot of lichtere voertuigen of voertuigen waarvan de toepassing niet een heel groot bereik en/of vermogen vereist. Bussen zijn hier een goed voorbeeld van, in Eindhoven rijden al elektrische bussen rond (Eindhovens Dagblad, 2021). In andere steden is de verduurzaming ook ingezet, in 2021 was ruim 20% van de gereden kilometers elektrisch aangelegd (CROW, 2023). In Nederland is er inmiddels ook een bestuursakkoord dat eist dat alle nieuwe OV-bussen in 2025 zero-emission zijn en vanaf 2030 alle OV-bussen zero-emission zijn (Zero Emissie Bus, zij).

Elektrisch aangedreven voertuigen hebben een ketenefficiëntie, de efficiëntie van productie tot en met daadwerkelijke aandrijving, van 60-75 procent. Dit is vergeleken met alternatieven, zoals waterstof, hoog. Waterstof in een brandstofcel heeft bijvoorbeeld maar een ketenefficiëntie van 20-31 procent in vloeibare vorm en 25-37 procent in gasvorm (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2022). De huidige implementatie heeft als gevolg dat de techniek van batterij-elektrische aandrijving al het verst ontwikkeld is en daarmee qua kosten waarschijnlijk al binnen een paar jaar kan concurreren met de fossiele alternatieven. Met bijvoorbeeld als verwachting voor vrachtwagens dat vanaf 2030 de TCO, total cost of ownership, van een batterij-elektrische vrachtwagen al sterk concurrerend is met een dieselvrachtwagen en dat vanaf 2035 voor 99,8 procent van de trucks een batterij-elektrisch voertuig een goedkopere optie en haalbare optie qua actieradius is. (TNO, 2022, 2) Deze ontwikkeling lijkt zich nu veel sneller te voltrekken dan wat van tevoren gedacht werd.

Toch zitten er nog een aantal haken en ogen aan elektrificatie door middel van batterijen. Ten eerste speelt nu zeer sterk het probleem van de congestie op het elektriciteitsnet, wat het soms onmogelijk maakt om laadvoorzieningen aan te leggen. Op termijn zal het probleem waarschijnlijk opgelost zijn, maar in de tussentijd is het belangrijk om mitigerende maatregelen te treffen, zoals het delen van aansluitingen of de inzet van lokale energieopslag, om de elektrificatie van zwaar transport toch mogelijk te maken. (NAL/CE Delft, 2023)

Daarnaast zijn elektrische accu's zwaar en is hun energiedichtheid per eenheid volume en gewicht laag met rond de 0,72 MJ/kg. (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2022) Dat zorgt ervoor dat er bij hogere benodigde vermogens of grote actieradii enorme batterijpakketten meegenomen zullen moeten worden, wat zowel duur als inefficiënt is doordat de voertuigen een enorm gewicht aan accu's telkens mee moeten vervoeren. (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2022). Dit zal zeker in het begin gelden, mede omdat de laadinfrastructuur dan slechts gedeeltelijk uitgerold is. Een oplossing daarvoor zou het concept van battery swapping kunnen zijn, waarbij je bij een "tankstation" je lege batterij verwisseld met een nieuwe, volle batterij. Echter lijkt het erop dat deze oplossing ongeveer twee keer duurder gaat worden dan snellaadstations en dat de meeste weggebruikers volstaan met alleen 's nachts laden of overdag tijdens de pauze kort snelladen (Crownhart, 2023). Daarnaast is de productie van batterijen en sommige andere componenten voor elektrische voertuigen tegenwoordig nog erg vervuilend, zowel qua koolstofdioxide als qua lokale vervuiling. De mijnbouw die komt kijken bij het winnen van de benodigde metalen zorgt voor een enorm watergebruik en aantasting van de lokale natuur. (Natuur & Milieu, 2022) Hierbij komt nog dat de benodigde metalen vaak gewonnen worden in ontwikkelingslanden, waar ofwel geen regelgeving dan wel handhaving bestaat op mijnbouw. Hierdoor zijn de werkomstandigheden voor de medewerkers, soms zelfs kinderen, erbarmelijk. Dit geldt sterk voor de winning van Kobalt, waarbij twee-derde van de totale vraag uit Congo komt (NOS, 2019,1).

Er wordt wel aan gewerkt met een EU-richtlijn, de EU Corporate Sustainability Due Diligence Directive, die gaat over verantwoord en duurzaam ondernemen (RVO, 2022,1). Deze zou dus ook gelden op het gebied van productieomstandigheden en recycling. Maar dit zal waarschijnlijk bij lange na niet het probleem daar oplossen. Ook is er een alternatief voor de lithium-ion batterijen in zijn huidige vorm, het huidige type NMC batterij. Deze batterij heeft namelijk nog zeldzame metalen zoals nikkel en kobalt nodig. Het alternatief hiervoor zou de LFP-batterij kunnen zijn, die gemaakt wordt van lithium, ijzer en fosfaat. (Natuur & Milieu, 2022) . Daarnaast heeft dit type batterij een langere levensduur en kan die sneller laden. Tesla stopt bijvoorbeeld al in alle Tesla Model 3's verkocht in China al dit type batterij, waar er vorig jaar nog ruim 400.000 van zijn verkocht . Een andere batterij die bij meerdere batterijfabrikanten en kennisinstellingen in ontwikkeling is, is de solid-state accu. Deze heeft een aantal zeer sterke voordelen: een hogere energiedichtheid, bij hetzelfde formaat batterij tot zes keer sneller laden en zeker tot 1000 keer opladen zonder batterijdegradatie. Echter speelt bij deze batterij nog wel sterk het probleem van recycling door gebruik van schaarse metalen (Auto Recycling Nederland, zj)

### 3.3 Waterstof

Waterstof is al een belangrijke grondstof in de chemische industrie om bijvoorbeeld ammoniak te maken, waarmee kunstmest gemaakt wordt. In de toekomst is de verwachting dat waterstof de vervanging gaat zijn van aardgas en kolen bij processen die gebruik maken van hoge temperaturen in in de zware industrie, zoals staalproductie. Daarnaast zou het een rol kunnen gaan spelen in langeafstandsvervoer en/of zwaar transport. Nu wordt voor industriële toepassingen gebruik gemaakt van grijze waterstof, waterstof gemaakt van aardgas, waarbij waterstof en koolstofdioxide vrijkomt. Het duurzame alternatief voor grijze waterstof is groene waterstof, waarbij de waterstof geproduceerd wordt door elektrolyse. Hierbij wordt water door middel van elektriciteit gesplitst in waterstof en zuurstof (TNO, zj).

Het concept van een mobiliteitssysteem aangedreven door waterstof is al een tijd in ontwikkeling en er zijn zelfs ook al personenvoertuigen en ombouw-vrachtwagens op de markt. Maar het aantal tankstations waar je waterstof af kan nemen is nog zeer beperkt (ANWB, zj)). Waterstof heeft zeker

een paar gunstige factoren om ingezet te worden in zwaardere voertuigen. Ten eerste heeft het een redelijke energiedichtheid van 121 MJ/kg. Dit is zeer hoog, maar hier moet ook de kanttekening worden geplaatst dat een kg waterstof veel volume inneemt en hierdoor vaak onder enorme druk moet worden meegenomen (Smartport/TNO, 2023). Vloeibare waterstof zou per volume een nog grotere energiedichtheid opleveren, echter kost het koelen hiervan dusdanig veel energie dat het geen optie is (Milieu Centraal, zj). De verwachting is dat een waterstof aangedreven vrachtwagen ongeveer 70 kg waterstof mee zou kunnen nemen in zo'n druktank en dus een bereik van rond de 800-900 kilometer (Smartport/TNO, 2023) Voor een huidige Volvo trekker kan de dieseltank bijvoorbeeld 150-900 liter groot zijn (Volvo Trucks, zj). Dit zou een bereik opleveren van ongeveer 450 km tot boven de 2600 km bereik (Smartport/TNO, 2023). Daarnaast is het tanken van waterstof, in tegenstelling tot het laden van elektrische voertuigen, binnen een paar minuten voltooid (ANWB, zj).

Waterstof heeft ook het voordeel dat het bij opslag over langere termijn weinig energie verliest en dus in tijden van energieoverschot geproduceerd kan worden, om vervolgens bij een energietekort ingezet te kunnen worden (Milieu Centraal, zj).

In het voertuig zelf zijn er bij waterstof twee aandrijftechnieken, namelijk een brandstofcel en een verbrandingsmotor. Het voordeel van de brandstofcel is de hogere efficiëntie van 50-60 procent van de brandstofcel zelf in combinatie met een elektromotor met 95 procent efficiëntie, dus een gehele efficiëntie van rond de 50 procent. Een verbrandingsmotor op waterstof heeft een lagere efficiëntie van 40-45 procent. Dit is wel bij efficiënte inzet, dus wel snelwegkilometers. Bij veel gebruik in de stad, daalt de efficiëntie, meer dan bij een brandstofcel. Een brandstofcel is wel duurder dan een verbrandingsmotor wegens gebruik van platina en heeft hogere zuiverheidseisen van de waterstof dan een verbrandingsmotor. Een verbrandingsmotor heeft als nadeel dat er nog steeds sprake is van NO<sub>x</sub>-uitstoot. (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2022).

Er kleven ook nadelen aan waterstof als toepassing in voertuigen. De ketenefficiëntie is maar 20-37 procent. De infrastructuur van waterstof is ook nog helemaal niet uitgerold, daarom is het gebruik van een waterstofvoertuig nu nog erg lastig, aangezien je bijna nergens kan tanken. Er zijn voor waterstof twee manieren om het te distribueren, de eerste zou zijn via pijpleidingen, wat het meest energie-efficiënt is. Echter is dit alleen kosteneffectief als er voldoende volume doorheen gaat. De andere optie is om het per vrachtwagen te vervoeren, dit vraagt weer om enorm veel vervoersbewegingen, aangezien met de lading van een waterstoftankwagen maar 12.375 kilometer gereden kan worden. Dit is voor tankwagens met fossiele brandstoffen of biobrandstoffen aan boord 100.000 kilometer. Je zou dus meer dan acht keer het aantal trucks nodig hebben om dezelfde hoeveelheid energie te kunnen vervoeren (Smartport/TNO, 2023).

Als laatste is het financiële plaatje van een waterstofvoertuig in aankoop en gebruik nog niet heel gunstig, de verwachting is wel dat de huidige prijzen gaan zakken (TNO,2022,2). Maar de prijs zal niet kostencompetitief gaan worden met diesel en elektrische vrachtwagens.. In 2035 is de verwachting dat waterstof voor slechts 0,2 procent van de vrachtwagenvloot een optie is om te verduurzamen.

### 3.4 Biobrandstof

De implementatie van biobrandstof is er zeker niet één van de laatste jaren, in Brazilië wordt bio-ethanol gemaakt van suikerriet al zo'n 50 jaar verkocht als autobrandstof (NEMO Kennislink, 2017). Het is nu een makkelijke manier om te verduurzamen, zonder aanpassingen in het wagenpark te hoeven bewerkstelligen. Zo is er voorgesteld in de Tweede Kamer dat de verplichte hoeveelheid die in

Nederland bijgemengd moet worden omhoog gaat (NOS 2023,5). Dit beleid is het resultaat van Europees beleid, dat eisen stelt aan het aandeel van hernieuwbare energie in vervoer (Rijksoverheid, 2023). Deze eisen halen we nu vooral door het bijmenging van ethanol in benzine en biodiesel bij diesel. Daarnaast wordt er ook gebruikt gemaakt van HVO, *hydrotreated vegetable oil*, dit wordt gemaakt van gewassen en vet en oliën die normaal weggegooid worden, bijvoorbeeld frituurvet. HVO wordt bijvoorbeeld gebruikt in trucks bij afvalinzameling, die het gewoon bij een tankstation kunnen tanken (ISWA, 2022). Ook is de Arriva met alle treinen in Groningen en Friesland sinds dit jaar op HVO gaan rijden (NOS, 2023,6).

Er bestaan verschillende manieren om biobrandstoffen te maken, vanuit afvalstromen zoals oud frituurvet, verbouwde planten en er is nog een variant in ontwikkeling, namelijk, biobrandstof gemaakt van algen (Melode et. Al, 2021). Bij de verbouwde planten is er een onderscheid tussen voedselgewassen en andere typen gewassen of plantaardige resten. De EU heeft in de Renewable Energy Directive namelijk een maximum percentage gesteld aan het aandeel van biobrandstof gemaakt uit voedselgewassen. (European Commission, 2018). Het grote voordeel van biobrandstoffen is dat je het kan bijmengen bij fossiele brandstoffen of het zelfs volledig de fossiele brandstoffen kan vervangen zonder aanpassingen of met kleine aanpassingen aan de motor (Smartport/TNO, 2023). Ook is de energiedichtheid hoog, wat ervoor zorgt dat het bereik van voertuigen groot is.

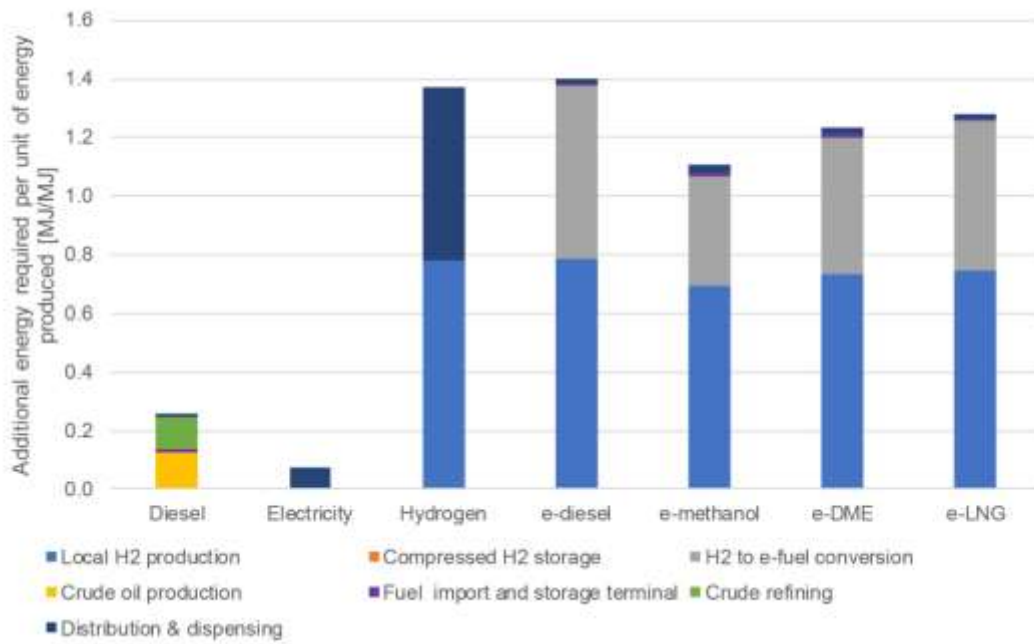
Hoewel dit tot nu toe erg positief oogt, zijn er toch grote nadelen, vooral voor de variant die verkregen wordt uit planten. Ten eerste zijn er enorme hoeveelheden water nodig om de planten te laten groeien. Voor een liter biodiesel is bijvoorbeeld bijna 14.000 liter water nodig (Gerbens- Leenes et. Al, 2009). Daarnaast zijn er enorme hoeveelheden land nodig om voldoende brandstof te produceren. Palmolie is bijvoorbeeld het meest efficiënt per hectare, maar uiteindelijk levert het per hectare per jaar maar genoeg brandstof op voor 7200 vrachtwagenkilometers (Achinas et. Al, 2019). Met de totaal afgelegde afstand van alle vrachtwagens in Nederland in 2021 van 9,8 miljard kilometer, zou het verduurzamen van alleen de vrachtwagens in Nederland neerkomen op een landgebruik van 1.350.000 hectares. bijna 40 procent van de totale oppervlakte van Nederland (Transport& Logistiek, 2022). Planten en bomen leggen maar 0,03 procent van de ingestraalde zonne-energie vast (Katan, 2015). Dit is enorm laag vergeleken met zonnepanelen. Ook komt er bij de verbranding van biobrandstof nog steeds uitstoot van o.a. NO<sub>x</sub> en fijnstof vrij, wat slecht is voor de luchtkwaliteit, zeker binnen steden (Smartport/TNO, 2023). Recent kwam de Europese Rekenkamer met een vernietigend oordeel over het beleid op EU niveau inzake biobrandstoffen (Volkskrant, 2023).

### 3.5 E-fuels

Een innovatie binnen de brandstofwereld is de ontwikkeling van synthetische brandstoffen, ook wel E-fuels genoemd. Deze worden gemaakt van combinaties van waterstof, koolstofdioxide of stikstof. E-fuels hebben een hoge energiedichtheid vergelijkbaar met fossiele brandstoffen, verschilt per type synthetische brandstof, en daarmee een groot bereik, dit zou namelijk nog in een conventionele brandstof tank kunnen, die in het voorbeeld van de Volvo trekker 150-900 liter mee kan nemen. Daarnaast kunnen de huidige verbrandingsmotoren ze gebruiken en kan de distributie ervan via de huidige kanalen verlopen. Echter zorgen deze brandstoffen nog steeds voor uitstoot, je verbrandt immers nog steeds een brandstof, de kwaliteit van de brandstof is vaak wel iets hoger dan fossiele diesel. Dat zorgt weer voor een iets lagere uitstoot (Smartport/TNO, 2023). Een groot nadeel is dat de efficiëntie in het productieproces erg laag is, namelijk maar 16 procent van well-to-wheel. Dit heeft als resultaat dat er voor dit proces enorme hoeveelheden elektriciteit nodig zijn, die in sommige gevallen



ook direct door een voertuig gebruikt zouden kunnen worden in het geval van een elektrisch voertuig (ICCT, 2020). Al valt hierbij op te merken dat de distributie redelijk efficiënt gebeurt, omdat er per truck veel energie meegenomen kan worden (figuur, Smartport/TNO, 2023).



## 4. Mogelijke aanpak per vervoersmiddel

### 4.1 Beleidsinstrumenten

Als een overheid wil sturen in een transitie, zijn er afhankelijk van de marktstructuur van de sector verschillende mogelijkheden om dit te doen. In het geval van een publieke sector kan door middel van eisen in de uitgegeven concessies de verduurzaming in worden gezet. Via deze weg kan een gedeeltelijke of volledige emissiereductie worden geëist. Hierbij zou de overheid het verschil in prijs qua inzet, dus verschil in aanschaf- en gebruikskosten van fossiele en duurzame voertuigen, ook nog kunnen betalen om de stap te vergemakkelijken (KED, zj) .

In het geval van de vrije markt kan een overheid hier minder directe invloed op uit kan oefenen. Vanuit de EU zijn er meerdere eisen gesteld aan de verduurzaming van vervoer. Ten eerste stelt de EU eisen aan de emissies van nieuwe voertuigen op de markt. Daarnaast hebben fabrikanten te maken met steeds strengere CO<sub>2</sub>-normen voor hun verkoopgemiddelde (KED, zj). Ook stelt de EU eisen aan de inzet van duurzame energiedragers in de gehele vervoerssector (European Commission, 2018). Als laatste heeft de EU ook een richtlijn, AFIR, opgezet, waarin landen zichzelf gecommitteerd hebben om een passende energie-infrastructuur aan te leggen. Hiervoor zijn minima opgesteld voor de EU-lidstaten per alternatieve energiedragers voor het aantal te realiseren locaties en de te realiseren capaciteit.

Om dit op landelijk niveau te realiseren kan een overheid regelgeving opstellen tot volledige emissiereductie voor bepaalde voertuigen of voor bepaalde gebieden, zoals bij de aankomende Zero Emission Zones. Hierbij mogen in bepaalde aangewezen gebieden in steden de stadslogistiek vanaf 2025 met dan nieuw aangeschafte voertuigen niets meer mogen uitstoten. Vanaf 2030 mag geen enkel voertuig in de stadslogistiek in de aangewezen gebieden meer koolstofdioxide uitstoten. In deze Zero-emissie zones moeten alle nieuw geregistreerde logistieke voertuigen vanaf 2025 zero-emissie zijn en moet in 2030 de gehele logistieke voertuigvloot zero-emissie zijn (Zero Emissie Logistiek, 2022).

Voor andere voertuigcategorieën zijn er ook afspraken gemaakt omtrent emissiereductie, zoals bij de Green Deal zeevaart, binnenvaart en havens. Voor scheepvaart geldt ook het ETS. Voor deze voertuigen voor zowel binnen-, kust- en scheepvaart moet de uitstoot in 2050 70 procent gedaald zijn ten opzichte van 2008 (Rijksoverheid, 2022). Daarnaast kan de overheid invloed uitoefenen op de financiële aantrekkelijkheid van bepaalde brandstofsoorten door het beprijzen van uitstoot, het subsidiëren van schone energie en/of schone voertuigen. Er komt een voorstel om ETS naar aanleiding van het fit-for-55 voorstel om ook bij mobiliteit te introduceren (PBL, 2021). Dit zou voor een versnelling in de verduurzaming van deze sectoren kunnen zorgen, aangezien vervuilende voertuigen dan duurder in gebruik worden (De Nederlandsche Bank, zj).

Tegenwoordig zijn er subsidies om de vaak nog duurdere, maar duurzame optie toch financieel mogelijk te maken. Dit gebeurt bijvoorbeeld al bij uitstootvrije vrachtauto's (RVO, 2022,2) Maar in de bouw bestaat er ook een regeling om zowel nieuwe, emissie-loze voertuigen aan te schaffen als ook om huidige voertuigen om te bouwen naar schonere varianten.(RVO 2022,3)

Een vertragende factor binnen deze transitie is dat vervoermiddelen vaak jarenlang meegaan. Dit betekent dat oude, vervuilende vervoermiddelen financieel nog jarenlang mee moeten, voordat er weer budget is om een schone/schonere variant aan te schaffen. Dit geldt niet voor alle zware

vervoermiddelen, de omloopsnelheid van de meeste wegvoertuigen is vrij hoog, uitgezonderd dan tractoren en militaire voertuigen. Treinen en schepen hebben een lage omloopsnelheid hebben. Om dit probleem aan te pakken, zou de overheid mogelijk een opkoopregeling kunnen starten om daarmee versneld schone voertuigen in te kunnen passen en oude, vervuilende voertuigen uit het systeem kunnen halen, zoals eerder al bij personenauto's is gebeurd.(NOS,2019,2)

In de transportsector is er ook een rol weggelegd voor de verladers en wellicht de overheid om hierin te sturen. Je ziet dat het gedrag van verladers belangrijk is. Verladers sturen nog erg op de prijs en sluiten contracten af voor korte periodes, wat het voor vervoerders moeilijk maakt om te verduurzamen. Ze krijgen door het gedrag van de verladers niet de zekerheid dat ze de investering terug kunnen verdienen (TNO, 2020).

Bedrijven moeten vanaf 2024 al gaan rapporteren over hun duurzaamheidsbeleid en prestaties (Ondernemersplein, 2023). Aan de hand hiervan kunnen, en moeten naar ons idee ook bij de verladers eisen worden opgelegd voor verduurzaming. Verladers moeten er ook voor zorgen dat er duurzame voertuigen worden ingezet voor hun transporten.

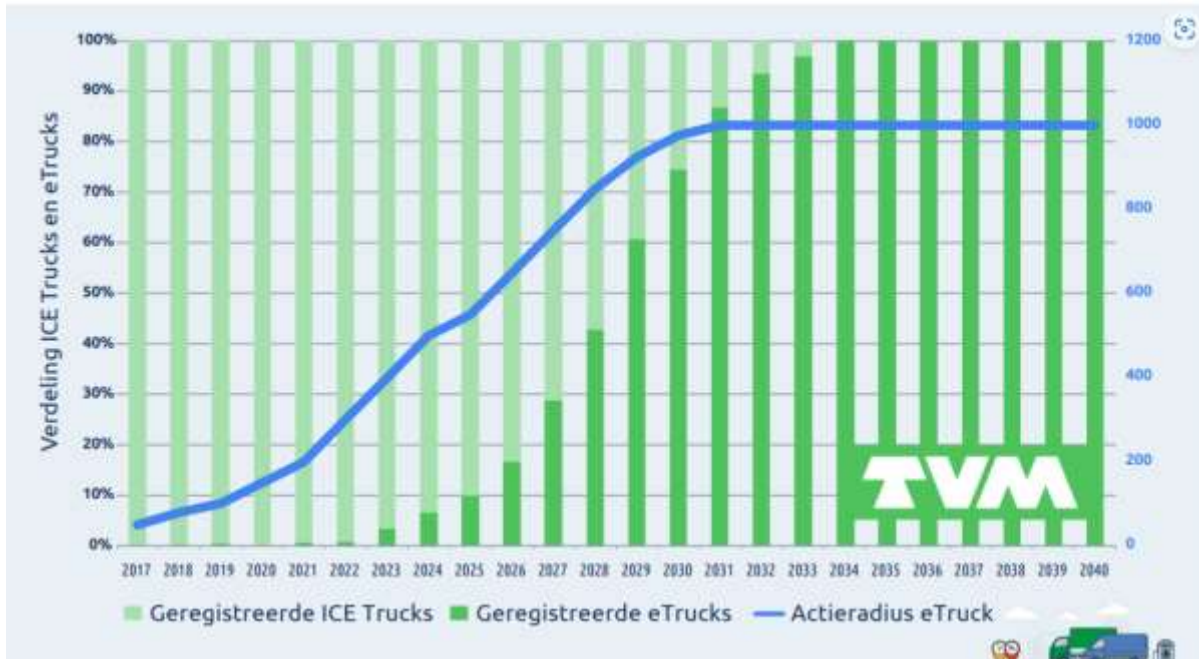
Naast regulering en financiële stimulansen, heeft de overheid een rol bij het stimuleren van innovatie en het ontwikkelen en delen van kennis en duidelijke richtlijnen op deze gebieden. Vaak heerst er nog onduidelijkheid door gebrek aan kennis en onduidelijk of wisselend beleid bij bijvoorbeeld vervoerders als het gaat om de selectie van technologie op voertuig- en infrastructuurgebied en wijze van invoering (CE Delft, 2022). Verdere ontwikkeling en stimulering van de alternatieve technieken door de overheid is relevant: hoe beter de alternatieven zijn, hoe eerder het omslagpunt. Er is een belangrijke rol voor de overheid weggelegd qua informatievoorziening voor bedrijven omtrent de verduurzaming. Afgelopen jaren zijn er verschillende “duurzaamheidshypes” geweest, waar bijvoorbeeld LNG de toekomst zou gaan worden met bijbehorende investeringen. Maar de vele hypes eindigen vaak nergens. Hierdoor zijn bedrijven terughoudend om meteen ergens in te en wachten dus liever even af. De overheid moet deze onduidelijkheden zoveel mogelijk wegnemen door lange termijn plannen te communiceren, zich daaraan te houden en met helder advies te komen, waarbij de kosten en inzetmogelijkheden van de nieuwe voertuigen duidelijk zijn. Daarnaast is het belangrijk dat er ervaring opgedaan wordt om te kijken waar er in de praktijk tegenaan gelopen wordt, zodat bedrijven die hierop volgen kunnen leren en efficiënter de overstap kunnen maken. Als laatste kan de overheid een rol spelen om als intermediair tussen bedrijven te opereren om bijvoorbeeld gezamenlijk laadinfrastructuur te realiseren, wat vaak efficiënter en dus goedkoper is (NAL/CE Delft, 2022) .

## 4.2 Vrachtwagens

### *Techniek*

Waar vrachtwagens nu nog voor 97,7 procent rijden op diesel, zal dit in de toekomst gaan verschuiven naar alternatieve energiedragers om aan de duurzaamheidsdoelen te gaan voldoen (Trendrapport, 2022). Batterij-elektrisch is het meest kansrijke alternatief vanwege een aantal redenen. Dit heeft mede als resultaat dat de verwachting is dat vanaf 2030 de TCO van batterij-elektrische vrachtwagens als enige, door goedkopere batterijen, efficiëntere voertuigen en productie op grotere schaal, op termijn gunstiger wordt dan die van diesel aangedreven voertuigen. 95 procent of meer van de vrachtwagens in Europa is het vanaf 2035 zowel financieel ten opzichte van diesel als qua bereik haalbaar om over te stappen naar een batterij-elektrische truck. Hiervoor moet er in sommige gevallen

bijgeladen worden tijdens de verplichte pauzes van de chauffeur om de truck van voldoende actieradius gedurende de dag te voorzien. Deze trucks kunnen om het financieel zo efficiënt mogelijk te maken “fit for purpose” wordt gekocht en ingezet (TNO,2022,2). De verwachting, ook kijkend naar uitgesproken ambities van fabrikanten in combinatie met de Total Cost of Ownership- ontwikkeling en de ontwikkeling in maximale actieradius, is ook dat de ingroei van E-trucks bij de nieuwe registraties de komende jaren flink op gang gaat komen en in een periode van eigenlijk maar tien jaar de hele sector overneemt (zie ook de figuur,. TVM, 2021)



Deze ingroei is wel in sterk mate afhankelijk van de uitrol van voldoende laadinfrastructuur, niet alleen in Nederland, maar ook in andere landen. Voor de vrachtwagens die een groter bereik nodig hebben of die door gebieden rijden zonder laadvoorzieningen, zouden waterstof of synthetische brandstoffen een oplossing kunnen zijn, die aangeboden zouden kunnen worden bij tankstations. De verwachting is dat het verschil in gebruikskosten tussen waterstof en synthetische brandstoffen klein zullen zijn (Smartport/TNO, 2023).

### Infrastructuur

De laadinfrastructuur voor batterij-elektrische vrachtwagens moet nog volledig ontwikkeld worden. De verwachting is dat de vrachtwagens voornamelijk 's nachts op eigen depot geladen zullen worden, omdat ze daar voor langere tijd stilstaan. Dit zal vooral plaatsvinden op bedrijventerreinen, aangezien 90 procent van de vrachtwagens daar hun standplaats hebben (Elaadnl,2022). Dit vormt een uitdaging voor de energievoorziening op bedrijventerreinen, waar vaak ook andere bedrijfsprocessen geëlektrificeerd moeten worden, wat in totaal gaat zorgen in een enorme toename van de stroomvraag. In combinatie met de huidige netcongestie wordt het zeker op korte termijn een grote uitdaging om de laadinfrastructuur uit te rollen. Grotere bedrijven zullen hierin waarschijnlijk zelf hun laadinfrastructuur gaan opzetten, die ze zelf al efficiënt kunnen gebruiken. Dit is makkelijker doordat er niet samengewerkt hoeft te worden met ander partijen wat ook minder risico oplevert omtrent beschikbaarheid van een laadpaal. Voor kleinere bedrijven is het moeilijker om dit op te zetten door de grote investering die nodig is. Daarnaast is het zo dat zij een hoger energiebelastingtarief betalen omdat ze minder stroom verbruiken. Zij zouden gebaat zijn bij gedeelde laadvoorzieningen, dan wel een publiek of privaat met enkele partijen om deze kosten te drukken (Arcadis, 2021).

Naast depotladen zullen er naar verwachting nog twee vormen van laden plaatsvinden, laden bij de klant en via een basisnetwerk van snelladers langs de weg. Voor laden bij de klant is het belangrijk dat de klant op de hoogte is van de eventuele noodzaak bij langere afstanden om over te kunnen stappen naar batterij-elektrische vrachtwagens. Om te garanderen dat vrachtwagens, mocht het nodig zijn, overal in Nederland snel bij kunnen laden, is het belangrijk dat er een basisnetwerk van snelladers langs de weg komen om dit mogelijk te maken. En ondertussen is er ook groeiende belangstelling voor ERS: Electric Road System met bovenleidingen en pantografen op de trucks. Of dat wat wordt is nog volstrekt onduidelijk, maar er lijken wel steeds meer partijen enthousiast.

### *Beleid en samenwerking*

Om de transitie op gang te krijgen, is meer nodig dan wat techniek en toekomstpraat. Het moet nu voor de eerste instappers in deze transitie al op een manier noodzakelijk en/of aantrekkelijk worden. Hiervoor zijn de Zero-Emissie Zones in een aantal grote steden een goede eerste stap, die uitgebreid zou kunnen worden naar andere gebieden. Geleidelijk hierna zouden er verplichtingen moeten komen dat er ook op andere plekken of bij bepaalde activiteiten duurzame vrachtwagens worden ingezet, zodat niet alleen de elektrische vrachtwagens worden ingezet in deze paar gebieden. Dit dwingt het collectief aan stedelijke logistiek om de transitie te starten (Rijksoverheid, 2021). Hierdoor kunnen ze niet langer concurreren door een dan nog goedkopere dieselvrachtwagen in te zetten en zullen klanten in een stad bij elke partij dus ongeveer hetzelfde, iets hogere bedrag moeten betalen voor hun leveringen. Ook stuurt de EU met emissiereductie-eisen de nieuwverkopen van vrachtwagen in de komende decennia richting duurzame vrachtwagens (NOS, 2023,7).

Het is financieel nu nog een grote uitdaging om zowel de aanschaf van batterij-elektrische vrachtwagens als de aanleg van laadinfrastructuur rond te kunnen krijgen. Hiervoor bestaat al de AanZet-subsidie, maar als zo vaak: deze bood bijvoorbeeld dit jaar maar een oplossing voor een kwart van de aanvragen die binnen een dag gedaan zijn. Een dergelijke subsidie, maar dan beter georganiseerd, is noodzakelijk om het eerste deel van de vloot te elektrificeren, zeker kijkend naar de komende ZE-zones (TLN,2023). De laadinfrastructuur heeft ook hoge investeringskosten vooraf, doordat er naast de laadpalen die vaak ook met oog op de toekomst worden aangelegd, vaak ook een nieuwe netaansluiting nodig is, omdat de oude niet meer voldoet. Hier zou de overheid ook een helpende hand kunnen zijn door dit te subsidiëren of een gunstige lening aan te bieden om de hoge kosten vooraf te kunnen dekken. Publieke laadpunten vormen hierin ook een grote uitdaging, deze moeten wel ontwikkeld worden om het interessant te maken om over te stappen. Zeker voor vrachtwagens die langere dagelijkse ritten maken en dus zeker niet altijd op eigen terrein kunnen laden. Deze publieke laadpunten zullen in de eerste jaren nog relatief weinig gebruikt worden en dus weinig opleveren tot verlies lijden. De overheid zou dit probleem kunnen dekken door de onrendabele top te vergoeden, waarbij de overheid het verlies compenseert, en/of clusters van laadlocaties uit te geven, waarin zeer interessante locaties gecombineerd worden met minder interessante plekken. Ook een belangrijke factor is dat de transportsector erg kosten-competitief is, waardoor bedrijven niet hun prijzen zomaar kunnen verhogen. Door middel van regelgeving voor verduurzaming voor verladers zijn ze genoodzaakt om hun bedrijfsvoering te verduurzamen, waaronder transport.

Om de laadinfrastructuur op bedrijventerreinen te realiseren is het belangrijk dat vooral de kleinere bedrijven gaan samenwerken om gezamenlijke laadpleinen aan te leggen. Hiervoor is het belangrijk

dat ze schattingen omtrent het aantal voertuigen gaan maken en omtrent de benodigde hoeveelheid stroom en de laadprofielen van de voertuigen om de laadlocatie zo efficiënt mogelijk op te zetten. De laatste stap in het proces is de huidige onduidelijkheid omtrent de transitie, zeker voor kleinere partijen die niet de mankracht hebben hier veel tijd in te steken. Waarvoor ook nog niet duidelijk beleid bestaat omtrent aandrijvingstypes, ook de ZE-zones die in 2025 komen zijn nog niet definitief, dit zorgt voor een afwachtende houding bij bedrijven. Om deze houding te doorbreken is dat vervoerders geholpen worden met eenduidig beleid, dat ook gemaakt is voor langere termijn om duidelijkheid te creëren. Tevens hebben vervoerders baat bij inzichten en ervaringen van anderen in hoe de uitrol van laadinfrastructuur eruit ziet, hoe een batterij-elektrische vrachtwagen in de praktijk werkt, hoe ze de businesscase rondkrijgen, et cetera. Hierbij is ook zeker een grote rol weggelegd voor de EU om met verplichtingen te komen, de transportwereld is ook een internationale markt. Hiervoor is het belangrijk om met z'n allen te switchen, zodat de infrastructuur efficiënt kan worden aangelegd en er geen oneerlijke concurrentie ontstaat. Dit alles om een aantal handvaten te bieden waaraan vervoerders zich kunnen optrekken om ook hun business te verduurzamen.

## 4.3 Mobiele werktuigen

### *Techniek*

De categorie mobiele werktuigen bestaat uit zwaardere voertuigen, die over onverharde terreinen moeten kunnen rijden. Daarnaast hebben deze voertuigen vaak ook nog een energie-intensieve toepassing, zoals een kraan. De lichtere voertuigen, voertuigen met een weinig energie-intensieve toepassing of voertuigen die gedurende de dag eenmaal niet zoveel worden ingezet, hebben een batterij-elektrische varianten en naar verwachting een lagere TCO. In sommige voertuigen is zelfs een noodzaak voor extra gewicht, zoals een wals of contragewicht, zoals bij graafmachines. Dit zou een batterijpakket kunnen vervullen. Maar batterij-elektrisch is niet voor alle voertuigen haalbaar door een hoog benodigd vermogen of door een hoog gewicht. Hier zouden synthetische brandstoffen en waterstof oplossingen kunnen bieden, die aangeboden zouden kunnen worden bij tankstations.

### *Infrastructuur*

De infrastructuur voor deze categorie is een stuk lastiger, want waar bijvoorbeeld vrachtwagens op snelwegen rijden en elke nacht op depot terugkomen, hoeft dit bij bouwvoertuigen helemaal niet zo te zijn. Voor voertuigen in de bouw zijn er een aantal scenario's denkbaar. Bij projecten in steden en dorpen zouden er aan de rand van steden, meestal industrieterreinen, laadpleinen kunnen worden ingericht voor zowel vrachtwagens, die daar vaak hun standplaats hebben, als voor bouwvoertuigen. Die zouden daar dan aan het begin van de dag daar volgeladen worden opgehaald om aan het eind van de dag daar weer heen te rijden of gebracht kunnen worden om weer 's nachts te laden. Grote, langdurige bouwprojecten kunnen ook een netaansluiting aanleggen en een eigen laadvoorziening. Hierbij zou een mobiel laadstation met eigen energieproductie een oplossing kunnen zijn. Voor kleinere projecten verder weg van steden en niet in de buurt van eventuele laadlocaties is het lastiger. Hierbij zou een mobiele batterij, het verwisselen van de batterij of alternatieve energiedragers een oplossing kunnen zijn.

Voor tractoren is het ook een lastige zaak, aangezien deze niet gecentraliseerd zijn. Hiervoor zou elke boerderij zelf een laadpunt aan kunnen leggen, maar het lijkt hier goedkoper om samen te werken,

mits mogelijk, met andere boerderijen in de buurt die ook moeten laden om de investeringskosten te drukken. Voor de specialistische machines in de landbouw, die vaak ingehuurd worden via een loonbedrijf, zal de verduurzaming wat makkelijker zijn omdat deze bedrijven groter zijn, machines efficiënter inzetten en makkelijker een investering kunnen maken.

### *Beleid en samenwerking*

Het is voor deze voertuigen belangrijk dat er regelgeving komt omtrent reducties. Waar de bouw al in uitstoot enigszins gelimiteerd wordt qua uitstoot door de stikstofperikelen, geldt dit voor tractoren helemaal niet en is daar tot nu toe weinig motivatie om te veranderen. Er moet hiervoor een duidelijk verduurzamingsbeleid komen, waardoor er een gelijk speelveld blijft doordat alle bedrijven moeten verduurzamen. Hierdoor kan een bedrijf niet door langer met fossiele voertuigen door te blijven rijden zijn producten goedkoper aanbieden dan duurzame bedrijven. Er ligt ook een belangrijke rol weggelegd voor de producenten, die tot nu toe weinig aanbod hebben. Vanuit de EU zal er steviger wetgeving moeten komen die emissiereducties eist bij de producenten. Als de ontwikkeling van duurzame alternatieven eenmaal op gang is, zal het financieel en qua prestaties steeds makkelijker worden om over te stappen.

Financieel is het nog moeilijk. Aanbod van voertuigen is er niet tot nauwelijks, ombouwen van voertuigen is erg prijzig. De overheid zal hier voor een deel een stimulans aan moeten geven door aanbestedingen en contracten uit te geven voor bijvoorbeeld infrastructuurprojecten, waarbij ZE-voertuigen vereist zijn en dit ook financieel vergoedt wordt. Daarnaast zou de overheid ook vereiste reducties op kunnen leggen aan ontwikkelaars van infrastructuur- en woningbouwprojecten, waardoor deze ook al de eerste stappen zullen moeten zetten qua verduurzaming. Er is al wel subsidie mogelijk via SSEB, de Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel, voor de aanschaf en het ombouwen van bouwwerktuigen (RVO,2022,3). Deze regeling bedraagt tot 40% vergoeding van de meerkosten voor een groot bedrijf en tot 50% voor midden en klein bedrijf met een maximaal bedrag van 300.000 euro. Qua laadinfrastructuur, zal er bij grote projecten op de bouwplaats zelf geladen moeten worden. Deze plaatsen beschikken vaak over een tijdelijke netaansluiting. Bij kleinere projecten of inzet van een dag kunnen voertuigen teruggebracht worden naar het depot of een laadplein. Behalve dus voor projecten op moeilijkere plekken, waarbij wellicht mobiele batterijen nodig zijn. Deze zijn tot nu toe erg prijzig, wat zeker een drempel is en voor kleinere partijen moeilijk te financieren.

Samenwerken is voor deze sectoren belangrijk om samen laadvoorzieningen te creëren. Verschillende landbouwbedrijven kunnen bijvoorbeeld op iemands terrein meerdere laadpunten aanleggen, wat goedkoper is dan het allemaal apart regelen.

Voor de bouw geldt dat ze samen met vervoerders en andere partijen op industrieterreinen laadpleinen op moeten gaan zetten. Voor mobiele batterijen zou bijvoorbeeld het collectief inkopen hiervan voordelig zijn of het uitwisselen van voertuigen op andere energiedragers bij behoefte hieraan.

Voor mobiele werktuigen is de ontwikkeling van alternatieven essentieel, deze voertuigen zijn nauwelijks ontwikkeld. Innovatieprogramma's vanuit de overheid moeten deze transitie in combinatie met nieuwe, scherpere regelgeving gaan aanwakkeren. Daarnaast is het belangrijk dat kennis die nu door grotere bouwbedrijven wordt opgedaan, wordt gedeeld met kleinere bouwbedrijven en de landbouwsector, die tot nu toe achteraan lopen, doordat de noodzaak er niet is.

## 4.4 Militaire voertuigen

### *Techniek*

Militaire voertuigen zijn een erg lastige categorie om te verduurzamen. Er zou wel een makkelijke oplossing zijn, namelijk toestaan dat deze sector de switch maakt naar biobrandstof, daarmee zou het probleem eigenlijk opgelost zijn. Maar zoals eerder beschreven, is biobrandstof niet een langdurige oplossing voor het probleem door het hoge ruimtegebruik. De aantallen zijn laag, de manier van inzet is onzeker en kan sterk fluctueren. Daarnaast is het gewicht van deze voertuigen zelf vaak hoog en worden de voertuigen ook ingezet op moeilijk begaanbaar terrein. Voor logistieke voertuigen die in Nederland zelf worden ingezet, geldt in principe hetzelfde als voor de andere vrachtwagens. Deze zullen voornamelijk elektrisch worden. Logistieke voertuigen die ook in oorlogsgebieden zelf worden ingezet, zullen lastiger volledig elektrisch gemaakt kunnen worden door een gebrek aan laadmogelijkheden. Hier zijn verschillende opties denkbaar. Er zouden mobiele laadstations in combinatie met locatiegerichte energieproductie kunnen worden opgezet, zowel voor elektriciteit als waterstof en misschien zelfs voor synthetische brandstoffen. Voor gepantserde voertuigen zal elektrisch bijna onmogelijk worden door de lage energiedichtheid en doordat er niet altijd de tijd is om deze op te laden. Voor de nabije toekomst zullen hybride systemen hier iets qua uitstoot betekenen, doordat een generator op een constant toerental opereert wat efficiënter is. Verder in de toekomst zal misschien waterstof een rol van betekenis spelen, maar biobrandstof en synthetische brandstoffen lijken hier het makkelijkst toepasbaar door de hoge energiedichtheid. Hiermee kunnen ze voldoen aan de hoge gevraagde vermogens voor het rijden en voor de systemen aan boord van deze voertuigen. Misschien zouden kleinere voertuigen door middel van *battery swaps* wel elektrisch kunnen rijden.

### *Infrastructuur*

De infrastructuur in Nederland kan opgezet worden met laadvoorzieningen op de terreinen. Op operaties zelf zullen de synthetische brandstoffen en biobrandstoffen gewoon aangevoerd moeten worden. Elektriciteit en waterstof zou op locatie opgewekt/geproduceerd kunnen worden. Dit heeft een enorm voordeel, de aanvoer lijnen van brandstof zijn namelijk kwetsbaar in oorlogssituaties.

### *Beleid en samenwerking*

De vrachtwagens kunnen meeliften met de ontwikkeling die staat te gebeuren in de transportsector. Voor de gepantserde voertuigen is er de komende jaren nog niet echt iets mogelijk en zal er eerst ontwikkeld moeten gaan worden.

Qua financiën zal de overheid budget moeten vrijmaken om meer te investeren in defensie om het mogelijk te maken ZE-voertuigen aan te schaffen. Daarnaast zal er budget nodig zijn om te kunnen experimenteren met nieuwe type aandrijvingen voor de andere voertuigen.

Voor nu moet de focus bij de defensies echt liggen bij het opzetten van zowel theoretisch als praktisch onderzoek naar het verduurzamen van de voertuigen. Dit om de voor- en nadelen van hybride voertuigen en de ZE-voertuigen in kaart te brengen, bij defensie is er eigenlijk geen ruimte om iets in te leveren op de prestaties van de voertuigen. Dit onderzoek zal EU of NAVO breed moeten worden opgezet. De NAVO zelf heeft ook doelen opgesteld om te verduurzamen (NATO, 2021). Als deze sector



verder ontwikkeld is, zal er ook EU-regelgeving moeten komen die de verduurzaming gaat versnellen. Hierbij is het belangrijk om ook de samenwerking met de Verenigde Staten stevig op te zetten, aangezien zij een enorm aandeel hebben in de militaire industrie. Voor landen is het belangrijk om in de huidige fase veel met elkaar mee te kijken om te zien wat er mogelijk is, hoe de nieuwe voertuigen werken, wat de voor- en nadelen van het opereren met andere typen brandstof kunnen zijn. Daarnaast kan kennis worden opgedaan in andere sectoren, zware bouwvoertuigen met rupsbanden bijvoorbeeld vertonen qua gewicht, operatie en vermogen voor hun toepassing vergelijkbaarheden en zullen in hun ontwikkeling voorlopen op militaire voertuigen.

## 4.5 Treinen

### *Beleidsplan voor vrachttreinen*

#### *Gebruik van diesel*

In het Nederlandse goederenvervoer zijn er twee situaties waarin gebruik wordt gemaakt van dieseltractie. Sommige goederentreinen hebben eindbestemmingen die niet beschikken over bovenleiding-infrastructuur zoals de haven in Delfzijl, jaarlijks ongeveer 550 treinen, en Nedmag Veendam, jaarlijks ongeveer 300 treinen (ProRail, 2023). Naast deze goederentreinen worden diesellocomotieven veelvuldig ingezet bij het rangeren van wagons. Op terreinen als Kijfhoek aan de start van de nieuwe Betuweroute kunnen treinen met elektrische locomotieven worden aangevoerd en afgevoerd maar verloopt het rangeerproces met diesellocomotieven (ProRail, 2017). Een reden hiervoor is dat de beweging van een trein met lage snelheid en hoog tractievermogen tot versnelde slijtage van de bovenleiding en pantograaf kan leiden, ook is het moeilijk wagons te laden en te lossen met boven- hangende elektrische draad.

#### *De oplossing*

Voor de goederentreinen met bestemmingen buiten het geëlektrificeerde netwerk hebben we te maken met een overbruggingsprobleem van relatief korte afstand. Goederenwagons kunnen op plaatsen waar de bovenleiding eindigt worden 'overhandigd' aan locomotieven met alternatieve aandrijving om de vracht naar de eindbestemming te brengen. Door de korte afstanden tussen eindbestemming en overhandiging plaats lijken in de Nederlandse casus batterij-locomotieven de best passende oplossing te zijn voor dit probleem. Dit mede ook omdat deze locomotieven kunnen opladen onder de huidige bovenleiding. De vraag is nu, hoe kan men een transitie in deze richting in gang kan zetten.

Een duidelijke speler op dit gebied is ProRail, de netbeheerder van het overgrote deel van het spoor in Nederland. De slogan van deze organisatie luidt: Verbindt, Verbetert, Verduurzaamt (ProRail 2023a). Een vorm van duurzaamheidseisen of beprijzing vanuit ProRail of organisaties zoals ILT (Inspectie Leefomgeving en Transport) zou een business case kunnen creëren voor een duurzaam alternatief. ProRail bepaalt bijvoorbeeld op dit moment de vergoedingen die de vervoerders verschuldigd zijn voor het gebruik van spoor in Nederland, duurzaamheid zou kunnen worden meegenomen in de bepaling van de omvang van deze vergoeding. Een vervoerder of een consortium van vervoerders kan dan op een overhandigingspunt een batterij locomotief positioneren die de goederenwagons naar de plaats van bestemming trekken. Subsidiereregelingen zoals SSEB ,voor emissieloze bouwmaschinen, laten zien

dat bedrijven met de juiste stimulansen grote stappen willen zetten naar een duurzamere sector. Een soortgelijke regeling voor de spoorvervoerders zou dit proces aanzienlijk kunnen versnellen.

Een groot struikelblok in deze mogelijke oplossing is het pakket aan eisen dat wordt gesteld aan de toelating van een locomotief op het Nederlandse spoor (Bokslag, 2023). Hierdoor is het volgens NexRail aantrekkelijk om met oud materieel te blijven rijden dat is toegelaten op het Nederlandse spoorwegnet voordat aangescherpte regelgeving van kracht was. Bedrijven als NexRail zijn enthousiast over de potentie van batterij-elektrische locomotieven in het goederenvervoer maar lopen tegen verouderde regelgeving aan. Eisen zoals ETCS, het treinbeveiligingssysteem dat relevant is voor spoor met druk verkeer vormt een groot obstakel omdat het integreren van dit systeem de prijs van nieuwe locomotieven significant verhoogd en weinig toevoegt aan de noodzakelijke functionaliteit (Bokslag, 2023). Het is nog maar de vraag hoe en wanneer deze regelgeving kan worden aangepast.

### *Beleidsplan voor regionale dieseltreinen*

#### *Gebruik van diesel*

In het noorden, oosten en zuiden van het land zijn in totaal 27 treindiensten die buiten het hoofdrailnet aan vervoerders worden gegund. Van deze trajecten zijn 15 deels of geheel niet voorzien van bovenleiding en worden daarom met dieselmaterieel verzorgd (First Dutch, 2014). De langste dieseltreindienst van Nederland, waar op dit moment geen actieve plannen bestaan voor elektrificatie, is Arnhem-Winterswijk met 63,3 km (First Dutch, 2014).

#### *De oplossing*

Bij passagierstreindiensten is helder dat verandering van de aandrijving van de treinen niet ten koste mag gaan van de dienstverlening aan de passagiers. Dit betekent dat in discussies rond de verduurzaming van deze trajecten de dienstregeling centraal moet staan. In de formulering van de concessies moet duidelijk worden wat het gewenste niveau van dienstverlening in de concessie is. Op deze vaststelling kan vervolgens de keuze voor aandrijvingstechniek worden gebaseerd. Als het de bedoeling is dat de diensten worden verreden als een pendeldienst, waarbij één treinstel op dezelfde lijn heen en weer rijdt, lijkt elektrificatie met batterijen de beste kandidaat. Als de wijze van invulling van de dienstregeling gebaat is bij meer flexibiliteit van het materieel komt waterstof wellicht beter uit. Uit de laatste cijfers blijkt echter wel dat op dit moment de waterstofaandrijving significant duurder uitvalt dan de batterij-aandrijving (Burroughs, 2019) (Utm, 2019).

Nadat de keuze is gemaakt kan men gaan denken aan het aanpassen van de infrastructuur. Deze benodigde aanpassingen zijn natuurlijk afhankelijk van het traject en de reeds bestaande infrastructuur. Om een batterijtrein te laten rijden tussen Zutphen en Apeldoorn is bijvoorbeeld slechts een verzwaring van de bestaande bovenleiding nodig (dit om opwarming van de bovenleiding te voorkomen wanneer een trein stationair staat te laden). Bij andere trajecten zou een laadstation aan een uiteinde van de lijn moeten worden gerealiseerd. Tankinfrastructuur is historisch gezien een taak geweest van ProRail. De bovenleiding is van ProRail en in Nederland zijn 17 diesel tankstations voor treinen van ProRail (ProRail, 2023a). Er is echter een precedent voor privaat initiatief op dit gebied. Treinen die gebruik maken van HVO (Arriva) kunnen alleen gebruikmaken van de door Arriva geïnstalleerde HVO (gebruikt frituurvet) tankpunten. ProRail heeft dus niet meer een monopolie op tank/laadinfrastructuur op het Nederlandse spoor (ProRail, 2023a). Het is dus denkbaar dat andere

partijen dan ProRail zich gaan bezighouden met de benodigde infrastructurele aanpassing voor de verduurzaming van de dieseltreinen.

## 4.6 Binnenvaart

### *Techniek*

Nadat in 2017 door het kabinet werd vastgesteld dat de binnenvaart moest verduurzamen is de sector de green deal op gaan stellen als basis voor het klimaatakkoord. Deze Green Deal heeft de binnenvaart een doel gegeven op het gebied van verduurzaming. Namelijk een klimaatneutrale en emissieloze binnenvaart tegen 2050, met als tussendoel een reductie van 35 tot 50% in CO<sub>2</sub> uitstoot tegen 2035 (Schuttevaer,2023). Echter schept dit einddoel nog geen duidelijkheid over de weg daarnaartoe. Deze weg is van vele factoren afhankelijk, denk aan nieuwe schepen, infrastructuur, maar ook het juiste beleid om de transitie mogelijk te maken. In dit stuk wordt een beeld geschetst van de situatie en waar de mogelijkheden liggen om een klimaatneutrale binnenvaart voor 2050 te realiseren. Grote partijen zoals de EU en riviercommissies, zoals de Commissie voor de Rijnvaart (CCR) kunnen een grote rol spelen in de transitie. Door breed te kijken en regelgeving in meerdere landen of op een gehele rivier toe te passen en samen te werken, is er wellicht meer mogelijk.

Dat de huidige schepen op stookolie en diesel geen oplossing zijn is over het algemeen duidelijk, maar over welk alternatief er gekozen dient te worden is nog geen duidelijkheid. Dit komt mede doordat er in tegenstelling tot elektrisch rijden bij auto's geen specifieke techniek is die de overhand heeft. Zo zijn er veel verschillende alternatieven op de markt. Denk aan LNG (liquefied Natural Gas)/ LBG (liquefied Biogas), Methanol, Waterstof, Ammonia & Elektrisch. Waar bij deze laatste ook steeds vaker toegepast wordt in de vorm van verwisselbare accu's die in havens van boord gehaald kunnen worden en kunnen worden vervangen voor volle accu's (Zero Emission Services, zij).

Door het verschil in soorten schepen, routes en de technologische voortgang zal er naar alle waarschijnlijkheid niet één definitieve oplossing zijn maar zal er eerder een mix van alternatieven ontstaan (Englert,2021). Hoewel LNG/LBG en methanol goede oplossingen zijn om de sector te verduurzamen lijken ze niet de eindoplossingen te zijn. Dit omdat deze brandstoffen nog altijd verantwoordelijk zijn voor emissies. LNG zelf blijft namelijk nog steeds een fossiele brandstof met een beperkte emissies-reductie van 20-25% (Bio-LNG Platform). De overgang naar LBG zou een goede stap zijn, zeker voor schepen die nu al op LNG varen. Wel moet er hierbij goed gelet worden op de totale hoeveelheid beschikbare biobrandstof uit duurzame bronnen (Englert,2021). Eenzelfde soort probleem doet zich voort met de productie van methanol (TNO, 2023). Wil men dus echt naar nul uitstoot tegen 2050 dan moet er vooral gekeken worden naar eindoplossingen als elektrisch, waterstof, duurzame productie van E-fuels en ammonia (Parlement & Wetenschap, 2022).

Hierin vindt direct een duidelijke splitsing plaats. Elektrisch varen is voornamelijk geschikt voor relatief korte afstanden vanwege de lage energiedichtheid (Parlement & Wetenschap, 2022). Maar omdat in Nederland veel van de vaarroutes korte afstanden zijn kan het als een goed alternatief dienen

(Binnenvaart Kennis, zij). Waterstof en ammonia zijn daarentegen erg bruikbaar voor langere vaarroutes omdat de energiedichtheid veel hoger ligt.

### *Infrastructuur*

Hier kunnen problemen gaan ontstaan met de hoeveelheid stroom en de totale netcongestie. Dit soort problemen zijn te voorkomen door gebruik te maken van batterijcontainers of door te investeren in waterstof en ammonia. Waarbij met name elektrische containers en waterstof zich een weg lijken te vinden in de binnenvaart. Dit mede door de ontwikkeling van de RH2INE waterstofcorridor (NWP, 2022).

### *Beleid en samenwerking*

Voordat deze nieuwe brandstoffen een weg vinden in de binnenvaart moeten er eerst schepen en infrastructuur ontwikkeld worden. Hierbij bieden de EU en de Nederlandse Overheid financiële ondersteuning. Op Europees niveau gaat het hier om regelingen als kredietgaranties bij de bouw van nieuwe schepen of het verlenen van subsidies. Binnen Nederland zijn er regelingen zoals het Nationaal Groeifonds, lopen er RDM-projecten (R&D mobiliteitssectoren) en subsidies vanuit bijvoorbeeld het klimaatfonds (Parlement en Wetenschap, 2022, Ministerie EZK, 2023). Deze laatste subsidie die een totaalbedrag van 178 miljoen bedraagt is bedoeld om waterstof in wegvervoer en de binnenvaart te ontwikkelen. Hiervan is 75 miljoen beschikbaar gesteld voor de binnenvaart (Ministerie EZK, 2023). Met deze subsidie hoopt het ministerie het aantal binnenvaartschepen in Nederland van 1 naar 150 te tillen tegen 2030 (Schuttevaer, 2023). Daarnaast is er een emissielabel voor de binnenvaart. Op dit moment zijn hier nog beperkte regelingen aan gekoppeld (Binnenvaart Emissie Label, zij). Om de transitie te versnellen zou dit label heel nuttig kunnen zijn om vervuilende schepen te kunnen weren uit de havens of door deze mee te laten betalen aan de vervuiling.

De ondersteuning voor de binnenvaart komt er dus steeds meer, maar omdat de sector veelal uit individuele schippers bestaat zijn er nog een hoop uitdagingen. Een groot probleem dat zich voordoet is dat schippers geen langdurige contracten hebben met verladers. Hierdoor zijn ze afhankelijk van de spotmarkt. Ook hier wordt de toekomstige rol van verladers cruciaal. Als een schipper geen groene investeringen doet kan hij op diesel blijven varen en voor een goedkopere prijs zijn vracht vervoeren. De schipper die veel groene investeringen heeft gedaan moet deze terugverdienen en is hierdoor een duurder partij waardoor hij de concurrentiestrijd verliest, zolang verladers volledig vrij worden gelaten (Parlement & Wetenschap, 2022). Als hier geen verandering in komt is er voor de individuele schipper weinig reden om te investeren in een duurzaam schip. Gezien het grote aandeel individuele schippers kan dit een flinke vertraging in de verduurzaming veroorzaken ondanks de ontwikkeling van nieuwe duurzame schepen.

De oplossing is het verhogen van de kosten van vervoer op fossiele brandstof. Dit kan door middel van het heffen van een CO2 taks of door het emissielabel te koppelen aan een uitstoot taks. Hierdoor wordt de prijs voor fossiel vervoer duurder wat de concurrentiepositie van duurzaam vervoer zal verbeteren en uiteindelijk zelfs rendabeler kan maken. Hierdoor zal het voor de schipper ook kunnen gaan lonen om te investeren in een duurzaam schip. Want alleen als de individuele schippers en familiebedrijfjes

die 75% van de schepen in handen hebben zelf ook willen verduurzamen kun je de transitie goed in gang zetten.

## 4.7 Kustvaart

### *Techniek*

Kustvaart vereist een andere aanpak door de verschillen in soorten schepen, de lengte van de routes en de structuur van de sector. In de Green Deal wordt alleen gesproken over het verduurzamen van de binnenvaart en zeevaart. De kustvaart wordt hierin niet als aparte categorie meegenomen wat voor een gebrek aan doelgerichte emissiereducties zorgt. Hierdoor kan het erg lastig worden deze sector op tijd te verduurzamen (Green Deal, 2022).

De afwezigheid van een emissiedoelstelling binnen de sector maken het minder urgent en minder eenvoudig om te verduurzamen. Gelukkig betekent dit niet dat hier geen innovatie en verduurzaming plaatsvindt. Gezien de vaarroutes in de kustvaart vaak een stuk langer zijn dan die in de binnenvaart zijn hier ook andere technieken die de meeste belangstelling ontvangen. Volledig elektrische schepen zijn vanwege de langere routes en beperkte tussenstops een stuk lastiger te realiseren, terwijl hybride, waterstof en ammonia een stuk geschikter zijn.

Er worden echter relatief weinig nieuwe schepen ontwikkeld mede door de lange levensduur. Dit zorgt ervoor dat de oplossing niet altijd ligt in het ontwikkelen van volledig nieuwe schepen met een duurzame aandrijflijn. Op dit moment vindt in de kustvaart sector ook retrofitting plaats. Hierbij worden schepen omgebouwd, zodat ze nu nog vaak met dieselgeneratoren elektriciteit op kunnen wekken voor de elektromotoren. In de nabije toekomst kunnen deze schepen dan overstappen op andere manieren van elektriciteitsproductie (Wartsila, 2022). Op deze manier kunnen er al stappen richting verduurzaming gemaakt worden zonder direct nieuwe schepen nodig te hebben. Een voorbeeld is het zogenoemde Moses project. Hierbij wordt een duurzaam hybride schip ontwikkeld, maar wordt ook gekeken naar autonoom varen en het verbeteren van de aanvoerketens waardoor de vracht efficiënter vervoerd kan worden (MOSES, 2020). Dit soort initiatieven kunnen de basis vormen voor de verduurzaming van deze sector.

### *Infrastructuur*

Het is moeilijk nu de juiste nieuwe infrastructuur te realiseren zolang er geen heldere definitieve oplossing is. Maar het gebruik van de hybride elektromotoren zorgt er wel voor dat er iets meer tijd gecreëerd wordt om de nodige infrastructuur te installeren voor de toekomstige schepen. Hierbij heeft de kustvaart het voordeel dat veel van de havens die aangedaan worden ook gebruikt worden voor de zeevaart. Dit betekent dat het installeren van goede infrastructuur direct beide sectoren kan helpen.

### *Beleid en samenwerking*

Voor de kustvaart is er maar beperkte ondersteuning te vinden. Veel van de regelingen die getroffen worden voor de binnenvaart of wereldwijde scheepvaart kunnen ook toegepast worden op deze sector maar zijn er niet specifiek voor bedoeld. Gelukkig zijn er veranderingen gaande, zo is sinds januari 2023 de Efficiency Existing Ship Index (EEXI) in gebruik genomen (110). Dit houdt in dat schepen boven de 400 ton geregisterd en gecertificeerd moeten worden op basis van hun efficiëntie.

Maar om de transitie te versnellen en te zorgen dat deze middelgrote schepen ook snel verduurzamen is het van belang dat er meer aandacht komt voor specifieke maatregelen. De index is een goede eerste stap, maar om de sector meer impuls te geven is een grote kans voor havens. Deze kunnen op het gebied van infrastructuur een grote slag slaan door het voortouw te nemen en in overleg met andere havens een betrouwbare duurzame infrastructuur te creëren. Daarnaast kunnen havens aan de hand van de EEXI een bepaalde norm stellen, valt het schip qua efficiëntie onder deze norm dan mag men de haven niet in.

## 4.8 Veerboten

### *Techniek*

Nederland heeft naast binnenvaart en kustvaart ook nog te maken met de veerdiensten naar de Waddeneilanden. Omdat deze veerdiensten beperkte afstanden afleggen is elektrisch een goed alternatief. Hoewel er dus zeker mogelijkheden zijn, is het door al gemaakte investeringen in infrastructuur en schepen lastig om snel de transitie te maken.

### *Infrastructuur*

Voor de elektrische schepen zal er voldoende infrastructuur moeten komen om elektrisch laden tijdens het aanmeren mogelijk te maken. Dit kan echter wel problemen met het elektriciteitsnet opleveren. Iets wat wellicht extra oplossingen vereist in de vorm van extra batterijen op land die als buffer kunnen dienen en hiermee het elektriciteitsnet te kunnen ontlasten en zo de veerdienst betrouwbaar te kunnen laten varen. Voor de andere routes zal nog infrastructuur ontwikkeld moeten worden op basis van de uiteindelijke gekozen aandrijflijn.

### *Beleid en samenwerking*

Om te zorgen dat de veerlijnen snel verduurzamen kan de overheid een grote rol spelen. Op dit moment geven zij de concessies om op deze routes te mogen opereren. Hierbij kunnen zij ook eisen stellen. In het geval van nieuwe concessies is het van groot belang dat uitstoot en milieuvriendelijkheid leidend worden. Op deze manier ontstaat er een directe impuls om te verduurzamen. Niet alleen zullen de partijen die op een bepaalde route willen varen bezig zijn met verduurzaming maar ook de andere rederijen zullen inzien dat ze om op één van deze routes te kunnen opereren snel moeten verduurzamen.

Om het financieel rendabel te maken zal er gekeken moeten worden naar het ondersteunen van de rederijen in het ontwikkelen van nieuwe schepen. Na deze initiële investeringen kunnen de schepen lang mee en zullen de rederijen de kosten grotendeels zelf kunnen dragen. Het voordeel van deze veerdiensten is dat het een kleine en specifieke doelgroep is die steeds dezelfde route varen. Hierdoor is het installeren van infrastructuur en het ontwikkelen van steunpakketten makkelijker dan voor de andere sectoren.

## 5. Een aantal kernaanbevelingen

In het vorige hoofdstuk werden de oplossingen per vervoermiddel gepresenteerd. Die waren soms specifiek, soms meer generiek van aard. In dit korte slothoofdstuk kijken we op een iets algemener niveau.

### **Erg veel kansen, nog veel onzekerheid en dus erg veel samenwerking nodig.**

In het komend decennium wordt er rond het verduurzamen van de zwaarste vervoermiddelen veel mogelijk. Maar eenvoudig is het niet. Het vraagt veel samenwerking tussen alle partijen om een investeren in onzekerheid mogelijk te maken. De overheid zal er toch voor moeten zorgen dat ondernemers het aandurven om in nieuwe technieken te investeren. Dat kan via regelgeving – kom met emissie-eisen voor vervoermiddelen waar die nog niet gelden- en door langjarig consistent beleid te voeren. Zo kunnen we er voor zorgen dat we als Nederland juist de trotse voorloper kunnen zijn en een beetje risico durven nemen.

### **Veel onderzoek zal nodig blijven, en intensivering is nodig rond de schepen**

Het is essentieel dat een aantal technische mogelijkheden die hier als mogelijk alternatief worden gepresenteerd verder worden ontwikkeld. Dat zal vooral bij de schepen en bij de militaire voertuigen vragen om een intensivering van de kennis- en onderzoekinspanning.

### **De cruciale rol van de laadinfrastructuur en het stroomnet erkennen**

Waar we zien dat voor nogal wat vervoermiddelen elektrisch toch het grote alternatief zal worden is het essentieel om geen onduidelijkheid te laten bestaan over de capaciteit op het stroomnet en over de omvang en de financiering van de te realiseren laadinfrastructuur. Natuurlijk kan er optimalisatie in de bestaande capaciteit plaatsvinden, maar in de kern is er het komend decennium niet minder dan een Deltaplan nodig rond het stroomnet. Het niet volledig erkennen van die realiteit zal alle bedrijven terughoudend maken of houden.

### **De verladers moeten in beeld komen**

Op dit moment komen verladers nog veel te gemakkelijk weg. Zij zullen ook hun verantwoordelijkheid ten volle moeten nemen. En derhalve ook moeten eisen, verwachten en vragen om zo duurzaam en verantwoord mogelijk transport, met daarbij daarachter de volledige bereidheid van verladers om daarvoor ook te betalen. De tijd van greenwashing bij verladers is voorbij. De mobiliteitstransitie is te belangrijk om alleen over te laten aan de vervoerders. Overheden, nationaal en internationaal, en in voorkomende gevallen lokaal zullen er voor moeten zorgdragen dat verladers niet langer kunnen gaan voor de laagste prijs, waarin geen duurzaamheid is verdisconteerd.

### **Een lange termijn plan met duidelijke doelen en richting**

Een dergelijk plan moet in nauwe samenwerking met de EU worden gemaakt. Belangrijk wordt de opname van transport in het ETS. Voor de vervoermiddelen waarvoor nog geen emissiedoelen zijn geformuleerd moeten die er snel komen. Vervolgens kan per vervoermiddel- categorie een aanpak worden uitgewerkt, waarvoor in hoofdstuk 4 veel mogelijkheden zijn aangereikt. Die aanpak ziet er voor vrachtauto's, voor mobiele voertuigen, voor kustvaart, voor binnenvaart echt anders uit. Maar het gaat er wel steeds om het lokale en regionale te verbinden met het internationale veld van regelingen en onderzoek. Om een voorbeeld te geven; hoe zorgen we dat de lage emissiezones behulpzaam zijn in het verkrijgen van precies de vervoermiddelen waarmee je de emissiedoelen kunt realiseren.

# Bronnen

Achinas, S et. Al ((2019); A PESTLE Analysis of Biofuels Energy Industry in Europe, Sustainability <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/21/5981/htm>

Arcadis (2021): Privaat logistiek laden bij elkaar op privaat terrein <https://www.agendalaadinfrastructuur.nl/ondersteuning+gemeenten/documenten+en+links/documenten+in+bibliotheek/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=2108119>

AD (2023) <https://www.ad.nl/binnenland/eerste-bouwbedrijven-kunnen-al-zonder-een-grammetje-stikstofuitstoot-werken~afe8856c3>

ANWB (zj): Waterstofauto: hoe werkt het? <https://www.anwb.nl/auto/elektrisch-rijden/elektrische-autos/waterstofauto-hoe-werkt-het>

Auto Recycling Nederland (zj): Hoe staat het ervoor met de solid state batterij? <https://arn.nl/solid-state-batterij/>

Bachelor End Project (2021) Electric Ferries Servicing the Wadden Sea – What can be learned from Scandinavia? <https://labverantwoordemobiliteit.nl/wp-content/uploads/2023/10/Electric-Ferries-Servicing-the-Wadden-Sea-SIBEP-Christian-van-Erp.pdf>

Bilen, Ü., Kramer, H., Monden, R., Scott, D., Bonazountas, M., Stamatis, S., ... Kahva, E. (2018). Market Analysis-Holistic Optimisation of Ship Design and Operation for Life Cycle, (689074).

Binnenvaart Emissie Label (zj): Groene start met het Binnenvaart Emissie Label  
Vaart u groen? Laat het zien! <https://binnenvaartemissielabel.nl/>

Binnenvaart Kennis (zj); Vaarafstanden <https://www.binnenvaartkennis.nl/2022/06/vaarafstanden/>

Bio-LNG Platform (zj): strengere emissie eisen voor de binnenvaart <https://www.nationaalngplatform.nl/strengere-emissie-eisen-binnenvaart/>

BNN/VARA (2002): Krijgsmacht kan zich niet uit klimaatcrisis innoveren <https://www.bnnvara.nl/joop/artikelen/krijgsmacht-kan-zich-niet-uit-klimaatcrisis-innoveren>

Bokslag, M. (2023, November 2). Nexrail: ‘Verouderde regelgeving zit elektrisch rangeren in de weg’ | SpoorPro. <https://www.spoorpro.nl/innovatie/2023/11/02/nexrail-verouderde-regelgeving-zit-elektrisch-rangeren-in-de-weg/?gdpr=accept>

Bureau Voorlichting Binnenvaart (2023); De Bedrijfstak <https://bureauvoorlichtingbinnenvaart.nl/de-binnenvaart/basiskennis/bedrijfstak/>

Burroughs, D. (2019, May 21). RMV orders 27 hydrogen trains from Alstom. International Railway Journal. <https://www.railjournal.com/fleet/rmv-orders-27-hydrogen-trains-from-alstom>



CBS (2022): Hoeveel uitstoot veroorzaakt het Nederlandse vervoer over water? <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/verkeer-en-vervoer/uitstoot-en-brandstofverbruik/uitstoot-vervoer-over-water#:~:text=In%202021%20stootte%20het%20Nederlandse,voeren%20is%20hierin%20niet%20meegerekend>

CE Delft. (2022, september). Laden voor logistiek bij beperkte netcapaciteit. Mitigerende maatregelen voor bestelauto's en vrachtwagens - CE Delft. <https://ce.nl/publicaties/laden-voor-logistiek-bij-beperkte-netcapaciteit/>

CE Delft (2022): Inzet van zeroemissievrachtauto's in netwerkkritten Hoe te realiseren? [https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2022/12/CE Delft 210449 Inzet van zero-emissievrachtautos in netwerken DEF.pdf](https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2022/12/CE_Delft_210449_Inzet_van_zero-emissievrachtautos_in_netwerken_DEF.pdf)

Connekt (2021): Maritime and short sea shipping Bulk and container transport by sea. <https://carbonfootprinting.org/wp-content/uploads/2022/02/9-Maritime-and-short-sea-shipping.pdf>

Cordis (2022): Modernisation of Vessels for Inland waterway freight Transport <https://cordis.europa.eu/project/id/285405/reporting>

CROW (2023): Staat van de zero-emissiebussen 2022 <https://www.crow.nl/downloads/pdf/collectief-vervoer/staat-van-de-zero-emissiebussen.aspx?ext=.pdf>

Crownhart, C. (2023, 21 mei). How 5-minute battery swaps could get more EVs on the road. MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.com/2023/05/17/1073265/how-5-minute-battery-swaps-could-get-more-evs-on-the-road/>

Defensie (2023): Aantallen materieel; <https://www.defensie.nl/onderwerpen/overdefensie/het-verhaal-van-defensie/aantallen-materieel>

De Nederlandsche Bank (zj): Better carbon emissions pricing <https://www.dnb.nl/en/green-economy/carbon-pricing/>

DNV (2023): EEXI and CII requirements taking effect from 1 January 2023 <https://www.dnv.com/news/eexi-and-cii-requirements-taking-effect-from-1-january-2023--237817#:~:text=From%20this%20date%2C%20it%20is,news%20summarizes%20the%20two%20regulations>

Eindhovens Dagblad (2021): Hermes gaat in regio Eindhoven rijden met nieuwe generatie elektrische bussen van VDL <https://www.ed.nl/eindhoven/hermes-gaat-in-regio-eindhoven-rijden-met-nieuwe-generatie-elektrische-bussen-van-vdl~ad7e629e/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>

Elaadnl (2022); Bedrijventerreinen in beweging. Outlook Logistiek & Bedrijventerreinen [https://elaad.nl/wp-content/uploads/downloads/Outlook\\_Bedrijventerreinen\\_in\\_Beweging.pdf](https://elaad.nl/wp-content/uploads/downloads/Outlook_Bedrijventerreinen_in_Beweging.pdf)

Electrive (2021): World's largest electric ferry launches in Norway <https://www.electrive.com/2021/03/02/worlds-largest-electric-ferry-yet-goes-into-service-in-norway/>

Englert, D et al (2021) The Potential of Zero-Carbon Bunker Fuels in Developing Countries. © World Bank, Washington, <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/b5697ebf-30cd-5491-8e34-2edb199ae5b7>

Europa decentraal. (2023). Vervoer en aanbesteden - Europa decentraal. Europa Decentraal. <https://europadecentraal.nl/onderwerp/vervoer/vervoer-en-aanbesteden/>

European Commission (2018): Bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001>

European Commission (2021): 2020 Annual Report from the European Commission on CO2 Emissions from Maritime Transport <https://european-accreditation.org/wp-content/uploads/2022/06/2020-Annual-report-from-the-Commission.pdf>

Eurostat (2023): Maritime transport statistics <https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database>

First Dutch. (2014). Vergroening regionale spoorlijnen. In Officiële Bekendmaking Overheid. officiële bekendmaking overheid. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-516260.pdf>

Gerbens- Leenes et.al (2009): The water footprint of bioenergy <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.0812619106#:~:text=When%20expressed%20per%20L%2C%20the,the%20most%20water%20efficient%20way>

Green Deal (2022): Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens <https://www.greendeals.nl/greendeals/green-deal-zeevaart-binnenvaart-en-havens>

ICCT (2020): E-fuels won't save the internal combustion engine <https://theicct.org/e-fuels-wont-save-the-internal-combustion-engine/>

ISWA (2002): Research into sustainable and alternative waste collection vehicle usage <https://www.iswa.org/wp-content/uploads/2022/09/WGCTT-Alternative-Fuels-Report-2022-Final.pdf>

Katan, M., Vet, L., & Rabbinge, R. (2015). Visiedocument biobrandstof en hout als energiebronnen <https://www.knaw.nl/nl/actueel/publicaties/visiedocument-biobrandstof>

KED (zj): Duurzaam Aanbesteden, <https://europadecentraal.nl/onderwerp/aanbesteden/verantwoord-aanbesteden/duurzaam-aanbesteden/>

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (2022): Energieketens voor CO2-neutrale mobiliteit Efficiëntie, kosten en ruimtegebruik in beeld [file:///C:/Users/gebru/OneDrive/Downloads/KiM+rapport+Energieketens+voor+CO2-neutrale+mobiliteit\\_def%20\(2\).pd](file:///C:/Users/gebru/OneDrive/Downloads/KiM+rapport+Energieketens+voor+CO2-neutrale+mobiliteit_def%20(2).pd)

Klimaatakkoord (2019)

<https://www.klimaataakkoord.nl/binaries/klimaataakkoord/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaataakkoord/klimaataakkoord.pdf>

Melode , S et. Al (2021): Recent advances and viability in biofuel production, Energy Conversion & Management,

[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174520300428?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=83570b6d29ba6640](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174520300428?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=83570b6d29ba6640)

Milieu Centraal (zj): Waterstof

<https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/waterstof/#:~:text=Het%20kan%20ook%20vloeibaar%20worden,wordt%20dit%20bijna%20nooit%20gedaan>

Ministerie EZK (2023): Meerjarenprogramma Klimaatfonds 2024

<https://open.overheid.nl/documenten/c4719928-fa2d-417a-90cd-33d937b59857/file>

MOSES (2020): <https://moses-h2020.eu/about-moses/at-a-glance/>

NAL/CE Delft (2023): Laden voor logistiek bij beperkte netcapaciteit

[https://nklnederland.nl/wpcontent/uploads/2022/09/Laden\\_voor\\_logistiek\\_bij\\_beperkte\\_netcapaciteit\\_Logistiekrapport\\_def.pdf](https://nklnederland.nl/wpcontent/uploads/2022/09/Laden_voor_logistiek_bij_beperkte_netcapaciteit_Logistiekrapport_def.pdf)

NATO (2021): NATO 2030: Embrace the change, guard the values

[https://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/2021/2/pdf/210204-NATO2030-YoungLeadersReport.pdf](https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2021/2/pdf/210204-NATO2030-YoungLeadersReport.pdf)

Natuur & Milieu (2022): Elektrische auto's en accu's: hoe duurzaam zijn ze?

<https://natuurenmilieu.nl/publicatie/elektrische-autos-en-accus-dit-is-wat-je-moet-weten/>

NEMO Kennislink (2017): Biobrandstoffen

<https://www.nemokennislink.nl/publicaties/biobrandstoffen/>

Nieuwsblad Transport (2023): Project Condor H2: vijftig schepen op waterstof voor 2030

<https://www.nt.nl/binnenvaart/2023/05/10/project-condor-h2-vijftig-schepen-op-waterstof-voor-2030/?gclid=accpt>

NOS (2019,1): Kobalt: cruciaal voor je telefoon, levensgevaarlijk voor 'creuseurs' Congo

<https://nos.nl/artikel/2288129-kobalt-cruciaal-voor-je-telefoon-levensgevaarlijk-voor-creuseurs-congo>

NOS (2019,2): Oude auto's veroorzaken een derde van stikstofuitstoot in verkeer

<https://nos.nl/artikel/2309938-oude-auto-s-veroorzaken-een-derde-van-stikstofuitstoot-in-verkeer>

NOS (2023,1)

<https://nos.nl/artikel/2464668-alle-arriva-treinen-in-groningen-en-friesland-rijden-nu-op-plantaardige-olie>

NOS (2023,2)

<https://nos.nl/nieuwsuur/artikel/2470753-plannen-genoeg-maar-groene-vrachtwagens-rijden-er-voorlopig-mondjesmaat>

NOS (2023,3)

<https://nos.nl/nieuwsuur/video/2470749-elektrische-vrachtwagens-in-de-wegenbouw>

NOS (2023,4); Producenten militair materieel draaien overuren door leveranties aan Oekraïne,

<https://nos.nl/nieuwsuur/artikel/2462004-producenten-militair-materieel-draaien-overuren-door-leveranties-aan-oekraïne>

NOS (2023,5): Kabinet overweegt duurdere brandstof en hogere aanschafbelasting benzineauto's

<https://nos.nl/artikel/2471933-kabinet-overweegt-duurdere-brandstof-en-hogere-aanschafbelasting-benzineauto-s>

NOS (2023,6): Alle Arriva-treinen in Groningen en Friesland rijden nu op plantaardige olie

<https://nos.nl/artikel/2464668-alle-arriva-treinen-in-groningen-en-friesland-rijden-nu-op-plantaardige-olie>

NOS (2023,7): Europese Commissie: vrachtwagens en bussen moeten schoner

<https://nos.nl/artikel/2463768-europese-commissie-vrachtwagens-en-bussen-moeten-schoner>

NWP (2022): Binnenvaart <https://nationaalwaterstofprogramma.nl/inspiratie/2204398.aspx>

Ondernemersplein (2023): Duurzaamheidsrapportages verplicht voor grote bedrijven

<https://ondernemersplein.kvk.nl/grote-bedrijven-moeten-rapporteren-over-duurzaamheid/>

Panteia (2022): Vergelijking emissies van binnenvaart, spoor- en wegvervoer

<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-5f5afcc057073b68c62f92da954b9382308e868c/pdf>

Parlement & Wetenschap (2022); factsheet Verduurzaming Binnenvaart

<file:///C:/Users/gebru/OneDrive/Downloads/Verduurzaming%20binnenvaart.pdf>

PBL (2021): NEDERLAND FIT FOR 55? Mogelijke gevolgen van het voorgestelde EU-klimaatbeleid

Policy brief [https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-nederland-fit-for-55\\_4697.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-nederland-fit-for-55_4697.pdf)

ProRail. (2017, June 27). ProRail Emplacement Kijfhoek, het heuvelproces [Video]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=sNoor3hcdDM>

ProRail. (2023a). Netverklaring 2024.

<https://www.prorail.nl/siteassets/homepage/samenwerken/vervoerders/documenten/netverklaring-2024-versie-1.1b-d.d.-12-april-2023.pdf>

ProRail. (2023b). Ontwikkeling spoorgoederenverkeer in Nederland.

[https://www.prorail.nl/siteassets/homepage/nieuws/documenten/pr-jaarrapport-ontwikkeling-spoorgoederenverkeer-in-nederland-2022\\_web.pdf](https://www.prorail.nl/siteassets/homepage/nieuws/documenten/pr-jaarrapport-ontwikkeling-spoorgoederenverkeer-in-nederland-2022_web.pdf)

Provincie Groningen. (2022). Aanbesteding voor vier nieuwe waterstoffreinen van start. <https://www.provinciegroningen.nl/actueel/nieuws/nieuwsartikel/aanbesteding-voor-vier-nieuwe-waterstoffreinen-van-start/>

Rederij Doeksen (zj) : informatie <https://www.rederij-doeksen.nl/informatie/organisatie>

Rederij Wagenborg (zj); informatie <https://www.wpd.nl/over-wagenborg%20%0D18>

RTV Oost. (2022). Komst batterijtrein vanaf 2028 in Overijssel stap dichterbij: provincie is om. <https://www.rtvoost.nl/nieuws/2139407/komst-batterijtrein-vanaf-2028-in-overijssel-stap-dichterbij-provincie-is-om>

RVO (2022,1): IMVO-wetten en verplichte due-diligence-regels <https://www.rvo.nl/onderwerpen/imvo-wetten-en-regels>

RVO (2022,2): Aanschafsubsidie Zero-Emissie Trucks (AanZET) <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/aanzet>

RVO (2022,3): Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel (SSEB) <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/sseb>

Rijksoverheid (zj): Waddenveren <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/openbaar-vervoer/waddenveren>

Rijksoverheid (2021): Nieuwe afspraken om steden te bevoorraden zonder CO2-uitstoot <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/02/09/nieuwe-afspraken-om-steden-te-bevoorraden-zonder-co2-uitstoot>

Rijksoverheid (2022): Internationale afspraken over duurzame zeevaart <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/scheepvaart-en-havens/verduurzaming-scheepvaart-en-havens/internationale-afspraken-over-duurzame-zeevaart#:~:text=Afspraken%20zeevaart%20in%20Green%20Deal,zo%20snel%20mogelijk%20klimaat%20neutraal%20worden>

Rijksoverheid (2023): Europees Beleid Duurzame Mobiliteit <https://rwsduurzamemobiliteit.nl/beleid/routeradar/duurzame-energiedragers-mobiliteit-dem/beleidskader/europees-beleid/>

Schuttevaer (2023): Harbers ziet belangrijke rol voor emissielabel binnenvaart <https://www.schuttevaer.nl/nieuws/actueel/2023/05/25/harbers-ziet-belangrijke-rol-voor-emissielabel-binnenvaart/?gdpr=deny&gdpr=accept>

Smartport/TNO (2023): The potential of e-fuels for heavy duty road transport in the Netherlands <https://smartport.nl/wp-content/uploads/2023/02/Final STRIVE Report 2023 SmartPort TNO.pdf>

TESO (zj): informatie <https://www.teso.nl/>

TLN (2021): Regionale verschillen in registratie (land) bouwvoertuigen [Regionale verschillen in registratie \(land\)bouwvoertuigen - Transport en Logistiek Nederland \(tln.nl\)](#)

TLN (2023): Subsidieregeling AanZET binnen één dag uitgeput  
<https://www.tln.nl/nieuws/subsidieregeling-aanzet-binnen-een-dag-uitgeput/>

TNO (zj) : 15 dingen die je moet weten over waterstof <https://www.tno.nl/nl/duurzaam/co2-neutrale-industrie/schone-waterstofproductie/15-dingen-die-je-moet-weten-waterstof/#:~:text=Waterstof%20is%20met%20name%20belangrijk,aardgas%20of%20kolen%20wordt%20gebruikt>

TNO (2020): 5 maatregelen om vrachtverkeer en scheepvaart sneller te verduurzamen  
<https://www.tno.nl/nl/newsroom/insights/2022/07/5-maatregelen-sneller-verduurzamen/>

TNO (2021,1): Aanzet tot een analysekader betreffende de ingroei en opschaling van elektrische bestelen vrachtvoertuigen in de Nederlandse vloot tot 2040 [Publicaties | PBL Planbureau voor de Leefomgeving](#)

TNO (2021,2); Eindrapport data onderzoek mobiele machines in Nederland  
<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-96570e8c-dca5-42f8-9e17-589623b07154/pdf>

TNO (2022,1): Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod duurzame mobiele werktuigen, bouwlogistieke voertuigen, spoorwerktuigen en vaartuigen die worden ingezet voor de waterbouw <https://cdn.opwegnaarseb.nl/media/TNO%202022%20R11048%20Inventarisatie%20en%20categorisatie%20huidige%20en%20toekomstige%20aanbod%20duurzame%20mobiele%20werktuigen%20bouwlogistieke%20voertuigen%20spoorwerktuigen%20en%20vaartuigen.pdf>

TNO (2022,2) : Techno-economic uptake potential of zero emission trucks in Europe  
[https://www.agoraverkehrswende.de/fileadmin/Veranstaltungen/2022/ElektrischeLkw/TNO\\_2022\\_R\\_11862\\_Techno-economic\\_uptake\\_potential\\_of\\_zero-emission\\_trucks\\_in\\_Europe.pdf](https://www.agoraverkehrswende.de/fileadmin/Veranstaltungen/2022/ElektrischeLkw/TNO_2022_R_11862_Techno-economic_uptake_potential_of_zero-emission_trucks_in_Europe.pdf)

TNO (2023): Varen op groene methanol binnenkort mogelijk; (inter)nationaal beleid vormt obstakel  
<https://www.tno.nl/nl/newsroom/2023/04/varen-groene-methanol-snel-mogelijk/>

Transport & Logistiek (2022); Hoger aantal kilometers voertuigen voor goederenvervoer in 2021  
<https://transportlogistiek.nl/onderweg/hoger-aantal-kilometers-voertuigen-voor-goederenvervoer-in-2021/>

Trendrapport (2022); Trendrapport Logistieke Voertuigen;  
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/01/13/bijlage-8-trendrapport-logistieke-voertuigen-2022-deel-1-lichte-bedrijfsvoertuigen>

TVM (2021): Snelle opmars elektrische vrachtwagens <https://www.tvm.nl/dossier/zero-emissie/opmars-elektrische-trucks>

US Army (2022); Army advancing first hybrid electric Bradley  
[https://www.army.mil/article/254124/army\\_advancing\\_first\\_hybrid\\_electric\\_bradley](https://www.army.mil/article/254124/army_advancing_first_hybrid_electric_bradley)

Utm, R. |. (2019). Schleswig Holstein orders 55 battery-electric trains with Stadler - Urban Transport Magazine. Urban Transport Magazine. <https://www.urban-transport-magazine.com/en/schleswig-holstein-orders-55-battery-electric-trains-with-stadler/>

Volkskrant (2023): Europese Rekenkamer zeer kritisch over Brussels beleid rond biobrandstoffen <https://www.volkskrant.nl/economie/europese-rekenkamer-zeer-kritisch-over-brussels-beleid-rond-biobrandstoffen~b0352c52/>

Volvo Trucks (zj): Chassis specifications for Volvo FM, <https://www.volvotrucks.co.uk/en-gb/trucks/trucks/volvo-fm/specifications/chassis.html>

Wartsila (2022): Decarbonisation drives innovation in short sea shipping <https://www.wartsila.com/insights/article/decarbonisation-drives-innovation-in-short-sea-shipping>

Werkgroep Spoor in Friesland. (2023). Spoorverdubbeling & elektrificatie spoorlijn Leeuwarden - Groningen - werkgroep Spoor in Friesland. <https://www.wgsi-friesland.nl/spoorverdubbeling-elektrificatie-spoorlijn-leeuwarden-groningen/>

Zero Emissie Bus (zj): Bestuursakkoord <https://zeroemissiebus.nl/bestuursakkoord/>

Zero Emissie Logistiek (2022): De Zero- Emissie Zones komen eraan <https://www.opwegnaarzes.nl/bedrijven>

Zero Emission Services (zj): Zero Emission Services:all-in concept for emission-free inland shipping <https://zeroemissionservices.nl/en/homepage/>