



RWS INFORMATIE

Routeradar 2019 Straatbeeldmonitor

Status quo en ontwikkeling van hernieuwbare energiedragers in mobiliteit in Nederland

Modaliteit: Spoor

Datum: 16 juni 2020
Status: Finaal DEFINITIEF

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat
Auteur	Uitvoeringsteam Routeradar 2019: -Stephan van Zyl (TNO) -Vincent de Jonge (TNO) -Ruud Verbeek (TNO) -Jorrit Harmsen (TNO) Redactie: -Floris Mulder (RWS) -Katinka Regtien (IenW) -ERAC
Informatie	Projectleider Floris Mulder
Telefoon	088-797 1111
E-mail	floris.mulder@rws.nl
Datum	19 mei 2020
Status	DEFINITIEF

Inhoudsopgave

Begrippenlijst	5
Afkortingenlijst	7
Managementsamenvatting	9
1. Inleiding.....	10
1.2 Doelstelling en doelgroepen	11
1.3 Aanpak in het kort.....	12
1.4 Leeswijzer	13
2. Beleidskader	14
2.1 Europees beleid	14
2.1.1 Veld energiedrager	15
2.1.2 Veld infrastructuur	16
2.1.3 Veld vervoermiddelen.....	16
2.2 Nederlands beleid.....	17
2.2.1 SER Energieakkoord.....	17
2.2.2 Brandstofvisie	17
2.2.3 Regeerakkoord Rutte III en Klimaatakkoord	17
2.3 Analyse monitoring nationale doelstellingen en realisaties	18
Leeswijzer.....	18
2.3.1 Uitleg begrippen	18
2.3.2 CO ₂ -reductie Klimaatakkoord langs vier inhoudelijke thema's	19
2.3.3 Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2019.....	20
2.3.4 Verdeling broeikasgasemissies binnen mobiliteit volgens KEV 2019.....	20
2.3.5 PBL policy brief 'Het Klimaatakkoord: Effecten en Aandachtspunten'	20
2.3.6 Conclusies	21
2.3.7 Aanbevelingen.....	22
3 Methodiek van straatbeeld- en innovatiemonitor	23
3.1 De Routeradar en andere monitoractiviteiten	23
3.1.1 Straatbeeldmonitor	24
3.2 Methodiek	26
3.2.1 Product-marktcombinaties	27
3.2.2 Marktfasen.....	29
3.3 Gebruikte bronnen voor deze studie	31
4 Spoor.....	32
Leeswijzer	32
4.1 Inleiding.....	32
4.2 Energiedragers.....	32
4.2.1 Overzicht.....	32
4.2.2 Conventioneel	33
4.2.3 Elektrisch.....	33
4.2.4 Waterstof	34
4.2.5 Aardgas.....	34
4.2.6 Biobrandstoffen (hoge mixen)	34
4.3 Infrastructuur	34
4.3.1 Overzicht.....	34

4.3.2	Conventioneel	35
4.3.3	Elektrisch en partiële bovenleidingen.....	35
4.3.4	Waterstof	36
4.3.5	Aardgas.....	36
4.3.6	Biobrandstoffen (hoge mixen)	36
4.4	Vervoermiddelen	36
4.4.1	Overzicht.....	36
4.4.2	Conventioneel	36
4.4.3	Elektrisch.....	37
4.4.4	Waterstof	37
4.4.5	Aardgas.....	37
4.4.6	Biobrandstoffen (hoge mixen)	37
4.5	Praktijkvoorbeelden projecten met diverse energiedragers	38
4.6	Emissies.....	38
4.7	Benchmark internationaal.....	38
4.7.1	Overzicht.....	38
4.7.2	Conventioneel	39
4.7.3	Elektrisch.....	39
4.7.4	Waterstof	40
4.7.5	Aardgas.....	40
4.7.6	Biobrandstoffen (hoge mixen)	40
4.8	Conclusie	40
5	Referenties.....	43

Begrippenlijst

Brandstofplatform	De maatschappelijke organisatie rond een brandstofspoor veelal bestaande uit bedrijven en industriële organisaties, branche- en maatschappelijke organisaties en regionale overheden. Er zijn vier brandstofplatforms: Formule E-team, Bio-LNG, Duurzame biobrandstoffen en H2 Platform.
Brandstofspoor	Het spoor rond de implementatie van een bepaalde energiedrager. Dit spoor bestaat uit de drie velden zoals hieronder genoemd en de maatschappelijke beweging hier omheen.
Duurzame energiedrager in mobiliteit (DEM)	Hiermee refereren we aan de benaming van thema 2 in het Klimaatakkoord. Het betreft hier brandstoffen/energiedragers in transport. In de huidige beleidspraktijk heeft dit betrekking op de transitie van elektriciteit, waterstof en CNG/LNG (verplicht in AfID richtlijn) richting hernieuwbaar en biobrandstoffen. Verwante termen (met andere definities) die in dit verband vaak gebruikt worden zijn: 'alternatieve', 'duurzame' of 'innovatieve' brandstoffen.
Geavanceerde biobrandstoffen	Deze biobrandstoffen zijn gemaakt van grondstoffen zoals genoemd in de Annex 9, lijst A van de REDII.
Indicator	Een meetbaar verschijnsel dat verwijst naar de toestand van (een) sleutelfactor(en), dan wel naar een streefwaarde.
Marktfase	Binnen het innovatieproces worden zes marktfasen onderscheiden: R&D/onderzoekfase, prototype/pilot fase, markt voorbereiding fase, markintroductie fase, opschalingsfase en beheerfase. In grove lijnen zijn de eerste drie fasen gericht op technologieontwikkeling en de laatste drie fasen op marktontwikkeling (zie hoofdstuk 3 voor een verdere toelichting).
Marktsegment	Waar aan de orde is per veld een nadere onderverdeling gemaakt in marktsegmenten. Vooral het veld vervoermiddelen is opgesplitst in diverse marktsegmenten (personenwagen, bestelwagen, vrachtauto, bussen etc.) aangezien tussen deze marktsegmenten per brandstofspoor grote verschillen kunnen bestaan.
Meetwaarde	De vastgestelde realisatie van de indicator op dit moment (zie datum document Routeradar 2019). Geeft aan hoe het 'nu' gesteld is met de realisatie van een streefwaarde.
O-emissie voertuigen	Definitie van zero emissie voertuigen in kader Nederlands beleidsvoornemen nieuwverkopen personenwagens 0-emissie in 2030: deze beperkt zich tot personenwagens met tailpipe 0-emissies. Dit komt overeen met emissie vrije voertuigen volgens de Europese typekeuring (ETAP).

Dit zijn voertuigen die géén emissietesten hoeven te ondergaan om op de weg te worden toegelaten. In de praktijk komt dit neer op batterij elektrische voertuigen en voertuigen op waterstof.

De term 0-emissie wordt door een aantal partijen ook gebruikt voor biobrandstoffen. Aandachtspunt daarbij is dat dit niet betrekking heeft op tailpipe milieu emissies, maar wel dat de inzet van BB over de hele keten genomen een stevige bijdrage kan leveren aan CO₂-reductie.

PMC	Een Product Markt Combinatie is een unieke combinatie van een duurzame energiedrager en een marktsegment, zoals: een waterstof-bus, een batterij-elektrische personenwagen etc.
Sleutelfactor	Omstandigheid die van essentieel belang is voor een product om tot een volgende marktfase te komen.
Streefwaarde	Ambitie die in afstemming met de stakeholders, dan wel beleid is opgesteld voor een afgesproken ijkjaar, ook wel 'zichtjaar' genoemd. Deze wordt uitgedrukt in een bepaalde indicator (bijvoorbeeld: aantal H2 tankstations in 2030).
Velden	Elke modaliteit kent drie velden, namelijk: - Energiedragers: de ontwikkeling of productie van de brandstof; - Infrastructuur: de ontwikkeling van tank- en laadinfrastructuur; - Vervoermiddelen: waarin de energiedrager voor de aandrijving gebruikt wordt.

Afkortingenlijst

AC	Adviescommissie
AFID	Alternative Fuels Infrastructure Directive
B7	Diesel
BB	Biobrandstoffen
BEV	Batterij-elektrische voertuigen. Dit type voertuig heeft enkel een elektromotor.
CNG/LNG	Compressed Natural Gas (aardgas)/ Liquid Natural Gas (vloeibaar aardgas)
CO ₂	Koolstofdioxide
DEM	Duurzame Energiedragers Mobiliteit
DK-TI	Demonstratieregeling
	Klimaattechnologieën en -innovaties in transport
DuMo	Programma directie Duurzame Mobiliteit van I&W
E10	Euro 95 (Benzine)
E20	20% ethanol mix
E5	Euro 98 (Benzine)
EC	Europese Commissie
ERAC	European and Regional Affairs Consultants
EV	Elektrisch Vervoer
FCEV	Waterstofvoertuigen
FCH-JU	Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking
FEV	Volledig elektrische voertuigen (fully-electric vehicles), zelfde als BEVs. Dit type voertuig heeft enkel een elektromotor.
H ₂	Waterstof
HBE	Hernieuwbare brandstofeenheden
HRS	Hydrogen Refuelling Station
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil (dieselvervanger)
IEA	Internationaal Energieagentschap
IenW	Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat
INNOM	Routeradar innovatiemonitor
KA	Klimaatakkoord
KC	Kennis Consortium (TNO, CE Delft en ECN)
LEF	LEF staat voor LEF Future Centre: een centrum voor complexe maatschappelijke vraagstukken en uitdagingen. Dit centrum wordt gefaciliteerd door RWS
M&E	Monitoring & Evaluatie programma van DuMo
MIA	Milieu-investeringsaftrek
NEA	Nederlandse Emissieautoriteit

NO _x	Verzamelnaam voor verschillende stikstofoxiden
OEM	Original Equipment manufacturers (autoproducenten)
OKA	Ontwerp Klimaatakkoord
PHEV	Plug-in hybride voertuigen. Dit type voertuig heeft naast een elektromotor ook nog een brandstofmotor
PM	Roetdeeltjes (kunnen verschillende grootte hebben)
PMV	Provinciale Milieu Vordering
R&D	Research & Development
REDII	Renewable Energy Directive II
RWS	Rijkswaterstaat
SDE/ SDE+	Stimulering Duurzame Energieproductie
SBM	Routeradar Straatbeeldmonitor
SMR	Steam Methane Reforming: een chemisch proces waarbij een koolwaterstof in aanwezigheid van stoom en/of zuurstofgas en eventueel een katalysator wordt omgezet in een waterstofrijk gasmengsel (lees: reformaat). De meest toegepaste reformeringstechniek voor het produceren van waterstof is stoomreforming van aardgas.
Stekkerauto	Dit zijn personenauto's met een elektromotor, waarvan de accu kan worden opgeladen met behulp van een stekker. Hieronder vallen zowel volledig elektrische personenauto's (FEV's), die enkel een elektromotor hebben (en emissievrij zijn), als plug-in hybrides (PHEV's).
Tailpipe	Uitlaatpijp (verwijst naar emissies op uitsluitend dit niveau)
TTW	Tank-to-wheel (verwijst naar emissies in dit deel van de keten, dus exclusief productie)
Vamil	Willekeurige afschrijving milieu-investeringen
WTT	Well-to-tank (verwijst naar emissies in dit deel van de keten > dus inclusief productie)
WTW	Well-to-wheel (verwijst naar emissies in gehele keten inclusief productie)
ZEV	Zero emissie voertuigen
ZE-vervoer	Zero emissie vervoer

Managementsamenvatting¹

De Routeradar 2019 presenteert feitelijke informatie met betrekking tot de introductie en marktopschaling van verschillende duurzame energiedragers en vervoermiddelen, inclusief de benodigde tank-/laadinfrastructuur in het mobiliteitssysteem. Dit rapport zoomt in op de modaliteit spoor.

Algemeen

Het spoorvervoer in Nederland wordt voor het merendeel aangedreven door elektriciteit en draagt weinig bij aan de uitstoot van broeikasgassen. Een klein aantal dieseltreinen heeft het grootste aandeel in de uitstoot. In de 'CO₂-visie 2050: Samen realiseren we een CO₂-neutraal spoor' van het Platform Duurzaam Openbaar Vervoer en Spoor staan speerpunten om de Nederlandse spoorsector verder te verduurzamen.

Behalve verdere elektrificatie, zijn er op korte termijn twee oplossingsrichtingen voor de vervanging van diesel op het regionale spoor: (1) alternatieve brandstoffen zoals (bio-)LNG, HVO/biodiesel, waterstof en GTL en (2) hybride oplossingen, zoals partiële/discontinue elektrificatie (accutrein), diesel-elektrische locomotieven en LNG-hybride treinen.

Voor elke oplossing gelden andere uitdagingen. Zo moet bijvoorbeeld voor bio-LNG het materieel omgebouwd worden. Waterstof aangedreven treinen zijn wel beschikbaar op de markt, maar worden in Nederland nog niet ingezet. Wel heeft Arriva begin 2020 samen met de provincie Groningen, Engie, ProRail en Alstom een pilot met een waterstoffrein uitgevoerd.

Beleidsagendering

Aandacht voor laatste stukje verduurzaming

Het Nederlandse spoor is al redelijk duurzaam in vergelijking met andere modaliteiten. Dat neemt niet weg dat er aandacht dient te zijn voor investeringen in het laatste stukje verduurzaming.

Aandacht voor level playing field transportmodaliteiten

Om het vervoer per spoor concurrerend te houden, moet ervoor gewaakt worden dat verduurzaming van andere modaliteiten (bijvoorbeeld wegvervoer) niet ten koste gaat van het spoor.

¹ Deze managementsamenvatting (inclusief beleidsadvisering) is onder verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat opgesteld.

1. Inleiding

1.1 Introductie

Achtergrond

De Routeradar heeft als basisopgave de monitoring van de Visie Duurzame Energiedragers in Mobiliteit. Deze visie kwam voor het eerst tot stand in 2014, toen nog onder de naam 'Brandstofvisie'. De Brandstofvisie werd in een samenspel van 350 stakeholders uitgewerkt en bevat een beschrijving welke duurzame brandstoffen wanneer kunnen worden ingezet om een bijdrage te leveren aan de klimaatdoelen op het gebied van CO₂-reductie in transport. Deze visie krijgt in 2020 een actualisatie onder de naam 'Visie Duurzame Energiedragers in Mobiliteit'. Oogmerk daarbij is nog altijd het terugdringen van de broeikasgassenuitstoot in transport.

Klimaatakkoord

Over het reduceren van de uitstoot heeft Nederland zowel internationaal als nationaal afspraken gemaakt. Zo vormen duurzame energiedragers een belangrijk onderdeel in het mobiliteitsdeel van het Klimaatakkoord uit 2019. De uitvoering hiervan vindt deels plaats bij de programmadirectie Duurzame Mobiliteit. Tevens is er het programma Meerjarig Missie-gedreven Innovatieprogramma Duurzame Mobiliteit (MMIP-DM). Dit programma kijkt verder dan alleen de realisatie van klimaatdoelen. Duurzame mobiliteit is namelijk ook van vitaal belang voor de opbouw van een concurrerende positie van Nederland in de mondiale post-fossiele economie.

Scope

De primaire focus van deze rapporten ligt op de ontwikkeling van duurzame energiedragers/brandstoffen voor mobiliteit. Dit is gevolg van het feit dat de Routeradar is opgezet als monitor van de Visie Duurzame Energiedragers in Mobiliteit. Daarnaast is er ook ander beleid dat bijdraagt aan duurzame mobiliteit. Denk aan minder transport, meer gebruik van fietsen en openbaar vervoer, verandering van vervoerswijze ('modal shift'), efficiëntere logistiek, et cetera. Deze elementen komen grotendeels terug in de andere onderdelen van het Klimaatakkoord: 'Verduurzaming logistiek' en 'Verduurzaming personenmobiliteit'. Deze vallen niet binnen de scope van de Routeradar, maar de Routeradar draagt wel bij aan de monitoring hiervan op alle deelonderdelen die duurzame energiedragers betreffen.

De Routeradar levert een bijdrage aan: de monitoring van duurzame energiedragers binnen het Klimaatakkoord, de AFID-rapportages aan de Europese Commissie en de monitoring van innovatie binnen duurzame mobiliteit.

Rapportage per modaliteit

De brede scope op duurzame energiedragers voor mobiliteit betekent dat de Routeradar alle transportmodaliteiten meeneemt, dat wil zeggen:

1. Wegvervoer;
2. Binnenvaart;
3. Zeevaart;
4. Luchtvaart;
5. Spoor;
6. Mobiele werktuigen.

Voor iedere modaliteit is een apart rapport opgesteld. Dit betreft een van die rapporten. Per modaliteit zijn er twee Routeradar-delen. Dit betreft het eerst deel, de zogenaamde 'Routeradar – Straatbeeldmonitor', waarin realisaties aan doelstellingen

worden gekoppeld. Het tweede deel verschijnt later dit jaar en heeft betrekking op innovaties binnen techniek en marktontwikkelingen.

Buiten scope: relaties en dwarsverbanden tussen modaliteiten en met andere sectoren

Hoewel er om praktische redenen voor gekozen is om per modaliteit een rapport op te stellen, zijn er vele dwarsverbanden en onderlinge afhankelijkheden tussen de modaliteiten. Denk hierbij aan zaken als:

- De gevolgen van 'modal shift' voor de transportvraag per modaliteit;
- De onderlinge beïnvloeding op schaalgroottes, bijvoorbeeld:
 - Vergrote brandstofcelproductie voor wegvervoer verlaagt ook de prijs van brandstofcellen voor binnenvaart;
 - Grote vraag naar een bepaalde biobrandstof in luchtvaart maakt grondstoffen schaarser en daarmee duurder in andere modaliteiten;
- Het delen van onderdelen in de distributie-infrastructuur maakt de transportkosten lager voor de betrokken modaliteiten;
- Het bundelen en centreren van energiedragerproductie verlaagt voor alle modaliteiten de kostprijs.

Bovenstaande voorbeelden laten al zien dat het zoeken van synergie met de energie sector al snel tot schaal- en andere voordelen leidt. Hetzelfde geldt voor het goed aansluiten bij de gebouwde omgeving, dit kan zowel leiden tot een lagere overall transportbehoefte als tot het kosteneffectief realiseren van tank-/laad infrastructuur.

Al deze zaken en meer zijn buitengewoon belangrijk, ook voor de marktontwikkeling van duurzame energiedragers in transport, maar zij vallen buiten de scope van deze rapportage.

1.2 Doelstelling en doelgroepen

Doelstelling

Het hoofddoel van de Routeradar 2019 is om feitelijke informatie met betrekking tot de ontwikkeling van duurzame energiedragers in transport te verzamelen en overzichtelijk te presenteren. De rapportage evalueert de voortgang met betrekking tot de introductie en marktopschaling van verschillende duurzame energiedragers en vervoermiddelen, inclusief de benodigde tank-/laadinfrastructuur in het mobiliteitssysteem.

De resultaten van de Routeradar 2019 zijn input voor een proces van evaluatie van beleid en beleidsadvisering. Daarbij beperken deze rapporten zich qua conclusies en aanbevelingen strikt tot zaken die op grond van de gepresenteerde informatie geconcludeerd kunnen worden.

Definitie duurzame energiedragers in transport

In de huidige beleidspraktijk heeft dit begrip betrekking op de transitie van conventionele fossiele energiedragers (diesel, benzine, LPG) naar innovatieve nieuwe energiedragers als elektriciteit, waterstof, hernieuwbaar gas (bio-LPG, bio-CNG, bio-LNG) en biobrandstoffen. In principe vallen hier nog veel meer duurzame energiedrager opties onder, maar die worden in de Routeradar 2019 niet gemonitord. Reden is dat deze producten nog in de vroege productfase-ontwikkeling zitten, waardoor zij nog niet voor grootschalige marktinzet in aanmerking komen. Verwante termen (met andere definities) die in dit verband vaak gebruikt worden zijn: 'alternatieve', 'duurzame' of 'innovatieve' brandstoffen. Voor alle duurzame energiedragers geldt overigens dat ook deze vaak niet hernieuwbaar geproduceerd

worden. Het streven is daarom om dit vanaf volgende jaar te gaan monitoren. Dit zal gebeuren door zowel de realisaties als de streefwaarden (ambities/doelstellingen) van de hernieuwbaarheid van de verschillende energiedragers in beeld te brengen en te laten zien welke voortgang hier jaarlijks gemaakt wordt.

Doelgroepen

De Routeradar 2019 wordt uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW). De rapportage is bedoeld voor de volgende doelgroepen en rapportages:

1. Beleidsmedewerkers die duurzaam mobiliteitsbeleid formuleren, herijken of inzicht willen in het huidige beleid met betrekking tot de zes belangrijkste transportmodaliteiten²;
2. Leden van de brandstofplatforms³;
3. Deelnemers aan Green Deals en convenanten en andere stakeholders op het gebied van duurzame mobiliteit;
4. Monitoring van het mobiliteitsdeel van het Klimaatakkoord, dit betreft:
 - a. Duurzame energiedragers;
 - b. Stimulering elektrisch (personen)vervoer;
 - c. Verduurzaming logistiek;
 - d. Verduurzaming personenmobiliteit;
 - e. Innovatie binnen mobiliteit;
5. Monitoring van de EU-richtlijn AFID (Alternative Fuels Infrastructure Directive) in het kader van de rapportages aan de Europese Commissie door Nederland.

1.3 Aanpak in het kort

Rapportage in zes modaliteitrappen

Voor u ligt een van de zes modaliteitrappen waarin de 'Routeradar 2019 – Straatbeeldmonitor' (RR-SBM) is opgedeeld. Dit SBM-rapport is de eerste van twee delen. Het tweede deel, de 'Routeradar 2019 - de Innovatiemonitor' (RR-INNOM), wordt in de zomer van 2020 verwacht.

De RR-SBM rapporten

De Straatbeeldmonitor (RR-SBM) presenteert per modaliteit de getalsmatige voortgang en ontwikkelingen van de duurzame energiedragers in mobiliteit als volgt:

1. Door het afzetten van de streefwaarden (targets van beleid en platforms) per zichtjaar tegen de realisaties (meetwaarden) in 2019;
2. Door in te zoomen op drie onderdelen: (1) energiedragers, (2) infrastructuur, en (3) vervoermiddelen;
3. Door de emissiereducties per product-marktcombinatie te berekenen op basis van de realisaties in aantallen en afgelegde kilometers.

² Wegvervoer, Mobiele werktuigen, Binnenvaart, Zeevaart, Spoor en Luchtvaart

³ Formule E-Team, LNG Platform (inclusief CNG), Biobrandstoffen Platform en H2 Platform

De RR-INNOM rapporten

In het tweede deel, de Innovatiemonitor, wordt binnen het gebied van duurzame energiedragers voor mobiliteit gekeken naar de techniek- en marktontwikkelingen in Nederland en internationaal. Daarbij ligt de focus vooral op het vaststellen van de potentie tot opschaling.

Technische ontwikkelingen

De Innovatiemonitor (RR-INNOM) schetst daarbij de stand van de technische ontwikkelingen van alle brandstofsporen, door in te zoomen op de drie velden:

1. Energiedragers;
2. Infrastructuur;
3. Vervoermiddelen.

Marktontwikkelingen

De marktontwikkelingen zullen specifiek in beeld worden gebracht voor de modaliteiten:

- Wegvervoer;
- Binnenvaart;
- Mobiele werktuigen.

Per modaliteit zal daarbij ook weer worden ingezoomd op de drie velden: energiedragers, infrastructuur en vervoermiddelen.

Gezamenlijk geeft dit een beeld van de stand op de volgende sleutelfactoren:

1. Beschikbaarheid van merken en modellen in Nederland;
2. Betaalbaarheid van het gebruik zoals dat door middel van een Total Cost of Ownership (TCO) berekening kan worden vastgesteld ten opzichte van een conventioneel referentievoertuig;
3. Betrouwbaarheid in het gebruik zoals dat kan worden vastgesteld ten opzichte van een conventioneel referentievoertuig;
4. Uitsluitend voor het veld 'vervoermiddelen' wordt ook nog gekeken naar kritische functionele gebruikersspecificaties (zoals actieradius, tank-/laadtijd, bagageruimte etc.).

1.4 Leeswijzer

De Routeradar 2019 is onderverdeeld in zes rapporten per modaliteit. Ieder rapport heeft daarbij dezelfde beginhoofdstukken. Hoofdstuk 1 presenteert de doelstelling, doelgroepen en de gehanteerde aanpak in het kort. Hoofdstuk 2 beschrijft het relevante beleidskader rondom duurzame mobiliteit vanuit Europees en nationaal perspectief. In hoofdstuk 3 worden de focus, inhoud en methodiek van de straatbeeldmonitor (RR-SBM) en innovatiemonitor (RR-INNOM) verder toegelicht. Daarna volgt hoofdstuk 4, waarin wordt ingegaan op de huidige stand van zaken, ontwikkelingen en streefwaarden van de duurzame energiedrager per modaliteit. Aan het einde van dit hoofdstuk volgen conclusies met aanbevelingen.

2. Beleidskader

2.1 Europees beleid

De Europese richtlijn Hernieuwbare Energie (REDII) en de richtlijn Brandstofkwaliteit (FQD) stellen criteria ten aanzien van duurzame energie en CO₂-reductie in de mobiliteitssector. Samen met de Richtlijn Infrastructuur Alternatieve Brandstoffen (AFID) zijn deze EU-besluiten belangrijke aanjagers voor het vergroten van het aandeel duurzame energiedragers in transport in Nederland. Daarnaast zijn er emissie-eisen vastgelegd in een aantal Europese verordeningen. Deze verordeningen zijn direct van toepassing in alle EU-landen.

Een klein overzicht van de meest relevante EU-regelgeving is weergegeven in onderstaande tabel. Meer uitleg volgt hieronder.

Tabel 1: Relevant Europees beleid – klein overzicht

Regelgeving en beleid	Veld	Beschrijving
Renewable Energy Directive - REDII (2018/2001 recast)	Energiedrager	Lidstaten streven naar een energievoorzorging van 32% uit hernieuwbare bronnen. Voor transport (RES-T target) geldt een hernieuwbaar energieaandeel van ten minste 14% in 2030.
Fuel Quality Directive – FQD (98/70/EC and 2009/30/EC) ⁴	Energiedrager	Reductie van brandstof-gerelateerde broeikasgasemissies (GHG) met 6 tot maximaal 10 energie-% voor 31.12.2020 (in vergelijking met 2010), gemeten over de hele keten (WTW) in CO ₂ -eq/MJ en in vergelijking met de fossiele referentiebrandstof.
Directive on the Deployment of Alternative Fuels Infrastructure – AFID (2014/94/EU)	Infrastructuur	Een dekkend netwerk van vul- en laadpunten voor elektriciteit, waterstof en gas tot 2020/2030, afhankelijk van modaliteit en brandstoftype. Dit geldt zowel voor fossiele en biobrandstoffen.
CO ₂ -emissienormen, Light Duty (Regulation (EU) 2019/631)	Vervoermiddelen - personenauto's	Voor personenauto's geldt vanaf 2021 een emissienorm van 95 gCO ₂ -eq./km (TTW). De huidige norm is 130 gCO ₂ -eq./km (TTW).
	Vervoermiddelen - bestelauto's	Vanaf 2020 geldt voor bestelauto's een emissienorm van 95 gram/kilometer. De huidige norm is 147 gram/kilometer.

⁴ Geldt alleen voor het jaar 2020. Er ligt een nieuw voorstel om dit beleid langer aan te houden, maar de gehanteerde percentages zijn nog onbekend.

CO ₂ -emissienormen, Heavy Duty (Regulation (EU) 2019/1242)	Vervoermiddelen - Zwaar wegverkeer	Voor zwaar wegverkeer (voorlopig alleen de Europese klassen 5, 6, 9, 10) gelden de volgende streefwaarden (t.o.v. het referentiejaar jul 2019-jun 2020): - in 2025: 15% CO ₂ -reductie - in 2030: 30% CO ₂ -reductie
Energy Efficiency Design Index (MARPOL Annex VI (resolution MEPC.203(62)))	Vervoermiddelen - scheepvaart	Reguleert de efficiency van het scheepsdesign. In het Klimaatakkoord wordt dit ook nog eens behartigd: - fase 1: 10% CO ₂ -reductie - fase 2: 20% CO ₂ -reductie - fase 3: 30% CO ₂ -reductie

2.1.1 Veld energiedrager

RED II

In de nieuwe richtlijn Hernieuwbare Energie (Renewable Energy Directive II) staan onder andere Europese streefcijfers voor het aandeel hernieuwbare energie in finaal eindgebruik (ten minste 32%) en het aandeel hernieuwbare energie in transport (ten minste 14%). Het bevat specifieke doelstellingen voor transport, zoals een limiet op de inzet van biobrandstoffen afkomstig van voedsel-/veevoergewassen en een limiet op biobrandstoffen uit gebruikt frituurvet en dierlijke vetten.

Bovendien is het doel om geavanceerde biobrandstoffen gemaakt van afval- en reststromen uit te breiden tot 3.5% (zie Annex IX-A van REDII). Daarnaast stuurt de richtlijn op innovaties van hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong. Dit zijn bijvoorbeeld brandstoffen gemaakt van afgevangen CO₂ en hernieuwbare elektriciteit. Tot slot voorziet de richtlijn in de ambitie om de ontwikkeling en toepassing van elektrische mobiliteit te stimuleren.

FQD

De richtlijn Brandstofkwaliteit (Fuel Quality Directive) heeft als doel het reduceren van vervuilende emissies tijdens de productie en het gebruik van brandstoffen. De richtlijn schrijft voor dat brandstofleveranciers jaarlijks moeten rapporteren over de broeikasgasintensiteit van de door hen verkochte brandstoffen en energie. Met broeikasgasintensiteit wordt bedoeld de hoeveelheid broeikasgasemissies over de gehele levenscyclus van de brandstof, per eenheid energie (gCO₂-equivalent_{WTT}/MJ).

Verder moeten de Europese lidstaten brandstofleveranciers ertoe verplichten om stapsgewijs de broeikasgasintensiteit van de geleverde brandstoffen te reduceren met maximaal 10% voor 31 december 2020⁵. Deze doelstelling moet worden gerealiseerd door het gebruik van biobrandstoffen, alternatieve brandstoffen en de vermindering van het affakkelen en ontluchten in olieproductie-installaties.

Behalve broeikasgasemissiereductie- en duurzaamheidseisen, bevat de richtlijn ook technische specificaties voor transportbrandstoffen. Zo geldt voor standaardbenzine dat maximaal 10 volumeprocent ethanol (E10) en maximaal 22 volumeprocent ETBE (ethyl-tert-butylether) bijgemengd mag worden. Standaarddiesel mag volgens de nieuwe richtlijn maximaal 7 volumeprocent biodiesel (FAME) en tot 30% HVO bevatten, mits de biodiesel voldoet aan de Europese standaard EN 14214 en de HVO

⁵ De FQD loopt tot eind 2020. Er wordt gewerkt aan een update van de FQD, eventueel in de vorm van een samenvoeging van RED II en FQD. Het is nog onduidelijk welke percentages gaan gelden voor de komende jaren.

voldoet aan EN15940. De richtlijn bevat ook maximale gehalten voor enkele andere alcoholen (zie Annex I van FQD).

2.1.2 *Veld infrastructuur*

AFID

De Richtlijn Infrastructuur Alternatieve Brandstoffen (AFID) draagt bij aan de EU-doelen om de CO₂-uitstoot door de EU-transport- en mobiliteitssector terug te dringen en de afhankelijkheid van olie te verminderen door de aanleg van energie-infrastructuur te bevorderen. De richtlijn betreft alle alternatieven (inclusief LPG, elektriciteit en biobrandstoffen) voor de huidige vloeibare fossiele energiedragers die worden ingezet in auto's, bussen, vrachtwagens, schepen en vliegtuigen. De richtlijn bevat verplichtingen voor die alternatieven waarvoor nog een aparte infrastructuur aangelegd moet worden om het gebruik ervan mogelijk te maken en te stimuleren. Dit zijn elektriciteit, waterstof en aardgas (CNG en LNG).

2.1.3 *Veld vervoermiddelen*

Europese emissienormen

Er gelden Europese CO₂-emissiestandaarden voor verschillende vervoermodaliteiten in Europa. Een uitzondering hierop zijn mobiele werktuigen. Hoewel ook in deze modaliteit een duidelijke trend valt te observeren naar zuinigere motoren.

De normen zijn vaak gecategoriseerd in schadelijke emissies (NO_x, PM, etc.) en CO₂. Het onderstaande overzicht geeft een beeld van de geldende normen voor CO₂-uitstoot in diverse categorieën.

CO₂-emissienormen voor licht wegverkeer [EC_LD, 2019]

Volgens de Europese CO₂-normering moeten nieuwe personenauto's in 2030 hun CO₂-uitstoot, gemiddeld over de vloot, met 37,5% verlaagd hebben ten opzichte van de gemiddelde WLTP-waarde die overeenkomt met de 2021 norm van 95 g/km (NEDC). Deze eis komt overeen met een 2030 uitstootnorm van 59 g/km (NEDC).

Voor bestelauto's geldt een reductie van 15% in 2025 en van 31% in 2030, ten opzichte van de gemiddelde WLTP-waarde in 2021, die overeenkomt met de 2021 norm van 147 g/km (NEDC).

CO₂-emissienormen voor zwaar wegverkeer [EC_HD, 2019]

Daarnaast heeft de EU in 2019 CO₂-emissienormen vastgesteld voor trucks en bussen. Vanaf 2025 moeten nieuwe trucks in de vier belangrijkste categorieën 15% minder uitstoten dan het gemiddelde op basis van VECTO in 2019/20. De norm voor 2030 is indicatief gesteld op 30% reductie en zal in 2022 gereviewd worden. Een belangrijke factor daarbij zijn de ontwikkelingen in de beschikbaarheid en kosten van elektrische trucks. Voor andere categorieën trucks en bussen moeten nog specifieke normen worden ontwikkeld.

CO₂-emissienormen voor zeevaart [IMO, 2011]

Voor CO₂-emissies voor schepen geldt het Energy Efficiency Design Index. Deze schrijft voor, dat schepen in drie fasen zuiniger moeten worden (t.o.v. het referentiejaar 2008):

- Fase 1: 10%;
- Fase 2: 20%;
- Fase 3: 30%.

Voor de binnenvaart, mobiele werktuigen, spoor en luchtvaart zijn er geen CO₂-emissienormen.

2.2 Nederlands beleid

2.2.1 *SER Energieakkoord*

In 2013 werd het SER Energieakkoord voor duurzame groei gesloten, een overeenkomst tussen 47 partijen: overheden, werkgevers, vakbeweging, natuur- en milieuorganisaties, andere maatschappelijk organisaties en financiële instellingen. Het doel was de energievoorziening van Nederland te verduurzamen. Voor verkeer en vervoer bevatte het Energieakkoord onder andere stimulerende maatregelen voor LNG, logistieke efficiëntie, gedragsverandering personenvervoer, meer fietsvervoer, duurzaam inkopen en WLTP-typekeuring. Het Energieakkoord kende een beleidsdoelstelling voor mobiliteit van maximaal 25 Mton CO₂-uitstoot in 2030 (inclusief 9,1 Mton reductie door beleid).

2.2.2 *Brandstofvisie*

Een van de twaalf actiepunten voor mobiliteit van het Energieakkoord was het opstellen van een brandstofvisie. Tevens werden er voor mobiliteit een aantal ambitieuze doelstellingen afgesproken om de CO₂-uitstoot te verminderen. In 2014 werd 'Een duurzame brandstofvisie met LEF' (hierna: Brandstofvisie) gepresenteerd, het resultaat van een intensief traject, waar meer dan honderd organisaties, onder regie van het toenmalige ministerie van Infrastructuur en Milieu, bij betrokken waren. De Brandstofvisie bevatte een meersporenstrategie voor de inzet van diverse soorten brandstoffen voor de verschillende vervoersmodaliteiten, alsmede een aantal actiepunten, gericht op onder andere Europees bronbeleid, R&D en innovatie en financiële stimulering (fiscaal of anderszins).

In 2020 wordt de Brandstofvisie herijkt onder de titel 'Visie Duurzame Energiedragers in Mobiliteit'. Deze visie beschrijft de huidige stand van zaken en schetst globaal de transitiepaden van de verschillende energiedragers en modaliteiten, op basis van technologische en marktontwikkelingen en afspraken uit onder andere het Klimaatakkoord. Een belangrijk verschil met de visie uit 2014 is dat de Visie Duurzame Energiedragers in Mobiliteit een visie is van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Hiermee beoogt het ministerie richting te geven, enerzijds aan het duurzame mobiliteitsbeleid en anderzijds aan de rol en inzet van zijn stakeholders.

De hoofdboodschap van de visie luidt: Het uitgangspunt is toewerken naar zero emissie mobiliteit. Echter, nog niet voor alle modaliteiten zijn zero emissie opties in voldoende mate beschikbaar. Op de korte en - voor zwaardere modaliteiten - langere termijn zijn daarom hernieuwbare (bio)brandstoffen nodig. Die leveren, wanneer ze kunnen worden bijgemengd bij fossiele brandstoffen, snel CO₂-winst op. IenW zet daarom ook in op het gebruik van hernieuwbare (bio)brandstoffen, zowel om de transitie van het bestaande voertuigenpark in het wegvervoer te ondersteunen, als ook voor de verdere opschaling van de inzet van hernieuwbare (bio)brandstoffen in de zee- en luchtvaart.

2.2.3 *Regeerakkoord Rutte III en Klimaatakkoord*

In het Regeerakkoord heeft het huidige kabinet enkele ambities opgenomen voor de verduurzaming van mobiliteit. Voor mobiliteit is een reductiedoelstelling geformuleerd van 3,5 Mton CO₂ in 2030, als bijdrage aan de overall reductiedoelstelling van 49% in 2030. De ambities uit het Regeerakkoord zijn in het Klimaatakkoord van juni 2019 uitgewerkt in een groot aantal afspraken en beleidsverwachtingen, die zijn gekwantificeerd in termen van CO₂-reductie. In totaal komt het Klimaatakkoord op

een CO₂-reductie van 5,2 Mton in 2030. In hoofdstuk 2.3 zullen we hier in meer detail op ingaan. In het ontwerp-Klimaatakkoord werd lange tijd als sectordoelstelling voor mobiliteit een maximale CO₂-uitstoot van 25 Mton in 2030 genoemd, neerkomend op een reductieopgave van minimaal 7,3 Mton CO₂ in 2030. Deze doelstelling is uiteindelijk niet overgenomen in het definitieve Klimaatakkoord.

2.3 Analyse monitoring nationale doelstellingen en realisaties

Leeswijzer

In dit hoofdstuk worden de nationale CO₂-doelstellingen en -prognoses voor mobiliteit (van het SER Energieakkoord uit 2013 tot heden) op een rij gezet en met elkaar vergeleken. Allereerst worden in paragraaf 2.3.1 de verschillende begrippen, die gehanteerd worden met betrekking tot CO₂-uitstoot, uitgelegd. Paragraaf 2.3.2 geeft een overzicht van de beleidsverwachtingen voor mobiliteit uit het Klimaatakkoord langs vier grote inhoudelijke thema's. In paragraaf 2.3.3 en 2.3.4 wordt ingegaan op de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) respectievelijk de verdeling van broeikasgasemissies binnen mobiliteit volgens KEV 2019. In paragraaf 2.3.5 wordt de PBL policy brief 'Het Klimaatakkoord: Effecten en Aandachtspunten' van november 2019 behandeld. Paragraaf 2.3.6 bevat conclusies. Tot slot worden in paragraaf 2.3.7 aanbevelingen gedaan om tot meer transparantie en duidelijkheid te komen met betrekking tot de CO₂-doelstellingen en prognoses.

2.3.1 *Uitleg begrippen*

Er zijn over CO₂ veel verschillende soorten cijfers in omloop, die op verschillende zaken betrekking hebben: CO₂-reducties, CO₂-uitstoot, CO₂-doelstellingen, CO₂-prognoses, CO₂-emissierealisaties, etcetera. Daarnaast zijn er verschillen tussen de vaststellingsjaren en de referentiejaren waarop de cijfers betrekking hebben, dan wel op de inhoud van de gebruikte referentiescenario's. Voor een goed en gezamenlijk inzicht is het belangrijk om onderscheid te maken tussen de volgende begrippen:

- **Doelstellingen en beleidsverwachtingen** zijn door beleid geformuleerde doelen dan wel verwachtingen, bijvoorbeeld ten aanzien van de CO₂-reductie of de totale CO₂-uitstoot in een bepaald ijkjaar (bijvoorbeeld 2030).
- **Realisaties** zijn empirische vaststellingen van wat op een bepaald moment in de tijd feitelijk gerealiseerd is (ex post). Voor wat betreft de Routeradar heeft dit betrekking op realisaties van aantallen vervoermiddelen, aantallen tank- en laadinfra en hoeveelheden energiedragers. De Routeradar maakt op basis hiervan ook een inschatting van de gerealiseerde emissiereducties per deelgebied. De Routeradar geeft echter geen beeld voor mobiliteit als geheel. De landelijke emissiereducties voor mobiliteit overall worden door het PBL berekend in de Klimaat- en Energieverkenning (KEV), zie verder paragraaf 2.3.3 en 2.3.4.
- **Prognoses** zijn wetenschappelijke toekomstverwachtingen (ex ante) ten aanzien van een bepaald ijkjaar (bijvoorbeeld 2030). Deze zijn gebruikelijk gebaseerd op een basis- of referentiescenario voor dat ijkjaar, waar bovenop het effect van een x-aantal beleidsmaatregelen wordt berekend. Dit kan worden uitgedrukt in CO₂-reductie of totale CO₂-uitstoot. Voor het Klimaatakkoord voert het PBL de prognoses uit in de KEV.

CO₂-reducties kunnen betrekking hebben op een bepaald jaar of op een bepaalde periode. In het laatste geval is sprake van de cumulatieve CO₂-reductie. Hetzelfde geldt voor CO₂-uitstoot. Tot slot is het van belang een onderscheid te maken tussen

CO₂-cijfers die betrekking hebben op het geheel van mobiliteit en CO₂-cijfers die betrekking hebben op één modaliteit (bijvoorbeeld wegvervoer).

2.3.2 CO₂-reductie Klimaatakkoord langs vier inhoudelijke thema's

De beleidsverwachtingen in het Klimaatakkoord voor mobiliteit tellen op tot een CO₂-reductie van 5,2 Mton 2030, hoofdzakelijk t.o.v. het NEV 2017 referentiescenario voor 2030. De reducties zijn als volgt uitgesplitst in vier inhoudelijke thema's:

1. Duurzame energiedragers

- Veld energiedrager: Maximaal 27PJ. Beleidsverwachting CO₂-reducties in 2030: 2,0 Mton middels hernieuwbare brandstoffen in het wegverkeer bovenop de NEV-berekeningen van 2017;
- Veld infrastructuur: 50 waterstoftankstations in 2025 en 1,8 miljoen (semi-) publieke en private laadpunten in 2030;
- Veld vervoermiddelen: 15.000 FCEV personenauto's en 3.000 FCEV vrachtwagens in 2025;
- Duurzaam inkopen overheden.

2. Stimulering elektrisch (personen)vervoer

- Veld vervoermiddelen:
 - i. Streven naar 100% emissieloze nieuwverkoop van personenauto's in 2030;
 - ii. Regionaal zoveel mogelijk emissieloos vervoer in 2030;
 - iii. Elektrificering leaseauto's, autodelen (2030: 80.000 BEV deelauto's) en tweewielers.
- Veld infrastructuur: Nationale Agenda Laadinfrastructuur:
 - i. Personenvervoer: 1,8 miljoen (semi)-publieke en private laadpunten in 2030;
 - ii. Bestelauto's: 18.600 laadpunten t.b.v. stadslogistiek;
 - iii. Vrachtauto's: 7.400 laadpunten t.b.v. stadslogistiek.

NB: De bij punt 1 genoemde 2 Mton vormt een plafond voor het wegverkeer én een communicerend vat met de in punt 2 genoemde maatregelen voor elektrisch vervoer [Klimaatakkoord, paragraaf C2.3]. Daarmee wordt impliciet aangegeven dat de gezamenlijke reductiedoelstelling voor de maatregelen voor elektrisch vervoer en hernieuwbare brandstoffen een reductie van 2 Mton in 2030 is.

3. Verduurzaming logistiek

- Veld vervoermiddelen:
 - i. Middelgrote zero-emissiezones stadslogistiek (ZES) in 30 tot 40 grotere gemeenten in 2025; Zero-emissie bouwverkeer en mobiele werktuigen. Beleidsverwachting CO₂-reducties in 2030: 1,0 Mton voor ZES en 0,4 Mton voor bouwverkeer en mobiele werktuigen;
 - ii. 30% reductie van de CO₂-uitstoot door achterland- en continentaal vervoer in 2030. Beleidsverwachting CO₂-reducties in 2030: 0,4 Mton.
 - iii. Bronbeleid NL: Vrachtwagenheffing NL: 0,2 Mton
Bronbeleid EU: 0,8 Mton
- Veld infrastructuur: Klimaatneutrale en circulaire grond-, weg- en waterbouw en -werken (GWW)
- Binnenvaart:
 - i. Veld energiedragers: minimaal 5 PJ inzet. Beleidsverwachting CO₂-reducties in 2030: 0,4 Mton (hieraan gekoppeld streefcijfer is een bijmengpercentage van 30%)

- ii. Veld vervoermiddelen: minimaal 150 zero emissie schepen in 2030.

4. Verduurzaming personenmobiliteit (inclusief zakelijk reizen, OV en fiets)

- Veld vervoermiddelen: 8 miljard zakelijke (auto)kilometers minder in 2030. Beleidsverwachting CO₂-reducties in 2030: halvering van CO₂-emissies zakelijke mobiliteit ten opzichte van 2016.

2.3.3 *Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2019*

De Klimaat- en Energieverkenning (KEV) wordt uitgevoerd door het PBL en geeft een geactualiseerd beeld van de nationale broeikasgasuitstoot tot en met 2030. De KEV verschijnt jaarlijks conform de Klimaatwet uit 2019 en komt in de plaats van de eerdere Nationale Energieverkenningen (NEV).

Ten behoeve van de KEV 2019 is een nieuw basispad (referentiescenario) voor 2030 ontwikkeld. Het PBL stelt dat daarmee het referentiescenario uit de NEV 2017 voor beleidsanalyses zijn betekenis heeft verloren, en daarmee ook de daarop gebaseerde sectorale reductieopgaven. De actuele inzichten uit de KEV 2019 vormen nu de geëigende basis voor de analyse van het klimaatbeleid.

2.3.4 *Verdeling broeikasgasemissies binnen mobiliteit volgens KEV 2019*

Over de broeikasgasuitstoot door mobiliteit geeft de KEV 2019 aan dat: "het wegverkeer met een aandeel van circa 85% in het totaal veruit de grootste bron van broeikasgasemissies binnen de binnenlandse mobiliteit is. Binnen het wegverkeer vormen personenauto's de grootste emissiebron met een aandeel van circa 50% in de totale uitstoot van mobiliteit. Vrachtauto's en bestelauto's zijn goed voor achtereenvolgens 19 en 13% van de uitstoot. Bussen, motorfietsen en bromfietsen leveren een kleine bijdrage aan de uitstoot. Deze aandelen per vervoersmiddel zijn tussen 2000 en 2030 nagenoeg stabiel.

Buiten het wegverkeer vormen de zogenoemde mobiele werktuigen de belangrijkste emissiebron van broeikasgassen. Hiertoe behoren onder andere de graafmachines, landbouwtractoren, vorkheftrucks en bladblazers. Deze werktuigen worden niet primair voor vervoer gebruikt, maar hun uitstoot van broeikasgassen van ruim 3 Mton CO₂-equivalenten wordt wel tot de sector mobiliteit gerekend. Daarmee zijn de mobiele werktuigen goed voor circa 10% van de totale uitstoot van deze sector.

De binnenvaart en de visserij leveren een bescheiden bijdrage aan de uitstoot van circa 2 à 3%. Railvervoer is hoofdzakelijk elektrisch aangedreven en levert daarmee nauwelijks een bijdrage aan de uitstoot van broeikasgassen.

De luchtvaart en zeescheepvaart vanuit Nederland ten slotte zijn vrijwel volledig internationaal georiënteerd. De uitstoot van broeikasgassen door de internationale lucht- en scheepvaart wordt niet tot de nationale emissietotalen gerekend."

2.3.5 *PBL policy brief 'Het Klimaatakkoord: Effecten en Aandachtspunten'*

In november 2019 publiceerde het PBL de policy brief 'Het Klimaatakkoord: Effecten en Aandachtspunten', waarin de effecten van het Klimaatakkoord op hoofdlijnen zijn ingeschat. Dit is alleen gedaan op het niveau van een kwantitatieve duiding, niet op het niveau van een integrale doorrekening. De policy brief bevat prognoses van de CO₂-uitstoot in 2030, met medeneming van de volgende maatregelen uit het Klimaatakkoord: de extra inzet van hernieuwbare brandstoffen, zero-emissie zones voor stadslogistiek, maatregelen rond mobiele werktuigen en maatregelen rond

personenmobiliteit. De policy brief baseert zich daarbij op het basispad (referentiescenario) voor 2030 uit de KEV 2019 en realisaties uit 2018.

Onderstaande tabel laat zien dat:

- De maatregelen uit het Klimaatakkoord tot een verwachte CO₂-reductie leiden van 1,3 tot 3,6 Mton in 2030;
- De prognose voor de totale uitstoot door mobiliteit in 2030, met medeneming van de effecten van het Klimaatakkoord, tussen 29,3 en 31,7 Mton ligt (restemissie).

Tabel 2a: Emissie broeikasgassen [PBL, policy brief 2019, p.9]

Sector	2018 [Mton]	2030 Raming KEV 2019 [Mton]	2030 Klimaat- akkoord [Mton]		Belangrijke aanknopingspunten voor sturing op onzekerheden
			Reductie	Restemissie	
Mobiliteit	35,6	32,9	1,3 - 3,6	29,3 – 31,7	• Omvang inzet biobrandstoffen • Omvang en criteria zero-emissie zones • Vormgeving autobelastingen na 2025

2.3.6

Conclusies

Kijkend naar de hoofdlijnen van het beleid is door de jaren heen een verschuiving in de beleidsdoelstellingen en -verwachtingen te zien, die als volgt kan worden samengevat:

Tabel 2b: Vergelijking beleidsdoelstellingen en prognoses

Bron	Totale CO ₂ - uitstoot 2030 door mobiliteit	CO ₂ -reductie door beleid	Referentie- scenario
SER- Energieakkoord 2013	Max. 25 Mton (beleidsdoelstelling)	9,1 Mton	PBL/ECN referentie- raming 2012
Ontwerp- Klimaatakkoord eind 2018	Max. 25 Mton (beleidsdoelstelling)	7,3 Mton	NEV 2017 referentie- scenario voor 2030
Definitief Klimaatakkoord juni 2019		5,2 Mton (beleidsverwachting, incl. EU-bronbeleid en vrachtwagenheffing)	Hoofdzakelijk NEV 2017 referentie- scenario voor 2030
PBL policy brief 'Het Klimaatakkoord: Effecten en Aandachtspunten' nov. 2019	29,3 - 31,7 Mton, gemiddeld 30,5 Mton (prognose)	1,3 - 3,6 Mton, gemiddeld 2,3 Mton (prognose)	KEV 2019 referentie- scenario voor 2030

Uit de tabel kan worden vastgesteld dat de CO₂-reductie door beleid uit de policy brief van PBL (gemiddeld 2,3 Mton) lager ligt dan het totaal aan beleidsverwachtingen voor CO₂-reductie uit het Klimaatakkoord (5,2 Mton). Verder ligt de prognose uit de policy

brief voor de totale CO₂-uitstoot in 2030 (met medeneming van de effecten van het Klimaatakkoord) hoger dan de prognose voor 2030 uit het Energieakkoord van 2013 (maximaal 25 Mton). Het Energieakkoord dateert echter van voor het Klimaatakkoord van Parijs uit 2015; het Nederlandse Klimaatakkoord is daarna gesloten.

Met het Klimaatakkoord van Parijs, waarbij de landen zich gecommitteerd hebben aan het streven naar een maximale temperatuurstijging van 1,5°C, zijn ook de CO₂-reductiedoelstellingen aangescherpt. Voor mobiliteit is de reductiedoelstelling aangescherpt van 60% naar 95% in 2050 ten opzichte van 1990.

De conclusie is dat terwijl de internationale afspraken ambitieuzer zijn geworden, de huidige PBL-prognose voor 2030 voor mobiliteit juist op een hogere CO₂-uitstoot uitkomt dan de Nederlandse beleidsdoelstellingen van een paar jaar eerder. Ook als deze PBL-prognose wordt gehaald, dan zullen er na 2030 veel extra maatregelen nodig zijn om de in Parijs gemaakte afspraken voor 2050 te halen.

2.3.7 *Aanbevelingen*

Tijdens het schrijven van dit rapport bleken er over de reductiecijfers in het Klimaatakkoord een aantal misverstanden en onduidelijkheden te bestaan. Daar komt bij dat het lastig is om de voortgang van realisaties ten opzichte van beleidsdoelstellingen te monitoren, omdat er geen objectief vast ijkpunt is vastgesteld. De beleidsverwachtingen in het Klimaatakkoord zijn gedefinieerd in termen van reducties ten opzichte van het NEV 2017 referentiescenario. Voor de KEV 2019 is een nieuw referentiescenario ontwikkeld. Referentiescenario's worden in principe jaarlijks bijgesteld om rekening te houden met verschillende exogene factoren die de autonome ontwikkeling van emissies beïnvloeden.

Op basis van deze observaties kunnen twee algemene aanbevelingen worden gegeven voor de uitwerking van het Klimaatakkoord:

1. Onderzoek of er doelstellingen ontwikkeld kunnen worden in termen van absolute CO₂-uitstoot per ijkjaar (bijvoorbeeld voor 2030), in ieder geval voor de sector als geheel, maar liefst ook per modaliteit en per deelsector. Dit vergroot de transparantie en leidt tot een meer consistente monitoring.
2. Zorg voor goede en eenduidige communicatie over de huidige beleidsverwachtingen per onderdeel in het Klimaatakkoord.

3 Methodiek van straatbeeld- en innovatiemonitor

3.1 De Routeradar en andere monitoractiviteiten

Het PBL is met de KEV verantwoordelijk voor de monitoring van de CO₂-emissies in het Klimaatakkoord, maar monitort niet de uitvoering van de afspraken binnen het Klimaatakkoord en de daaraan verbonden indicatoren. Dat laatste is wel de taak van het DuMo Monitoring en Evaluatie (M&E) team⁶. Het M&E-team verzorgt monitorrapportages met betrekking tot elk van de vier thema's binnen het Klimaatakkoord.

De Routeradar (RR) levert een deel van de data ten behoeve van de M&E-rapportages aan. Met name data m.b.t. het thema Duurzame Energiedragers in mobiliteit en logistiek, maar ook een aantal gegevens m.b.t. het thema Elektrisch Vervoer. Die gegevens zijn in principe dezelfde als die in de RR-rapporten worden gepubliceerd, hoewel er soms nog extra bewerkingsslagen overheen gaan.

Vergelijking Routeradar, KEV en monitoring door M&E-team

Los van het feit dat de Routeradar een substantieel deel van de data voor de M&E-rapportages aanlevert, heeft de Routeradar ook nog een eigen meerwaarde. Deze bestaat uit het feit dat de Routeradar:

- Fysieke realisaties monitort in de vorm van aantallen gerealiseerde vervoermiddelen, laad-/tankinfrastructuur en hoeveelheden energiedrager. Deze worden vervolgens gerelateerd aan de bijbehorende beleidsdoelstellingen (streefwaarden) uit het KA en de sector;
- Per modaliteit uitsplitst naar de drie velden:
 - Energiedrager;
 - Infrastructuur;
 - Vervoermiddelen;
- Het veld vervoermiddelen voor de modaliteit wegvervoer opsplitst naar 5 vervoersegmenten;
- Per vervoersegment de opsplitsing maakt naar de gebruikte energiedrager (door vaststellen Product Markt Combinaties/PMC's);
- Per PMC aangeeft in welke marktfase het product zich bevindt (dit is vertrekpunt voor verdere marktanalyse in RR-INNOM);
- Per PMC de realisaties koppelt aan de beleidsdoelstellingen (streefwaarden) van het KA en/of de sector;
- Per PMC de fysieke realisaties vertaalt naar emissiereducties, zodat relatieve effecten per deelgebied zichtbaar worden;
- In de RR-INNOM per PMC de techniek- en marktontwikkeling in beeld brengt;
- In de RR-INNOM de marktontwikkeling per PMC in beeld brengt op de sleutelfactoren:
 - Beschikbaarheid;
 - Betaalbaarheid;
 - Betrouwbaarheid;
 - Kritische gebruikersspecificaties.

⁶ Dit team is samengesteld uit contactpersonen van de verschillende KA thema's plus vertegenwoordigers van TNO en RWS, inclusief de projectleider van de Routeradar. Een onafhankelijke secretaris, en als voorzitter een MT lid, maken het team compleet.

Zoals eerder aangegeven bestaat de Routeradar 2019 uit twee delen, de Straatbeeldmonitor (RR-SBM) en de Innovatiemonitor (RR-INNOM). Hoewel beide rapporten een andere focus en inhoud hebben, wordt gewerkt vanuit eenzelfde indelingsstructuur, begrippen en termen.

3.1.1 *Straatbeeldmonitor*

Realisaties en doelstellingen

Het eerste deel van de Straatbeeldmonitor rapporteert per modaliteit en per basisveld de voortgang met betrekking tot in het straatbeeld zichtbare producten. Dit wordt gedaan door het vaststellen van feitelijke realisaties (in concreet meetbare eenheden) voor de drie basisvelden per modaliteit:

- Infrastructuur;
- Energiedragers;
- Vervoermiddelen.

Deze realisaties worden altijd gepresenteerd in relatie tot de bestaande doelstellingen (ook wel streefwaarden of ambities genoemd) uit het Klimaatakkoord, dan wel vanuit de brandstofplatforms of anderszins vanuit de sector (zoals uit Green Deals of convenanten). Het verschil in status tussen deze verschillende soorten doelstellingen wordt duidelijk aangegeven.

Marktfasen

In dit deel wordt ook de marktfase van een product aangegeven. Dit is belangrijk omdat de marktfase bepaalt welke typen beleidsinstrumenten zinvol kunnen worden ingezet.

Milieueffecten in de Routeradar

In het Klimaatakkoord, het Energieakkoord en de Visie op Duurzame Energiedragers in Mobiliteit staat de reductie van CO₂-uitstoot centraal. Deze CO₂-opgave is gericht op de vermindering van het (versnelde) broeikaseffect en daarmee op afremming van de wereldwijde klimaatopwarming. Een belangrijk tweede doel voor de inzet van duurzame energiedragers is het verbeteren van de luchtkwaliteit in Nederland. Dat betekent dat het belangrijk is om ook de uitstoot van stikstofoxiden (NO_x) en fijnstof (PM) te reduceren. Naast luchtkwaliteit vormt stikstofdepositie in de bodem (onder meer door de NO_x-uitstoot in transport) een belangrijke nieuwe 'driver' voor de omslag naar duurzame energiedragers. Om deze redenen worden in de Routeradar naast de CO₂-emissiereducties ook de vermeden luchtverontreinigende emissies berekend op basis van de vastgestelde realisaties in aantallen vervoermiddelen. Om praktische redenen gebeurt dat dit jaar echter uitsluitend voor het wegvervoer.

De RR-SBM schat de hoeveelheid vermeden emissies in op basis van de realisaties van vervoermiddelen die vastgesteld zijn voor 2019. Deze emissiereducties (voor CO₂, NO_{x,uitlaat} en PM_{10,uitlaat}) zijn overigens slechts inschattingen en geen feitelijke reducties, omdat niet vaststaat welke voertuigen daadwerkelijk vervangen zijn. Het is puur een indicatie van de jaarlijkse emissiereducties die volgen uit de vlootverduurzaming per vervoerssegment. Hierbij is ervan uitgegaan, dat de voertuigen een gemiddelde inzet (jaarlijks kilometrage) en een gemiddeld verbruik (g/km) hebben. De feitelijke reducties voor mobiliteit in den brede en per modaliteit worden in het kader van de KEV door het PBL berekend.

De RR-SBM emissiecijfers dienen om een indruk te geven van de relatieve bijdragen zoals die vanuit de verschillende modaliteiten en vervoerssegmenten gegeven worden en betreffen grove inschattingen die niet geschikt zijn voor aggregatie of het vaststellen van landelijke of regionale beelden. Wel laten ze zien wat het relatieve milieueffect is van bijvoorbeeld 50 extra H₂-bussen op de weg in Nederland.

Well-to-wheel versus tank-to-wheel

CO₂-equivalente emissies kunnen op verschillende manieren worden berekend:

- Well-to-tank (WTT) - de emissies van de bron tot aan het vervoermiddel. Dit zijn bijvoorbeeld de emissies die ontstaan bij de exploitatie van olievelden en het transport tot aan de tankstation;
- Tank-to-wheel (TTW) - de emissies van het vervoermiddel zelf. Dit zijn bijvoorbeeld de emissies van een diesel- of een elektrische auto op de weg. De TTW-emissie van diesel personenauto's is ca 170 gram per kilometer, die van elektrische voertuigen is nul. Voor scheepvaart is ook de term TTP gangbaar: tank-to-propellor emissies;
- Well-to-Wheel (WTW) - de som van WTT en TTW. Dit beschrijft dus de emissies van de hele keten. Voor scheepvaart is ook de term WTP gangbaar: well-to-propellor emissies.

Volgens internationale rekenregels (IPCC) zijn alleen de TTW-emissies relevant voor de sector mobiliteit. De WTT-emissies zijn onderdeel van de energiesector. De Routeradar rapporteert daarom per realisatie de gerealiseerde reducties in CO₂, NO_x en PM als TTW-emissies.

Volgens de IPCC-methodiek worden de TTW-emissies van biobrandstoffen wel als nul geteld, hoewel biobrandstoffen bij de uitlaat natuurlijk nog steeds emissies hebben. Deze emissies worden volgens de methodiek opgeteld bij het WTT-gedeelte van de keten. Voor de Europese en Internationale rapportages van emissies van luchtverontreinigende stoffen en CO₂ gelden alleen de TTW-cijfers.

Monitoring hernieuwbaarheid van de energiedragers

Zoals hierboven uitgelegd worden in de RR voor alle modaliteiten alleen de TTW-getallen vermeld. Voor de totale uitstoot (WTW) zijn uiteraard de emissies over de gehele keten van belang. Vanuit het perspectief van transport hebben we het dan in feite over de hernieuwbaarheid van de energiedragers.

De zogenaamde duurzame energiedragers worden momenteel namelijk vaak maar deels hernieuwbaar geproduceerd. Gezien het belang voor de uitstoot over de gehele keten worden aan de mate van hernieuwbaarheid in het rapport Wegvervoer enkele alinea's gewijd. Het streven is om dit jaarlijks bij te houden, zodat gezien kan worden welke voortgang hier jaarlijks in Nederland mee gemaakt wordt.

3.1.2

Innovatiemonitor

De Innovatiemonitor bestaat uit twee delen (techniekontwikkeling en marktontwikkeling) en rapporteert ook per basisveld (dezelfde drie als hierboven). De marktontwikkeling wordt alleen voor de modaliteiten wegvervoer, binnenvaart en mobiele werktuigen in kaart gebracht.

Techniekontwikkeling

De Innovatiemonitor schetst per veld en brandstofspoor de voornaamste ontwikkelingen van de stand der techniek. Dit deel focust uitsluitend op de allerbelangrijkste ontwikkelingen en pretendeert niet een volledig beeld te geven. De focus is hier vooral internationaal.

Marktontwikkeling

Voor de marktontwikkelingen binnen de drie genoemde modaliteiten baseert de Innovatiemonitor zich op dezelfde producten (product-marktcombinaties, PMC's) en marktfasen die in de RR-SBM al geïdentificeerd zijn.

Vervolgens worden deze producten beoordeeld op basis van de volgende sleutelfactoren:

1. Beschikbaarheid (energiedrager, infrastructuur en vervoermiddelen);
2. Betaalbaarheid (vervoermiddelen);
3. Betrouwbaarheid (vervoermiddelen);
4. Kritisch functionele gebruikersspecificaties (vervoermiddelen).

Dit betekent dat in kaart wordt gebracht in hoeverre aanbod beschikbaar is in Nederland, hoe betaalbaar de techniek is om ook geabsorbeerd te worden en hoe betrouwbaar de techniek is ten opzichte van de alternatieven.

De kritische functionele gebruikersspecificaties benaderen een product vanuit de functionaliteiten die de gebruiker verwacht van een vervoermiddel. Hierbij wordt naar de volgende sleutelfactoren gekeken:

1. Actieradius;
2. Laad-/tanktijd;
3. Mee te nemen bagage (voor personenwagens en bussen);
4. Mee te nemen vracht (voor bestel- en vrachtwagens).

3.2 Methodiek

De structuur van de straatbeeld- en innovatiemonitor, en de tabellen en grafieken waarin we concrete data presenteren, is in belangrijke mate bepaald door de voor de Routeradar ontwikkelde monitoringsmethodiek en de keuzes die daarin gemaakt zijn met betrekking tot onder andere product-marktcombinaties (PMCs), sleutelfactoren (SF-en) en indicatoren (IC-en), velden en marktfasen. Deze methodiek is ontwikkeld door het Uitvoeringsteam Routeradar onder leiding van Rijkswaterstaat en is beschreven in een bijlage bij het Routeradarrapport over 2017.

- *Product-marktcombinaties (PMC):*
Een PMC is een combinatie van een vervoerssegment (binnen een modaliteit) met een specifieke energiedrager. Bijvoorbeeld: een waterstof personenauto, een batterij-elektrische personenauto, een bus op LNG etc.
- *Sleutelfactor:*
Een sleutelfactor beschrijft een bepaald aspect dat van groot belang is voor ofwel de technische, ofwel de marktontwikkeling van een product. Kortom, dit zijn factoren die bepalend zijn voor de innovatieve ontwikkeling van een product, dan wel van een PMC.

- **Indicator:**
Elke sleutelfactor heeft een of meerdere indicatoren waaraan kan worden afgemeten welke ontwikkeling/voortgang zich bij de betreffende sleutelfactor voordoet. Voorbeelden van indicatoren voor de SBM: het aantal personenwagens-waterstof, het aantal laadpunten voor batterij-elektrische auto's etc. Jaarlijks worden de realisaties per indicator in kaart gebracht. De realisatie (meetwaarde) wordt vergeleken met de doelstelling (streefwaarde/ambitie) voor een vastgesteld jaar.
- **Marktfasen en opschalingspotentie:**
De marktfase waarin een product zich bevindt is bepalend voor de mogelijkheid tot opschaling. Aangezien alleen opschaling de gestelde CO₂-doelen voor 2030 binnen bereik kan brengen, is de marktfase ontwikkeling van cruciaal belang.

Nadere toelichting voor bovenstaande termen volgt in onderstaande subhoofdstukken.

3.2.1

Product-marktcombinaties

Zowel de Straatbeeldmonitor als de Innovatiemonitor maakt gebruik van PMCs. Onderstaand figuur schetst een aantal verschillende product-marktcombinaties.

Figuur 1: Overzicht product-marktcombinaties, ingedeeld naar energiedragers en vervoermiddelen

Brandstof	Wegvervoer	Scheepvaart	Luchtvaart	Rail
Elektrisch	    			
H ₂ Waterstof	   			
LN ₂ /CNG	 			
Conventionele aandrijving Biobrandstoffen				

In onderstaande tabellen worden de modaliteiten en energiedragers nader toegelicht. Per PMC wordt de ontwikkeling van de volgende drie basisvelden bepaald: energiedrager, infrastructuur en vervoermiddel.

Tabel 3: definities van modaliteiten in relatie tot Routeradar

Modaliteit	Beschrijving
Wegvervoer	Wegvervoer richt zich op al het (transport) vervoer over de weg. Wegvervoer is verder onderverdeeld in diverse marktsegmenten (tweewielers, personenwagen, bestelwagen, vrachtauto en trekkers, en bussen). • De categorie tweewielers bevat L-type voertuigen zoals snorfietsen, bromfietsen, brommobielen en motorfietsen • De categorie personenwagens bevat M1-voertuigen met een gewicht onder 3,5 ton • De categorie bestelauto's bevat N1-voertuigen met een gewicht onder 3,5 ton

	• De categorie vrachtauto's en trekker bevat N2-en N3-voertuigen met een gewicht boven 3,5 ton • De categorie bussen bevat M2- en M3-voertuigen
Binnenvaart	Binnenvaart heeft betrekking op niet-zeewaardige voertuigen die goederen en personen over de binnenwateren (zoals rivieren en kanalen) vervoeren.
Zeevaart	Zeevaart is afgebakend tot scheepvaart buiten de kustlijnen van Nederland.
Luchtvaart	Luchtvaart richt zich op de commerciële vloot van passagiers en goederenvervoer.
Spoor	Spoorvervoer richt zich op al het (transport) vervoer over het spoor.
Mobiele werktuigen	Mobiele werktuigen zijn voertuigen speciaal ontworpen en gebouwd voor werkzaamheden, niet bedoeld voor personen- of goederenvervoer over de weg. Voorbeelden zijn bulldozers, shovels, graafmachines en asfaltwerkmachines.

Tabel 4: definities van energiedragers in relatie tot Routeradar

Energiedrager	Beschrijving
Conventioneel	• <i>Energiedrager</i>: vloeibare brandstoffen (diesel/benzine en kerosine voor luchtvaart en gasvormig (LPG) • <i>Infrastructuur</i>: tank- en bunkerstations, waar je conventionele energiedragers kunt tanken/bunkeren • <i>Vervoermiddelen</i>: voer- en vaartuigen, die rijden op conventionele energiedragers
Batterij-elektrisch	• <i>Energiedrager</i>: elektriciteit (grijs, groen)⁷ • <i>Infrastructuur</i>: laadpalen, walstroom (voor binnenvaart en zeeschepen)⁸ en installaties voor vast elektrisch grondvermogen (voor luchtvaart) en (partiële) bovenleidingen (voor spoor) • <i>Vervoermiddelen</i>: voer- en vaartuigen, die rijden of stationair gebruik maken van elektriciteit. Hieronder vallen zowel volledig elektrische voer- en vaartuigen (FEV's), die enkel een elektromotor hebben (en emissievrij zijn), als plug-in hybrides (PHEV's)
Waterstof	• <i>Energiedrager</i>: waterstof (grijs, blauw, groen)⁹ • <i>Infrastructuur</i>: vulpunten en bunkerstations • <i>Vervoermiddelen</i>: voer- en vaartuigen, die rijden op waterstof. Hieronder vallen zowel brandstofcelauto's (FCEV – waterstof wordt omgezet in elektriciteit), als auto's met verbrandingsmotor (waterstof wordt omgezet in thermische energie)
Gasvormig (innovatief)	• <i>Energiedrager</i>: gasvormig – CNG en LNG (grijs, blauw, groen)¹⁰ • <i>Infrastructuur</i>: vulpunten en bunkerstations voor CNG en LNG • <i>Vervoermiddelen</i>: voer- en vaartuigen, die rijden op CNG en LNG, zowel mono- als dual-fuel

⁷ Groene elektriciteit is geproduceerd door hernieuwbare energiedragers zoals wind, zon, biomassa. Grijs elektriciteit geproduceerd door fossiele brandstoffen zoals steenkool, olie en gas. Elektriciteit is meestal een mix uit groen en grijs.

⁸ Voor schepen is walstroom een aansluiting tussen het schip en de wal om het schip te voorzien van elektrische energie voor het hotelverbruik en eventuele hulpsystemen (bijvoorbeeld ladingkoeling, pompen) als het schip aan de kade ligt.

⁹ Grijs waterstof is geproduceerd met fossiele brandstoffen waarbij tijdens de productie broeikasgassen in de atmosfeer terecht komen. Blauw waterstof is het product van grijze waterstofproductie in combinatie met CO₂-afvang en -opslag. Groen waterstof is afkomstig uit een hernieuwbare bron en is geproduceerd met duurzame energie.

¹⁰ Grijs is uit fossiel geproduceerd. Blauw uit fossiel geproduceerd in combinatie met CO₂-afvang en -opslag. Groen gas is uit hernieuwbare bronnen geproduceerd.

Biobrandstoffen (hoge mixen)	• <i>Energiedrager</i>: vloeibare en gasvormige brandstoffen uit hernieuwbare grondstoffen en met hoge blend-ratio, hoger dan 10%. 100% HVO, GTL, BTL, 30% FAME, etc. • <i>Infrastructuur</i>: vulpunten en bunkerstations voor biobrandstoffen (vaak dezelfde als fossiele brandstoffen) • <i>Vervoermiddelen</i>: voer- en vaartuigen, die geschikt zijn om te rijden/varen op hoge mixen
---------------------------------	---

3.2.2

Marktfasen

Bij elke marktfase horen andere aantallen voertuigen in de vloot. De aantallen kunnen verschillend zijn voor de typen voertuigen. Bijvoorbeeld, bij voertuigen waarvan de (gewenste) vloot klein is, kan men bij kleinere aantallen al spreken van opschaling. In onderstaande tabel is per marktfase een definitie gegeven, en zijn de gekozen aantallen voer- of vaartuigen genoemd die met deze marktfase corresponderen.

Tabel 5: marktfasen voor wegvervoer, binnenvaart, zeevaart, lucht, spoor en NRMM

	Definitie	Twee- wielers	Bestel- auto	Personen- auto	Bussen	Vracht- auto	Binnenvaart	Zeevaart	Spoor	Luchtvaart	Mobiele werktuigen
R&D - onderzoeksfase	Onderzoek, testen van belangrijke componenten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prototype/ pilot	De eerste complete voertuigen met de technologie worden gebouwd.	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-2	1-2	1-2	1-4	1-4
Marktvoor- bereiding/ demonstratie	De eerste voertuigen worden door normale gebruikers in de dagelijkse praktijk gebruikt, infra kan heel lokaal georganiseerd zijn. Marktintroductie is nog onzeker.	10 - 100	10 - 100	10 - 100	10-20	10-50	2-4	2-4	2-4	4-10	4-50
Markt- introductie/ niche	Product is verkrijgbaar (in niche-markten). Infra wordt uitgebreid, meerdere voertuigtypen beschikbaar voor willekeurige gebruikers.	100 - 5000	100 - 5000	100 - 5000	20 - 50	50 - 500	4-10	4-10	4-10	10-50	10-100
Opschaling	Infra wordt langzaam uitgebreid tot landelijk dekkend.	>5000	>5000	>5000	>50	>500	>10	>10	>10	>50	>100
Beheer	Een stabiele situatie is bereikt. De vraag neemt niet verder toe. Aantallen zijn afhankelijk van de gewenste penetratiegraad.	> 100000	> 100000	> 1000000	>1.000	>15.000	>500	>500	>500	>500	>1000

3.3 Gebruikte bronnen voor deze studie

De gebruikte gegevens zijn gebaseerd op verschillende bronnen.

- De belangrijkste bronnen voor de historische ontwikkeling van energiedragers zijn:
 - Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2018, de Nederlandse Emissieautoriteit (NEa);
 - Afzet diesel, benzine en autogas (LPG) voor het wegverkeer, Centraal Bureau voor Statistiek (CBS);
 - Afzet aardgas en elektriciteit voor het wegverkeer, Centraal Bureau voor Statistiek (CBS);
- De belangrijkste bronnen voor de historische ontwikkeling van tank-/laadinfrastructuur zijn:
 - PetrolView;
 - Nationaal LNG platform;
 - GroenGas Nederland;
 - Waterstofnet;
 - Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) – voor elektrisch;
- De belangrijkste bronnen voor de historische ontwikkeling van het Nederlandse wagenpark zijn:
 - Verkeersprestaties wegverkeer, Centraal Bureau voor Statistiek (CBS);
 - Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) – voor elektrisch;
 - Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO);
- De belangrijkste bronnen voor de prognoses en streefwaarden van energiedragers, infrastructuur, vervoermiddelen en emissies zijn:
 - De KEV 2019 en de NEV 2017, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL);
 - Achtergronddocument Effecten Ontwerp Klimaatakkoord: Mobiliteit, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL);
 - Als er geen data beschikbaar is via PBL, zijn streefwaarden gerapporteerd zoals in het Klimaatakkoord (KA, versie 28-06-2019);
 - Als er geen streefwaarden worden genoemd in het KA wordt achtereenvolgens de 1e indicatie van de DEM-werkgroep en de beleidsrapportage Routeradar Brandstofvisie 2017 geraadpleegd voor streefwaarden;
 - Daarnaast worden streefwaarden gerapporteerd zoals die kunnen worden afgeleid van ambities op basis van zero-emissiebeleid voor mobiliteit op nationaal en Europees niveau (bijvoorbeeld aantallen batterij-elektrische en brandstofcel-elektrische voertuigen);
 - De Green Deals documenteren ook streefwaarden, die indien van toepassing zijn opgenomen in de Routeradar. Voorbeelden zijn de GDZEOB (zero-emissie openbaar busvervoer) en GDZBH (zeevervaart, binnenvaart en havens).

4 Spoor

Leeswijzer

Dit hoofdstuk is onderverdeeld in acht paragrafen. Paragraaf 1 is een inleiding met een korte opsomming van de (internationaal) gemaakte afspraken en stimuleringsmaatregelen voor duurzaam railvervoer. In paragraaf 2 volgt de huidige stand van zaken rondom diverse energiedragers op het spoor. Paragraaf 3 gaat in op de beschikbare infrastructuur in Nederland voor het tanken en/of laden van treinen. Vervolgens volgt in paragraaf 4 een overzicht van diverse vervoermiddelen in het railvervoer met een uitsplitsing naar verschillende energiedragers. Paragraaf 5 presenteert een aantal praktijkvoorbeelden van projecten met diverse energiedragers. Paragraaf 6 gaat in op de huidige en verwachte emissie uitstoot van deze modaliteit, en paragraaf 7 toont duurzame ontwikkelingen in internationaal perspectief. Tot slot volgt in paragraaf 8 een conclusie met bevindingen en aanbevelingen.

4.1 Inleiding

Railvervoer is hoofdzakelijk elektrisch aangedreven en levert daarmee slechts een beperkte bijdrage aan de uitstoot van broeikasgassen [KEV, 2019]: 0,1 Mton ten opzichte van circa dertig Mton bij wegvervoer. De Nederlandse spoorsector heeft op het gebied van duurzaamheid een aantal speerpunten. In de 'CO₂ visie spoorsector' van het duurzaam platform OV en spoor [CO₂-visiespoor, 2015] staan drie speerpunten:

- Volledig CO₂-neutrale voetafdruk spoorsector (emissie, energie en materialen) in 2050;
- Verhogen energie-efficiëntie ten opzichte van 2013 met 35% in 2030 en 40% in 2050;
- Verder beperken van de uitstoot door mobiliteit door meer reizigers te verleiden de trein te nemen en meer goederen over het spoor te vervoeren.

4.2 Energiedragers

4.2.1 Overzicht

In 2015 was het aandeel elektriciteit in het totale energiegebruik 80% en het aandeel van diesel 19%. In 2030 moet het elektrische aandeel stijgen tot ongeveer 88% en het aandeel biodiesel tot ongeveer één procent. Dit gaat ten koste van het aandeel diesel. In totaal groeit de energiebehoefte met circa 16% tussen 2015 en 2030 [NEV, 2017].

Tabel 6: Huidige en voorspellingen van energiegebruik in de spoorsector, uitgesplitst in diesel, biodiesel en elektriciteit voor de jaren 2015, 2020, 2025 en 2030 [NEV, 2017]

Energie [PJ]	2015	2020	2025	2030	toename 2015-2030, absoluut	toename 2015-2030, jaarlijks
Spoor	6,98	7,47	7,77	8,10	16%	1%
Diesel	1,34	0,98	0,96	0,92	-32%	-3%
Biodiesel	0,04	0,11	0,09	0,09	129%	6%
Elektriciteit	5,60	6,38	6,73	7,10	27%	2%

Spoorvervoer wordt onderverdeeld in personen- en goederenvervoer. Hierbij is verder onderscheid te maken tussen nationaal en internationaal vervoer. Het aantal gereden kilometers in het personenvervoer over het spoor is voor het merendeel nationaal gericht (96,7%), terwijl het goederenvervoer slechts voor 29,1% nationale aantal gereden kilometers telt. De ontwikkelingen worden hieronder getoond [ACM, 2019].

- **Personenvervoer:**
Het aantal treinkilometers in het personenvervoer steeg in 2017 met 1,4%. De verwachting is dat de groei in het personenvervoer de komende jaren zal doorzetten. Tussen 2017 en 2023 wordt een groei verwacht van reizigerskilometers per trein met in totaal ongeveer 14%. Hierdoor neemt de druk op de beschikbare spoorcapaciteit verder toe.
- **Goederenvervoer:**
In 2017 stagneerde de groei van het internationaal spoorgoederenvervoer, maar voor de komende jaren wordt weer groei voorzien. Goederenvervoerders maken zich zorgen over hun concurrentiepositie, als gevolg van hogere kosten. Die zorgen zijn gericht op de gebruiksvergoeding die ze aan ProRail betalen en op de toegang tot diensten en voorzieningen op het spoor. Daardoor is het spoorgoederenvervoer minder concurrerend ten opzichte van het wegvervoer of de binnenvaart. Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat publiceerde recent het maatregelenpakket spoorgoederenvervoer. Daarin is aangekondigd dat de goederenvervoerders in de periode van 2019 tot 2023 subsidie zullen krijgen om de tarieven van de gebruiksvergoeding in de pas te laten lopen met de buurlanden.

4.2.2 *Conventioneel*

Dieseltreinen worden ingezet op spoorwegen waar een bovenleiding ontbreekt. Terwijl het totale energiegebruik van het spoorvervoer naar verwachting zal stijgen met 16%, zal het aandeel van dieselgebruik dalen van 19% naar 13% [NEV, 2017].

Het dieselverbruik in spoorvervoer wordt de laatste jaren niet meer nauwkeurig gemonitord. In de tijd van 'rode diesel' (2000-2005) was dit wel zo. Inmiddels worden interviews gehouden om het dieselverbruik te achterhalen. Dit is per definitie foutgevoelig. Verbruikscijfers zijn gebaseerd op oude informatie en kengetallen. Dit zou beter gemonitord moeten worden om het steeds kleinere aandeel van de afzet van diesel te bevestigen.

4.2.3 *Elektrisch*

In Nederland is het spoor al grotendeels geëlektrificeerd, met als verwachting een stijging van 80% in 2015 naar 88% van het totale energiegebruik in 2030 [NEV, 2017]. Om volledige elektrificatie van het regionale spoorvervoer te realiseren, dient boven het gehele baanvak een bovenleiding aangelegd te worden, compleet met bijbehorende onderstations. First Dutch heeft in 2014 onderzoek [CEDelft, 2018] uitgevoerd naar de haalbaarheid en kosten van elektrificatie op het Nederlandse regionale spoor. In vergelijking met dieseltreinen is elektrificatie van het spoor sneller, stiller en goedkoper in omlopen (door onder andere lagere aanschafprijzen, lagere energiekosten, lagere onderhoudskosten en lagere handelingskosten van elektrisch materieel ten opzichte van dieselmaterieel). Hier staat echter wel een hoge initiële investering in de infrastructuur (bovenleiding) tegenover; deze is afhankelijk van de locatie van de lijnen [CEDelft, 2018].

4.2.4 *Waterstof*

Afzet en gebruik van waterstof op het spoor is op dit moment nul. Waterstof aangedreven treinen zijn wel beschikbaar op de markt, maar worden in Nederland nog niet ingezet. Er zijn wel enkele projecten en initiatieven om waterstof treinen in de praktijk in te zetten (zie 4.4.4.).

4.2.5 *Aardgas*

Afzet en gebruik van gas (CNG en LNG) op het spoor is op dit moment nul. Gas aangedreven treinen zijn nog niet beschikbaar op de Nederlandse of internationale markt.

4.2.6 *Biobrandstoffen (hoge mixen)*

Naast (partieel) elektrificeren en waterstof is bio-LNG één van de drie opties om het regionale spoor te vergroenen. Op dit moment wordt het nog niet toegepast. First Dutch heeft onderzoek gedaan naar het potentieel van bio-LNG voor het vergroenen van het regionale spoor [CEDelft, 2018]. Voor de overgang naar bio-LNG moet het materieel omgebouwd worden. Grote investeringen in de infrastructuur zijn, in tegenstelling tot bij elektrificatie, niet nodig. Het feit dat bio-LNG momenteel nog niet op grote schaal geproduceerd wordt, maakt deze optie en de bijbehorende kosten onzeker. Verdere onzekerheden worden gekenmerkt door de ontwikkelingen op het gebied van productielocaties, distributiekkanalen, de prijs en de rol van de overheid [CEDelft, 2018].

4.3 **Infrastructuur**

4.3.1 *Overzicht*

Het Nederlandse spoorwegnet is circa 3.400 kilometer lang. Het spoornet wordt zowel voor personen- als goederenvervoer gebruikt. Over de Betuwelijn (160 kilometer), van Europoort naar Duitsland, worden alleen goederen vervoerd. Dat geldt ook voor het spoor van Terneuzen naar België. De Hogesnelheidslijn (109 kilometer), van Amsterdam via Rotterdam richting Parijs, wordt alleen voor personenvervoer gebruikt. Driekwart van het spoorwegnet is geëlektrificeerd (zie onderstaande figuur).

Figuur 2: Elektrificatie van het spoor netwerk [CBS-8, 2016]



4.3.2 Conventioneel

Op een deel van de trajecten die nog niet geëlektrificeerd zijn (744 kilometer) rijden dieseltreinen. Het gaat om een deel van de regionale passagierstreinen en daarnaast vracht- en rangeerlocomotieven. Vooral in het noorden van het land zijn er nog veel dieseltrajecten.

4.3.3 Elektrisch en partiële bovenleidingen

Meer dan 75% van het spoornetwerk is geëlektrificeerd. De wisselspanning op het spoornetwerk loopt van 1.500 V tot 2.500 V. Er zijn baanvakken met afwijkende spanning, zoals de trajecten waar 25.000 V wisselspanning op staat. Hier rijden uitsluitend elektrische treinen met Belgische (3000 V DC) of Duitse (15 kV AC) spanning.

Er zijn twee mogelijkheden tot verdere elektrificatie van het spoor:

- **Accu-elektrisch:**
Het accupakket zal behoorlijk groot moeten zijn en neemt in de trein veel ruimte in. Hoe groter het accupakket, hoe groter ook het veiligheidsrisico. Ook moeten er nieuwe laadpalen ontworpen worden. Dit is relatief duur en brengt een ontwikkelrisico met zich mee.
- **Partiële bovenleiding:**
De jaarlasten van partiële bovenleidingen zijn veel lager dan de jaarlasten van de huidige situatie met (bio-)dieseltreinen. Elektrische energie is veel goedkoper dan diesel en dieseltreinen zijn duurder in aanschaf en onderhoud. Bovendien kent de bovenleiding een lange technische levensduur van zestig jaar.

In opdracht van de provincies Gelderland, Groningen en Friesland is onderzoek gedaan naar partiële bovenleiding. Op 10% van deze lijnen is elektrificatie in voorbereiding en voor nog eens 15% is het besluit daartoe genomen [CEDelft, 2018].

4.3.4 *Waterstof*

Afzet en gebruik van waterstof in spoor is op dit moment nul. Waterstof aangedreven treinen zijn wel beschikbaar op de markt, maar worden in Nederland nog niet ingezet. Er zijn wel enkele projecten en initiatieven, om waterstof treinen in de praktijk in te zetten.

4.3.5 *Aardgas*

Afzet en gebruik van gas in spoor is op dit moment nul. Gas aangedreven treinen zijn nog niet beschikbaar op de Nederlandse of internationale markt.

4.3.6 *Biobrandstoffen (hoge mixen)*

Afzet en gebruik van biobrandstoffen in spoor is op dit moment nul. Met biobrandstof aangedreven treinen zijn wel mogelijk, maar worden in Nederland nog niet ingezet.

4.4 **Vervoermiddelen**

4.4.1 *Overzicht*

Behalve elektrificatie zijn er twee oplossingsrichtingen om het dieselgebruik op het regionale spoor te vervangen:

- Alternatieve brandstoffen zoals (bio-)LNG, HVO/biodiesel, waterstof en GTL;
- Hybride oplossingen, zoals partiële/discontinue elektrificatie (accutrein), diesel-elektrische locomotieven en LNG-hybride treinen.

4.4.2 *Conventioneel*

In het personenvervoer (NS) rijden er momenteel 78 treinen op diesel. Dit komt overeen met 4% van het totale aantal treinen van de NS. Deze treinen rijden voornamelijk op het spoornetwerk dat nog niet is geëlektrificeerd.

Diesellocomotieven worden vooral ingezet tussen emplacementen en terminals (dan wel bedrijventerreinen) bij het plaatsen en uithalen van wagons. Tussen 75% en 84% van de tijd dat de motor van de diesellocomotief aanstaat, draait deze stationair en

dat zorgt voor circa 40% van de CO₂-uitstoot [TNO, 2018]. Een belangrijke reden hiervoor is dat de treinen regelmatig geïnspecteerd moeten worden. De motor moet bijvoorbeeld aanstaan om de remmen te toetsen. Indien het mogelijk is om de hulpsystemen (auxiliaires) van de hoofdmotor af te halen (bijvoorbeeld door middel van een extra wagon met auxiliary aandrijving), kunnen deze emissies vermeden worden. Nieuwe experimenten zijn noodzakelijk om hier ervaringen mee op te doen.

Marktfase: Ooit waren dieseltreinen (en daarvoor stoomtreinen) in Nederland de standaard. Deze fase is nu voorbij. Diesel treinen bevinden zich in de beheerfase. In de toekomst gaan diesel treinen steeds vaker vervangen worden door andere (low-emission) technologieën.

4.4.3 *Elektrisch*

Het op termijn vervangen of elektrificeren (of hybridiseren) van diesellocomotieven levert in potentie een hogere bijdrage aan het reduceren van de CO₂-uitstoot in vergelijking tot zuinige diesellocomotieven.

Marktfase: Elektrische treinen bevinden zich in de beheerfase.

4.4.4 *Waterstof*

Afzet en gebruik van waterstof in spoor is op dit moment nul. Waterstof aangedreven treinen zijn wel beschikbaar op de markt, maar worden in Nederland nog niet ingezet. Volgens onderzoek van Arcadis is een batterij-waterstofrein het meest interessant voor de spoorsector vanwege de kenmerkende vermogensbehoefte, namelijk een grote vermogensvraag bij de aanzet en een constante (lagere) vermogensvraag op de maximale snelheid.

Een brandstofcel met voldoende vermogen kan voldoen aan de constante (lagere) vermogensvraag op maximale snelheid. Bij de aanzet is echter extra vermogen nodig, waarbij supercapacitors ('supercaps') ingezet kunnen worden om de brandstofcel te ondersteunen. Deze supercaps kunnen weer opgeladen worden bij recupererend remmen. In tegenstelling tot (gedeeltelijke) elektrificatie, hoeft bij de ombouw naar waterstof veel minder geïnvesteerd te worden in de infrastructuur. Zo hoeven er geen dure bovenleidingen geplaatst te worden, alleen voldoende tankinstallaties.

Marktfase: Waterstof treinen bevinden zich in de pilotfase.

4.4.5 *Aardgas*

Afzet en gebruik van gas in spoor is op dit moment nul. Gas aangedreven treinen zijn nog niet beschikbaar op de Nederlandse of internationale markt.

Marktfase: niet van toepassing.

4.4.6 *Biobrandstoffen (hoge mixen)*

Afzet en gebruik van biobrandstoffen in spoor is op dit moment nul. Biobrandstof aangedreven treinen zijn wel mogelijk, maar worden in Nederland nog niet ingezet. Wel gaat Arriva binnenkort een trein aanschaffen die op duurzame HVO kan rijden, en op termijn kan laden via de bovenleiding.

Marktfase: Rijden op biobrandstoffen is technisch mogelijk, maar wordt in Nederland niet toegepast. Ook zijn er geen onderzoeken of projecten bekend die hieraan werken.

4.5 Praktijkvoorbeelden projecten met diverse energiedragers

Arriva waterstofrein en HVO

Arriva gaat in 2020 samen met de provincie Groningen, Engie, ProRail en Alstom een pilot uitvoeren met een waterstofrein. Mocht de proef succesvol verlopen, dan wil de provincie vanaf 2023 nieuwe treinen op waterstof laten rijden. Arriva heeft ook aangekondigd treinen aan te willen schaffen die kunnen rijden op HVO (met mogelijkheid tot laden via de bovenleiding).

Provincie Groningen

Bij aanbesteding van het traject Groningen-Leeuwarden heeft Arriva aangeboden om partiële elektrificatie door te voeren. Er worden 18 nieuwe elektrische treinen (FLIRTS) ingezet in de periode 2020-2035 die partiel of discontinu onder de bovenleiding kunnen rijden. Volgens de provincie Groningen worden alle treinen op dit traject voorzien van batterijen die remenergie opslaan en rijden de achttien nieuwe treinen op 100% hernieuwbare diesel.

Zweden proef biogas

In Zweden is tussen 2006 en 2010 een proef met biogas in een oude gerenoveerde trein uitgevoerd met twee nieuwe Volvo gasmotoren van 210 kW. Projectkosten anno 2005 waren €700.000. Voordelen waren minder geluid, minder trillingen en significant lagere emissies. Anno 2017 werd bij Tekniska Verken overwogen om een Stadler GTW CGN gas-elektrisch te maken (119 zitplaatsen, max. snelheid 140 km/u) [CEDelft, 2018].

4.6 Emissies

Railvervoer is hoofdzakelijk elektrisch aangedreven en levert daarmee nauwelijks een bijdrage aan de uitstoot van broeikasgassen [KEV, 2019]. Spoor is in totaal verantwoordelijk voor ongeveer 0,1 Mton aan CO₂-emissies in 2015 (zie onderstaande tabel). Dit behelst zowel personen- als ook goederenvervoer. De emissies lopen naar verwachting terug tot 0,07 Mton in 2030. In vergelijking met andere modaliteiten heeft spoor een relatief kleine CO₂-footprint [KEV, 2019].

Tabel 7: CO₂-uitstoot per brandstof in Mton, inclusief de groei/afname in 2030 t.o.v. 2015 in totaal en per anno (p.a.) [KEV, 2019]

CO ₂ -eq. [Mton]	2015	2020	2025	2030	30/'15	p.a.
Spoor	0,10	0,07	0,07	0,07	-32%	-2%
Diesel	0,10	0,07	0,07	0,07	-32%	-2%
Biodiesel	0	0	0	0	0%	0%
Elektriciteit	0	0	0	0	n.a.	n.a.

4.7 Benchmark internationaal

4.7.1 Overzicht

Diverse Europese landen kijken op dit moment naar de mogelijkheden om dieseltreinen te vervangen door een schoner alternatief. Elektrificatie van het spoor in Europa is in veel landen al op de juiste weg, en biedt mogelijkheden voor een

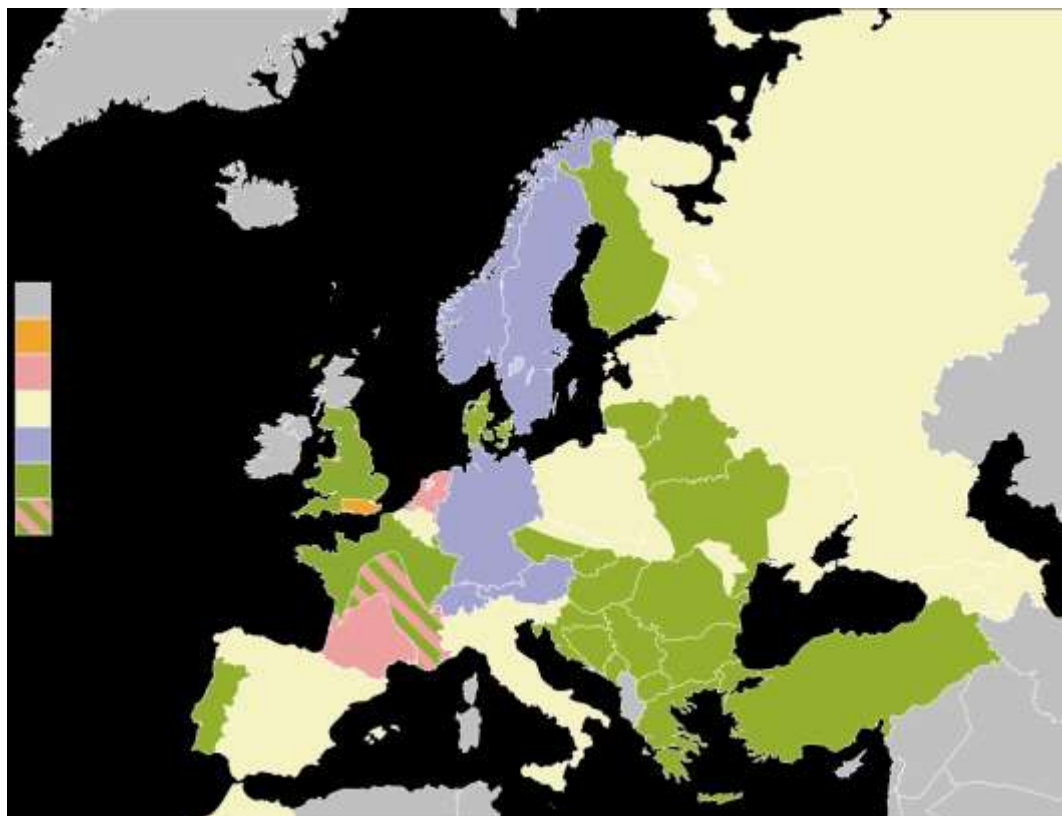
duurzame toekomst op het spoor. Verder zijn er eerste stappen gezet op alternatieve brandstoffen als waterstof en biobrandstof.

4.7.2 *Conventioneel*

In Europa wordt nog 20% van het totale spoorvervoer met dieseltreinen uitgevoerd. Op de belangrijkste lijnen is dat zelfs nog 40% [Spoorpro, 2019].

4.7.3 *Elektrisch*

Hogesnelheidslijnen in Frankrijk, Spanje, Italië, het Verenigd Koninkrijk, Nederland, België en Turkije werken onder 25 kV, net als hogesnelheidslijnen in de voormalige Sovjet-Unie. De EU investeert de komende jaren meer dan 117 miljoen euro in 39 grote spoor-transportprojecten. Deze moeten helpen om de ontbrekende verbindingen op het continent tot stand te brengen. De focus ligt daarbij op duurzame transportmiddelen. De projecten zijn er op gericht om de geluidsproductie door goederentreinen te verminderen, grensoverschrijdende spoorverbindingen te realiseren en cruciale infrastructuur in havens op te waarderen [Spoorpro, 2019].

Figuur 3: Elektrificatie van het spoornetwerk in Europa

4.7.4 *Waterstof*

Op dit moment vinden er in diverse landen in Europa (10), Azië (8) en Noord-Amerika (2) proeven plaats met treinstellen aangedreven door brandstofcel- en waterstoftechnologie. Ook wordt deze technologie al meegenomen in diverse aanbestedingen. De toepassing van deze technologie wordt daarom in de studie van Roland Berger als meest volwassen toepassing gekenmerkt [RB, 2019]. Bij rangeerlocomotieven en locomotieven voor hoofdspoorlijnen is er nog maar beperkte ervaring opgedaan en sluit het marktaanbod hier nog onvoldoende bij aan. De verwachting is dat de brandstofcel- en waterstoftechnologie voor deze treintypes pas tegen 2023 in de markt worden geïntroduceerd [Spoorpro, 2019].

4.7.5 *Aardgas*

Afzet en gebruik van gas in spoor is op dit moment nul. Gas aangedreven treinen zijn nog niet beschikbaar op de Nederlandse of internationale markt. Hier zijn verder geen directe doelstellingen voor bekend.

4.7.6 *Biobrandstoffen (hoge mixen)*

In het buitenland is eerder met biogas geëxperimenteerd (zie 4.5). Ondanks dat de trein normaal in de dienstregeling heeft meegedraaid, en de onderhoudskosten gelijk aan die van de dieseltrein waren, is het bij die proef gebleven. De voordelen van biogas wogen blijkbaar niet op tegen de aanschaf en omscholing die hiermee gepaard gaat.

4.8 **Conclusie¹¹**

¹¹ Deze conclusie (inclusief beleidsadviesing) is onder verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat opgesteld.

Algemeen

Elektrificatie (accu-elektrisch, partiële bovenleiding en brandstofcel-elektrisch) is de voornaamste optie voor spoor qua duurzame energiedragers. De toepassing van gas wordt zover bekend niet verder onderzocht.

Realisaties ten opzicht van de doelstellingen (streefwaarden)

Het spoor is voor 80% elektrisch. In 2030 zal dit groeien tot circa 88%. Op 10% van de niet-geëlektrificeerde lijnen is elektrificatie in voorbereiding en voor nog eens 15% is het besluit daartoe genomen [CE Delft, 2018]. Nederland loopt met de elektrificatie van het spoor voor op andere Europese landen.

Wat gebeurt er op projectniveau?

Er lopen enkele experimenten en pilots op waterstof en HVO.

Wat gebeurt er op beleidsniveau?

Het spoorvervoer in Nederland wordt voor het merendeel aangedreven door elektriciteit en draagt weinig bij aan de uitstoot van broeikasgassen (0,1 Mton in vergelijking met circa 30 Mton door het wegvervoer). Een klein aantal dieseltreinen heeft het grootste aandeel in de uitstoot. De 'CO₂-visie 2050: Samen realiseren we een CO₂-neutraal spoor' van het Platform Duurzaam Openbaar Vervoer en Spoor [CO₂-visie 2050: Samen realiseren we een CO₂-neutraal spoor, 2015] noemt drie speerpunten voor verduurzaming:

- Volledig CO₂-neutrale voetafdruk spoorsector (emissie energie en materialen) in 2050;
- Verhogen energie-efficiëntie ten opzichte van 2013 met 35% in 2030 en 40% in 2050;
- Verder beperken van de uitstoot door mobiliteit door meer reizigers te verleiden de trein te nemen en meer goederen over het spoor te vervoeren.

Om deze doelen te behalen in 2030 en 2050, zal de energie-efficiëntie omhoog moeten en is een volledige omzetting van diesel naar CO₂-neutrale brandstoffen nodig. In het Klimaatakkoord krijgt de verduurzaming van het spoor weinig aandacht. Wel wordt spoor (en OV) genoemd als duurzaam alternatief in het personen- en goederenvervoer.

Emissies

Spoor is in totaal verantwoordelijk voor ongeveer 0,1 Mton aan CO₂-emissies in 2015. In 2030 zijn de emissies naar verwachting gedaald tot 0,07 Mton. In vergelijking met andere modaliteiten heeft spoor een relatief kleine CO₂-footprint [KEV, 2019].

Beleidsagendering*Aandacht voor laatste stukje verduurzaming*

Het Nederlandse spoor is al redelijk duurzaam in vergelijking met andere modaliteiten. Dat neemt niet weg dat er aandacht dient te zijn voor investeringen in het laatste stukje verduurzaming.

Aandacht voor level playing field transportmodaliteiten

Om het vervoer per spoor concurrerend te houden, moet ervoor gewaakt worden dat verduurzaming van andere modaliteiten (bijvoorbeeld wegvervoer) niet ten koste gaat van het spoor.

5 Referenties

- [ACM, 2019] <https://www.acm.nl/nl/publicaties/acm-spoormonitor-nederland-heeft-drukst-bezette-spoor-europa>, 2019
- [CBS-8, 2016] Transport en Mobiliteit, CBS, 2016
- [CEDelft, 2018] Roadmap Duurzaam OV en Spoor; Advies aan het PDOVS over CO₂-emissiereductie, energie efficiencyverbetering en modal shift
- [CO₂-visiespoor, 2015] Samen realiseren we een CO₂-neutraal spoor Visie van de Nederlandse spoorsector voor 2050, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2015
- [EC_HD, 2019] https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy_en
- [EC_LD, 2019] https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en
- [IMO, 2011] <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>
- [KA, 2019] Klimaatakkoord, 2019
- [KEV, 2019] Nederlandse Klimaat- en Energieverkenning 2019, 2019
- [NEV, 2017] Nederlandse energieverkenning 2017, PBL, 2017
- [RB, 2019] Study on the use of fuel cells and hydrogen in the railway environment, Roland Berger, 2019
- [Routeradar, 2017] Routeradar, RWS, 2017
- [Spoorpro, 2019] <https://www.spoorpro.nl/materieel/2019/05/23/studie-waterstoftrein-veelbelovend-alternatief-voor-dieseltrein/> (stand: 12.12.2019)
- [TNO, 2018] Inzicht in het energieverbruik, de CO₂-uitstoot en de NO_x-uitstoot van het spoorgoederenvervoer, TNO 2018