



Rol van waterstof in het Nederlandse mobiliteitssysteem tot 2030 en daarna

Studie naar de haalbaarheid van waterstof als energiedrager voor
personenauto's, bestelwagens en trucks in 2030.

Juli 2023

Inhoudsopgave

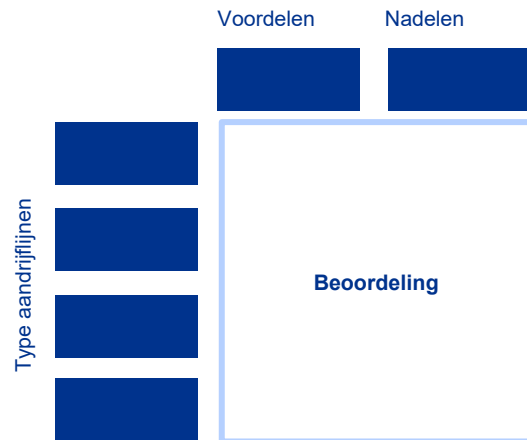
00	Leeswijzer	3
01	Management samenvatting	4
02	Aantrekkelijkheid van waterstof ten opzichte van andere zero emissie aandrijflijnen	19
03	De rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's	31
03.1	De rol van waterstof voor OEM's van personenauto's en bestelwagens	33
03.2	Rol van waterstof voor OEM's van vrachtwagens	44
04	De beschikbaarheid van waterstof voor het Nederlandse mobiliteitssysteem	62
06	Bijlagen	87



Visualisatie van het proces dat leidt tot een beoordeling van de haalbaarheid van waterstof als energiedrager voor personenauto's, bestelwagens en trucks in 2030.

Relevantie en toepassing van waterstof in het Nederlandse mobiliteitssysteem

Onderbouwing van de voor- en nadelen van waterstof als energiedrager in het Nederlandse mobiliteitssysteem en de haalbaarheid voor voertuigsoorten (PV's, LCV's en Trucks).



Beoordeling van de rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's

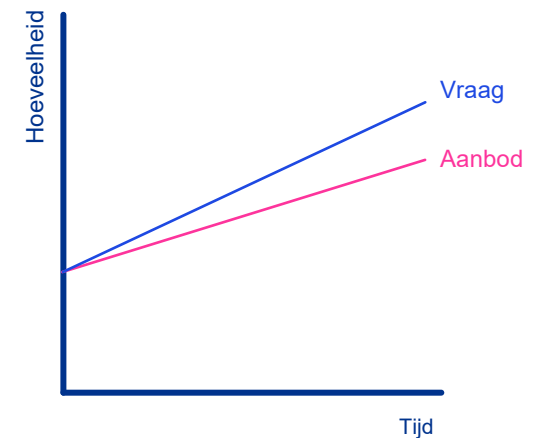
Inschatting in welke mate OEM's zullen inzetten op waterstofvoertuigen, inclusief segmentering en fasering.

Beoordeling per OEM



Analyse van de beschikbaarheid van waterstof voor mobiliteit in Nederland

Hoog-over analyse van het huidige en verwachte aanbod van waterstof in Nederland en de vraag van concurrerende industrieën.



01

Management- samenvatting



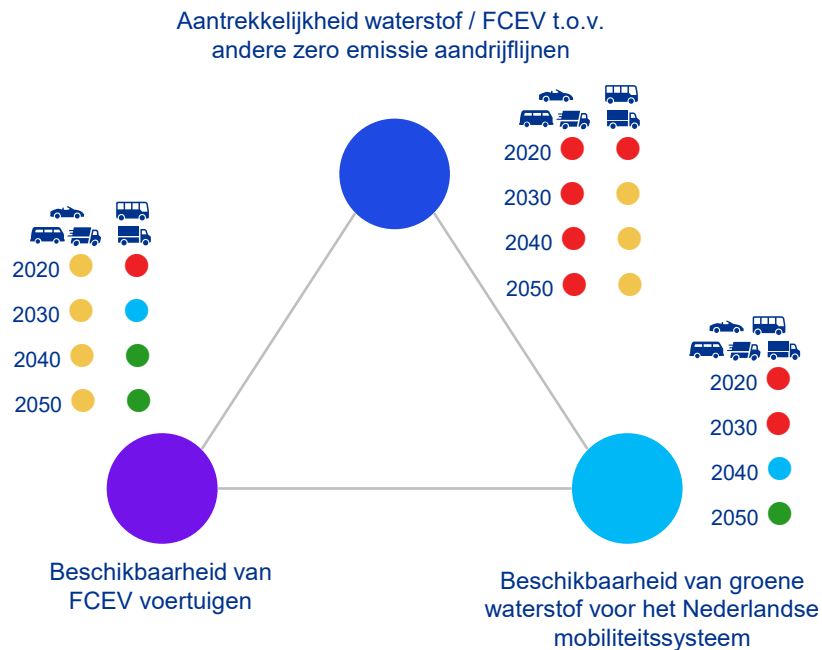
Management samenvatting

1. Rol van waterstof in Nederlandse mobiliteitssysteem

1.1

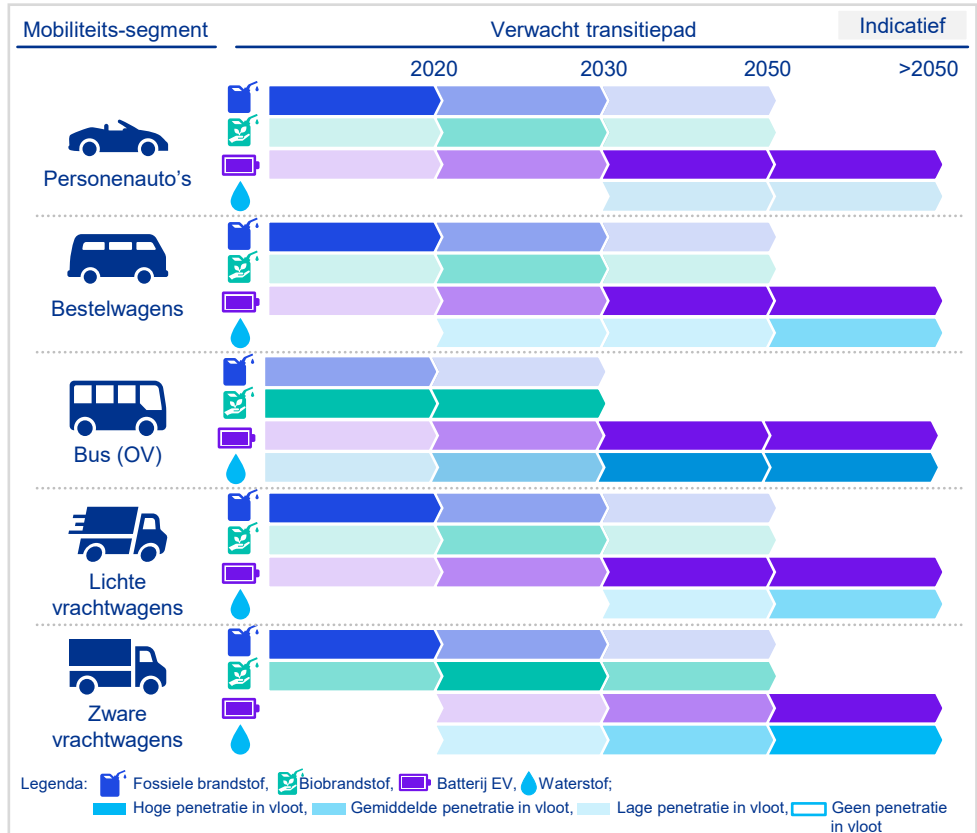
De rol van waterstof (FCEV) in het Nederlandse mobiliteitssysteem zal naar verwachting beperkt blijven tot het (zware) transport. Het transitiepad naar FCEV voertuigen lijkt langzamer tractie te krijgen dan BEV en zich voornamelijk pas na 2030 te materialiseren. Voor de meeste mobiliteitssegmenten blijken andere zero emissie aandrijfliijnen (m.n. BEV) superieur te zijn, wat zich vertaalt in beperkte beschikbaarheid van voertuigen op korte termijn. Daarnaast is er naar alle waarschijnlijk zeker tot 2030 geen groene waterstof beschikbaar voor mobiliteit aangezien andere sectoren (m.n. zware industrie) prioriteit zullen krijgen.

Drijvers en penetratie van waterstof / FCEV in het Nederlandse mobiliteitssysteem



Legenda: ● Zeer beperkt, ● beperkt, ● voldoende, ● ruim

Verwachte transitiepaden voor verschillende mobiliteitssegmenten en (potentiële) duurzame energiedragers, penetratie in vloot per segment, 2020-2050+(a)



Noot: (a) De weergegeven paden zijn slechts een indicatie om trends weer te geven. De genoemde jaartallen zijn waar mogelijk gekoppeld aan concrete doelstellingen en bevindingen uit dit onderzoek. De onzekerheid neemt toe naar mate verder in de tijd gekeken wordt.

Management samenvatting

1. Rol van waterstof in Nederlandse mobiliteitssysteem

2. Aantrekkelijkheid van waterstof vs. andere zero emissie aandrijflijnen

3. De rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's

4. De beschikbaarheid van waterstof voor het Nederlandse mobiliteitssysteem

2.1

Hoewel alle zero emissie aandrijflijnen hun eigen voor- en nadelen hebben, lijkt BEV de meest volwassen technologie die werkelijke CO2 emissies kan reduceren. De huidige nadelen van BEV, voornamelijk bereik en laadduur, maar ook aanschafprijs worden steeds beter ondervangen, waardoor BEV steeds competitiever wordt.

Overzicht van karakteristieken ICE-, BEV- en FCEV-voertuigen

	Internal Combustion Engine (ICE)	ICE met biobrandstof	Battery Electric Vehicle (BEV)	Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)
Aandrijving	Verbrandingsmotor	Verbrandingsmotor	Electromotor	Electromotor
Energiedrager	Benzine, diesel, LPG, CNG	Biobrandstof (m.n. biodiesel)	Elektriciteit (opslag in batterij)	Waterstof (transmissie naar elektriciteit via brandstofcel)
Tankduur	Aantal minuten	Aantal minuten	>1 uur, maar wordt steeds korter	Aantal minuten
Levensduur	~20 jaar	~20 jaar	Accu moet vervangen worden in 10+ jaar	<i>Wordt nog getest</i>
Bereik (passagiersvoertuig)	>1000km per tank	>1000km per tank	~400 – 500km op een volgeladen accu; bereik wordt steeds groter	>600km per tank
Bereik (commercieel voertuig)	>600km (truck), >300km (bus)	>600km (truck), >300km (bus)	~400km (truck), ~250km (bus); ; bereik wordt langzamer groter	400 - 800km (truck), 350km (bus)
Prijs (relatief)	€	€	€€, maar dalende trend	€€€
Onderhoudskosten	€€	€€	€	€€, maar wordt nog getest
CO ₂ -emissies	~100 -180 gram CO ₂ / km (PV) ~800 - 2300 gram CO ₂ / km (truck)	Uitstoot aan de uitlaat vergelijkbaar met traditionele ICE, maar betreft bio-based CO ₂ .	Geen uitstoot van de auto; bij groene elektriciteitsproductie helemaal geen CO ₂ . Wel substantiële uitstoot tijdens productieproces door de gehele keten.	Geen uitstoot van de auto; bij groene waterstofproductie helemaal geen CO ₂ . Wel substantiële uitstoot tijdens productieproces door de gehele keten.
Voertuig-efficiëntie	Laag	Laag	Hoog	Laag
Infrastructuur-efficiëntie	Tankstations, ruim aanwezig	Tankstations, ruim aanwezig; biodiesel productie in opschaling	Laadpalennetwerk (thuis en publiek) in NL goed, in de EU nog beperkt aanwezig. Verdere groei vereist uitbreiding van elektriciteitsnetwerk.	Waterstoftankstations, zeer beperkt aanwezig
Capaciteit van productie	Overcapaciteit in Europa	Overcapaciteit in Europa	Grondstofschaarste en tekort aan productiecapaciteit beperkt productie	Beperkte waterstof beschikbaarheid en weinig productiecapaciteit

Door de huidige technologische voorsprong en het momentum van BEV-voertuigen neemt de aantrekkelijkheid snel toe, waarbij de nadelen t.o.v. FCEV verdwijnen door investeringen op het gebied van laadcapaciteit en bereik (zie volgende pagina)

Bron: KPMG-analyse

Management samenvatting

1. Rol van waterstof in Nederlandse mobiliteitssysteem

2. Aantrekkelijkheid van waterstof vs. andere zero emissie aandrijflijnen

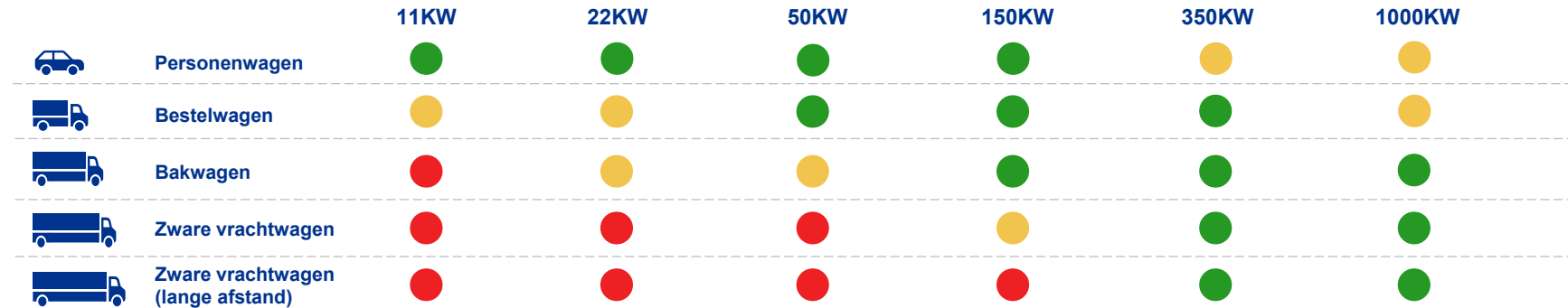
3. De rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's

4. De beschikbaarheid van waterstof voor het Nederlandse mobiliteitssysteem

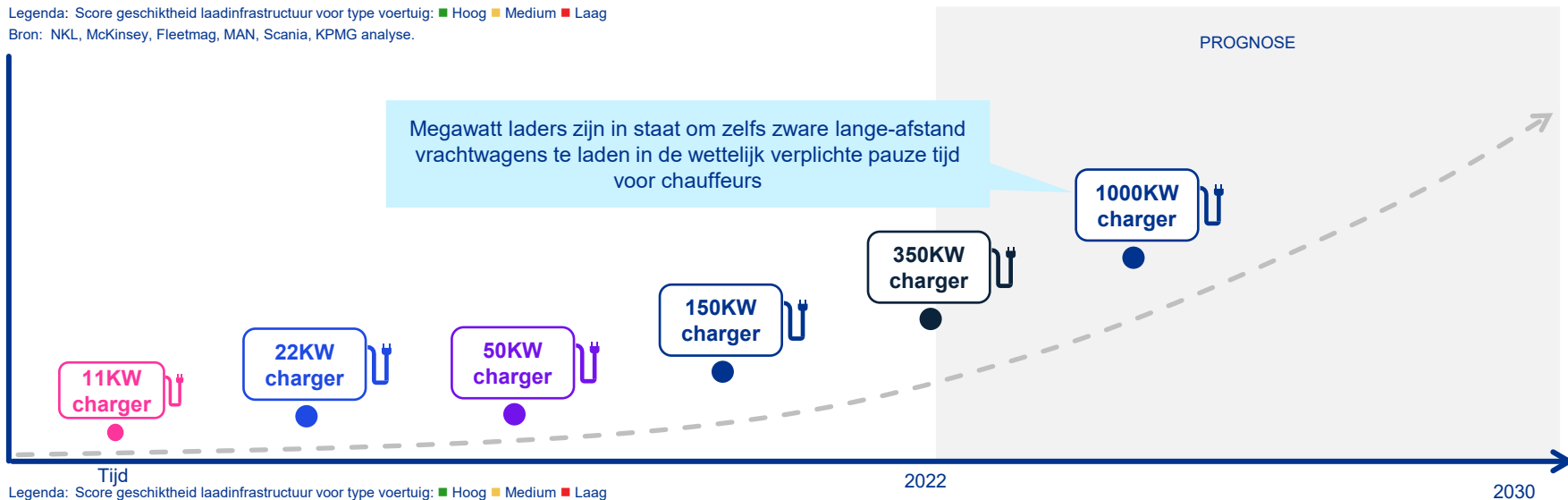
2.2

Door de huidige technologische voorsprong, het momentum en investeringen in laadtechnologie van BEV is de toepasbaarheid van deze variant van elektrisch vervoer gegroeid en zal in de toekomst nog verder toenemen. Hierbij verdwijnen de nadelen van BEV grotendeels t.o.v. FCEV door verbeteringen van bereik en laadsnelheid. Laadtechnologie met MW-laders maakt batterijen competitief als energiedrager voor zware voertuigen die lange afstanden rijden.

Ontwikkeling in laadinfrastructuur versus geschiktheid voor type voertuig



Legenda: Score geschiktheid laadinfrastructuur voor type voertuig: ■ Hoog ■ Medium ■ Laag
Bron: NKL, McKinsey, Fleetmag, MAN, Scania, KPMG analyse.



Legenda: Score geschiktheid laadinfrastructuur voor type voertuig: ■ Hoog ■ Medium ■ Laag
Bron: NKL, McKinsey, Fleetmag, MAN, Scania, KPMG analyse.

3.1

OEM's van personen- en bestelauto's zien over het algemeen minder potentie in waterstof als energiedrager binnen hun ontwikkelagenda. Deze groep fabrikanten bestaat uit waterstof 'believers' (Toyota en Hyundai) en een groep die de opties voorlopig nog open lijkt te houden.

Overzicht score met betrekking tot de verwachte rol van waterstof in de ontwikkelagenda van personenauto en bestelwagen OEM's

OEM	Huidige waterstof-capabiliteit			Investerings bereidheid en vermogen		Strategische focus op waterstof		Verwachting rol waterstof in ontwikkelagenda OEM ^(a)	Synthese
	Historische productie-aantallen FCEV	FCEV investeringen en R&D activiteit	FCEV Partnerships	Schuld-EBITDA	EBIT %	FCEV strategie	% EV in huidige nieuw-verkopen		
	●	●	●	●	●	●	●	●	VAG, Geely, Mazda, Ford, GM, en Mercedes komen naar verwachting nog niet actief met een waterstof ontwikkelagenda (zowel voor personenauto ontwikkeling als bestelwagens)
	●	●	●	●	●	●	●	●	
	●	●	●	●	●	●	●	●	
	●	●	●	●	●	●	●	●	
	●	●	●	●	●	●	●	●	
	●	●	●	●	●	●	●	●	Stellantis en Renault-Mitsubishi-Nissan hebben een actieve ontwikkelagenda op het gebied van waterstof bestelwagens. Ook BMW en Honda zullen zich naar verwachting blijven bezig houden met de ontwikkeling en (serie)productie van waterstof personenauto's
	●	●	●	●	●	●	●	●	
	●	●	●	●	●	●	●	●	
	●	●	●	●	●	●	●	●	
	●	●	●	●	●	●	●	●	Hyundai en Toyota geven waterstof prioriteit in de ontwikkelagenda. Toyota focust zowel op personenauto's als (beperkt) op bestelwagens
	●	●	●	●	●	●	●	●	
	●	●	●	●	●	●	●	●	
Legenda score per criteria: ● Hoog, ● Middel, ● Laag. Een hoge score impliceert dat het criterium een positieve bijdrage levert aan de verwachting van de rol van waterstof in de ontwikkelagenda per OEM. Een lage score impliceert het tegenovergestelde. tegenovergestelde.									Legenda score verwachting rol waterstof in ontwikkelagenda OEM: ● Hoog, ● Middel, ● Laag. Hoog impliceert dat KPMG o.b.v. de criteria een hoge verwachting heeft dat FCEV aandrijftechnologie een rol gaat spelen in de ontwikkelagenda van de OEM. Laag impliceert dat KPMG verwacht dat FCEV geen rol zal spelen Notitie: (a) De uiteindelijke verachting per OEM is een subjectieve interpretatie die gedreven wordt door de synthese uit de individuele criteria. De criteria leiden niet lineair tot de finale verwachting
Bron: KPMG Analyse. Legenda FCEV strategie: focus op personenauto's, focus op bestelwagens									

Management samenvatting

1. Rol van waterstof in Nederlandse mobiliteitssysteem

2. Aantrekkelijkheid van waterstof vs. andere zero emissie aandrijflijnen

3. De rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's

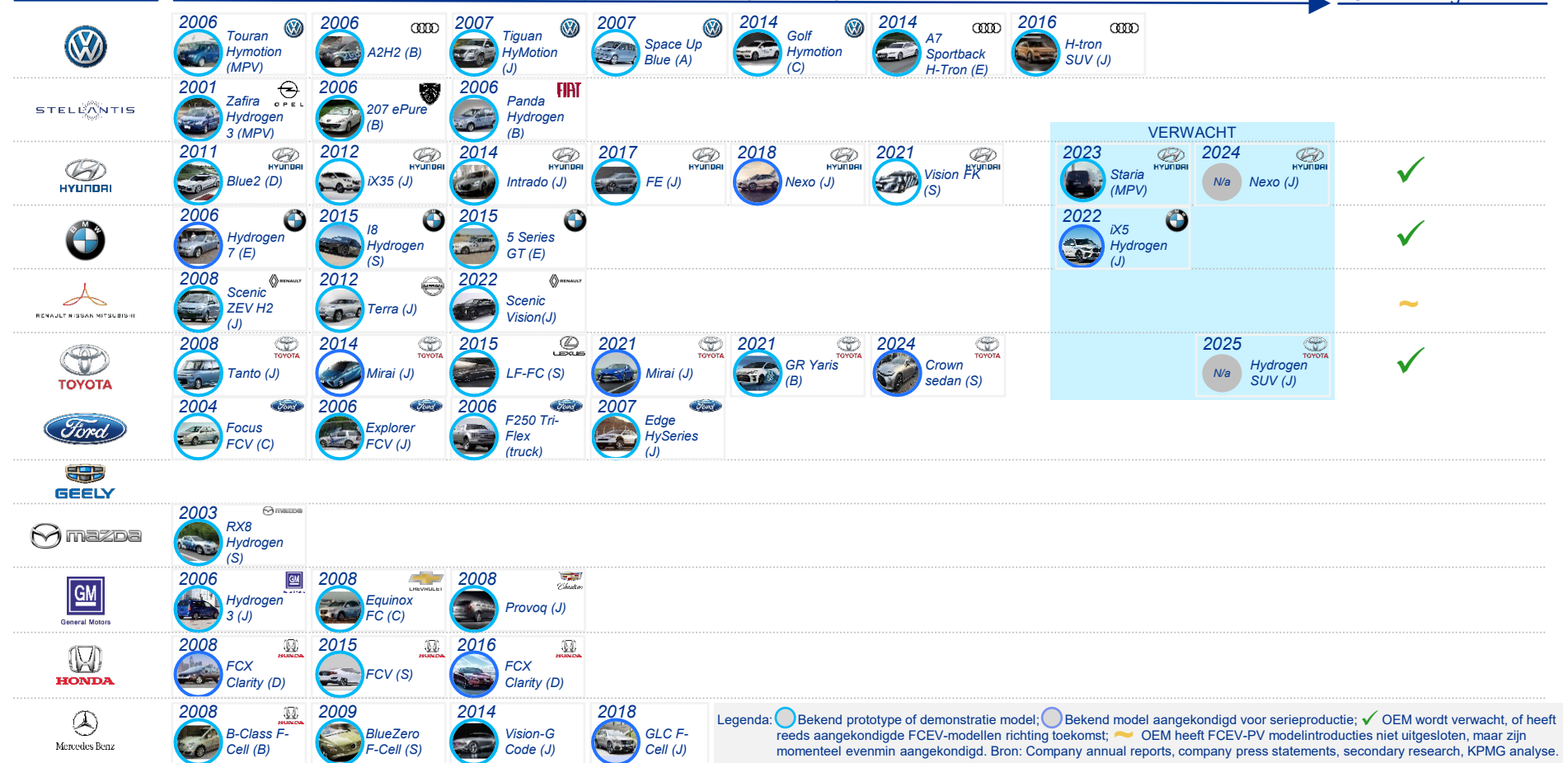
4. De beschikbaarheid van waterstof voor het Nederlandse mobiliteitssysteem

3.2

In tegenstelling tot het afgelopen decennium, waarin verschillende OEM's hebben geëxperimenteerd met FCEV, lijkt de prioriteit van OEM's verschoven naar BEV. Alleen Hyundai, BMW en Toyota hebben (nog) een actieve ontwikkelagenda voor personen-FCEV's, waarbij 5 serieproductiemodellen zijn aangekondigd in de komende 3 jaar. Vrijwel alle andere OEM's in de peer-groep hebben in de afgelopen 20 jaar veelvuldig geëxperimenteerd met waterstof en diverse prototypes gepresenteerd, maar zijn na introductie niet of nauwelijks overgegaan tot serieproductie.

Overzicht van personenauto modellen en verwachte modelintroducties per OEM over de tijd

Actieve ontwikkelagenda
FCEV richting toekomst



Management samenvatting

1. Rol van waterstof in Nederlandse mobiliteitssysteem

2. Aantrekkelijkheid van waterstof vs. andere zero emissie aandrijflijnen

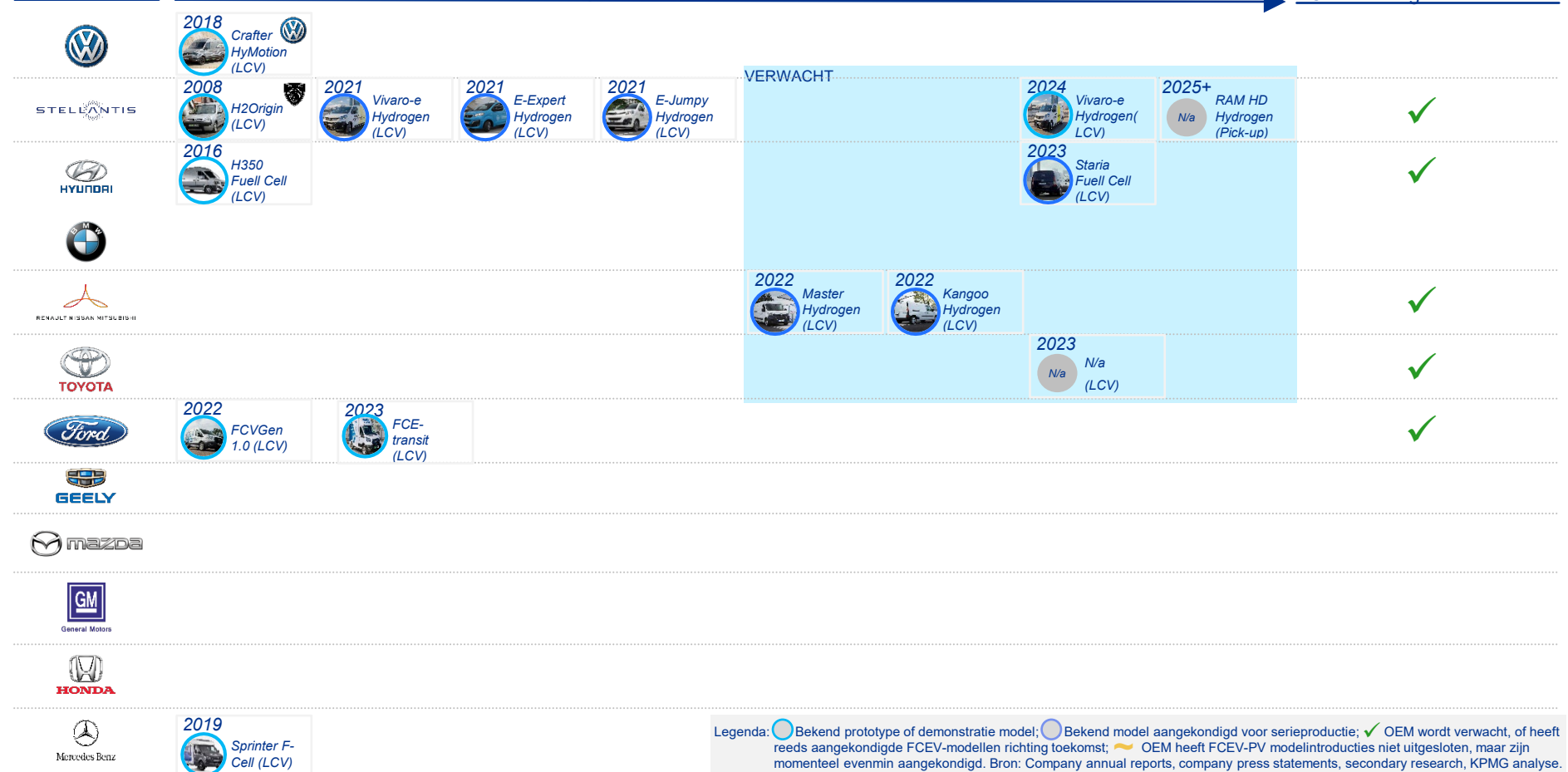
3. De rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's

4. De beschikbaarheid van waterstof voor het Nederlandse mobiliteitssysteem

3.3

De ontwikkelagenda van OEM's in het bestelwagen-segment is de afgelopen jaren zeer beperkt op waterstof gericht geweest. Desondanks hebben Stellantis, Hyundai, Renault-Nissan-Mitsubishi, Toyota en Ford inmiddels een actieve ontwikkelagenda. Momenteel zijn er 3 verschillende modellen in productie (hoewel deze modellen hetzelfde platform delen) en hebben OEM's 5 nieuwe FCEV-modellen in het bestelwagensegment aangekondigd.

Overzicht van bestelwagenmodellen en verwachte modelintroducties per OEM over de tijd



Management samenvatting

1. Rol van waterstof in Nederlandse mobiliteitssysteem
2. Aantrekkelijkheid van waterstof vs. andere zero emissie aandrijflijnen
3. De rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's
4. De beschikbaarheid van waterstof voor het Nederlandse mobiliteitssysteem

3.4

De ontwikkelagenda van truck OEM's wordt gedomineerd door een focus op BEV en in mindere mate FCEV. Desondanks ontwikkelen alle producenten in de peer groep FCEV trucks, waarbij FCEV op de agenda van Traton de laagste prioriteit heeft. Paccar en Iveco hebben nog geen sterk commitment gemaakt voor FCEV commercialisatie, maar zijn wel actief met de ontwikkeling van prototypes en technologie. Volvo, en met name Mercedes-Benz, verwachten dat FCEV een grote rol gaat spelen in de ontwikkelagenda.

Overzicht score met betrekking tot de verwachte rol van waterstof in de ontwikkelagenda van truck OEM's

OEM	Huidige waterstof-capabiliteit			Investerings-bereidheid en vermogen		Strategische focus op waterstof		Verwachting rol waterstof in ontwikkelagenda OEM ^(a)	Synthese
	Historische productie-aantallen FCEV	FCEV investeringen en R&D activiteit	FCEV Partnerships	Schuld-EBITDA	EBIT %	FCEV strategie	% EV in huidige nieuw-verkopen		
TRATON	Laag	Hoog	Middel	Hoog	Middel	Laag	Middel	Laag	Bij Traton lijkt het er op dit moment niet op dat waterstof een rol gaat spelen in de truck ontwikkelagenda, gezien de CEO op groepsniveau zich er duidelijk tegen heeft uitgesproken. Wel lijken de dochtermerken MAN en Navistar de deur nog op een kier te houden voor waterstof, door aanhoudende waterstofontwikkeling activiteit.
PACCAR DAF	Hoog	Hoog	Middel	Hoog	Hoog	Middel	Middel	Middel	PACCAR (DAF) en CNH zijn in de voorbereidingsfase van een eventuele grote uitrol van waterstof in hun truck portfolio. Ze hebben in het verleden ervaring en kennis opgedaan met waterstof, hanteren een positieve toonsetting in de strategie, maar hebben zich nog niet volledig gecommitteerd aan daadwerkelijke commercialisatie
CNH INDUSTRIAL	Hoog	Hoog	Hoog	Middel	Middel	Middel	Middel	Middel	
VOLVO	Laag	Hoog	Hoog	Hoog	Hoog	Hoog	Middel	Hoog	Volvo en met name Mercedes-Benz zijn zichzelf sterk aan het positioneren op het gebied van waterstof trucks. Beiden hebben zich via hun Cellcentric Joint Venture sterk gecommitteerd aan de commercialisatie van waterstof trucks in 2030. Mercedes-Benz steekt er momenteel bovenuit qua ambitie en ervaring
Mercedes-Benz Group	Middel	Hoog	Hoog	Middel	Middel	Hoog	Middel	Hoog	
Legenda score per criteria: ● Hoog, ● Middel, ● Laag. Een hoge score impliceert dat het criterium een positieve bijdrage levert aan de verwachting van de rol van waterstof in de ontwikkelagenda per OEM. Een lage score impliceert het tegenovergestelde. Noot: (a) Deze studie gaat uit van FCEV als belangrijkste waterstof aandrijftechnologie; hoewel er ook waterstof verbrandingsmotoren in ontwikkeling zijn, is de omvang beperkt. Bron: KPMG Analyse.									Legenda score verwachting rol waterstof in ontwikkelagenda OEM: ● Hoog, ● Middel, ● Laag. Een hoge score impliceert dat KPMG op basis van de criteria en de synthese hieruit een hoge verwachting heeft dat FCEV aandrijftechnologie een rol gaat spelen in de ontwikkelagenda van de OEM. Laag impliceert dat KPMG verwacht dat FCEV geen rol zal spelen Notitie: (a) De uiteindelijke verwachting per OEM is een subjectieve interpretatie die gedreven wordt door de synthese uit de individuele criteria. De criteria leiden niet lineair tot de finale verwachting

Management samenvatting

1. Rol van waterstof in Nederlandse mobiliteitssysteem

2. Aantrekkelijkheid van waterstof vs. andere zero emissie aandrijflijnen

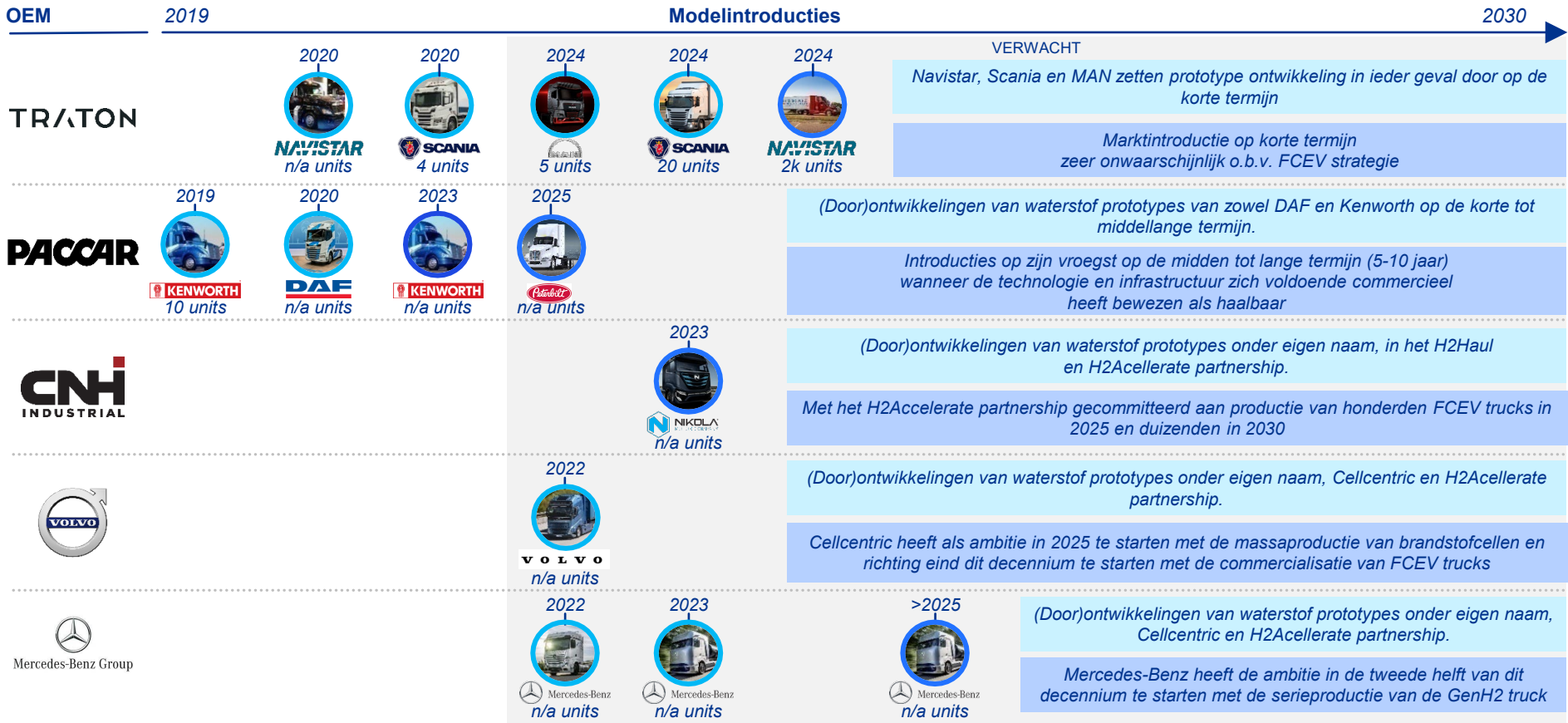
3. De rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's

4. De beschikbaarheid van waterstof voor het Nederlandse mobiliteitssysteem

3.5

Waterstof heeft in de afgelopen jaren een belangrijke rol in de ontwikkelagenda van de 5 grote Europese truck OEM's gespeeld. Inmiddels hebben enkele OEM's een aantal serieproductiemodellen aangekondigd in de periode tot 2030. Daarnaast hebben OEM's veelvuldig prototypes ontwikkeld en gepresenteerd, waarbij van alle OEM's in de peer-groep wordt verwacht dat ze dit zullen blijven doen richting 2030. Uit de analyse blijkt ook dat verschillende OEM's concrete plannen hebben voor daadwerkelijke serieproductie in het huidige decennium, voornamelijk in het segment van zware trucks voor lange afstand transport.

Overzicht van truck modellen en verwachte modelintroducties per OEM over tijd



Legenda:  Bekend prototype of demonstratie model;  Bekend model aangekondigd voor serieproductie;  Ontwikkel agenda FCEV trucks;  Serieproductie agenda FCEV trucks

Bron: Company annual reports, company press statements, secondary research, KPMG analyse.

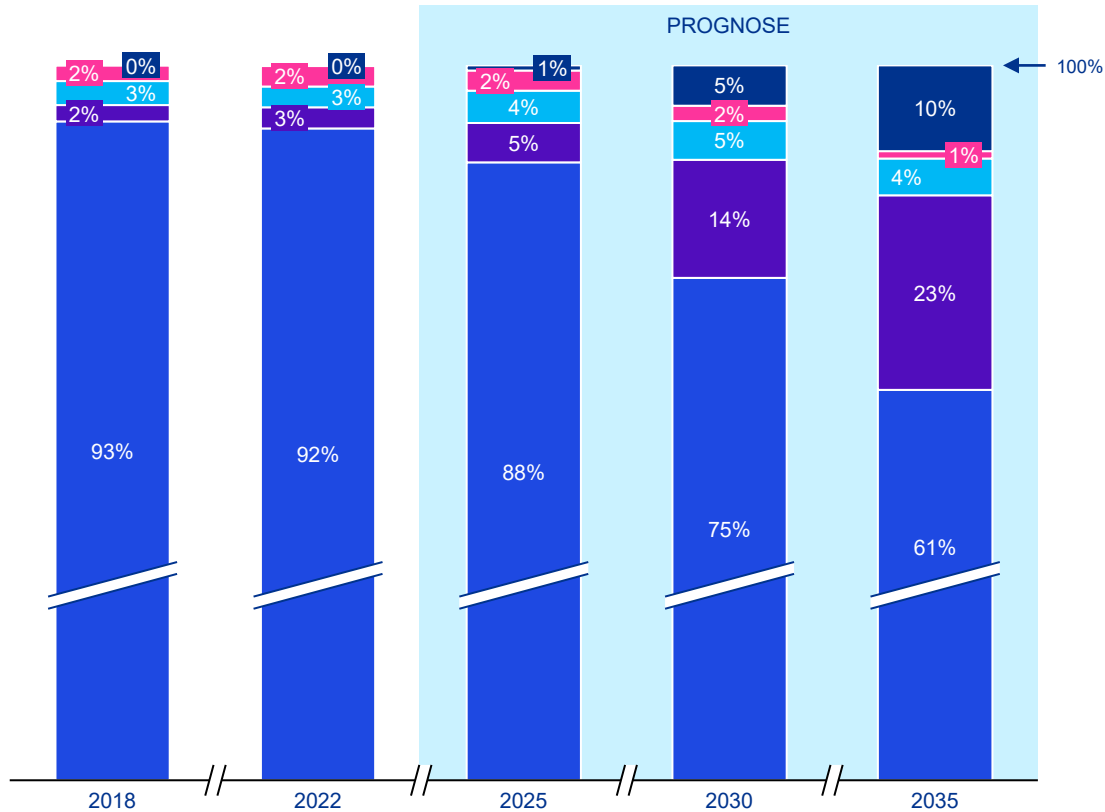
Management samenvatting

1. Rol van waterstof in Nederlandse mobiliteitssysteem
2. Aantrekkelijkheid van waterstof vs. andere zero emissie aandrijflijnen
3. De rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's
4. De beschikbaarheid van waterstof voor het Nederlandse mobiliteitssysteem

3.6

Aangezien BEV op de meeste factoren superieur lijkt te zijn aan FCEV en de toepasbaarheid van waterstoftrucks beperkt lijkt tot de ~25% van het vrachtwagenpark (zie p.48) dat lange afstanden rijdt, is de verwachting dat FCEV flink achterblijft bij BEV tegen 2030. FCEV zal toegepast worden voor trucks waar de range van de huidige BEV-technologie (~400km) tekort schiet en dit betreft primair zware vrachtwagens die gebruikt worden voor afstanden van 700km-1.400km.

Aandelen van verschillende brandstoftypen in de productie van de vijf OEM's uit de peer-groep, 2018-2035P



“Zodra er een stevige waterstof-infrastructuur is gerealiseerd is de verwachting dat de elektrische laadinfrastructuur veel verder ontwikkeld is. Maar voor niche-segmenten zal waterstof wel belangrijk zijn, zoals zeer lange afstanden, oorlogen of expedities.” – Senior VP Truck Product Planning & Strategy bij Truck OEM

Interview feedback

CAGR (%)	2018-2022	2022-2030P	2030P-2035P
Waterstof	80	78	17
Benzine	1	1	-13
CNG/LNG	-9	13	0
BEV	1	30	11
Diesel	-6	2	-3

In combinatie met de beperkte huidige market-readiness van waterstoftrucks en -tankinfrastructuur resulteert dit in een achterblijvende penetratie in de totale truckproductie richting 2030

Noot: (a) CAGR = Compound annual growth rate / samengestelde jaarlijkse groei
Bron: Global Data LMC-A, McKinsey, Interview feedback, KPMG analyse

Management samenvatting

1. Rol van waterstof in Nederlandse mobiliteitssysteem

2. Aantrekkelijkheid van waterstof vs. andere zero emissie aandrijflijnen

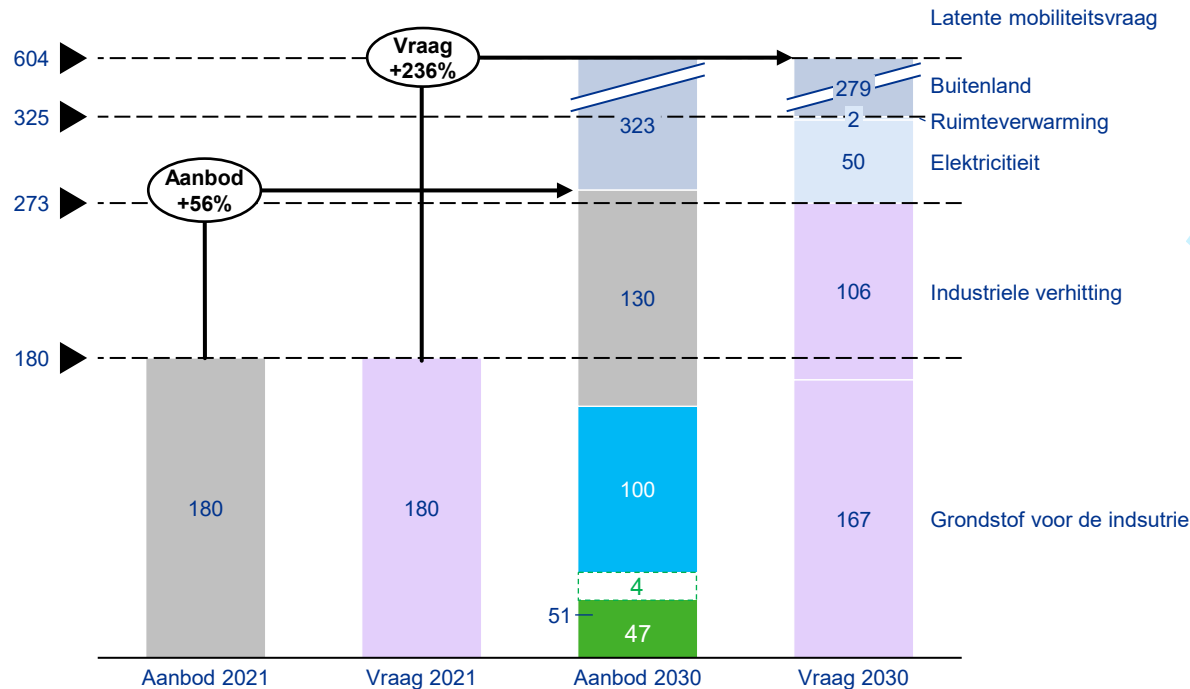
3. De rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's

4. De beschikbaarheid van waterstof voor het Nederlandse mobiliteitssysteem

4.1

Het aanbod van in Nederland geproduceerde waterstof is in 2030 onvoldoende om te voldoen aan alle (manifeste) vraag, met als gevolg dat er een prioriteitsstelling ontstaat bij allocatie van waterstof aan toepassingen. Prioriteitsstelling zal primair gedreven zijn door de mate waarin toepassingen bijdragen aan CO₂ besparing. Naar alle waarschijnlijkheid zal mobiliteit een lage prioriteit hebben en zal de hoogste prioriteit bij de zware industrie liggen. Dit wordt enerzijds gestimuleerd door CO₂ belastingen (ETS) en anderzijds doordat de overheid actief stuurt richting optimalisatie van CO₂ besparing. In de periode na 2030 zal naar verwachting additionele waterstof productiecapaciteit in de markt beschikbaar komen waardoor er meer ruimte ontstaat voor mobiliteit.

Prioriteitsstelling van sectoren voor waterstof (H₂ in PJ), 2021-2030



Aanbod naar type H₂c

■ Groen ■ Blauw ■ Grijs ■ Import/export
 □ Update Groen

Voorwaarde voor de doorontwikkeling van de waterstof waardeketen is (bij-)sturing vanuit de overheid omdat er op dit moment geen (productie)aanbod is van duurzame waterstof.

Omdat marktpartijen pas zullen investeren in de opschaling van de productie bij een positieve businesscase, gedreven door een toename van de (concrete) vraag, erkent de overheid dat het zal moeten ingrijpen d.m.v. subsidies voor duurzame waterstof productie en een transport backbone.

In de vraag-aanbod balans ontstaat een tekort waardoor niet aan alle (latente) vraag voldaan kan worden. In de prioriteitsstelling zal mobiliteit naar alle waarschijnlijkheid geen hoge prioriteit hebben als off take kanaal.

Uit meerdere overheidspublicaties blijkt dat de overheid prioriteit geeft aan afname van duurzame H₂ in de industrie. Indien deze prioritering niet indirect via subsidies afdwingbaar is, mogelijkheden overweegt om middels aan afnameverplichting de allocatie af te dwingen.

Huidig verbruik van waterstof is beperkt tot grondstof voor de industrie. Nieuwe toepassingen vergroten de vraag richting 2030.

Legenda: ■ Vraagvoorziening ■ Vraagtekort

Note: a) Ervan uit gaand dat alle groen, blauw en grijs geproduceerde waterstof ook in Nederland gebruikt wordt

Bron: IEA, TKI, TNO, IPCEI, Beleidsprogramma Klimaat, Klimaatakkoord, Kabinetsvisie waterstof, Change.Inc, KPMG Analyse

Management samenvatting

1. Rol van waterstof in Nederlandse mobiliteitssysteem

2. Aantrekkelijkheid van waterstof vs. andere zero emissie aandrijflijnen

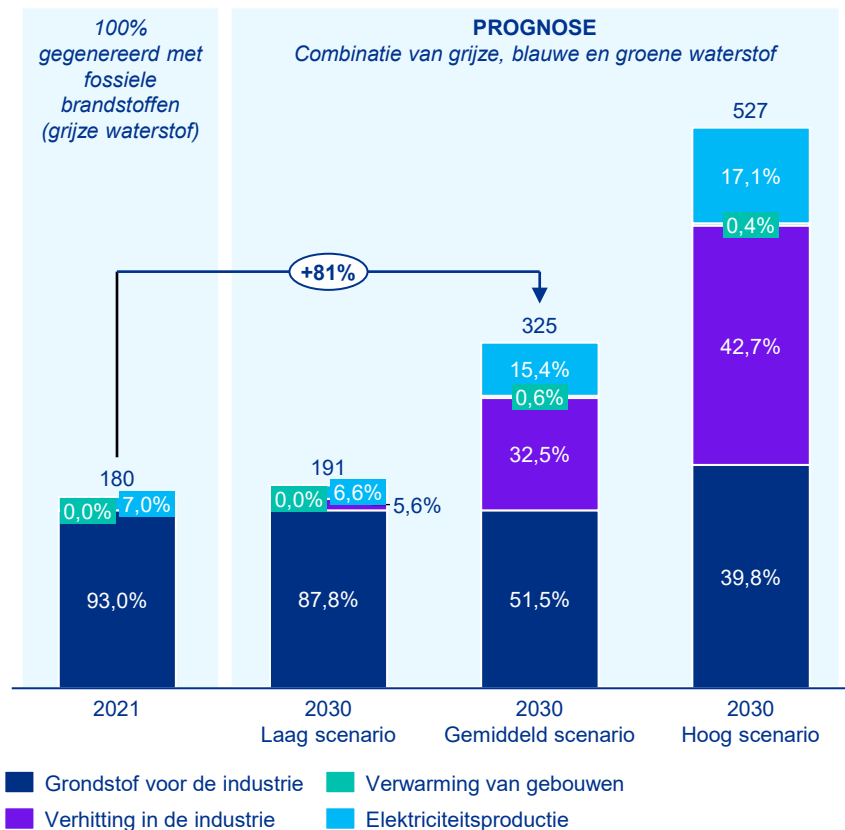
3. De rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's

4. De beschikbaarheid van waterstof voor het Nederlandse mobiliteitssysteem

4.2

Waterstof wordt momenteel voornamelijk als grondstof gebruikt voor de industrie waarbij het aanbod in Nederland volledig grijs is en wordt geschat op ~180 PJ op basis van vijf industriële clusters. De ontwikkeling van de vraag naar waterstof in Nederland zal naar verwachting groeien met ~80% tot 2030 en in het gemiddelde scenario uitkomen op jaarlijks 325PJ. Groene waterstof is een CO₂-vrij alternatief en heeft potentie om op een breed aantal toepassingen de economie te de-carboniseren. Na 2030 zal naar alle waarschijnlijkheid het aanbod van waterstof verder toenemen waardoor er meer aanbod is om te voldoen aan (latente) vraag van diverse toepassingen, waaronder mobiliteit.

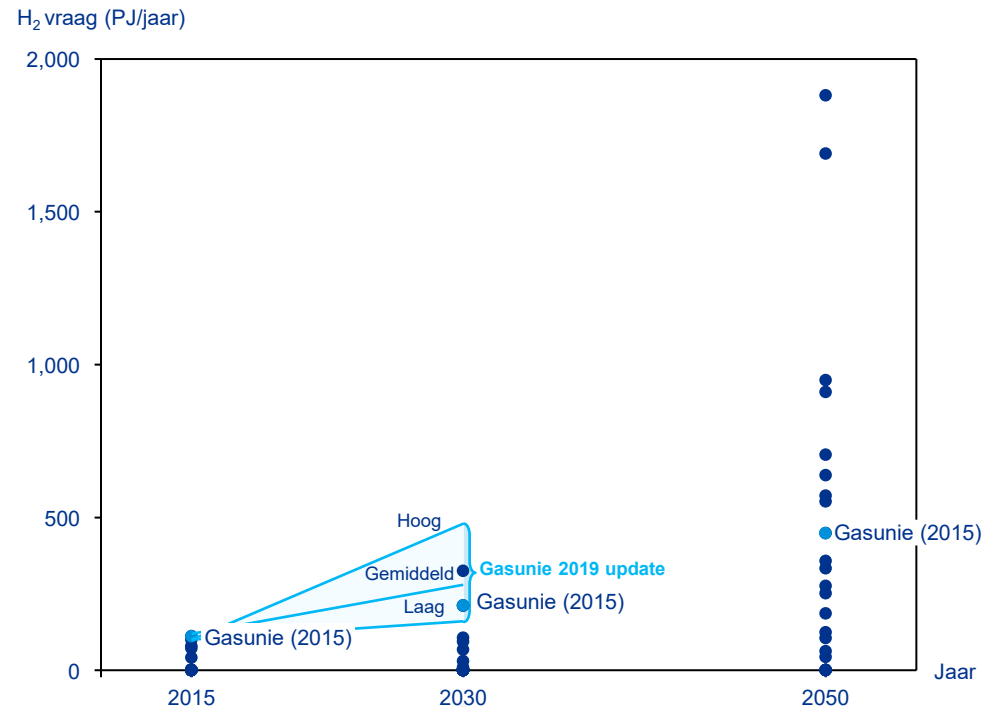
Huidige en toekomstige vraag naar waterstof in Nederland (PJ)^(a), 2021-2030



Noot: (a) Exclusief de vraag van de mobiliteitssector naar H₂

Bron: DNV GL, Gasunie, Hydrohub HyChain 1, IEA, KPMG analyse

Totale huidige en toekomstige vraag naar waterstof in Nederland, spreiding van 25 verschillende studies, 2015-2050



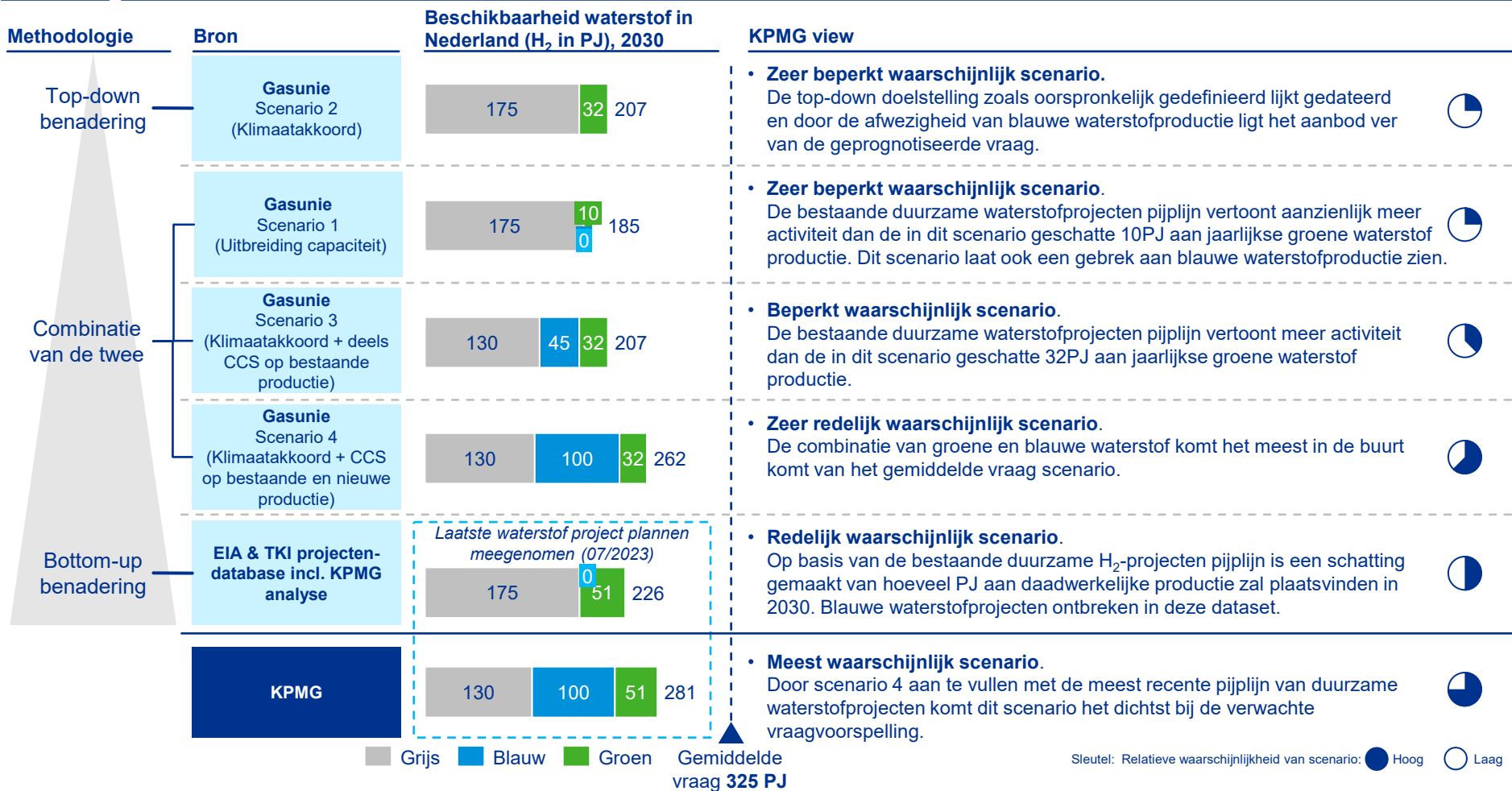
De primair gebruikte bron voor deze studie is Gasunie (2019) en vertegenwoordigt een gemiddeld scenario. De laag / midden / hoog scenario's zijn bottom-up opgebouwd op basis van de toepassingen. De gebruikte waterstofvraag datapunten komen van (onafhankelijke) onderzoeksbureaus, energiebedrijven en wetenschappers.

Management samenvatting

1. Rol van waterstof in Nederlandse mobiliteitssysteem
2. Aantrekkelijkheid van waterstof vs. andere zero emissie aandrijflijnen
3. De rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's
4. De beschikbaarheid van waterstof voor het Nederlandse mobiliteitssysteem

4.3

Toenemende vraag door verbreding van waterstoftoepassingen heeft naast een ontwikkeling in productietechnologie (naast grijs ook blauw en groen) en verbeterde transport van waterstof impact op het aanbod van waterstof in 2030. De verschillende bronnen prognosticeren een aanbod van tussen de 185 PJ en 262 PJ in 2030 in Nederland. Geen hiervan voldoet aan het gemiddelde vraag scenario van 325 PJ. Hierbij is de vraag van waterstof voor de automotive sector nog niet meegenomen én nog geen rekening gehouden met vraag vanuit de internationale waardeketen. België en Duitsland zullen naar verwachting ook te maken krijgen met een tekort wat verder impact kan hebben op de Nederlandse waterstof balans.

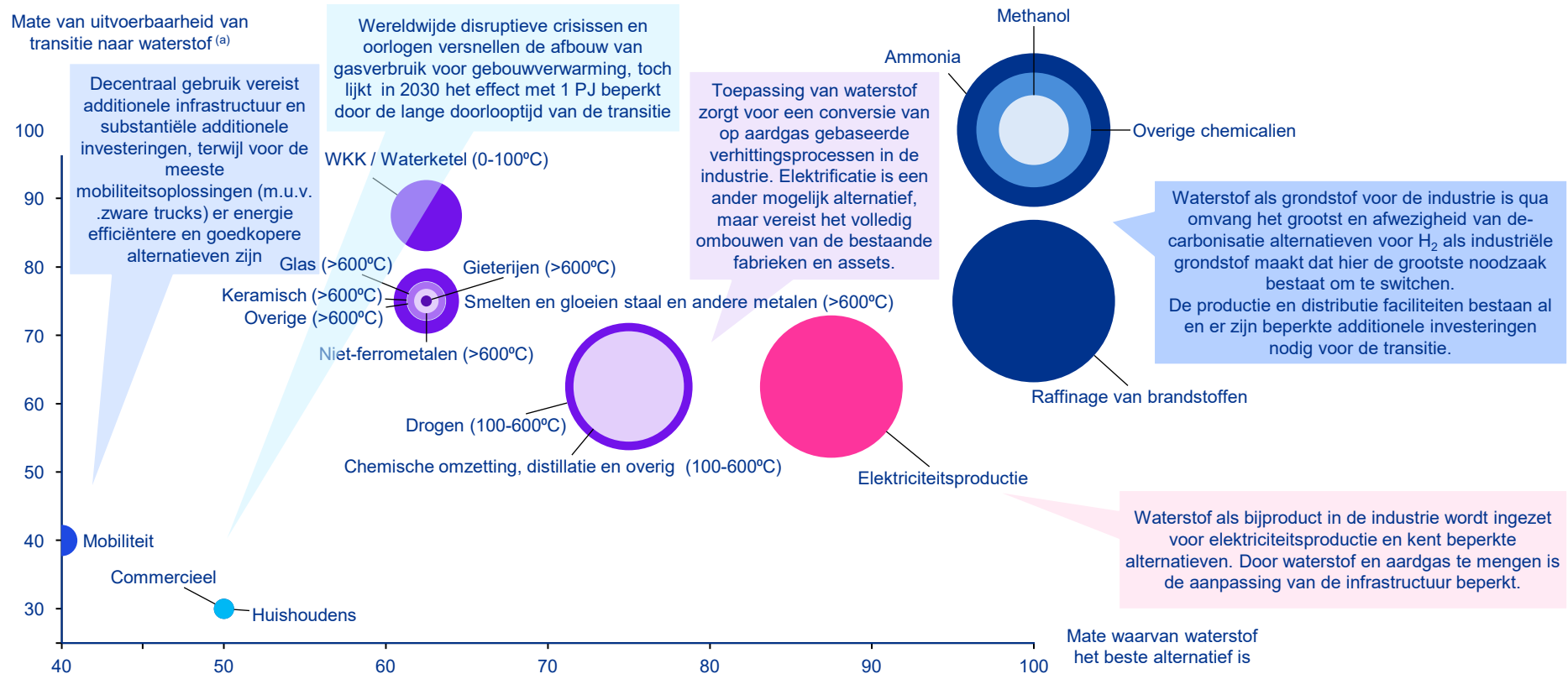


Bron: IEA, TKI, TNO, Gasunie, KPMG analyse

4.4

Op basis van een op 'CO₂-reductie potentieel' gebaseerde prioriteitsstelling zal de vraag naar (groene) waterstof allereerst in de industriegrondstoffen sector voldaan worden, gevolgd door waterstof voor elektriciteitsproductie, verhitting in industrie en als laatste voor ruimteverwarming. Waterstof als grondstof voor de industrie levert meer CO₂ besparing op, heeft minder infrastructuur- en distributiekosten en heeft beperkt alternatieven. In dezelfde volgorde wordt verwacht dat de sectoren bereid zijn om te betalen voor waterstof, waarbij het voor de Nederlandse mobiliteitssector door de hoge mate van aantrekkelijkheid van BEV-alternatieven, gekenmerkt door beperkt conversieverlies en lage overstapkosten voor de consument, relatief onaantrekkelijk is om op waterstof te richten..

Relatieve vraag naar waterstof per sector (grootte bubbel), afgezet tegen de mate van uitvoerbaarheid van een transitie naar waterstof (Y-as) en mate van of waterstof het beste duurzame alternatief is (X-as), 2030FC



Management samenvatting

1. Rol van waterstof in Nederlandse mobiliteitssysteem

2. Aantrekkelijkheid van waterstof vs. andere zero emissie aandrijflijnen

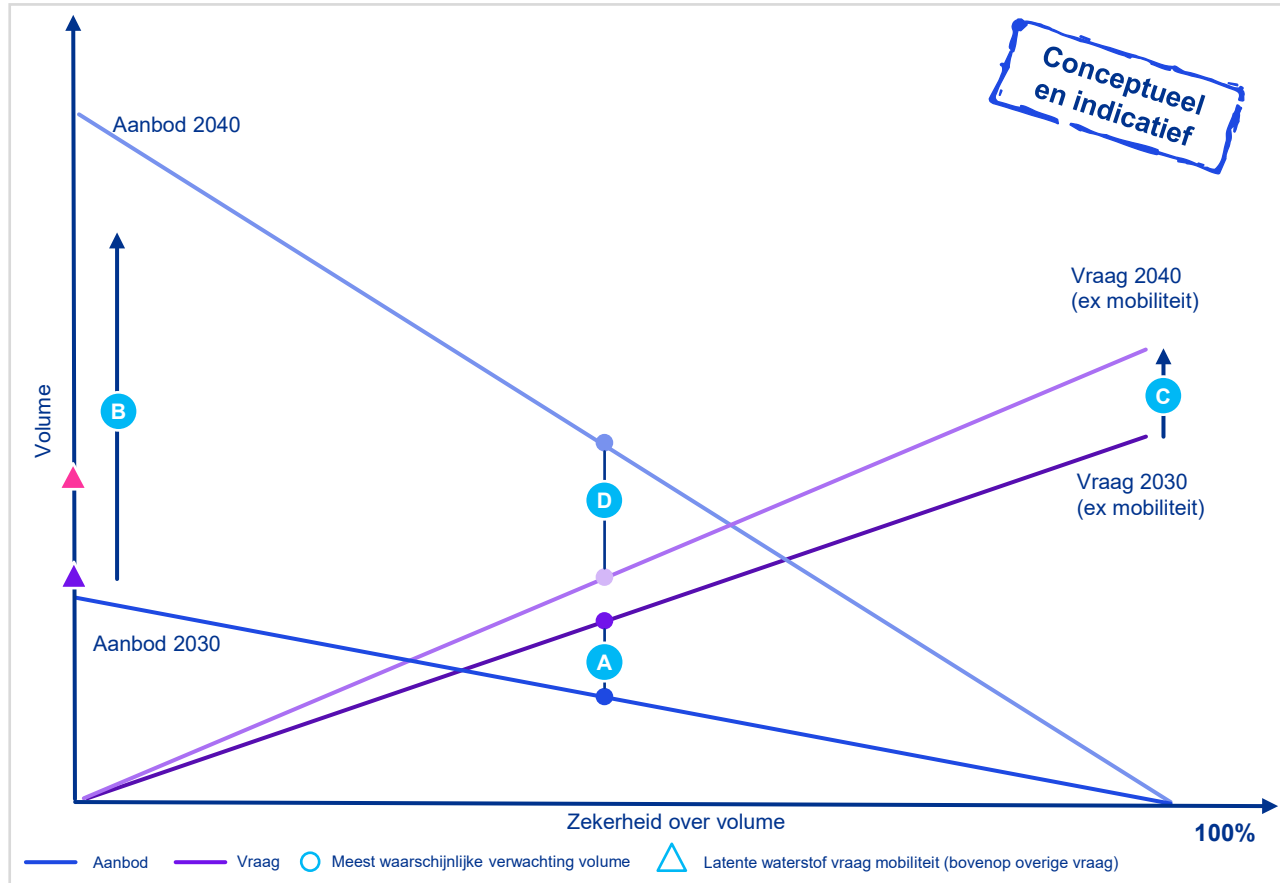
3. De rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's

4. De beschikbaarheid van waterstof voor het Nederlandse mobiliteitssysteem

4.5

Na 2030 zal het aanbod van waterstof, door groei van lokale productie en import, naar verwachting sneller stijgen dan de vraag uit traditionele toepassingen van waterstof. Hierdoor lijkt er tegen 2040 wel voldoende waterstof beschikbaar te zijn in Nederland, waardoor ook de sector mobiliteit van groene waterstof voorzien kan worden.

Vraag (expliciet) en aanbod verwachting van groene waterstof in Nederland



- A** In 2030 is het aanbod van groene substantieel kleiner dan de expliciete vraag en is er niet of nauwelijks beschikbaarheid van waterstof voor andere toepassingen dan voor de zware industrie.
- B** Door een grote verwachte stijging van de lokale productie en de toenemende mogelijkheden van import van waterstof (met name uit MENA gebied waar productie uit zonne-energie kan plaatsvinden), zal het aanbod van waterstof na 2030 sterk stijgen, voornamelijk richting 2040.
- C** De vraag naar waterstof zal veel minder sterk stijgen: de stijging van de vraag vanuit toepassingen als verwarming zullen gemitigeerd worden door een lagere vraag van de zware industrie, aangezien een activiteiten van een deel van de zware industrie zal krimpen (o.a. raffinage zal afnemen richting 2040).
- D** Tegen 2040 zal er meer (potentieel) aanbod zijn dan gevraagd wordt door de traditionele toepassingen van waterstof, waardoor er ruimte is voor de vraag vanuit de mobiliteitssector.

Bron: DNV GL, Gasunie, Hydrohub HyChain 1, IEA, KPMG analyse

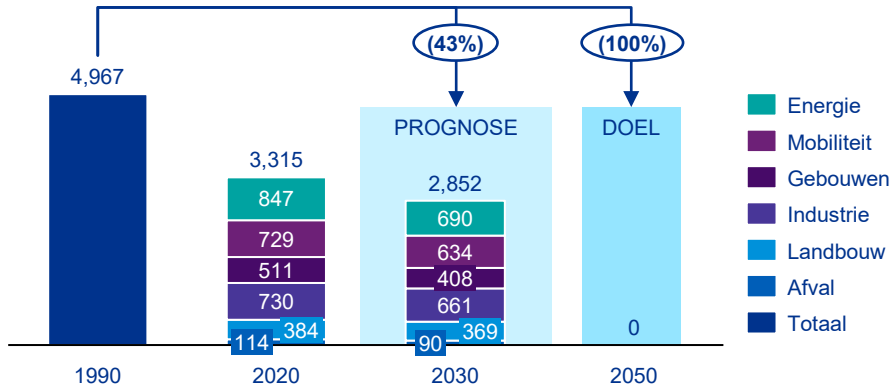
02

Aantrekkelijkheid van waterstof ten opzichte van andere zero emissie aandrijfliijnen



CO₂-emissiedoelstellingen zijn de drijvende kracht achter de verduurzaming van Europa, waarin waterstof een rol moet gaan spelen

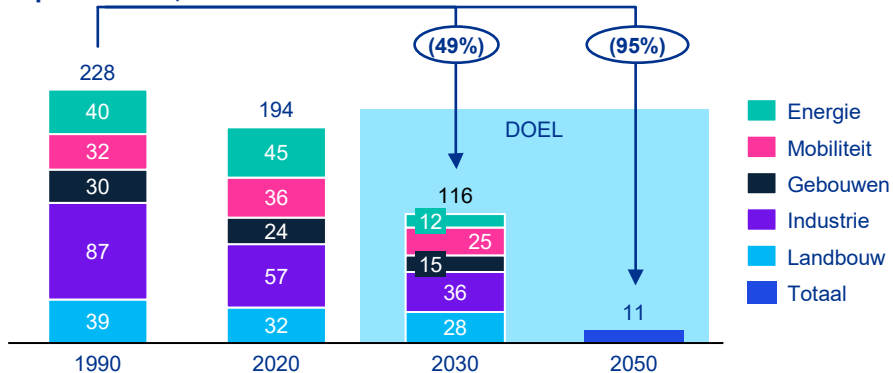
EU broeikasgas-uitstoot per sector, historisch, geprognosticeerd en reductiedoelen; Mton CO₂-equivalenten; 1990-2050



Het Klimaatakkoord van Parijs drijft de energietransitie wereldwijd, waarbij de EU zich in 2050 aan een doel van 100%-netto-reductie t.o.v. 1990 heeft gecommitteerd

- In 2015 heeft Nederland samen met ~190 andere landen het Klimaatakkoord van Parijs ondertekend om de opwarming van de aarde te reduceren als gevolg van de emissie van broeikasgassen.
- Om de doelstellingen die zijn geformuleerd te bereiken, moet de gehele waardeketen worden herzien. Dit impliceert dat alle energie-consumerende industrieën (huishoudens, productie, mobiliteit, etc.) het productie- en consumptiegedrag zullen moeten veranderen. Deze transitie is een grote uitdaging en vereist nieuwe oplossingen.
- De prognose voor CO₂-equivalent-reductie in 2030 is een afname van 43% ten opzichte van 1990, wat impliceert dat het oorspronkelijke doel van 55%-reductie niet wordt gehaald.

NL broeikasgas-uitstoot, historisch en reductiedoelen; Mton CO₂-equivalenten; 1990-2050



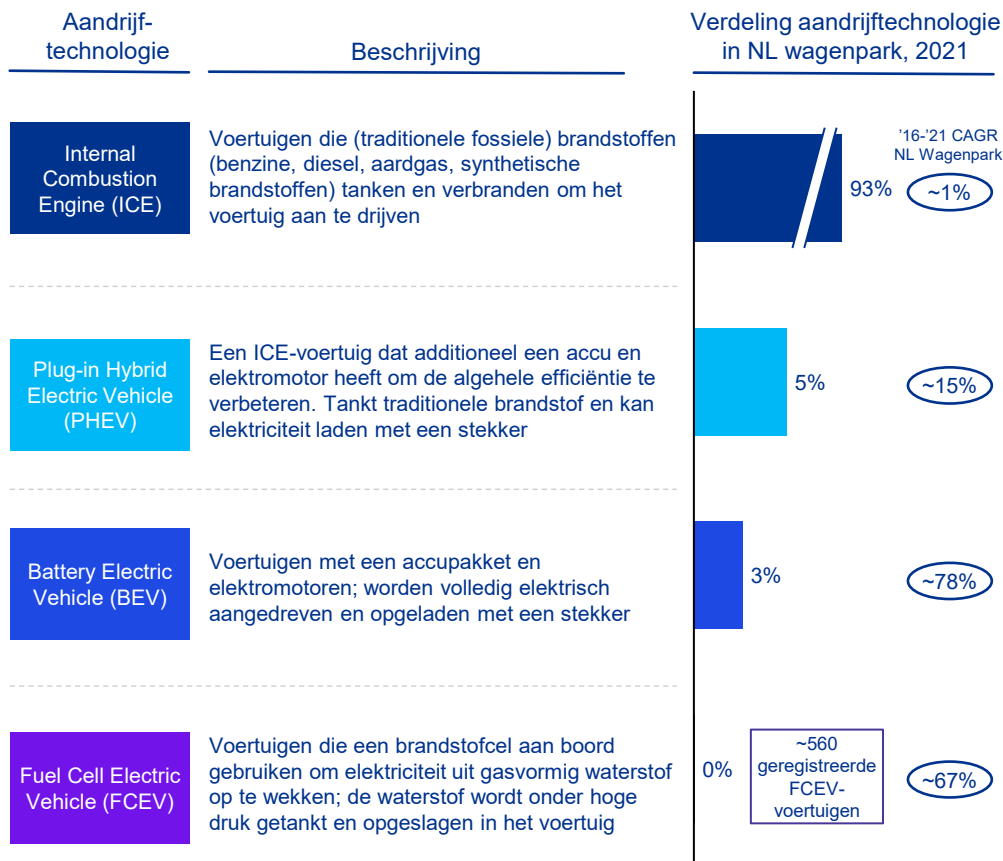
In Nederland wordt waterstof verwacht een belangrijke rol te spelen in het behalen van de emissiereductiedoelen

- De Nederlandse overheid heeft binnen de kaders en doelstellingen van het Parijsakkoord haar eigen klimaatakkoord opgesteld.
- Om de reductiedoelen van 49% in 2030 en 95% in 2050 ten opzichte van 1990 te kunnen realiseren, is er het afgelopen decennium sterk ingezet op het verduurzamen van de energiewaardeketen.
- Waterstof wordt in Nederland als een belangrijk puzzelstuk in het ontwikkelen van een duurzame energiewaardeketen gezien.

Bron: EEA, European Commission, Rijksoverheid, Klimaatakkoord, Klimaat- en Energieverkenning 2019, KPMG-analyse

In het mobiliteitssysteem wordt voor verduurzaming voorlopig sterk op elektrificatie ingezet als alternatief voor fossiele brandstoffen...

Nederlandse wagenpark (personenauto's en bestelwagens) naar aandrijving



In het mobiliteitssysteem is de belangrijkste transformatie voor de realisatie van de 2030 en 2050-doelen de beweging van fossiele brandstoffen naar (gedeeltelijk) elektrisch aangedreven voertuigen

- Hoewel het overgrote deel van het Nederlandse wagenpark momenteel nog bestaat uit primair fossiele-brandstof aangedreven voertuigen (93% in 2021), is het elektrisch aangedreven voertuig bezig met een sterke opmars in de laatste jaren (gemiddeld 78% jaarlijkse toename sinds 2016).
- Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV's) hebben een groter aandeel in de vloot dan Battery Electric Vehicles (BEV's), met name omdat de opmars van PHEV's eerder is gestart dan die van BEV's. De historische groeitrend is momenteel – en naar verwachting richting de toekomst – sterk in het voordeel van BEV's. De verwachting is daarom dat BEV op de korte termijn een groter aandeel in de vloot zal innemen.
- De sterke opmars van elektrische voertuigen (BEV's) (gemiddeld 78% jaarlijkse groei van BEV-vloot) is voornamelijk gedreven door sterke subsidieregelingen vanuit de overheid:
 - De Nederlandse overheid is een voorloper in Europa op het gebied van het uitrollen van beleid dat elektrische voertuigen stimuleert.
- Waterstof aangedreven voertuigen (FCEV's) vervullen momenteel een niche-rol in het huidige Nederlandse wagenpark, gezien de slechts ~560 registraties in 2021.
- Fossiele brandstoffen spelen in ieder geval tot en met 2030 een dominante rol in de energiemix voor de mobiliteitssector.
- Hoe de mix er in 2050 uit gaat zien is nog onduidelijk en afhankelijk van de snelheid van de ingroei van elektrisch en waterstof aangedreven voertuigen.

Bron: RDC, Klimaat en energieverkenning 2019, KPMG-analyse

FCEV's hebben een goede actieradius, snelle tankmogelijkheden, maar zijn nog inefficiënt, duur en de infrastructuur is beperkt

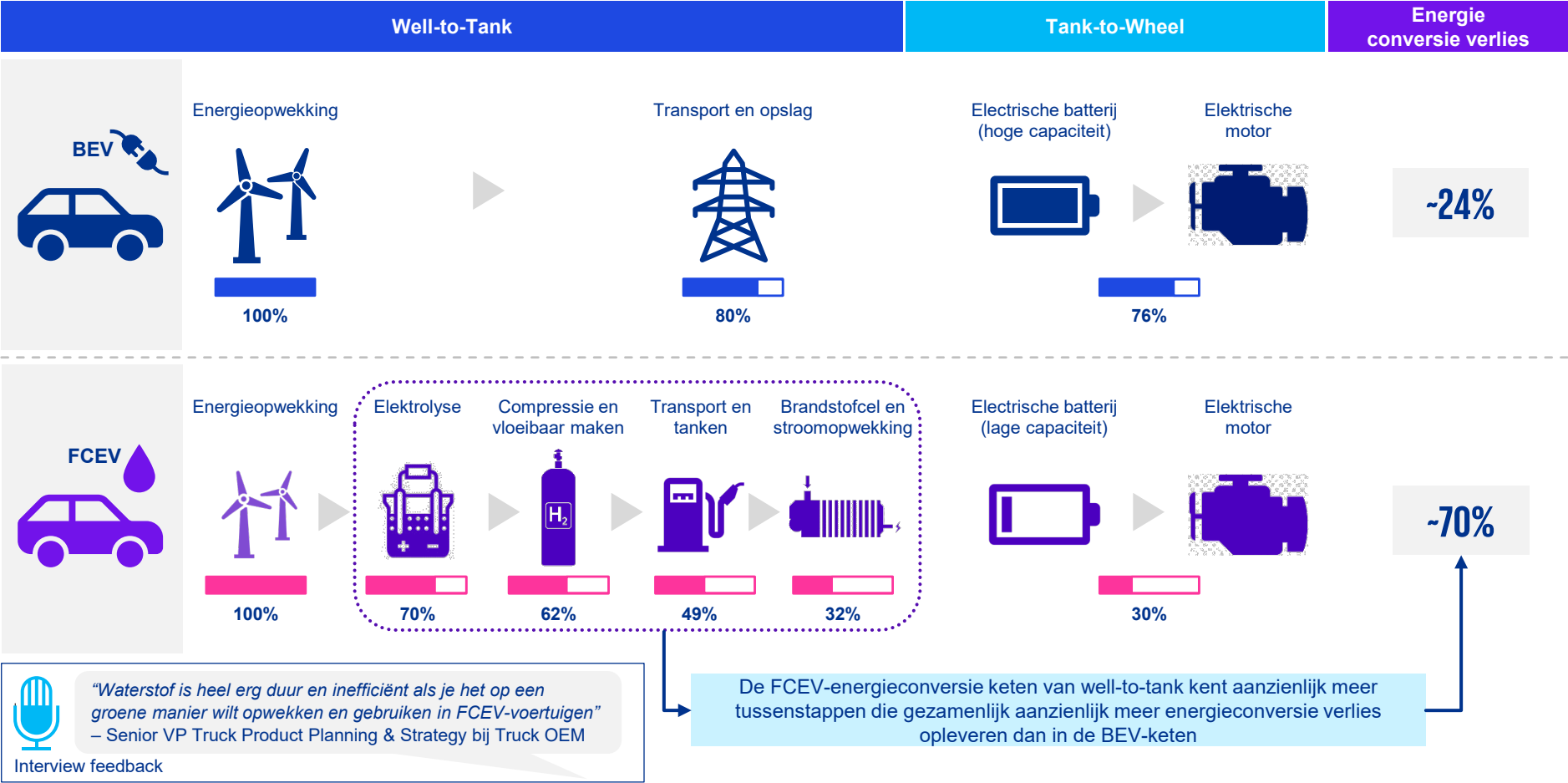
Overzicht van karakteristieken ICE-, BEV- en FCEV-voertuigen				
	Internal Combustion Engine (ICE)	ICE met biobrandstof	Battery Electric Vehicle (BEV)	Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)
Aandrijving	Verbrandingsmotor	Verbrandingsmotor	Electromotor	Electromotor
Energiedrager	Benzine, diesel, LPG, CNG	Biobrandstof (m.n. biodiesel)	Elektriciteit (opslag in batterij)	Waterstof (transmissie naar elektriciteit via brandstofcel)
Tankduur	Aantal minuten	Aantal minuten	>1 uur, maar wordt steeds korter	Aantal minuten
Levensduur	~20 jaar	~20 jaar	Accu moet vervangen worden in 10+ jaar	Wordt nog getest
Bereik (passagiersvoertuig)	>1000km per tank	>1000km per tank	~400 – 500km op een volgeladen accu; bereik wordt steeds groter	>600km per tank
Bereik (commercieel voertuig)	>600km (truck), >300km (bus)	>600km (truck), >300km (bus)	~400km (truck), ~250km (bus); ; bereik wordt langzamer groter	400 - 800km (truck), 350km (bus)
Prijs (relatief)	€	€	€€, maar dalende trend	€€€
Onderhoudskosten	€€	€€	€	€€, maar wordt nog getest
CO ₂ -emissies	~100 -180 gram CO ₂ / km (PV) ~800 - 2300 gram CO ₂ / km (truck)	Uitstoot aan de uitlaat vergelijkbaar met traditionele ICE, maar betreft bio-based CO ₂ .	Geen uitstoot van de auto; bij groene elektriciteitsproductie helemaal geen CO ₂ . Wel substantiële uitstoot tijdens productieproces door de gehele keten.	Geen uitstoot van de auto; bij groene waterstofproductie helemaal geen CO ₂ . Wel substantiële uitstoot tijdens productieproces door de gehele keten.
Voertuig-efficiëntie	Laag	Laag	Hoog	Laag
Infrastructuur-efficiëntie	Tankstations, ruim aanwezig	Tankstations, ruim aanwezig; biodiesel productie in opschaling	Laadpalennetwerk (thuis en publiek) in NL goed, in de EU nog beperkt aanwezig. Verdere groei vereist uitbreiding van electriciteitsnetwerk.	Waterstoftankstations, zeer beperkt aanwezig
Capaciteit van productie	Overcapaciteit in Europa	Overcapaciteit in Europa	Grondstofschaarste en tekort aan productiecapaciteit beperkt productie	Beperkte waterstof beschikbaarheid en weinig productiecapaciteit

Bron: KPMG-analyse

Door de huidige technologische voorsprong en het momentum van BEV-voertuigen neemt de aantrekkelijkheid snel toe, waarbij de nadelen t.o.v. FCEV verdwijnen door investeringen op het gebied van laadcapaciteit en bereik (zie volgende pagina)

BEV heeft een aanzienlijk betere energieconversie dan FCEV

Overzicht energieconversie verlies voor een BEV- versus FCEV-auto (indicatief)



Bron: Volkswagen, KPMG-analyse

BEV's zijn vanuit een technologisch perspectief minder complex en hebben een lagere onderhoudsbehoefte

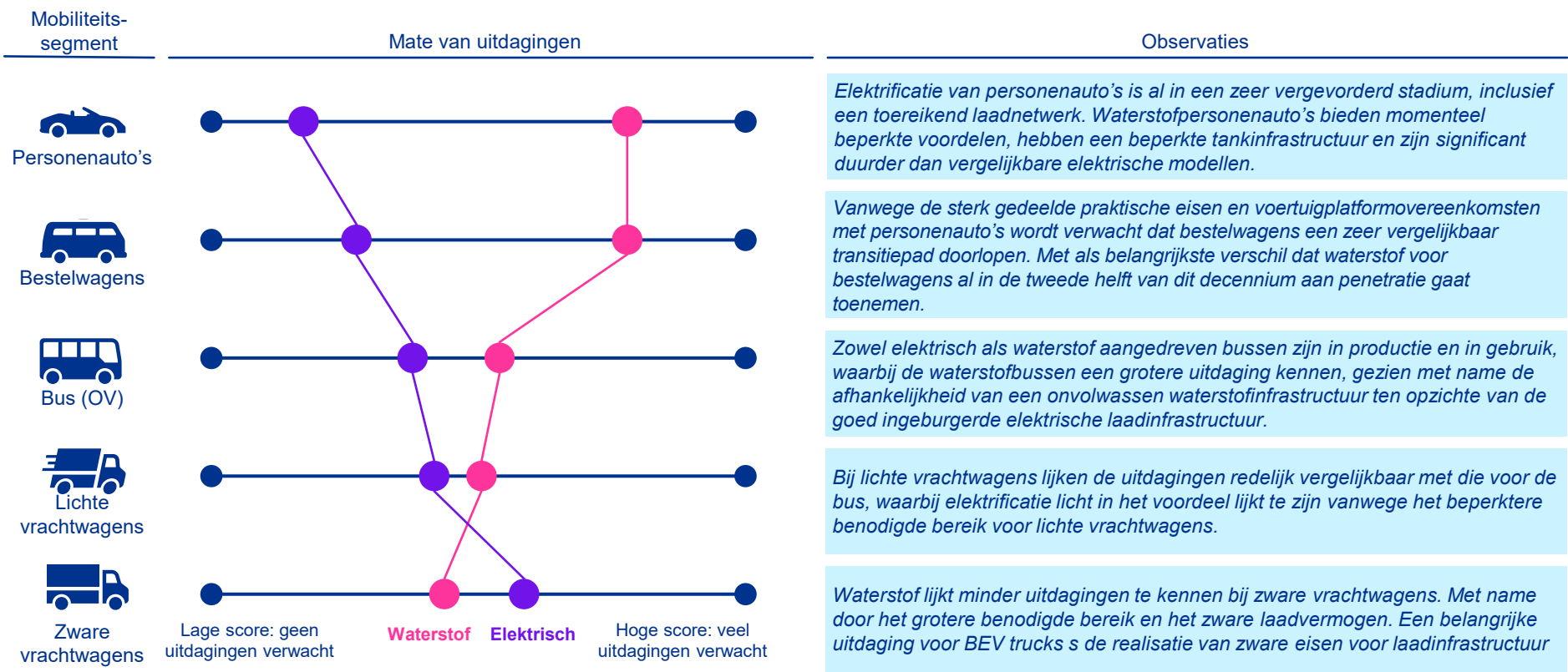
Aandrijftechnologie		IC	PHEV Plug-in hybrid electric vehicle	EREV Extended range electric vehicle	BEV Battery electric vehicle	FCEV Fuel cell electric vehicle
Componenten	Battery/Capacitor	Battery case	×	✓	✓	✓
		Battery charger	×	✓	×	×
		Battery ECU	×	✓	✓	✓
		Battery/capacitor parts	×	✓	✓	✓
		Capacitor	×	✓	✓	✓
		Lithium-ion battery	×	✓	✓	×
		Nickel metal hydride battery	×	✓	✓	✓
		Various battery	×	(✓)	(✓)	×
		Battery/capacitor parts	×	✓	✓	✓
	Drivetrain	Drive train system parts	×	✓	✓	✓
		Generator	×	✓	✓	✓
		Traction motor	×	✓	✓	✓
	FC System	Fuel cell	×	×	×	✓
		Fuel cell stack	×	×	×	✓
		Fuel cell system parts	×	×	×	✓
		Hydrogen tank	×	×	×	✓
	Power Control	Converter	×	✓	✓	✓
		Inverter	×	✓	✓	✓
		Power control system parts	×	✓	✓	✓
		Power ECU	×	✓	✓	✓

- De aandrijflijn van een BEV en FCEV is vergelijkbaar: ze zijn beide voorzien van een elektromotor en batterij. Een FCEV heeft tevens een waterstoftank en brandstofcel en die constant energie levert aan het elektrische systeem
 - De batterij in een FCEV is kleiner en bedoeld om regeneratie van energie mogelijk te maken en stroomwisselingen op te vangen
 - Een BEV is relatief eenvoudig (en goedkoop) te onderhouden, FCEV-systeem heeft extra componenten en daardoor ook onderhoud, FCEV voertuigen kunnen daarentegen lichter worden gebouwd (door de kleinere batterij)
- ▼
- Hoewel FCEV's ook voordelen hebben, bieden BEV's in dit decennium vanuit een technologisch perspectief een betere propositie (voertuigarchitectuur en onderhoudsbehoefte)

Bron: Marktlane, KPMG Automotive instituut

FCEV's hebben minder uitdagingen voor zwaardere voertuigen, maar BEV's hebben momenteel de prioriteit voor autofabrikanten

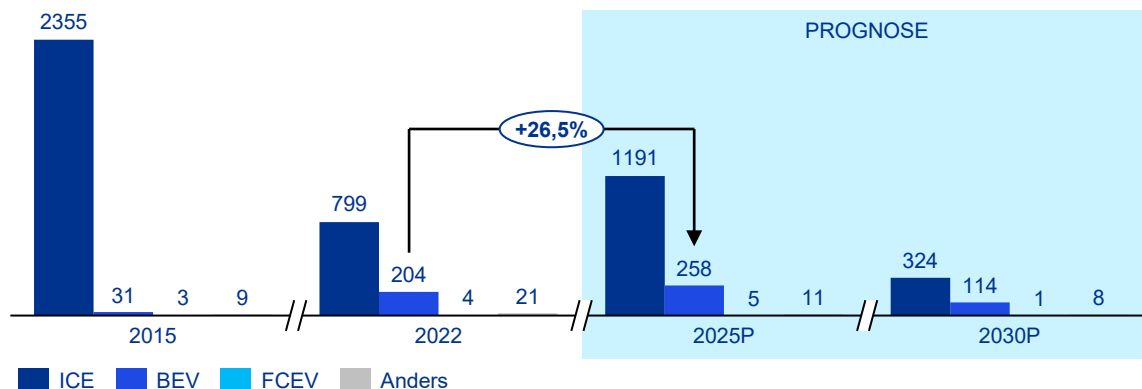
Indicatief overzicht van mate van uitdagingen voor succesvolle markttitrol elektrische en waterstofvoertuigen



Bron: KPMG-analyse

Fabrikanten investeren volop in BEV en zullen het aantal modellen in het portfolio sterk uitbreiden in de komende 3 jaar

Overzicht van het aantal verschillende personenauto modellen jaarlijks in productie naar aandrijflijntechnologie (#), 2015-2030P



Bron: Global Data LMC-A; KPMG-analyse

Snellaadtechnologie met megawatt-capaciteit maakt BEV's aantrekkelijker voor zware bedrijfsvoertuigen op lange afstanden...

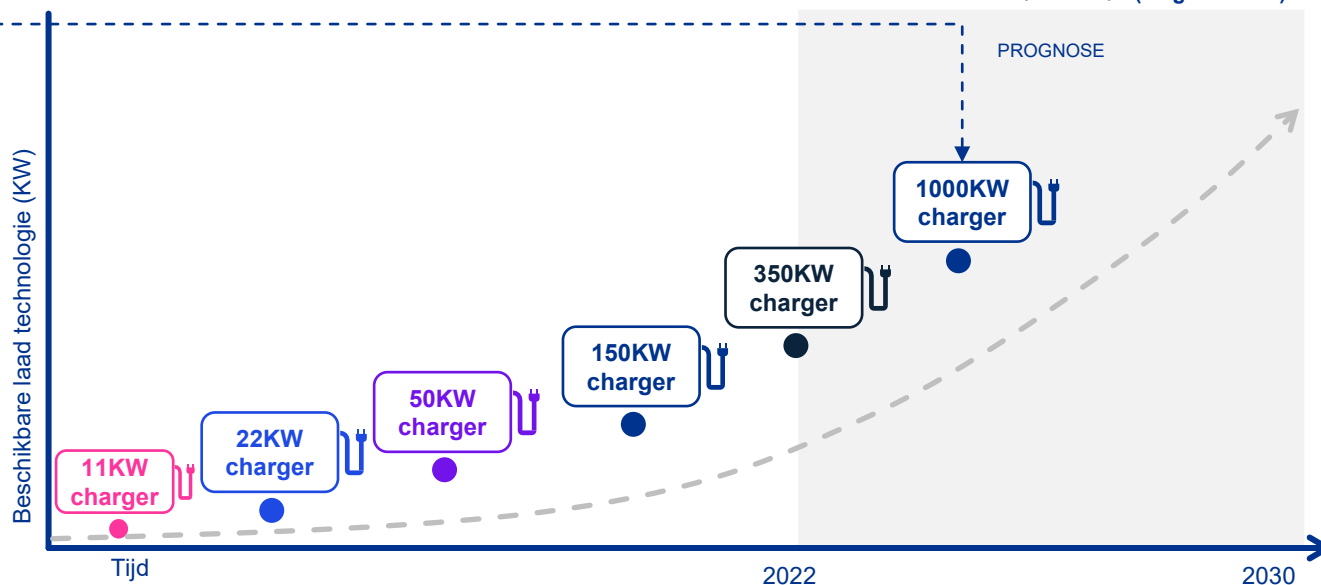
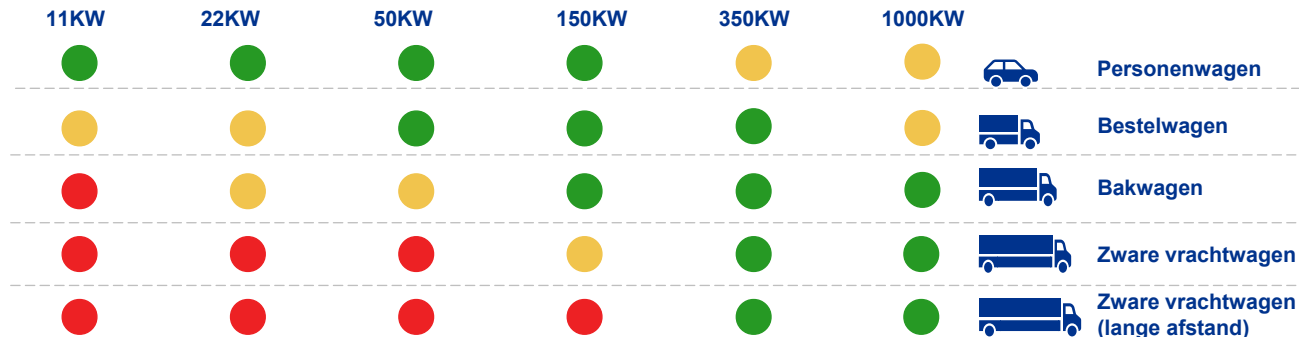
Ontwikkeling in laadinfrastructuur versus geschiktheid voor type voertuig

2022 TRATON GROUP, Daimler Truck en de Volvo Group starten de Europese joint venture voor laadinfrastructuur

"Zoals vorig jaar aangekondigd, is de joint venture (JV) van plan om ten minste 1.700 hoogwaardige groene-energielaadpunten te installeren en te exploiteren op en nabij snelwegen en op logistieke knooppunten in heel Europa. De partijen verbinden zich ertoe om in totaal € 500 miljoen te investeren, wat naar verwachting verreweg de grootste investering in laadinfrastructuur in de Europese zware vrachtwagenindustrie tot nu toe is."

2022 Megawatt opladen in zicht

"CharlN een wereldwijde vereniging die tot een gestandaardiseerde laadinfrastructuur wil komen, werkt al enkele jaren aan een krachtiger systeem. Op het 35e symposium voor elektrische voertuigen in juni 2022 werd de MCS geïntroduceerd toen een Alpitronic-lader werd aangesloten op een Scania-vrachtwagen, met de nieuwe gestandaardiseerde connector voor MCS en een simulatie van het laden met 1,2 MW. Deze technologie zal elektrische vrachtwagens mogelijk maken zonder de logistieke stromen op het Europese en Noord-Amerikaanse transportnetwerk te verstoren. "Het MCS is een mijlpaal voor met name vrachtwagens voor lange afstanden, waar de rij- en rusttijden moeten worden aangehouden - 4,5 uur rijden en 45 minuten rusten. Dat vereist zowel snel opladen als een hoge capaciteit vanwege de omvang van de batterij", zegt Fredrik Allard, hoofd E-mobiliteit bij Scania."



Legenda: Score geschiktheid laadinfrastructuur voor type voertuig:

■ Hoog ■ Medium ■ Laag

Bron: NKL, McKinsey, Fleetmag, MAN, Scania, KPMG analyse.

...voornamelijk door steeds kortere laadtijden

Verwachte tijd om de batterij op te laden van 20% naar 80% voor lichte en zware bedrijfswagens met verschillende oplaadvermogens

Naar verwachting worden lichte bedrijfswagens 's nachts via AC laders opgeladen doordat:

- Het bereik naar verwachting groter is dan de gemiddelde dagelijks gereden afstand
- AC opladen goedkoper is dan DC laden

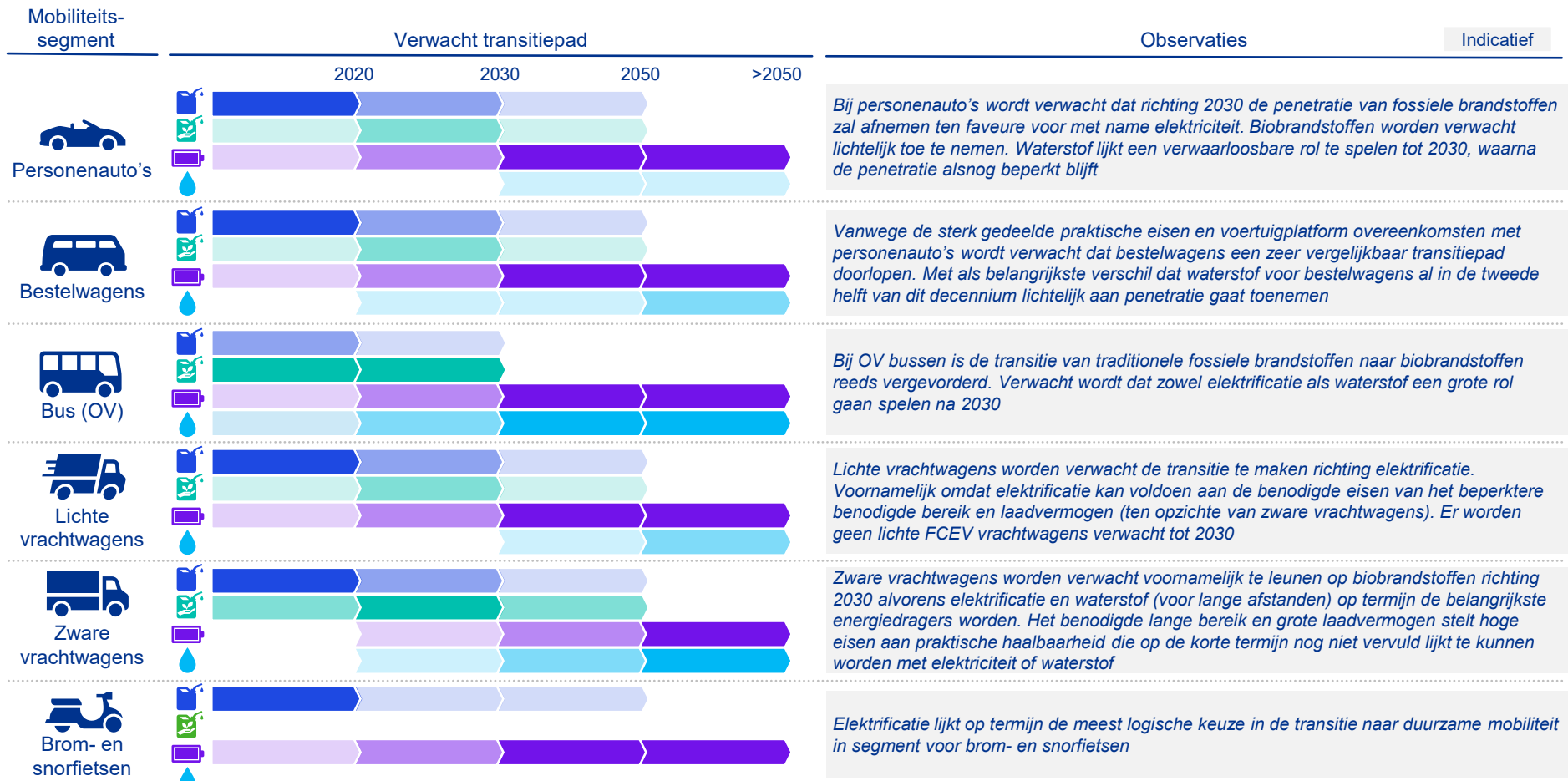
						Tijd om de batterij op te laden van 20% naar 80%						
						Thuis laden	Regulier laden	Snel laden	Snel laden	Ultrasnel laden	Ultrasnel laden	
						Vermogen (kW)	11	22	50	150	350	1000 (1MW)
						Type laden	AC	AC	DC	DC	DC	DC
						Beschikbaarheid technologie						
							Reeds beschikbaar	Reeds beschikbaar	Reeds beschikbaar	Reeds beschikbaar	Uitrol fase (2022)	In ontwikkeling (>2024)
Type	Gewicht	Gem. batterij pakket	Gem. max. bereik	Gem. Dagelijkse afstand								
Lichte bedrijfsvoertuigen	Bestelwagen		<3500kg	~80kWh	~250km	100-200	260 min	130 min	60 min	20 min	8 min	
	Bakwagen		<6500kg	~200kWh	~250km	100-200	650 min	330 min	135 min	45 min	20 min	7 min
Zware bedrijfsvoertuigen	Zware vrachtwagen		>6500kg	~300kWh	~250km	100-400	1000 min	500 min	200 min	70 min	30 min	11 min
	Zware vrachtwagen (lange afstand)		>12000kg	~400kWh	~430km	400-700	1380 min	700 min	300 min	100 min	45 min	15 min

Zware bedrijfswagens zullen naar verwachting door een combinatie van AC en (met name) DC worden opgeladen. Investeerders, truck OEM's en installateurs werken samen om megawatt laders te ontwikkelen en hebben de eerste prototypen aangekondigd, waarbij de verwachting is dat ze in 2024 op de markt komen. De Megawatt laders zijn in staat om zelfs zware lange-afstand vrachtwagens te laden in de wettelijk verplichte pauze tijd voor chauffeurs (na 4.5 uur 45 minuten pauze)

Bron: NKL, McKinsey, Fleetmag, MAN, Volvo, Lion, KPMG analyse

BEV zal het mobiliteitssysteem gaan domineren, waarbij waterstof voornamelijk in het zware transport toegepast gaat worden naast BEV

Verwachte transitiepaden voor verschillende mobiliteitssegmenten en (potentiële) duurzame energiedragers, penetratie in vloot per segment, 2020-2050+ ^(a)



Legenda:  Fossiele brandstof,  Biobrandstof,  Batterij EV,  Waterstof,  Hoge penetratie in vloot,  Gemiddelde penetratie in vloot,  Lage penetratie in vloot,  Geen penetratie in vloot

Noot: (a) De weergegeven paden zijn slechts een indicatie om trends weer te geven. De genoemde jaartallen zijn waar mogelijk gekoppeld aan concrete doelstellingen en bevindingen uit dit onderzoek. De onzekerheid neemt toe naar mate verder in de tijd gekeken wordt ;

Bron: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, KPMG analyse

Een succesvolle adoptie van zware waterstof voertuigen in de EU hangt af van wet-en-regelgeving, waarbij de ACEA drempels probeert weg te nemen

ACEA vertegenwoordigt Europa's 16 grote voertuig OEMs. Het doel van ACEA is om Europa's mobiliteitstransformatie vooruit te drijven op het gebied van duurzame, slimme, efficiënte, veilige en betrouwbare mobiliteit. Daarnaast behartigt ACEA de belangen van de mobiliteitsindustrie om het een globale en competitieve speler te laten blijven. De hierbeneden beschreven posities worden onderschreven door alle aangesloten OEM's.

Lobbypositie van ACEA op verschillende kernthema's omtrent H ² voertuigen	
Onderwerp	ACEA standpunten
Type voertuig	• ACEA is van mening dat waterstof geen optimale oplossing is om toe te passen in personenauto's. • Wel ziet ACEA een belangrijkere rol weggelegd voor waterstoftechnologie bij bestelwagens, met name omdat het platform bij BEV LCV's lastiger aan te passen is wanneer de accu al geïnstalleerd is in het chassis. Bij FCEV LCV's is dit beter mogelijk, omdat tanks makkelijker te verplaatsen zijn in de carrosserie dan accu's). • ACEA ziet waterstof een belangrijke rol spelen in het truck segment. Ze verwacht dat op de lange termijn ~10% van de vloot zal bestaan uit waterstof aangedreven trucks (2030+). BEV wordt verwacht een dominante positie in te nemen.
Type waterstof aandrijving	• ACEA heeft als doel innovatie op het gebied van waterstof zo snel mogelijk goedgekeurd en ingepast te krijgen in de huidige wet- en regelgeving. • ACEA pleit voor de snelle goedkeuring van het gebruik van waterstof verbrandingsmotortecnologie voor trucks. Momenteel zijn daar nog geen maatregelen voor.
Productie standaard	• Daarnaast pleit ACEA voor heldere en agnostische voertuig standaarden, vooral op het gebied van nieuwe technologie.
Tankinfrastructuur	• ACEA pleit in zijn algemeenheid voor scherpere, ambitieuzere en verplichte targets wat betreft uitrol van benodigde laad- en tankinfrastructuur voor elektrische en waterstof voertuigen dan de Europese Commissie nu voorschrijft. • ACEA onderschrijft dat de beperkte waterstoftank infrastructuur en de beschikbaarheid van competitief geprijsde waterstof de grootste bottlenecks zijn voor truck operators om grootschalig te investeren in een waterstof truck vloot. • ACEA pleit voor het verlagen van de afstand tussen, en versnellen van uitrol waterstoftankstations voor lichte (PV, LCV) en zware voertuigen (trucks) voertuigen. De afstand zou maximaal 100km moeten zijn voor lichte voertuigen (in plaats van 150km zoals de EU Commissie voorstelt). Voor zware voertuigen zou de maximale afstand 300km moeten zijn. De targets zouden moeten gelden vanaf 1 januari 2027. • ACEA pleit voor concrete waterstof tankinfrastructuur targets voor 2025. Dit is nodig om de waterstoftechnologie in gelijke tred te laten verlopen met de ambitieuze market-entry plannen van elektrische trucks vanaf 2024. ACEA pleit voor het principe van technologie neutraliteit tussen elektrische aandrijving en waterstof.
Subsidiering en belastingen	• ACEA pleit voor lagere belastingen op het gebruik van blauwe en groene waterstof in de Energy Taxation Directive. • ACEA is geen voorstander van de waterstof waardeketen draaiend te houden met subsidies. Het pleit voor een beleids-framework dat de ontwikkeling van duurzame businessmodellen stimuleert.

Bron: ACEA Position Papers, Interview feedback, KPMG analyse

03

De rol van waterstof in de ontwikkelagenda van OEM's



De rol van waterstof voor OEM's hangt af van competenties, investeringen, strategisch belang en alternatieve technologieën



Overzicht criteria en de implicatie van scores

Criteria	Uitleg criteria	Uitleg implicatie score op uitrol/ontwikkeling van waterstof	
		Laag	Hoog
Huidige FCEV-capabiliteit	Historische productieaantallen FCEV	• Geeft aan hoeveel ervaring en kennis een OEM heeft opgedaan met het produceren van FCEV's	Inverse van laag
	FCEV investeringen en R&D activiteit	• Gemeten in absolute aantallen	
	FCEV Partnerships	• Bij een lage score heeft de OEM weinig tot geen ervaring opgedaan met het produceren van FCEV	
Investerings-bereidheid en vermogen	Schuld-EBITDA ratio	• De mate van investeringen in FCEV technologie, FCEV R&D activiteit en ontwikkeling van FCEV prototypes en/of concepten is een indicator van de opgedane ervaring en kennis op FCEV gebied	Inverse van laag
	EBIT (%) 3 jaar gemiddelde	• Kwalitatief oordeel op basis van financiële datapunten en desk research	
Strategische focus op FCEV	FCEV strategie	• Een lage score geeft aan dat de OEM geen relevante partnerschappen heeft met derde partijen; dit impliceert dat er geen gezamenlijke kennis en ervaring op het gebied van FCEV is opgedaan	Inverse van laag
	% EV in huidige nieuwverkopen	• Bij een lage score is er beperkte ruimte om kapitaal aan te trekken voor investeringen in FCEV capabilities	
Strategische focus op FCEV	FCEV strategie	• Bij een lage score is er een lage winstgevendheid; hierdoor lijkt er weinig ruimte voor continue financiering van ontwikkeling van nieuwe aandrijftechnieken zoals FCEV	Inverse van laag
	% EV in huidige nieuwverkopen	• Een lage score impliceert dat er ofwel geen FCEV strategie (publiek beschikbaar) is, of dat de uitgesproken strategie impliceert dat de OEM zich niet of beperkt zal bezighouden met de ontwikkeling en productie van FCEV	
Strategische focus op FCEV	FCEV strategie	• Een lage score impliceert dat de OEM een hoog aandeel EV heeft in haar huidige nieuwverkopen. Een sterke focus op EV impliceert mogelijk dat een OEM minder geïnteresseerd is zich te richten op een additionele alternatieve aandrijftechniek	Inverse van laag
	% EV in huidige nieuwverkopen	• Het aandeel EV in productie dient als een indicatie voor ontwikkeling van en commitment naar EV door OEM's	

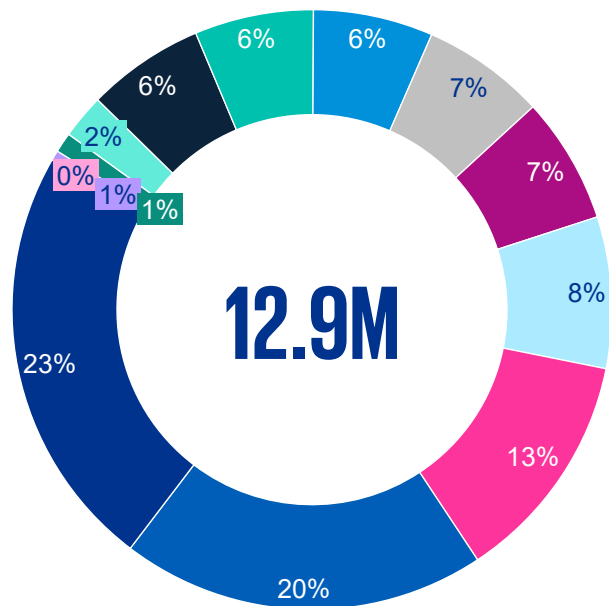
03.1

Rol van waterstof voor OEM's van personenauto's en bestelwagens



De beoordeling van de rol van waterstof in de ontwikkelagenda van personenauto- en bestelwagen OEM's richt zich op de 11 grootste OEMs

Overzicht van grootste personenauto- en bestelwagen OEMs, gebaseerd op Europese^(a) verkoopaantallen, 2022



- Volkswagen Group
- Stellantis
- Mercedes-Benz Group
- Hyundai Group
- BMW Group
- Renault-Nissan-Mitsubishi
- Toyota Group
- Ford Group
- Geely Group
- Mazda Motors
- General Motors Group
- Honda Group
- Other

OEM	Merken	Beschrijving
		Grootste autofabrikant van EU met een breed en gediversifieerd merkportfolio
STELLANTIS		Grote fusie OEM actief met een zeer breed portfolio aan merken
		Duitse autofabrikant produceert wereldwijd enkel onder eigen naam
		Zuid-Koreaanse autofabrikant met enkel Hyundai als automerk
		Duitse onderneming met 3 merken, BMW, Rolls-Royce en Mini
		Een alliantie tussen drie bedrijven, Renault, Nissan en Mitsubishi
		De grootste OEM ter wereld van Japanse origine
		Grote Amerikaanse autofabrikant producerend onder eigen naam
		Grote Chinese OEM actief met onder andere aangekochte Europese merken
		Japanse autofabrikant produceert wereldwijd enkel onder eigen naam
		Een van de grootste OEM's ter wereld, actief met name in de VS
		Japanse autofabrikant produceert wereldwijd enkel onder eigen naam

Bron: Global Data LMC-A, Secondary research, KPMG analyse.



Met name Toyota en Hyundai hebben een positieve houding t.o.v. gebruik FCEV voor PV en/of LCV; gevolgd door Stellantis, BMW, RNM en Honda

Overzicht score met betrekking tot de verwachte rol van waterstof in de ontwikkelagenda van personenauto- en bestelwagen-OEMs

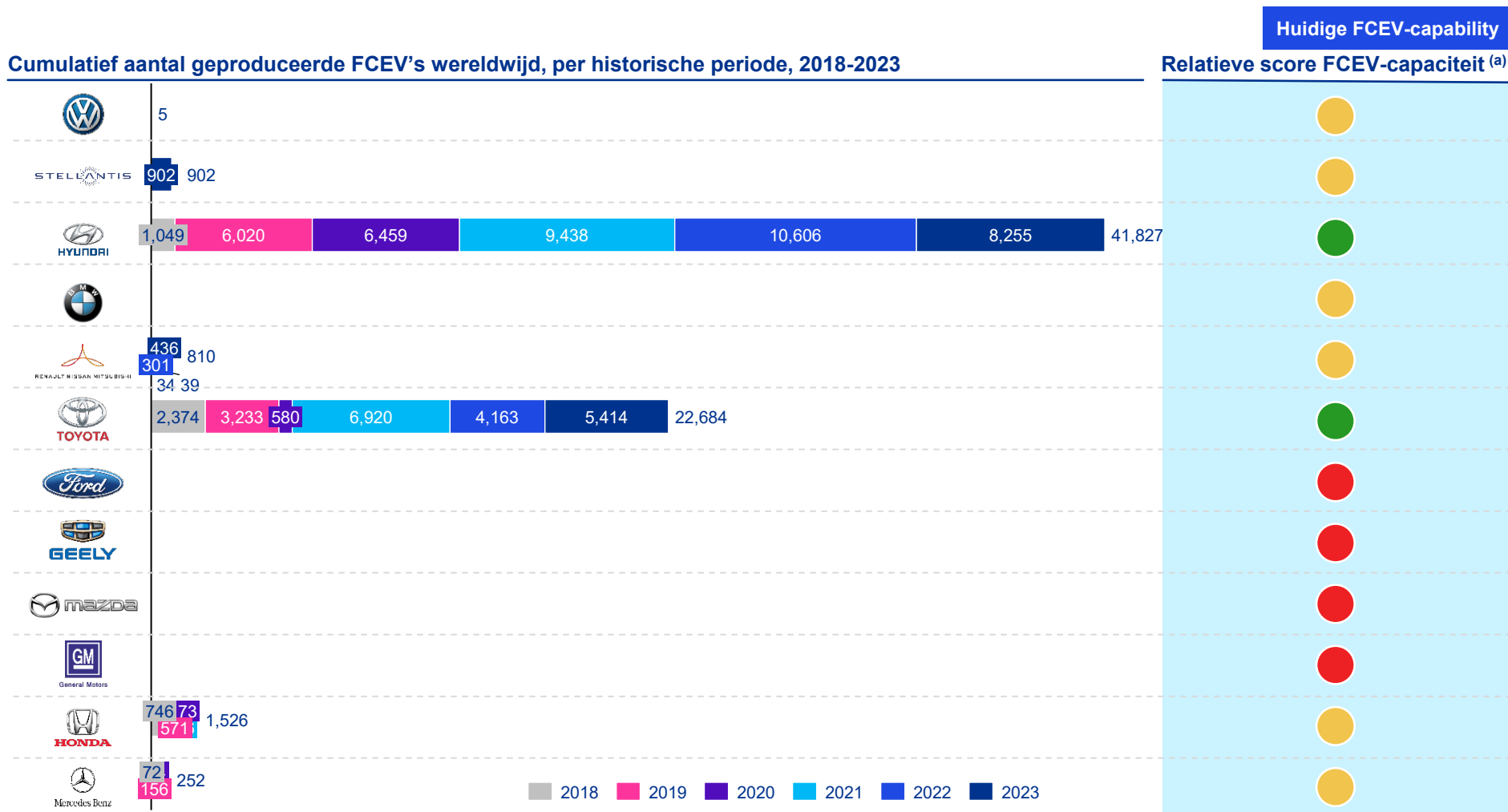
Onderbouwende analyses worden op de volgende pagina's verder toegelicht.

OEM	Score	Huidige waterstof-capabiliteit			Investerings-bereidheid en vermogen		Strategische focus op waterstof	
		Historische productieaantallen FCEV	FCEV investeringen en R&D activiteit	FCEV Partnerships	Schuld-EBITDA ratio	EBIT (%) 3 jaar gemiddelde	FCEV strategie	% EV in huidige nieuwverkoop
	●							
STELLANTIS	●						LCV only	
HYUNDAI	●						PV only	
	●						PV only	
RENAULT NISSAN MITSUBISHI	●						LCV only	
TOYOTA	●						PV & LCV	
Ford	●						LCV only	
GEELY	●							
MAZDA	●							
GM	●							
HONDA	●						PV only	
Mercedes Benz	●							

Legenda: Score OEM op basis van scoringscriteria; een hoge score impliceert dat het criterium bijdraagt aan een positieve houding t.o.v. FCEV: ■ Hoog ■ Medium ■ Laag

Bron: KPMG Analyse.

Toyota en Hyundai hebben met afstand de meeste ervaring opgedaan met FCEV-productie; Stellantis, BMW, RNM en Honda in veel beperktere mate



OEM's zijn langdurig (20+ jaar) en gediversifieerd bezig met onderzoek en investeringen op het gebied van FCEV en andere waterstoftechnologieën



Huidige FCEV-capability

Indicatief overzicht van waterstof investerings- en onderzoeksactiviteiten, historisch en recentelijk, en resulterende score FCEV capability per OEM

OEM	Score	Waterstof technologie				Andere waterstof activiteiten in waardeketen		Historische waterstof ervaring
		Brandstofcel (FCEV)	Verbrandingsmotor	Liquid H2	Gas H2	Electrolyzers	Tank-infrastructuur	
	●	✓	✓		✓	✓		~25 jaar
STELLANTIS	●	✓		✓	✓	✓/P	✓	~20 jaar
	●	✓	✓		✓	✓	✓/P	~20-25 jaar
	●	✓	✓	✓	✓		✓/P	~40 jaar
	●	✓	✓		✓	✓	✓	~15 jaar
	●	✓	✓	✓	✓	✓	✓/P	~30 jaar
	●	✓	✓		✓			~25 jaar
	●	✓			✓			~3-5 jaar
	●	✓	✓		✓			~30 jaar
	●	✓		✓	✓	✓/P	✓/P	~50 jaar
	●	✓			✓	✓	✓/P	~20 jaar
	●	✓		✓	✓		✓/P	~25 jaar

Legenda: ✓ OEM actief met investeringen en/of R&D; P OEM actief door middel van partnerships met derde partijen;

Score OEM op basis van indicatieve investerings- en onderzoeksactiviteiten; een hoge score impliceert dat de OEM breed en historisch langdurig actief is op het gebied van FCEV kennisopbouw: ■ Hoog ■ Medium ■ Laag

Bron: Company annual reports, company press statements, secondary research, KPMG Analyse.

Partnerships spelen met name voor Hyundai en Toyota een belangrijke rol voor FCEV-ontwikkeling



Huidige FCEV-capability

Overzicht en indicatieve waardering van hoeveelheid, diepgang en relevantie van waterstof partnerships per OEM

Type partner	VW	STELLANTIS	HYUNDAI	BMW	RENAULT NISSAN MITSUBISHI	TOYOTA	Ford	GEELY	MAZDA	General Motors	HONDA	Mercedes Benz
Automotive OEM	 (2018) Gezamenlijke FCEV ontwikkeling		 (2018) Gezamenlijke FCEV ontwikkeling	 (2013) Gezamenlijke FCEV ontwikkeling	 (2018) Gezamenlijke FCEV ontwikkeling	 2013 2021 2015 Gezamenlijke FCEV ontwikkeling		 (2023) Intentie opzetten gezamenlijke ontwikkeling	 (2015) Gezamenlijke FCEV ontwikkeling	 (2017) Gezamenlijke FCEV ontwikkeling	 (2017) Gezamenlijke FCEV ontwikkeling	
Energie speler			 (2018) Waterstof infrastructuur ontwikkeling			 (2022) Waterstof infrastructuur ontwikkeling						
Waterstof specialist	 (2018) FCEV ontwikkeling voor PV	 (2021) Gezamenlijke fuel cell ontwikkeling	 (2019) Fuel cell gerelateerde investeringen									
Anders...	 (2022) Gezamenlijke patent		 (2021) Levering fuel cell voor FCEV door Hyundai				 (2021) Gezamenlijke LCV FCEV ontwikkeling	 (2021) Gezamenlijk investeringsfonds voor H2				 (2016) Tank-infra partnership
Relatieve Score	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Red	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red

Legenda: Score OEM op basis van scoringscriteria; een hoge score impliceert dat het criterium bijdraagt aan een positieve houding t.o.v. FCEV: ■ Hoog ■ Medium ■ Laag
 Bron: Company Annual Reports, company press statements, secondary research, KPMG analyse.

Alle OEM's lijken ruimte te hebben om te investeren in de ontwikkeling van waterstofvoertuigen; GM, VW, Toyota en Stellantis voorop



Investeringsvermogen

Overzicht van Schulden-EBITDA ratio's vs. EBIT % en relatieve score op investeringsbereidheid en vermogen per OEM, 2021



GM, Volkswagen, Toyota & Stellantis lijken de meeste ruimte te hebben om eventueel verder te investeren in de ontwikkeling en commercialisatie van waterstof-personeelauto's en bestelwagens. Met name Stellantis staat financieel sterk, op basis van de schulden-EBITDA en EBIT %-indicatoren.

Mazda, Honda, BMW, Daimler, Mercedes & Geely lijken in de peer-groep gemiddeld te presenteren op investeringsvermogen, waarbij BMW relatief dicht tegen de best presterende groep (GM, VW, Toyota en Stellantis) zit.

Ford, Hyundai, Renault lijken de minste financiële ruimte te hebben om te investeren, waarbij met name de hoge schulden-EBITDA van Ford opvallend is.

Legenda: Score OEM op basis van scoringscriteria; een hoge score impliceert dat het criterium bijdraagt aan een positieve houding t.o.v. FCEV: ■ Hoog ■ Medium ■ Laag.

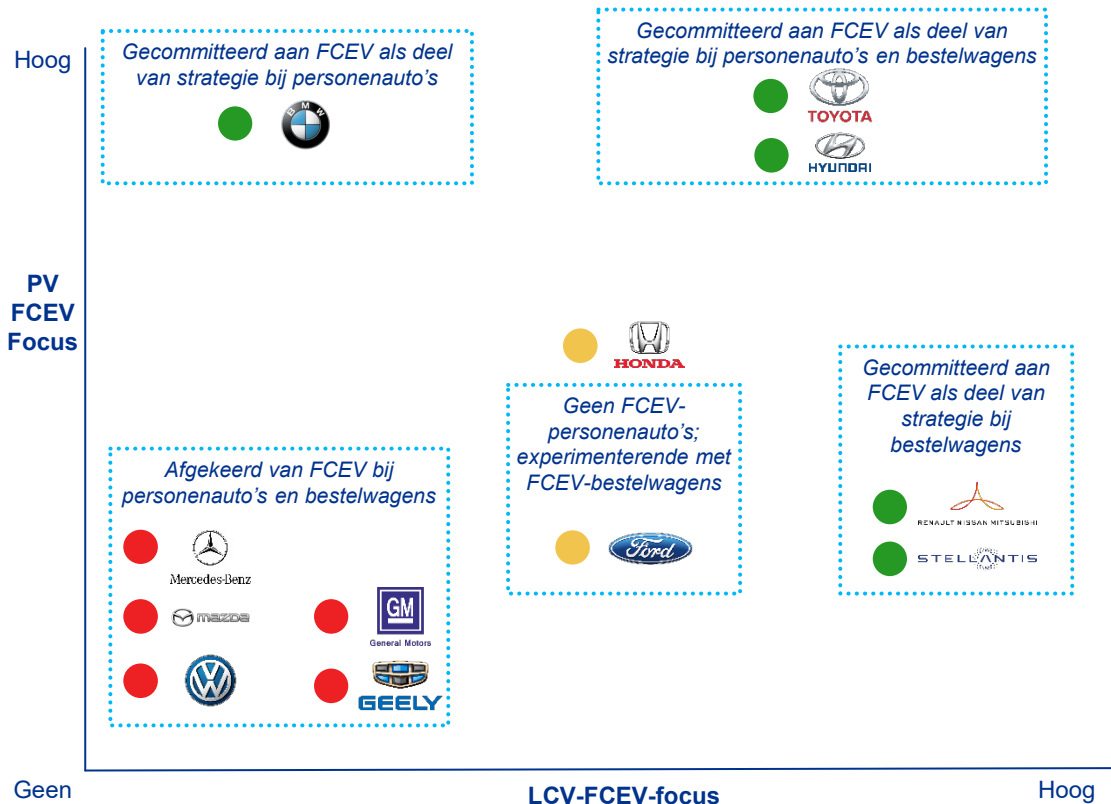
Bron: Capital IQ, KPMG analyse.

BMW, Toyota en Hyundai ontwikkelen FCEV-technologie voor personenauto's, terwijl RNM en Stellantis dit doen voor bestelwagens



Strategische focus op FCEV

Conceptuele indicatie van strategische focus FCEV- en BEV-technologie voor trucks



Legenda: Relatieve score strategische houding t.o.v. FCEV: ● technologie uitgesloten in strategie; ● technologie onderdeel van strategie; ● sterk uitgesproken voorstander van FCEV technologie

Bron: Company Annual Reports, company press statements, secondary research, KPMG analyse.

VW heeft zich bij monde van de CEO duidelijk uitgesproken over het standpunt dat FCEV-technologie geen plek heeft in hun strategie voor personenauto's en bestelwagens

Stellantis lijkt zich momenteel met name te focussen op de ontwikkeling en introductie van FCEV-bestelwagens

Hyundai focust zowel op personenwagens als bestelwagens met haar uitgesproken Hydrogen Vision 2040

BMW lijkt de enige Europese OEM die zich mengt in het personenautosegment met FCEV-technologie

Renault-Nissan-Mitsubishi (RNM) kiest voor het LCV-segment om FCEV toe te passen; Nissan en Mitsubishi lijken beperkt bij te dragen aan FCEV-ontwikkeling binnen de groep

Toyota is een FCEV-voorvechter, ook richting de toekomst; waarbij ze zich voornamelijk op personenauto's lijken te focussen in hun strategie, en met bestelwagens zich beperken tot de Japanse markt

Ford lijkt zich beperkt uit te spreken voor FCEV-technologie in personenauto's en bestelwagens, wel zien ze potentie in het heavy-duty-segment voor FCEV

Geely lijkt zich niet bezig te houden – nu of richting de toekomst – met FCEV voor personenauto's en bestelwagens

Mercedes-Benz lijkt zich recent te hebben afgekeerd van FCEV voor personenauto's en bestelwagens, waar het voorheen wel geïnvesteerd heeft in de technologie

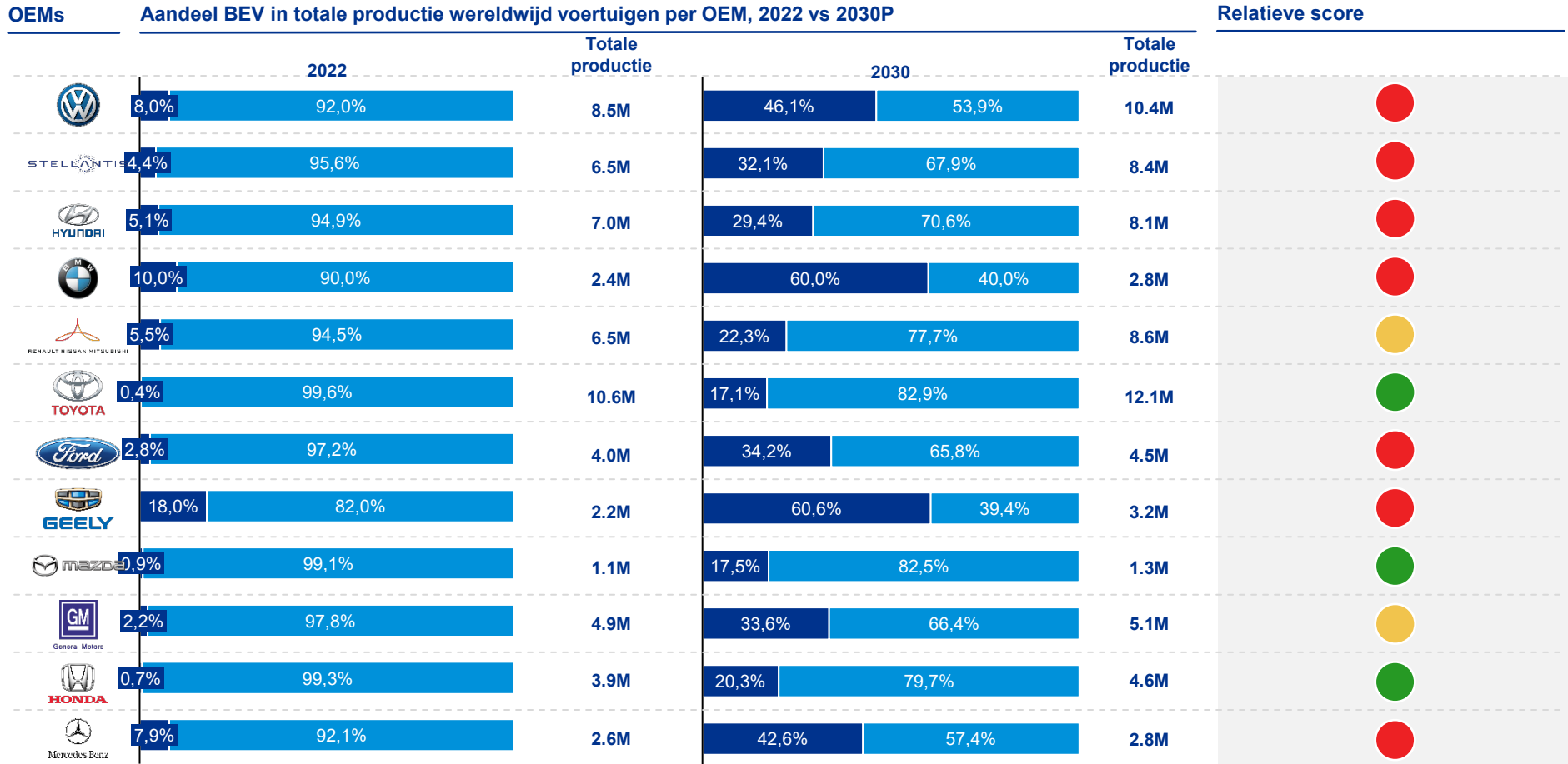
GM lijkt zich niet te focussen op FCEV voor personenauto's en bestelwagens; wel zien ze potentie in FCEV voor heavy-duty-commercieel wegtransport, treintransport en maritiem vervoer

Honda heeft zich gedeeltelijk teruggetrokken van haar FCEV-ambitie door haar enige productiemodel te discontinueren, maar sluit niet uit in de toekomst alsnog FCEV-technologie door te ontwikkelen

Toyota, Mazda en Honda, gevolgd door RNM en GM, zijn minder actief met BEV en hebben daardoor mogelijk een positievere houding t.o.v. FCEV's



Strategische focus op FCEV



Legenda: Score OEM op basis van scoringscriteria; een hoge score impliceert dat het criterium bijdraagt aan een positieve houding t.o.v. FCEV: ● Hoog ● Medium ● Laag
Bron: Global Data LMC-A, KPMG analyse.

Alleen Hyundai, BMW en Toyota hebben een actieve ontwikkelagenda voor productiemodellen in de komende jaren; positie Honda niet geheel duidelijk



PV

Strategische focus
op FCEV

Overzicht van personenauto modellen en verwachte modelintroducties per OEM over de tijd
OEM

Ontwikkelagenda op chronologische volgorde per OEM

Actieve ontwikkelagenda
FCEV richting toekomst

OEM	2006	2006	2007	2007	2014	2014	2016			
	Touran Hymotion (MPV)	A2H2 (B)	Tiguan HyMotion (J)	Space Up Blue (A)	Golf Hymotion (C)	A7 Sportback H-Tron (E)	H-tron SUV (J)			
	Zafira Hydrogen 3 (MPV)	207 ePure (B)	Panda Hydrogen (B)							
	Blue2 (D)	iX35 (J)	Intrado (J)	FE (J)	Nexo (J)	Vision FK (S)		VERWACHT		
								2023 Staria (MPV)	2024 N/a Nexo (J)	✓
	Hydrogen 7 (E)	i8 Hydrogen (S)	5 Series GT (E)					2022 iX5 Hydrogen (J)		✓
	Scenic ZEV H2 (J)	Terra (J)	Scenic Vision (J)							~
	Tanto (J)	Mirai (J)	LF-FC (S)	Mirai (J)	GR Yaris (B)	Crown sedan (S)			2025 N/a Hydrogen SUV (J)	✓
	Focus FCV (C)	Explorer FCV (J)	F250 Tri-Flex (truck)	Edge HySeries (J)						
	RX8 Hydrogen (S)									
	Hydrogen 3 (J)	Equinox FC (C)	Provoq (J)							
	FCX Clarity (D)	FCV (S)	FCX Clarity (D)							
	B-Class F-Cell (B)	BlueZero F-Cell (S)	Vision-G Code (J)	GLC F-Cell (J)						

Legenda: Bekend prototype of demonstratie model; Bekend model aangekondigd voor serieproductie; OEM wordt verwacht, of heeft reeds aangekondigde FCEV-modellen richting toekomst; OEM heeft FCEV-PV modelintroducties niet uitgesloten, maar zijn momenteel evenmin aangekondigd. Bron: Company annual reports, company press statements, secondary research, KPMG analyse.

Overzicht van bestelwagenmodellen en verwachte modelintroducties per OEM over de tijd

OEM Ontwikkelagenda op chronologische volgorde per OEM

Strategische focus op FCEV

Actieve ontwikkelagenda
FCEV richting toekomst



03.2

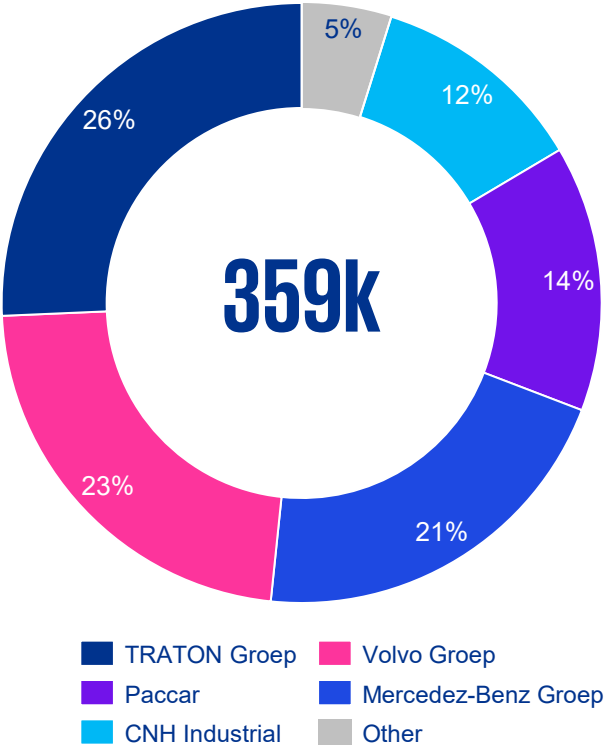
Rol van waterstof voor OEM's van vrachtwagens



De vijf grootste truck-OEM's, die 95% van de markt vertegenwoordigen, zijn gebruikt om de rol van waterstof te beoordelen



Overzicht van grootste truck-OEM's gebaseerd, naar Europese verkoopaantallen, 2022



OEM	Merken	Beschrijving
TRATON	 	TRATON Group is een Duitse fabrikant van lichte, gemiddelde en zware commerciële voertuigen; het is onderdeel van de grotere Volkswagen Group en voert de merken MAN, Scania, Navistar en VW
PACCAR	 	PACCAR Inc is een Amerikaanse fabrikant van gemiddelde en zware commerciële voertuigen; het voert de merken DAF, Kenworth (US) en Peterbilt (US)
CNH INDUSTRIAL		CNH is een Italiaanse fabrikant van lichte, gemiddelde en zware commerciële voertuigen; Iveco is onderdeel van het in de agricultuur- en constructiemarkt opererende CNH
	 	Volvo is een Zweedse fabrikant van gemiddelde en zware commerciële voertuigen; het voert de merken Volvo, Renault Trucks en Mack
Mercedes-Benz Group	 	Mercedes-Benz Group is een Duitse fabrikant van lichte, gemiddelde en zware commerciële voertuigen; het voert onder andere de merken Mercedes-Benz, Western Star (US) en Frightliner (US)

Bron: Global Data LMC-A sales database 2023 Q2, Secondary research, KPMG analyse

De ontwikkelagenda van truck-OEM's is vooral gericht op BEV, waarbij FCEV in mindere mate als substituut een rol gaat spelen richting 2030



Overzicht score met betrekking tot de verwachte rol van waterstof in de ontwikkelagenda van truck-OEM's
Onderbouwende analyses worden op de volgende pagina's verder toegelicht.

OEM	Score	Huidige waterstofcapaciteit			Investeringsbereidheid en vermogen		Strategische focus op waterstof	
		Historische productieaantallen FCEV	FCEV-investeringen en R&D-activiteit	FCEV-partnerships	Schuld-EBITDA-ratio	EBIT (%) 3-jaars gemiddelde	FCEV-strategie	% EV in huidige nieuwverkopen
TRATON	●	Laag	Hoog	Medium	Hoog	Medium	Laag	Medium
PACCAR	●	Hoog	Hoog	Medium	Hoog	Hoog	Medium	Medium
CNH INDUSTRIAL	●	Laag	Hoog	Hoog	Medium	Medium	Medium	Medium
VOLVO	●	Laag	Hoog	Hoog	Hoog	Hoog	Hoog	Medium
Mercedes-Benz Group	●	Medium	Hoog	Hoog	Medium	Medium	Hoog	Medium

Bij Traton lijkt het er op dit moment niet op dat waterstof een rol gaat spelen in de truck ontwikkelagenda, gezien de CEO op groepsniveau zich er duidelijk tegen heeft uitgesproken. Wel lijken de dochtermerken MAN en Navistar de deur nog op een kier te houden voor waterstof, door aanhoudende waterstofontwikkeling activiteit.

PACCAR en CNH zijn in de voorbereidingsfase van een eventuele grote uitrol van waterstof in hun truck portfolio. Ze hebben in het verleden ervaring en kennis opgedaan met waterstof, hanteren een positieve toonzetting in de strategie, maar hebben zich nog niet volledig gecommitteerd aan daadwerkelijke commercialisatie

Volvo en met name Mercedes-Benz zijn zichzelf sterk aan het positioneren op het gebied van waterstof trucks. Beiden hebben zich via hun Cellcentric Joint Venture sterk gecommitteerd aan de commercialisatie van waterstof trucks in 2030. **Mercedes-Benz steekt er momenteel bovenuit** qua ambitie en ervaring

Legenda: Score OEM op basis van scoringscriteria; een hoge score impliceert dat het criterium bijdraagt aan een positieve houding t.o.v. FCEV: ■ Hoog ■ Medium ■ Laag

Bron: KPMG-analyse

PACCAR loopt historisch gezien voorop in de productie van FCEV-trucks voor Europa



Cumulatief aantal geproduceerde FCEV's wereldwijd, per historische periode, 2018-2023P

Relatieve score FCEV-capaciteit



THE DRIVEN
Australia's most-trusted and well-read electric vehicle news site
January 16, 2019

Toyota and Kenworth (PACCAR) join forces to make zero emissions hydrogen trucks

Under the project, the Port of Los Angeles plans to use the FCEV Kenworth T680 trucks, which would have a range of 300 miles (482km), to haul goods from the LA basin to inland cities like Ontario and San Bernardino, California.

POWER TORQUE
August 12, 2021

DAF (PACCAR) is Actively Exploring and Testing Hydrogen

Hydrogen is one of the most promising routes to achieving zero-emission powertrains for long haulage transport when using wind or solar power to produce it. Like other truck manufacturers, DAF is exploring fuel cell technologies powered by hydrogen, but in addition to that, the Dutch manufacturer is also investigating the potential of hydrogen to fuel a combustion engine.

Sustainable TRUCK & van
September 15, 2021

Iveco and Nikola inaugurate BEV and FCEV manufacturing site in Ulm.

"We are focused on finding the best solution in terms of carbon intensity. We are looking for a system that might be actually cost-effective", said Gerrit Marx. Nikola Tre fuel cell truck is currently a prototype. According to the schedule, production in Ulm will start by the end of 2023."

Auto Week
September 17, 2020

Mercedes-Benz GenH2 Truck: Truck with fuel cell

While the GenH2 is a concept truck, it is a very interesting one. The truck has a fuel cell on board and can travel up to 1,000km with its two hydrogen tanks. Both of the tanks can hold up to 40 kilo's of liquid hydrogen

Legenda: Score OEM op basis van scoringscriteria; een hoge score impliceert dat het criterium bijdraagt aan een positieve houding t.o.v. FCEV: ■ Hoog ■ Medium ■ Laag

Bron: Global Data LMC-A, KPMG-analyse

OEM's in de peer-groep ontwikkelen actief waterstoftechnologie en stimuleren infrastructuurontwikkeling, met focus op langeafstand trucks



Indicatief overzicht van waterstof-investerings- en -onderzoeksactiviteiten, historisch en recentelijk, en resulterende score FCEV-capabiliteit per OEM

OEM	Score	Waterstoftechnologie				Andere waterstof-activiteiten in waardeketen		Trucksegmentfocus voor waterstof				Historische waterstof-ervaring
		Brandstofcel (FCEV)	Verbrandings motor	Vloeibaar H ₂	Gasvormig H ₂	Electrolyzers	Tank-infrastructuur	Niche	Regionaal/bouw	Distributie	Lange-afstand	
TRATON	●	✓	✓		✓	✓					✓	~25+ jaar
PACCAR	●	✓/P	✓		✓		✓				✓	~3-5 jaar
CNH INDUSTRIAL	●	✓/P			✓		P				✓	~3-5 jaar
VOLVO	●	✓			✓		P				✓	~3-5 jaar
Mercedes-Benz Group	●	✓		✓	✓		P				✓	~25+ jaar

"Er zijn beperkt differentiaties tussen de relevante truck-OEM's op het gebied van waterstoftechnologie. Eigenlijk houden ze zich over het algemeen aan dezelfde trends op dit gebied. De vier belangrijkste verschillen gaan over de waterstofaandrijftechniek, waterstofcompressie, het gebruik van vloeibaar waterstof en de ontwikkeling van bussen. PACCAR [onder de naam DAF] en in beperkte mate TRATON, houden zich bezig met de ontwikkeling van waterstofverbrandingsmotoren. Ten tweede de waterstofopslagtechniek: Hyundai is de enige speler (overigens niet opgenomen in deze lijst) die experimenteert met waterstofopslag onder 350 bar, terwijl alle andere dit op 700 bar doen. Ten derde Mercedes die experimenteert met het gebruik van vloeibare waterstof. En als laatste PACCAR (DAF) die zich als enige niet bezighoudt met de ontwikkeling van waterstofbussen." – Director Commercial Vehicles EU Trade Association for Automobile Manufacturers

Interview feedback

Legenda: ✓ OEM actief met investeringen en/of R&D; P OEM actief door middel van partnerships met derde partijen

Bron: Company annual reports, company press statements, secondary research, KPMG-analyse



De focus van het topmanagement van Traton op BEV is duidelijk, maar de waterstofactiviteiten zijn niet volledig stopgezet.

TRATON

Waterstofstrategie, -technologie en segmentfocus kernpunten voor TRATON ^(a)	
Waterstof-activiteit	Wat we hebben gezien ^(a)
Strategie	• “Diess [VW CEO] himself worked on hydrogen-powered vehicle concepts during his time as a BMW engineer, but unlike most of his competitors, he doubts the usefulness of the drive concept even in the truck sector. [...] With trucks, it's all about cost-efficiency. And hydrogen is so expensive that the cost per kilometer would triple compared to a battery-electric truck.” – Business Insider, 17 maart 2021 • “Christian Levin, CEO of the TRATON GROUP: “Together with its brands, the TRATON GROUP will assume a leading role in sustainable transportation. This is why we have consistently aligned our planning for the next five years to focus on battery electric drives. These drives are clearly the greenest, fastest, and most affordable solution for our customers, even for long-haul transportation [...]” – TRATON press release, 16 maart 2022 • “VW subsidiaries MAN and Scania are still working on hydrogen trucks for long-distance travel, but their focus is also clearly on e-vehicles that draw their power from large batteries and are expected to cover between 200 and 300 kilometers on a single charge.” – Business Insider, 17 maart 2021
Waterstof-technologie-ontwikkeling & R&D	• “MAN ontwikkelt lange-afstand-trucks die een BEV-aandrijflijn hebben, maar aangevuld met lichte waterstoftanks en brandstofcellen, om zo het totale gewicht van de BEV-batterijen te drukken.” – MAN Press Release, 18 februari 2022 • “MAN onderzoekt zowel de mogelijkheid tot waterstoftrucks met brandstofcellen, als waterstoftrucks met verbrandingsmotoren.” – Electrive, 20 oktober 2020
Andere waterstof-activiteiten	• “Over the next few years, MAN Energy Solutions will invest up to 500 million euro in its subsidiary H-TEC SYSTEMS to transform the hydrogen specialist into a mass-producer of PEM electrolyzers as quickly as possible.” – MAN Energy Solutions press release, 2 maart 2022
Waterstof-truck-segmentfocus	• [Over waarom de focus op BEV ligt voor trucks:] “[...] although hydrogen may prove to be a useful addition in certain niches.” – TRATON press release, 16 maart 2022 • “Meanwhile, MAN is announcing several partnerships to set up fuel cell vehicle test field for logistics applications. For example, the Volkswagen commercial vehicle subsidiary wants to test hydrogen for use in long-distance road haulage as part of what is being called the Bavarian fleet with Bavarian infrastructure operators and freight partners.” – Electrive, 20 oktober 2020

Notitie: (a) non-exhaustive

Bron: Secondary research, KPMG-analyse



PACCAR lijkt een focus op waterstoftechnologie-ontwikkeling te hebben voor langeafstand-trucks, voornamelijk nu in de test- en ontwikkelfase

PACCAR

Waterstofstrategie, -technologie en segmentfocus kernpunten voor PACCAR ^(a)

Waterstof-activiteit	Wat we hebben gezien ^(a)
Strategie	• <i>[PACCAR CEO, Preston Feight]: "First, we have to have the technologies, and that can be battery-electric and hydrogen fuel cells as they come down the line. So one element is just being aware of the technology and having it on vehicles. [...] Our goal is to make sure that we're in a position to provide our customers the lowest operating cost vehicles, whenever the market is ready for them [hydrogen trucks – red.] when there is infrastructure, when there is regulation and when the technology is ready. We feel like we're on top of it and we're focused on a plan that is actionable and buildable."</i> – Trucks.com interview, 27 juli 2020 • "Waterstof is zeer zeker een optie op de lange termijn voor de aandrijving van trucks." – DAF's positie t.a.v. waterstof, company website • De waterstofstrategie is niet gewijzigd in 2022
Waterstof-technologie-ontwikkeling & R&D	• "DAF's moedermaatschappij PACCAR doet – samen met Toyota en Shell – al ervaring op met waterstof. In de haven van Los Angeles worden de eerste waterstoftrucks al getest. Om straks een doorbraak van deze nieuwe technologie te kunnen realiseren, moeten we nu al stappen zetten. En dat doen we." – DAF's positie t.a.v. waterstof, company website • "Terwijl PACCAR brandstofceltechnologie onderzoekt, ontwikkelt DAF een interne verbrandingsmotor op waterstof." – DAF's positie t.a.v. waterstof, company website • PACCAR heeft onderzoekscentra toegewijd aan waterstoftechnologie-ontwikkeling
Andere waterstof-activiteiten	• PACCAR lijkt ook zelfstandig te investeren in het opzetten van waterstoftankstations (PACCAR ESG Presentation January 2022)
Waterstof-truck-segmentfocus	• <i>[PACCAR CEO, Preston Feight]: "In the longer term, hydrogen could be promising for long-haul applications, due to its high energy density and its relatively fast refueling times."</i> – Trucks.com interview, 27 juli 2020

Notitie: (a) non-exhaustive

Bron: Secondary research, KPMG-analyse

CNH werkt nauw samen met meerdere partners voor de ontwikkeling van zowel langeafstand waterstof trucks als de benodigde infrastructuur



Waterstofstrategie, -technologie en segmentfocus kernpunten voor Iveco ^(a)	
Waterstof-activiteit	Wat we hebben gezien ^(a)
Strategie	<i>“In the near to medium term, hydrogen fuel cells represent the most promising electric drive technology for industrial, heavy-duty applications such as long-haul transport. FPT Industrial foresees a future built on mixed-energy use: energy sources have different characteristics and meet different needs, and so a variety of solutions will co-exist in the market. For this reason, the Company believes in remaining very open and pragmatic and adopting a multi-power approach.” – 2021 Jaarverslag</i>
Waterstof-technologie-ontwikkeling & R&D	- Iveco heeft een sterk partnergedreven aanpak voor de ontwikkeling van waterstof technologieën - Het werkt samen met Hyundai voor de ontwikkeling van brandstofcellen, met Nikola voor de productie van FCEV trucks. Daarnaast is Iveco deel van meerdere grote partnerschappen, zoals H2Accelerate (verbond om waterstoftruck commercialisatie te versnellen) en H2Haul (waterstof truck testprogramma)
Andere waterstof-activiteiten	Iveco werkt samen met energiebedrijven (i.e. Shell, BP, Total Energies, Linde, OMV, Air Liquide) voor het uitrollen van tankinfrastructuur
Waterstof-truck-segmentfocus	<i>“The widespread adoption of hydrogen fuel-cell technology in heavy-duty transport is a function of the necessary infrastructure. We also need very concrete projects to demonstrate with hauliers and other stakeholders in the industry that this solution is financially and operationally viable.” – Iveco Press Release, 15 December 2020</i> <i>“Air Liquide and IVECO collaborate to accelerate the development of hydrogen heavy-duty mobility in Europe. [...] Both partners will dedicate means and resources to study the roll-out of heavy-duty fuel-cell electric long-haul trucks.” – Air Liquide Press Release 14 December 2021</i>

Notitie: (a) non-exhaustive

Bron: Secondary research, KPMG-analyse





Volvo heeft een strategie voor zowel BEV als waterstoftrucks en werkt samen met Mercedes voor fuel-cell ontwikkeling en productie

V O L V O

Waterstofstrategie, -technologie en segmentfocus kernpunten voor Volvo ^(a)	
Waterstof-activiteit	Wat we hebben gezien ^(a)
Strategie	“The Volvo Group believes that purely battery-electric and hydrogen-based fuel-cell trucks will complement each other depending on the individual customer use case” – 2021 Jaarverslag Volvo Group “However, we’re still some years away before it becomes commercially available. Fuel cells for commercial vehicles and machines have the potential to become essential for the future of transportation and infrastructure, where we strive to accelerate the development, production, and commercialization of hydrogen fuel cell solutions.” – Volvo Future Transport - Volvo Trucks begon met het benoemen van hun waterstofstrategie en -activiteiten vanaf 2019
Waterstof-technologie-ontwikkeling & R&D	“We are also investing into hydrogen – to burn green hydrogen into a combustion engine, which per definition would be CO₂-free, but it will not be completely free from nitrogen oxides” – Politico, 6 juli 2022 “Volvo CE takes big step towards a carbon neutral future with hydrogen fuel cell test lab. The opening of the first dedicated Fuel Cell Test Lab in Volvo Group, marks a significant advancement in the manufacturer’s ambition to be fossil-free by 2040” – Volvo Press Release, 18 mei 2021 “The Volvo Group’s investment plan includes a technology roadmap to increase zero-emission vehicles or low-emission vehicles that can enable net-zero transport solutions. These include solutions based on electric and hydrogen drivelines as well as sustainable biofuels” – 2021 Jaarverslag Volvo Group “We are also investing heavily into fuel cell electric vehicles. The sweet spot for that technology is a little bit more towards the long range: Because you don’t need to recharge, refuel, you can operate days up to 1,000 kilometers.” – Volvo press release 20 juni 2022 - De ontwikkeling van fuel cells en het opzetten van de bijbehorende productie gebeurt met de Joint Venture (samen met Mercedes-Benz) Cellcentric - Waterstofverbrandingsmotoren worden genoemd in de Volvo Group jaarverslag roadmap (2021), maar of ze daadwerkelijk in ontwikkeling zijn, is niet geheel duidelijk
Andere waterstof-activiteiten	Volvo pusht samen met Mercedes-Benz voor het ontwikkelen van 300 high-performance waterstoftankstations voor zware commerciële voertuigen en 1.000 waterstofstations niet later dan 2030 –Jaarverslag Volvo Group 2021
Waterstof-truck-segmentfocus	[CEO Volvo Trucks, Roger Alm]: “Hydrogen-powered fuel cell electric trucks will be especially suitable for long distances and heavy, energy-demanding assignments. They could also be an option in countries where battery charging possibilities are limited.” “Investments in fuel cell tech with ambition to have it commercially available for heavy-duty in second half of this decade” – 2021 Jaarverslag Volvo Group

Notitie: (a) non-exhaustive

Bron: Secondary research, KPMG-analyse

MB zet in op de ontwikkeling van waterstof trucks voor de langeafstand met een ambitie voor productie; samenwerking met Volvo op fuel cells



Waterstofstrategie, -technologie en segmentfocus kernpunten voor Mercedes-Benz ^(a)

Waterstof-activiteit	Wat we hebben gezien ^(a)
Strategie	“On its path towards a CO2-neutral future Daimler Truck has clearly set its strategic course and is consistently pursuing a dual-track strategy in the electrification of its portfolio with both battery-electric and hydrogen-based drives. The ambition is to offer only new vehicles that are carbon-neutral in driving operation in its global core markets by 2039.” – Reuters, 22 September 2021 “The ruling is not out, but I think it’s too risky for a company our size to go with just one technology.” - CNBC
Waterstof-technologie-ontwikkeling & R&D	[Martin Daum, CEO Daimler Truck AG]: “We are pursuing the vision of the CO2-neutral transportation of the future. The hydrogen-based fuel cell is a key technology of strategic importance in this context. We are now consistently following the path towards the series production of fuel cells and are thus doing absolutely pioneering work – and this goes beyond the automotive industry.” – Daimler Truck Press Release 30 juni 2020 - De ontwikkeling van fuel cells en het opzetten van de bijbehorende productie gebeurt met de Joint Venture (samen met Volvo Trucks) Cellcentric “Daimler Truck tests fuel-cell truck with liquid hydrogen” – Daimler Truck Press Release 27 juni 2022
Andere waterstof-activiteiten	“Daimler Truck is working together with Linde on the development of a new process for handling liquid hydrogen” – Linde Press Release 10 December 2020 “Daimler and Rolls Royce plan cooperation on stationary fuel cell system development and commercialisation” – 2020 Jaarverslag
Waterstof-truck-segmentfocus	“The development objective of the series-ready GenH2 Truck is a range of up to 1,000 kilometres and more. This makes the truck suitable for flexible and demanding applications, especially in the important segment of heavy-duty long-haul transport.” – Press Release, 27 juni 2022 “The company foresees the use of hydrogen for long-haul routes while arguing that battery-powered trucks are more efficient for shorter range deliveries”. - AP News 20 Mei 2021

Notitie: (a) non-exhaustive

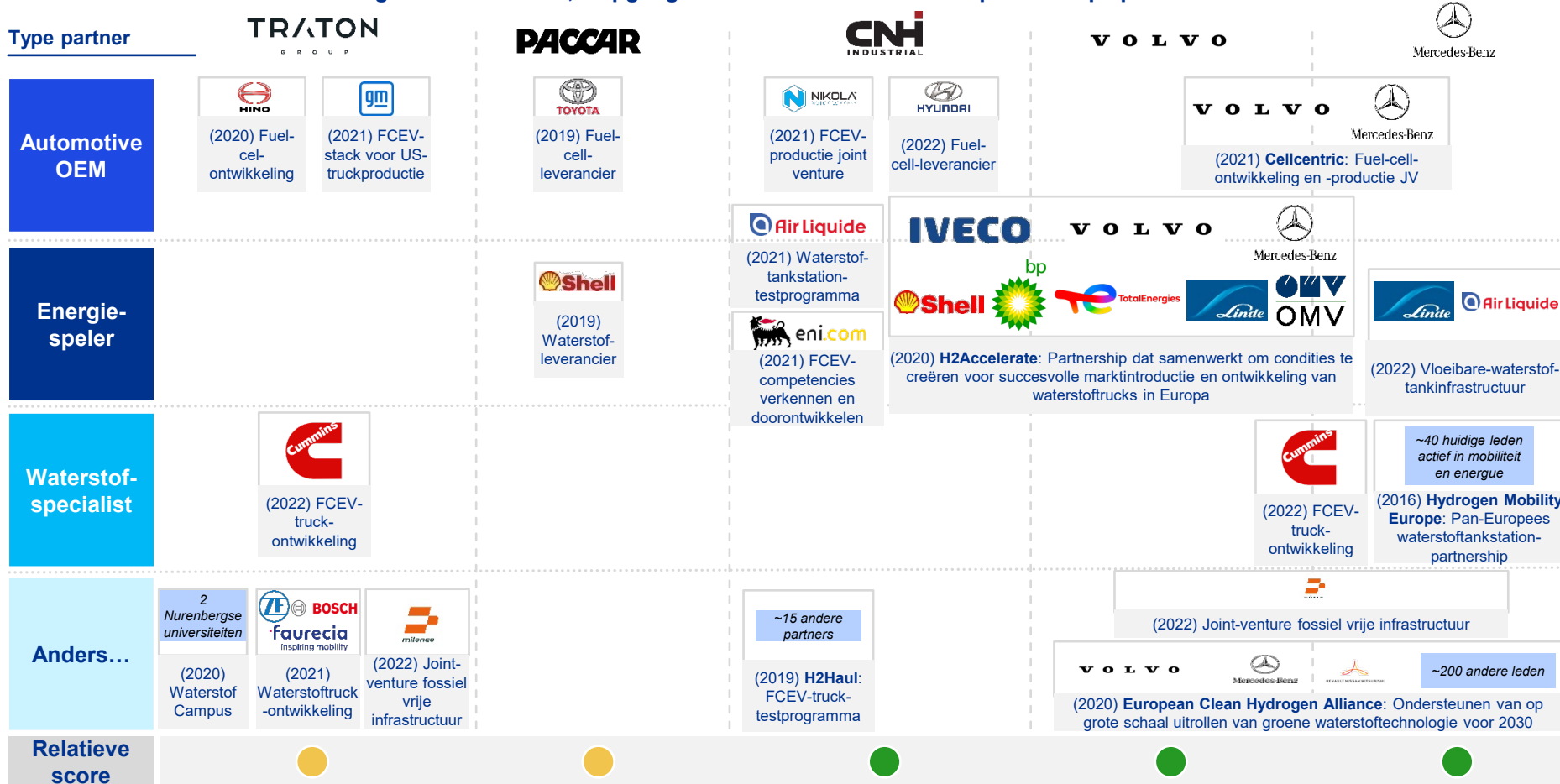
Bron: Secondary research, KPMG-analyse



Strategische partnerships spelen met name voor CNH, Volvo en Mercedes-Benz een belangrijke rol voor waterstoftruckontwikkeling en markttuitrol



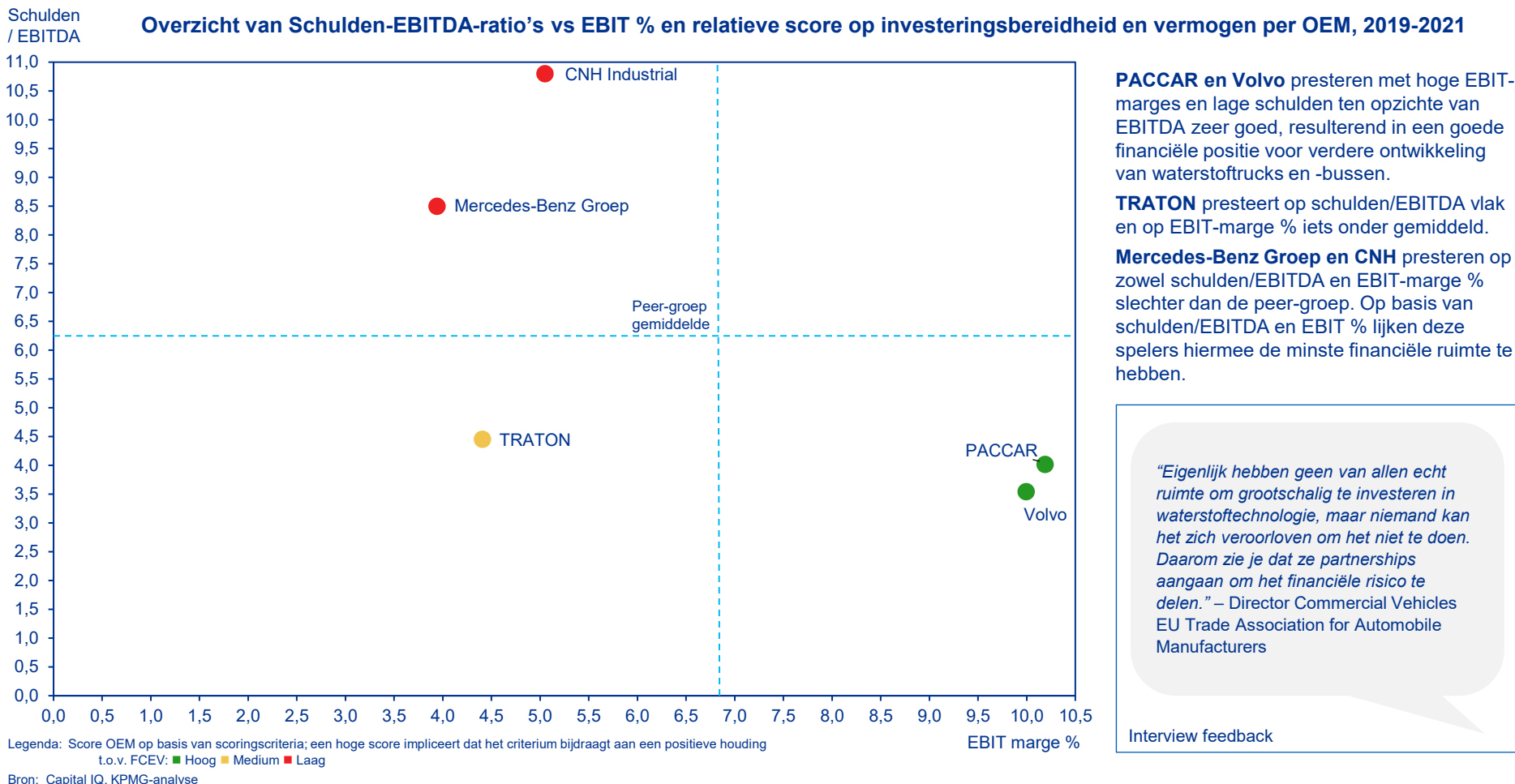
Overzicht en indicatieve waardering van hoeveelheid, diepgang en relevantie van waterstof-partnerships per OEM



Legenda: Score OEM op basis van scoringscriteria; een hoge score impliceert dat het criterium bijdraagt aan een positieve houding t.o.v. FCEV: ■ Hoog ■ Medium ■ Laag

Bron: Company Annual Reports, company press statements, secondary research, KPMG analyse

Alle truck-OEM's hebben bewegingsruimte om te investeren op basis van hun winstgevendheid en schulden; met de meeste ruimte voor PACCAR en Volvo



Alle OEM's, behalve TRATON, hebben een positief strategische houding t.o.v. implementatie FCEV richting de toekomst



Conceptuele indicatie van strategische focus FCEV- en BEV-technologie voor trucks



TRATON heeft zich in haar strategische uitspraken op groepsniveau duidelijk afgekeerd van de toepassing van waterstof in trucks, ten faveure van een sterke focus op BEV in alle segmenten. Maar de dochtermerken MAN en Navistar lijken de deur voor waterstof nog wel op een kier te houden.

PACCAR heeft als doel in een positie te zijn dat ze hun klanten de laagste operationele kosten kunnen bieden. Ze schetsen dat dit mogelijk d.m.v. waterstof zou kunnen zijn, maar dat hier wel de nodige infrastructuur voor benodigd is. Mocht de markt klaar zijn voor FCEV, dan willen ze hier snel op kunnen inspelen.

CNH richt zich momenteel nog steeds voornamelijk op ICE-aandrijflijnen (d.m.v. aardgas), hoewel ze wel bij willen blijven met FCEV-investeringen en -onderzoek. Voor de middellange termijn zien ze elektrificeren van ICE-voertuigen als de juiste technologie (i.p.v. volledig BEV). Wel zien ze kansen voor FCEV in de zware, lange-afstand-segmenten; ze nemen hierdoor een open en pragmatische houding t.o.v. FCEV in.

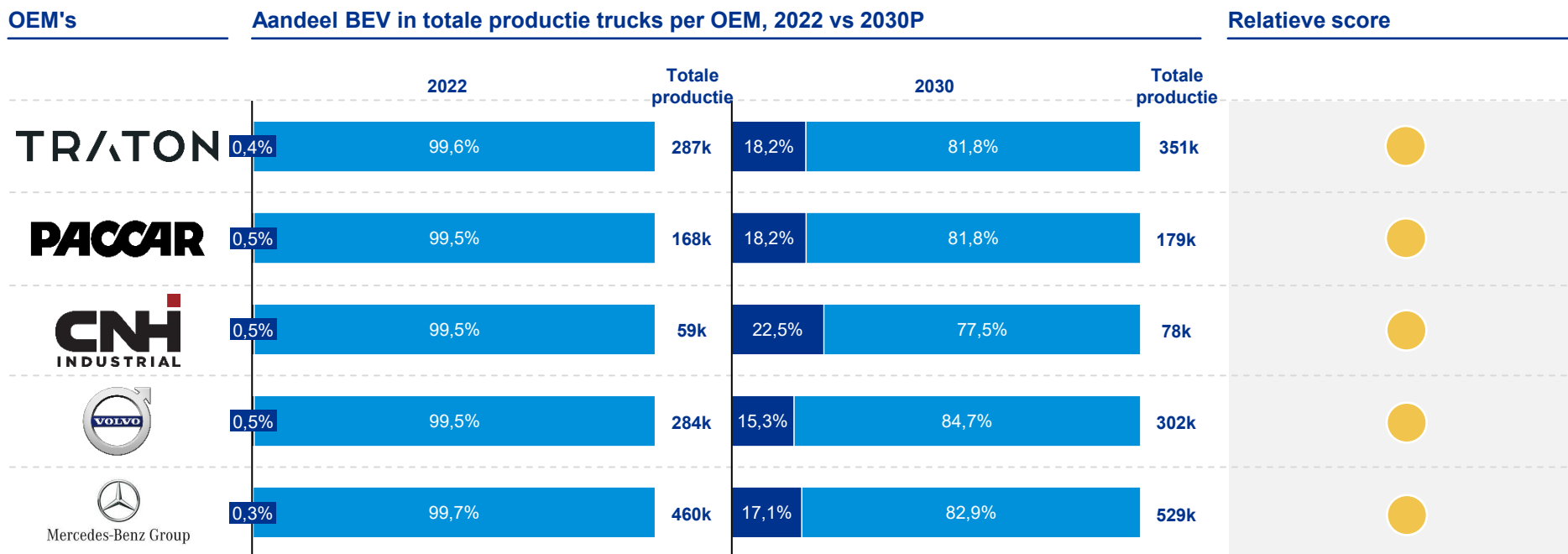
Volvo lijkt zich in een later stadium gericht te hebben op FCEV-technologie in vergelijking met de andere peers. Wel lijkt Volvo FCEV aan te wijzen als meest veelbelovende technologie voor de middellange- tot lange-afstand-trucks.

Mercedes lijkt het meest stellig in dat ze verwachten dat FCEV een prominente rol in hun trucks gaat spelen richting de toekomst met een sterk uitgesproken duale strategie voor zowel BEV als FCEV. Hierbij wordt FCEV gezien als het meest veelbelovend voor de zware trucks en lange afstanden.

Legenda: Score OEM op basis van scoringscriteria; een hoge score impliceert dat het criterium bijdraagt aan een positieve houding t.o.v. FCEV: ■ Hoog ■ Medium ■ Laag

Bron: Company Annual Reports, company press statements, secondary research, KPMG analyse

OEM's in de peer-groep produceren momenteel nauwelijks BEV's, maar de penetratie BEV bij de OEM's in 2030 zal boven de 15% bewegen



Het overzicht hierboven geeft de relatieve verhouding van BEV's op de totale productie cumulatief genomen weer; het aandeel van BEV's bij de peer-groep schommelt tussen de ~4.7% - ~6.3%

- **TRATON** heeft zich in haar strategische uitspraken duidelijk afgekeerd van de toepassing van waterstof in trucks, ten faveure van een sterke focus op BEV's in alle segmenten
- **PACCAR** zal naar 2030 aanzienlijk de productiecapaciteit verhogen waarbij het aandeel in BEV's significant toeneemt tot ~8.6%
- **CNH** heeft in absolute aantallen de kleinste productie maar zal dit aanzienlijk uitbreiden evenals het BEV-aandeel van de totale productie trucks laten toenemen tot ~9.7% in 2030
- **Volvo Group** gaat richting 2030 de productiecapaciteit enorm laten oplopen, hierbij is het aandeel van EV-trucks goed voor ~9.4%
- **Mercedes-Benz Group** heeft op dit moment al een enorme productiecapaciteit maar zal dit nog met 187k laten oplopen, hierbij is het aandeel EV's met ~10.7% ook het grootste

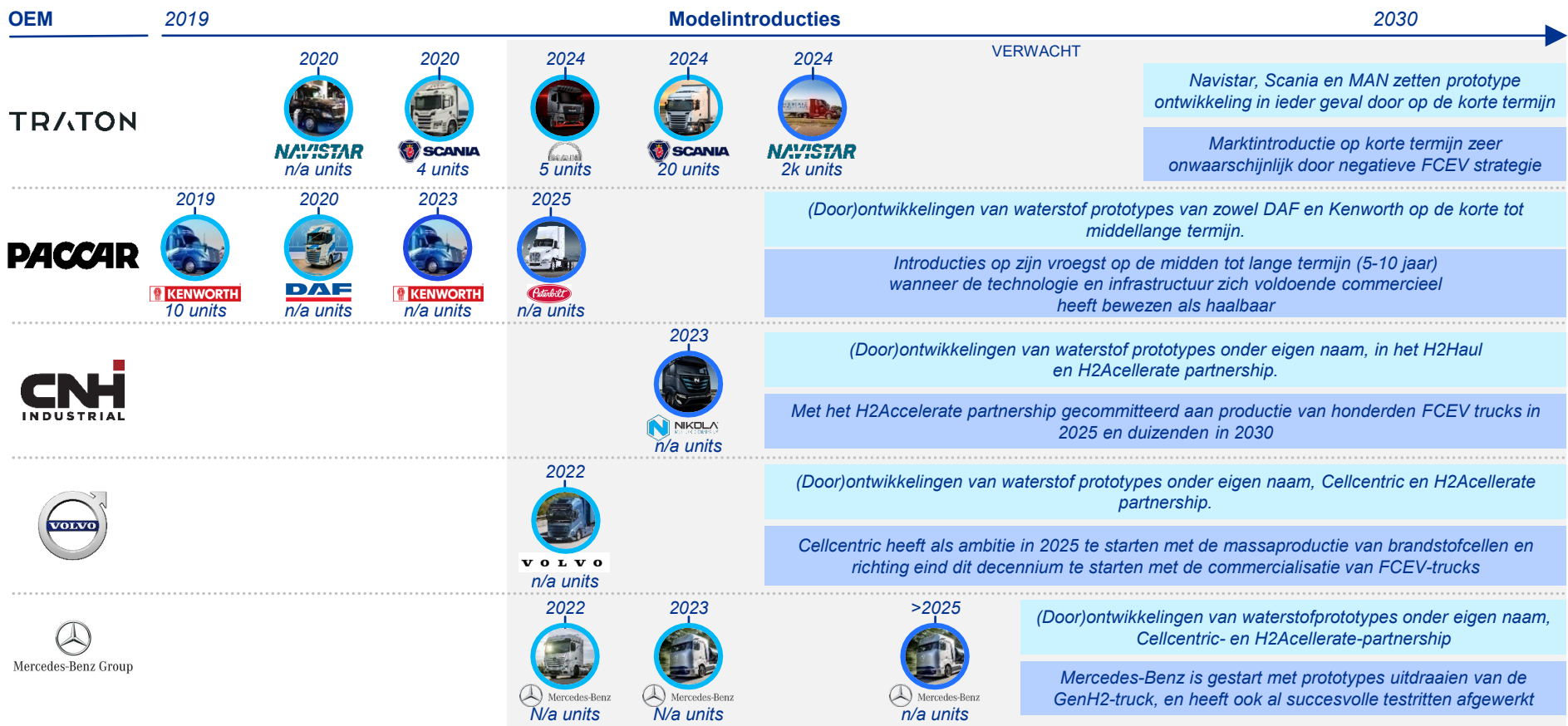
Notitie: Score OEM op basis van scoringscriteria; een hoge score impliceert dat het criterium bijdraagt aan een positieve houding t.o.v. FCEV: ■ Hoog ■ Medium ■ Laag

Bron: Global Data LMC-A, KPMG analyse

Serieproductie van FCEV-trucks wordt door de meeste OEM's op zijn vroegst richting het einde van dit decennium verwacht



Overzicht van truckmodellen en verwachte modelintroducties per OEM over tijd

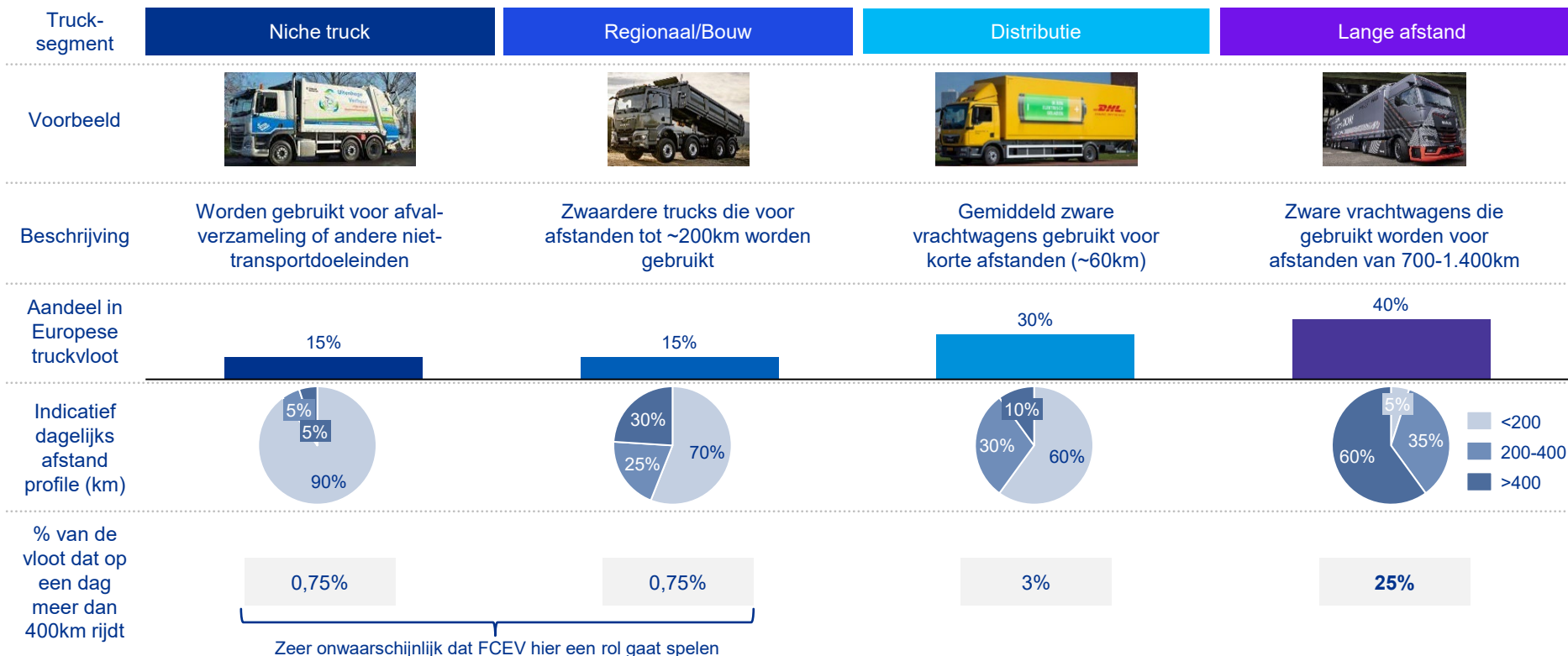


Legenda: Bekend prototype of demonstratie model; Bekend model aangekondigd voor serieproductie; Ontwikkel agenda FCEV trucks; Serieproductie agenda FCEV trucks
Bron: Company annual reports, company press statements, secondary research, KPMG analyse.

Het aandeel van de vloot dat een grotere range nodig heeft dan wat BEV kan bieden is gering...



Deel per truckvloot-segment dat meer dan 400km per dag rijdt (indicatief)



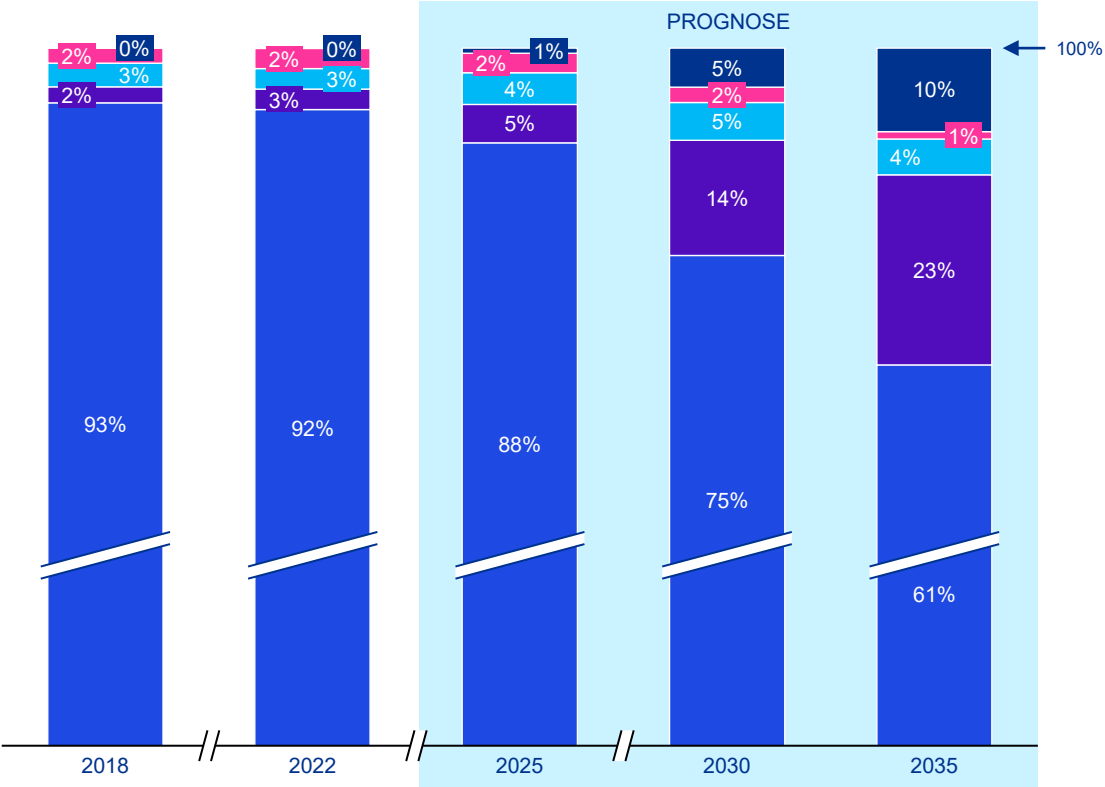
De use-case voor waterstoftrucks lijkt beperkter dan die van BEV, omdat het % van de vloot dat een range nodig heeft die de huidige BEV-technologie (~400km) overstijgt, beperkt lijkt te zijn (~25%)

Bron: Global Data LMC-A, McKinsey, Interview feedback, KPMG analyse



... de penetratie van truck-FCEV's lijkt dan ook achter te blijven bij BEV

Aandelen van verschillende brandstoftypen in de productie van de vijf OEM's uit de peer-groep, 2017-2030



“Zodra er een stevige waterstof-infrastructuur is gerealiseerd is de verwachting dat de elektrische laadinfrastructuur veel verder ontwikkeld is. Maar voor niche-segmenten zal waterstof wel belangrijk zijn, zoals zeer lange afstanden, oorlogen of expedities.” – Senior VP Truck Product Planning & Strategy bij Truck OEM

Interview feedback

CAGR (%)	2018-2022	2022-2030P	2030-2035P
Waterstof	80	78	17
Benzine	1	1	-13
CNG/LNG	-9	13	0
BEV	1	30	11
Diesel	-6	2	-3

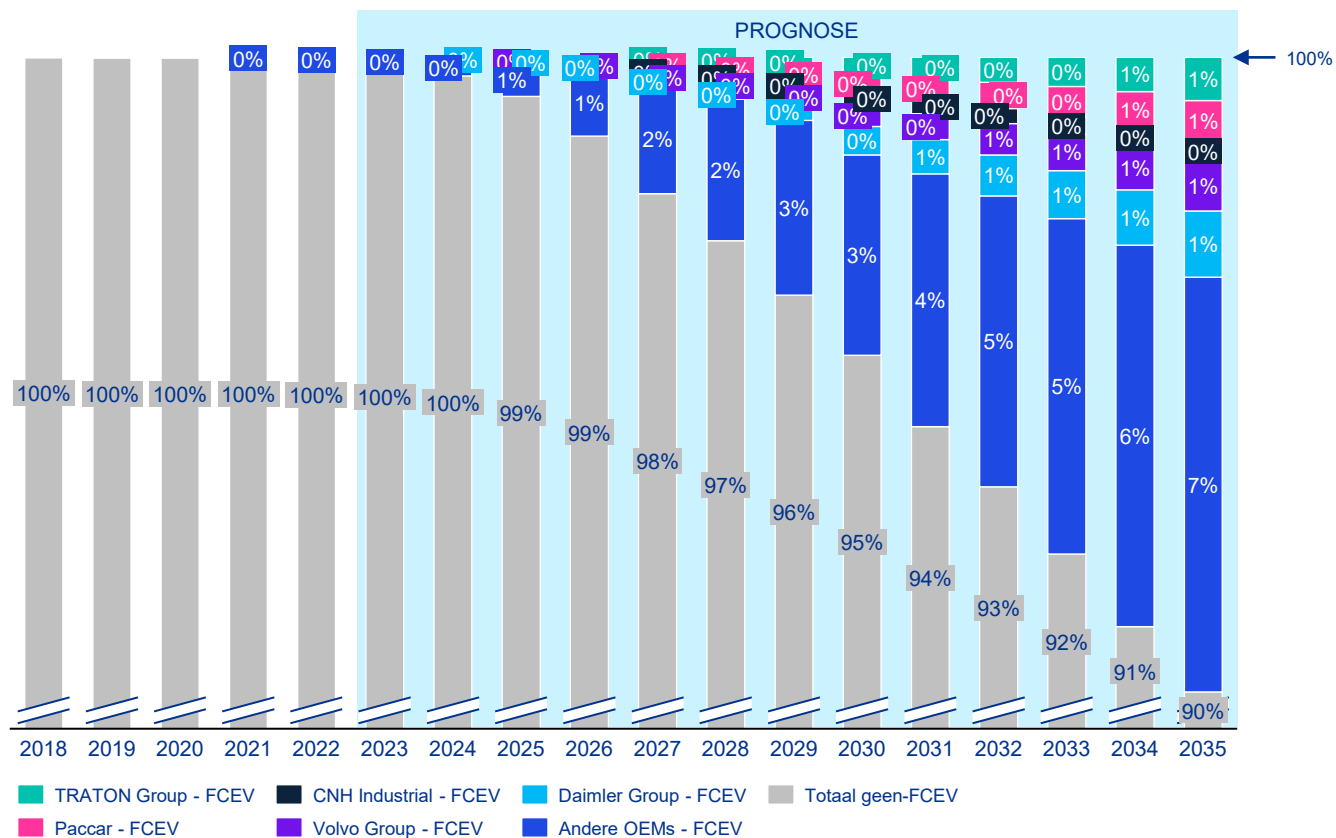
In combinatie met de beperkte huidige market-readiness van waterstoftrucks en -tankinfrastructuur resulteert dit in een achterblijvende penetratie in de totale truckproductie richting 2030

Bron: Global Data LMC-A, McKinsey, Interview feedback, KPMG analyse

De productie van truck-FCEV's komt naar verwachting eind dit decennium op gang, waar een ~10% penetratie in productie wordt verwacht in 2035



Verwachte aandeel waterstof aangedreven trucks in totale truckproductie per OEM, 2018-2035P



"In 2035 schat ik dat zo'n 90% van de trucks in Europa elektrisch aangedreven zullen zijn. Waterstoftrucks zal zo'n 10% zijn. Die zullen we met name nodig hebben voor ongebruikelijk lange of zware routes." – Senior VP Truck Product Planning & Strategy bij Truck OEM

"Ik heb regelmatig gesprekken met truck-OEM's en allen denken dat de penetratie van waterstoftrucks zo'n 10% zal zijn. Sommigen denken meer, sommigen denken minder." – Director Commercial Vehicles EU Trade Association for Automobile Manufacturers

Interview feedback



Bron: Global Data LMC-A, KPMG analyse.

04.

De beschikbaarheid van waterstof voor het Nederlandse mobiliteitssysteem



Focus van waterstofontwikkeling ligt in de korte termijn op investeren in infrastructuur; de focus op productie volgt pas later

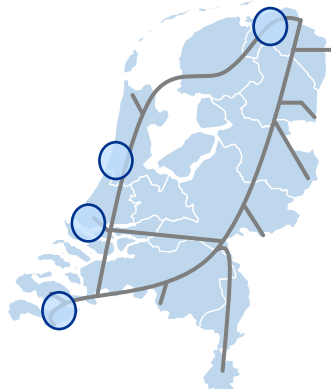
Uitrol van waterstof infrastructuur en elektrolyse capaciteit

NL

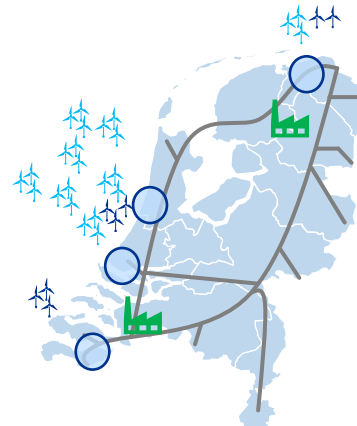
Tijdslijn
ontwikkeling
waterstof

- ✓ Focus op het opbouwen van het waterstof transport netwerk, eerste opslaglocaties bouwen
- ✓ Plaatsen van 50 waterstoftankstations
- ✓ Verder investeren in aansluiten windmolenparken en zonnepanelenvelden op elektrolyse capaciteit
- ✓ Tenminste **0.5 GW elektrolyse** capaciteit
- ✓ Uitgebreid waterstof netwerk, door Nederland en Europa
- ✓ Hoofdgebruik in de staalindustrie, zwaar transport, scheepvaart en als flexibele energieopslag
- ✓ Tenminste **3 - 4 GW electrolyse** capaciteit

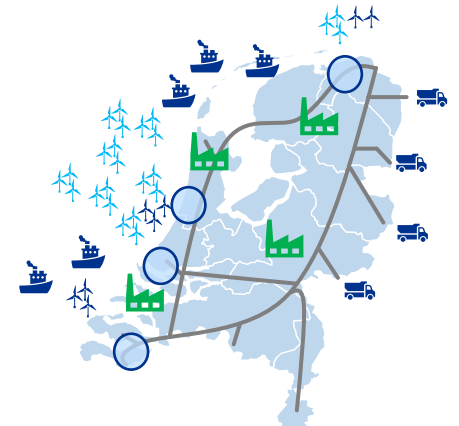
2022 - 2025



2025 - 2030



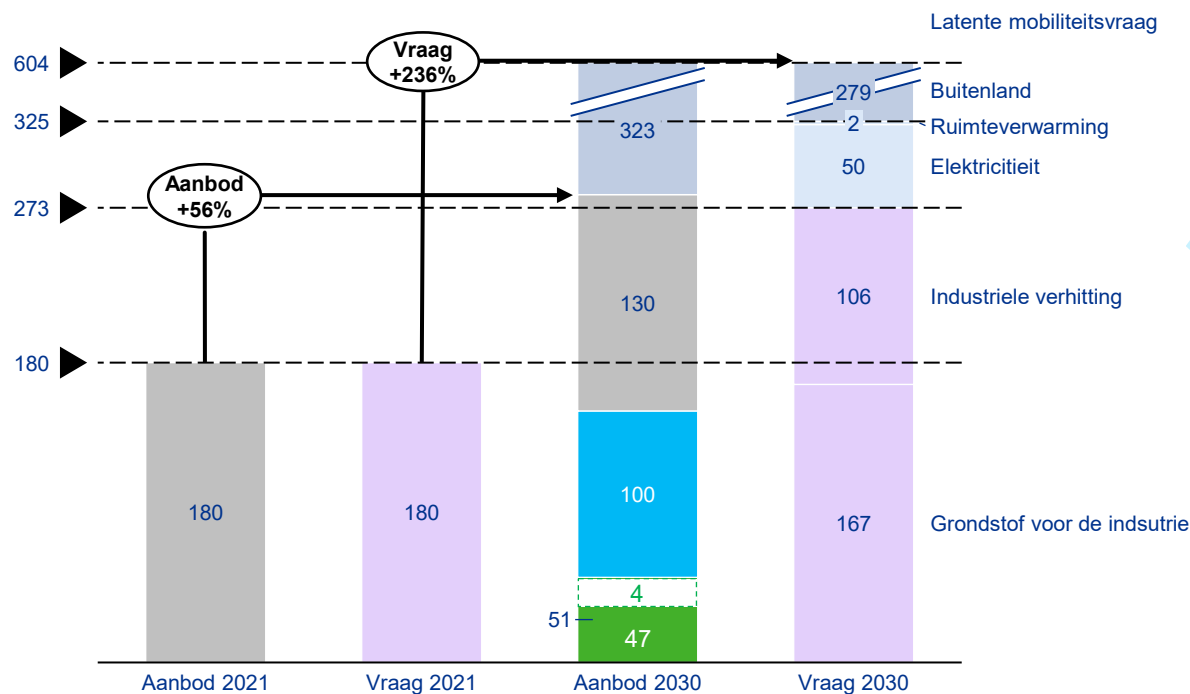
2030 - 2040



Bron: Rijksoverheid; European Commission; KPMG analysis

Het aanbod van in Nederland geproduceerde waterstof is in 2030 onvoldoende om te voldoen aan alle (manifeste) vraag

Prioriteitsstelling van sectoren voor waterstof (H₂ in PJ), 2021-2030



Aanbod naar type H_{2c}

■ Groen ■ Blauw ■ Grijs ■ Import/export
 Impact van nieuwe projecten periode juni 2022 - juni 2023

Voorwaarde voor de doorontwikkeling van de waterstof waardeketen is (bij-)sturing vanuit de overheid omdat er op dit moment geen (productie)aanbod is van duurzame waterstof.

Omdat marktpartijen pas zullen investeren in de opschaling van de productie bij een positieve businesscase, gedreven door een toename van de (concrete) vraag, erkent de overheid dat het zal moeten ingrijpen d.m.v. subsidies voor duurzame waterstof productie en een transport backbone.

In de vraag-aanbod balans ontstaat een tekort waardoor niet aan alle (latente) vraag voldaan kan worden. In de prioriteitsstelling zal mobiliteit naar alle waarschijnlijkheid geen hoge prioriteit hebben als off take kanaal.

Uit meerdere overheidspublicaties blijkt dat de overheid prioriteit geeft aan afname van duurzame H₂ in de industrie. Indien deze prioritering niet indirect via subsidies afdwingbaar is, mogelijkheden overweegt om middels aan afnameverplichting de allocatie af te dwingen.

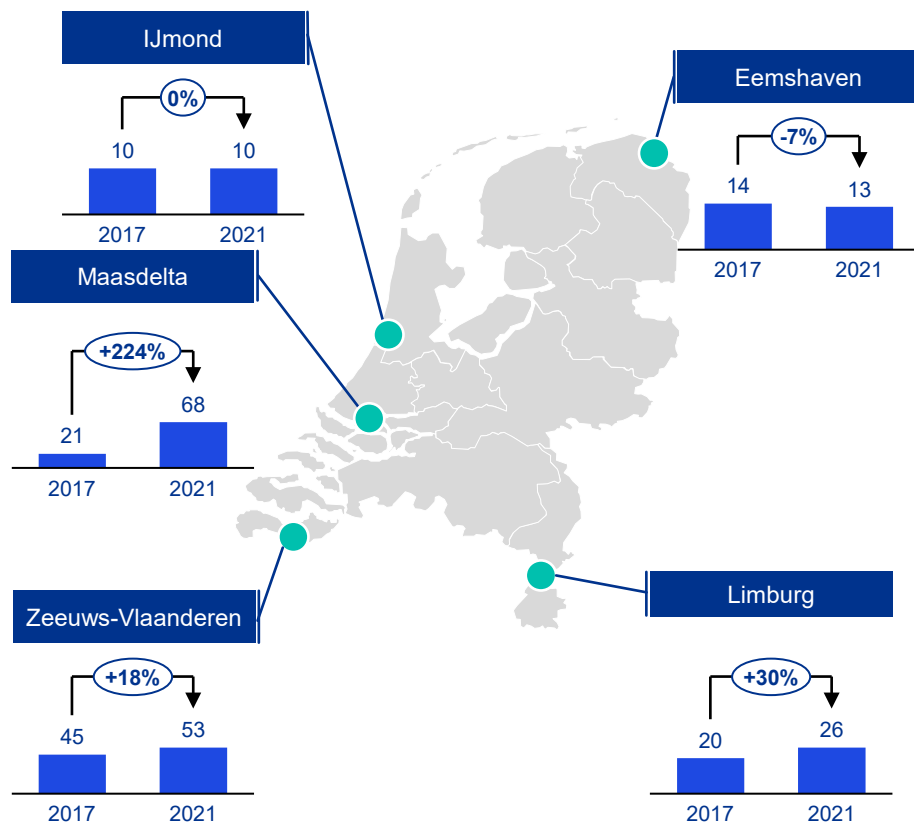
Huidig verbruik van waterstof is beperkt tot grondstof voor de industrie. Nieuwe toepassingen vergroten de vraag richting 2030.

Legenda: ■ Vraagvoorziening ■ Vraagtekort

Note: a) Ervan uit gaand dat alle groen, blauw en grijs geproduceerde waterstof ook in Nederland gebruikt wordt

Bron: IEA, TKI, TNO, IPCEI, Beleidsprogramma Klimaat, Klimaatakkoord, Kabinetsvisie waterstof, Change.Inc, KPMG Analyse

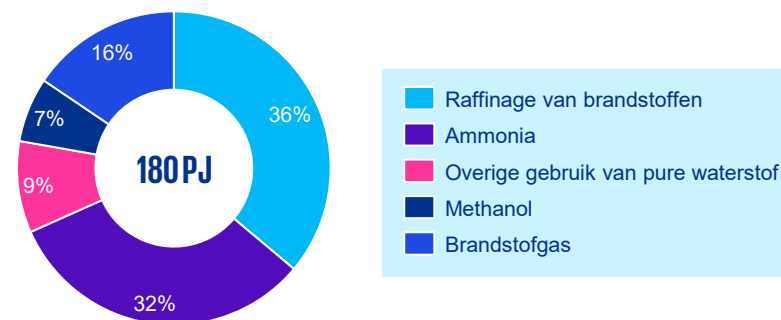
De huidige vraag en productiecapaciteit van waterstof in Nederland is grijs en wordt geschat op ~180 PJ op basis van vijf industriële clusters



De huidige vraag en het aanbod van waterstof in Nederland is gelijk aan elkaar, waarbij de productie volledig lokaal is en bestaat uit **grijze waterstof** die via SMR aardgas lokaal wordt geproduceerd in vijf industriële clusters.

- Het cluster Rotterdam (Europoort, Botlek and Pernis) en Moerdijk in de Maasdelta produceert 'captive' waterstof als grondstof voor olie raffinaderijen, als bijproduct, en als product voor andere industrieën.
- In Zeeuws-Vlaanderen wordt in de ammoniakfabriek ook waterstof als grondstof gebruikt, terwijl ook een deel als bijproduct wordt geleverd voor kunstmest en industriële chemicaliën.
- In Delfzijl in de Eemshaven wordt waterstof voornamelijk gebruikt voor de methanol productie, en een klein deel als bijproduct voor polymeer.
- In de regio IJmond wordt in IJmuiden waterstof geproduceerd als bijproduct bij de staalproductie, waarbij ~10% als bijproduct wordt geleverd aan Vattenfall voor energie.
- Ook in Limburg wordt waterstof voornamelijk geproduceerd in een ammoniakfabriek.

Huidige waterstof balans in Nederland^(a) naar toepassing (in PJ), 2021

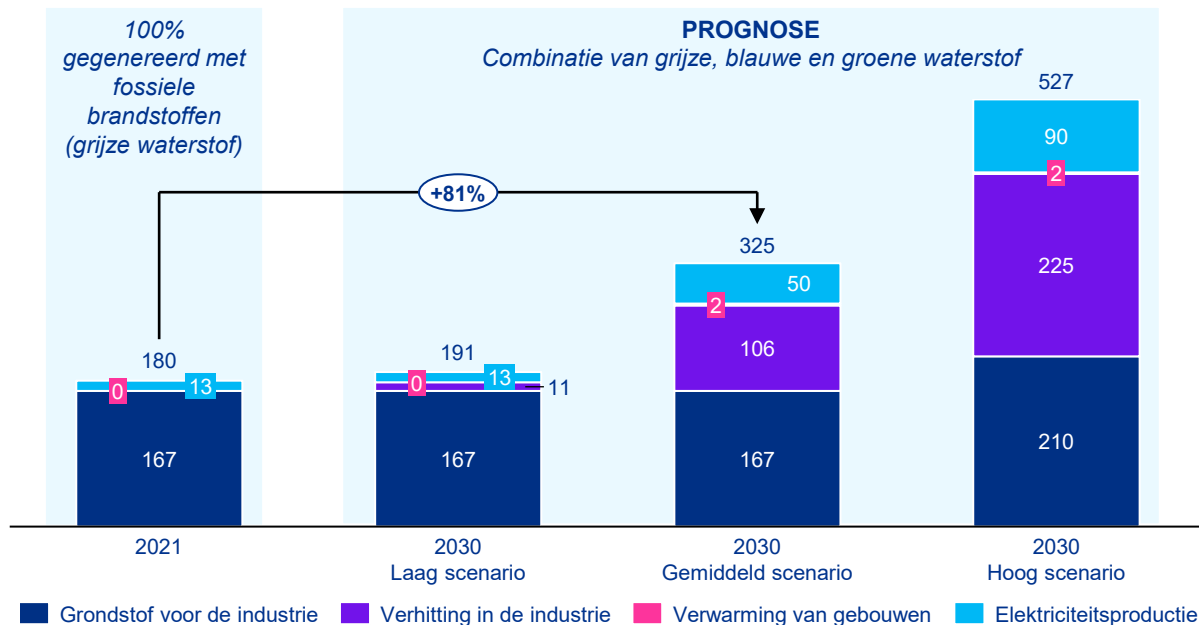


Noot: (a) In Nederland wordt op dit moment al waterstof geproduceerd. De huidige productie is echter niet zichtbaar in de energiestatistieken omdat het (nog) niet als energieproduct is geclassificeerd. De totale waterstof productie en consumptie wordt gekwantificeerd op basis van capaciteit van fabrieken.

Bron: CBS, DNV, TNO, KPMG analyse

De vraag naar waterstof in Nederland zal naar verwachting met 60% groeien tot 2030, met een gemiddeld scenario van 325PJ

Huidige en toekomstige vraag naar waterstof in Nederland (PJ), 2021-2030



De verwachting voor de waterstof vraag in 2030 is gemaakt aan de hand van een gemiddeld en hoog scenario

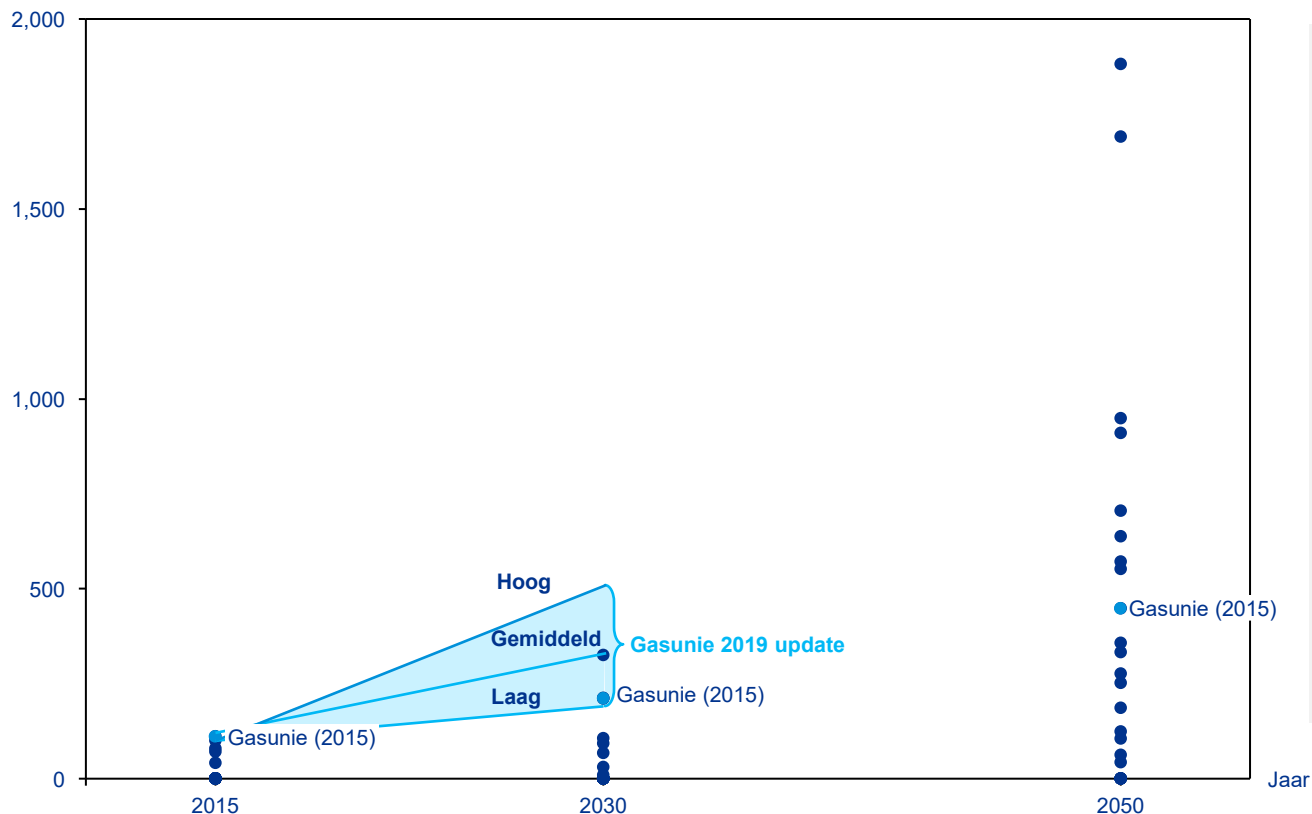
- De huidige vraag van ~180 PJ H₂ per jaar zal naar verwachting stijgen naar 325 PJ in het gemiddelde scenario, gedreven door een uitbreiding van toepassingen van H₂
- In het hoge scenario wordt uitgegaan van een stijging van 193% tot 527PJ, ten opzichte van 2021
- Het gemiddelde scenario wordt gebruikt als referentiepunt om het aanbod richting 2030 aan te staven

Bron: KPMG analyse

Bestaande vraag/aanbod studies naar waterstof kennen een grote spreiding van de mogelijke vraag maar delen een stijgende vraagprognose

Totale huidige en toekomstige vraag naar waterstof in Nederland, spreiding van 25 verschillende studies, 2015-2050

H² gebruik (PJ/jaar)



De primair gebruikte bron van Gasunie lijkt temidden van de andere datapunten en vlak onder het KPMG geschatte gemiddelde scenario te liggen

- In 2015 schat Gasunie de waterstof vraag het hoogst in van alle bronnen, in 2030 als twee na hoogste en in 2050 lijkt de raming gemiddeld van de groep
- De gebruikte waterstofvraag datapunten komen van (onafhankelijke) onderzoeksbureaus, energiebedrijven en wetenschappers
- De datapunten van onderzoeksbureaus komen van onder andere CE Delft, TKI, Berenschot, ECN en DNV-GL
- De datapunten van energiebedrijven komen van onder andere Gasunie en Shell

Bron: Hydrohub HyChain 1, KPMG analyse.

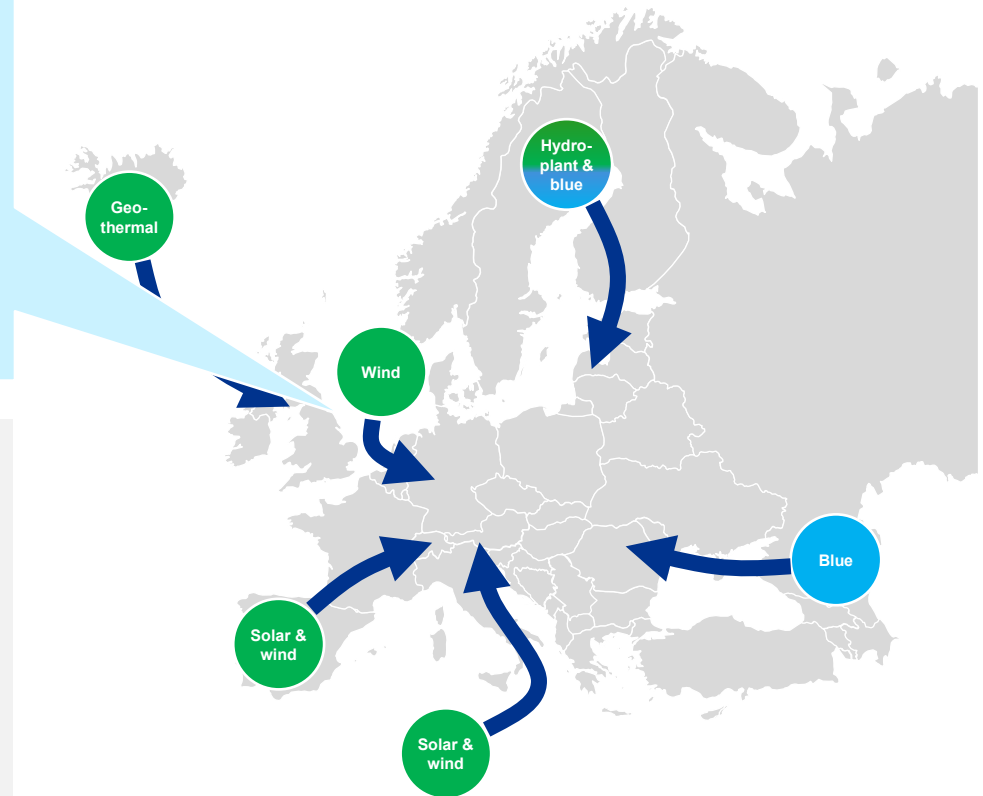
In EU zijn vijf gebieden geïdentificeerd die overcapaciteit aan groene energie kunnen inzetten voor waterstofproductie

Het Europese waterstofnetwerk zal naar verwachting zo worden ingericht dat tekorten en overschotten regionaal worden gecompenseerd.

De Noordzee is in veel studies aangemerkt als productielocatie voor H₂ op basis van offshore wind die industriële clusters bedient via Rotterdam, Zeebrugge, Antwerpen, Willemshaven, Brunsbüttel en Le Havre.

De strategische ligging van Nederland biedt perspectief als internationale energiehub en distributeur in de waterstofketen

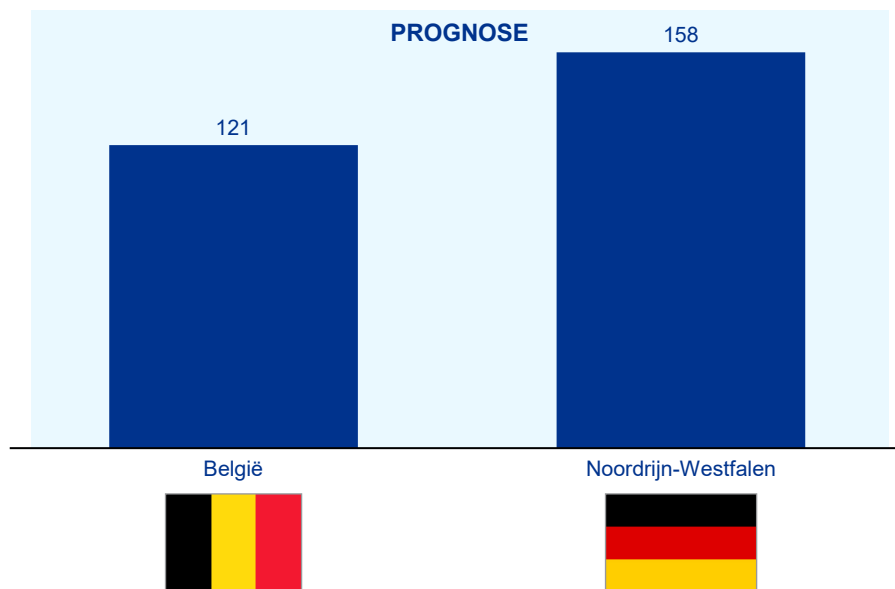
- **Groene elektriciteit in de Noordzee:** Nederland heeft een unieke ligging met uitgebreide mogelijkheden voor productie van grootschalige elektriciteit door wind op zee
- **Gasnetwerk:** beschikking over een uitgebreid buizen netwerk, met goede verbindingen in het buitenland
- **Havens:** gunstige ligging voor handel en transport van waterstof door aanwezigheid havens
- **Opslagcapaciteit:** lege gasvelden en zoutcavernes kunnen worden ingezet voor opslag



Sleutel: ● Groene waterstof ● Blauwe waterstof
Bron: EHB (European Hydrogen Backbone); KPMG Analyse

Nederland zal potentieel als exporteur een belangrijke rol spelen in de bevoorrading van industriële clusters in België en Duitsland

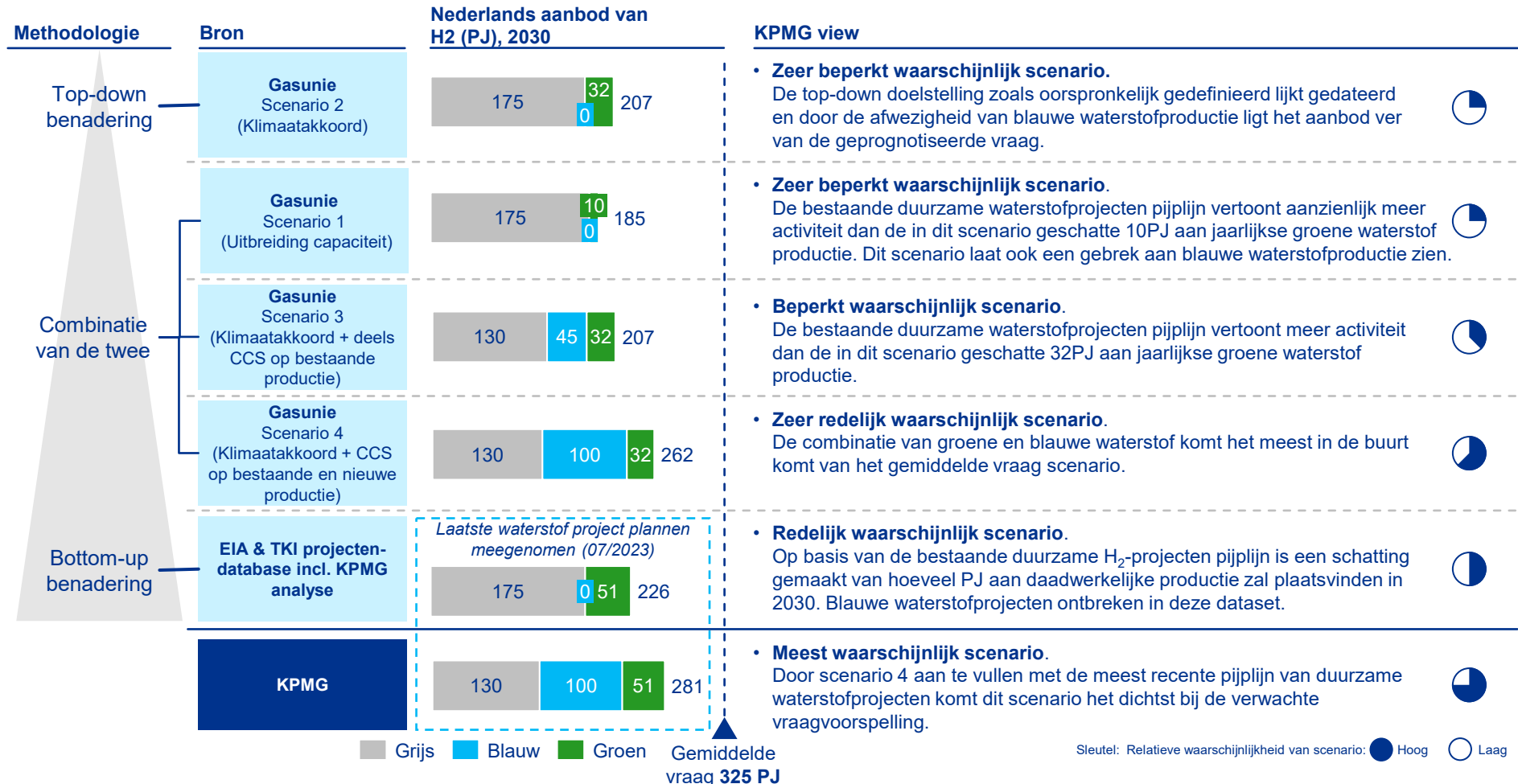
Waterstofvraag (grondstoffen) voor industrie in België en Noordrijn-Westfalen (PJ), 2050



De H₂-vraag als grondstof voor de industrie in België en Duitsland wordt geschat op tussen de ~120 en ~160 PJ per jaar, waarbij gekeken wordt naar Nederland als belangrijke leverancier

- Buurlanden van Nederland staan voor een vergelijkbare transitie van de industrie om aan de klimaatdoelstellingen van Parijs te voldoen. In de zware industrie zal ook een sterke focus liggen op (de toepassing en vergroening) van waterstof.
- De totale vraag naar CO₂-vrije waterstof als grondstof voor de industrie in België en Noordrijn-Westfalen wordt geschat op respectievelijk 121 PJ en 158 PJ per jaar in 2050. De verwachting is dat deze hoeveelheden al gedeeltelijk in 2030 zullen worden gehaald.
- Naar verwachting zullen deze regio's op lange termijn een importeur van CO₂-vrije waterstof zijn. Duitsland beschrijft in haar waterstofstrategie een nationaal tekort van ~200-300 PJ dat met import moet worden ingevuld.
- Aansluiting van de industrie in België en Noordrijn-Westfalen op het Nederlandse transportnetwerk kan bijdragen aan een hogere bezettingsgraad van het Nederlandse netwerk, waardoor waterstof kosten efficiënter zal worden getransporteerd.

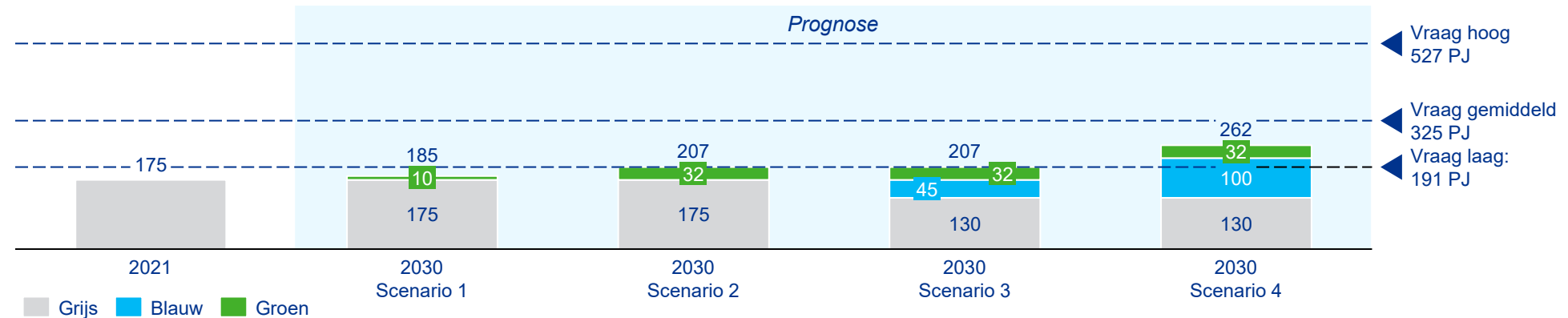
De verschillende bronnen schetsen een aanbod prognose in 2030 tussen de 185 en 262 PJ, geen hiervan voldoet aan het gemiddelde vraag scenario van 325 PJ



Bron: IEA, TKI, TNO, Gasunie, KPMG analyse

In het klimaatakkoord van 2019 zijn verschillende aanbodsscenario's opgesteld, waarbij scenario 2, 3 en 4 aan het lage scenario kunnen voldoen

Ontwikkeling van het aanbod waterstof in Nederland (PJ), 2021-2030



Scenario 1: Uitbreiding capaciteit wordt licht verhoogd productie (10PJ)

- Geen programmatische aanpak voor uitrol grootschalige elektrolyse.
- 10 PJ in 2030 door uitbreiding ~721 MW aan elektrolysecapaciteit:
 - 1MW pilot in Zuidwende
 - 20 MW in Noord Nederland
 - 2x 100MW in Noord-Nederland en Zeeland
 - 1x 500 MW onshore gevoed vanuit Ijmuiden ver
- Offshore wind elektriciteitsproductie wordt beperkt door de door EZK uitgezette routekaart (10,5 GW).

Scenario 2: Programmatische uitrol elektrolyse conform klimaatakkoord

- In de doelstelling wordt uitgegaan van 4000 MW elektrolysecapaciteit in 2030. Voor de productie van waterstof wordt gerekend met een efficiency van 75% en 3000 vollasturen. De elektrolyzers draaien daarmee mee in de merit order en zijn niet dedicated aangesloten op windparken
- In dit scenario wordt geen rekening gehouden met blauwe waterstof. Er wordt hierbij uitgegaan dat er geen CCS in Nederland gaat plaatsvinden

Scenario 3: Programmatische aanpak elektrolyse en toepassing CCS op bestaande waterstofproductie

- In de doelstelling wordt uitgegaan van 4000 MW elektrolysecapaciteit in 2030. Voor de productie van waterstof wordt gerekend met een efficiency van 75% en 3000 vollasturen. De elektrolyzers draaien daarmee mee in de merit-order en zijn niet dedicated aangesloten op windparken
- In dit scenario wordt geen rekening gehouden met blauwe waterstof. Er wordt hierbij uitgegaan dat er geen CCS in Nederland gaat plaatsvinden.

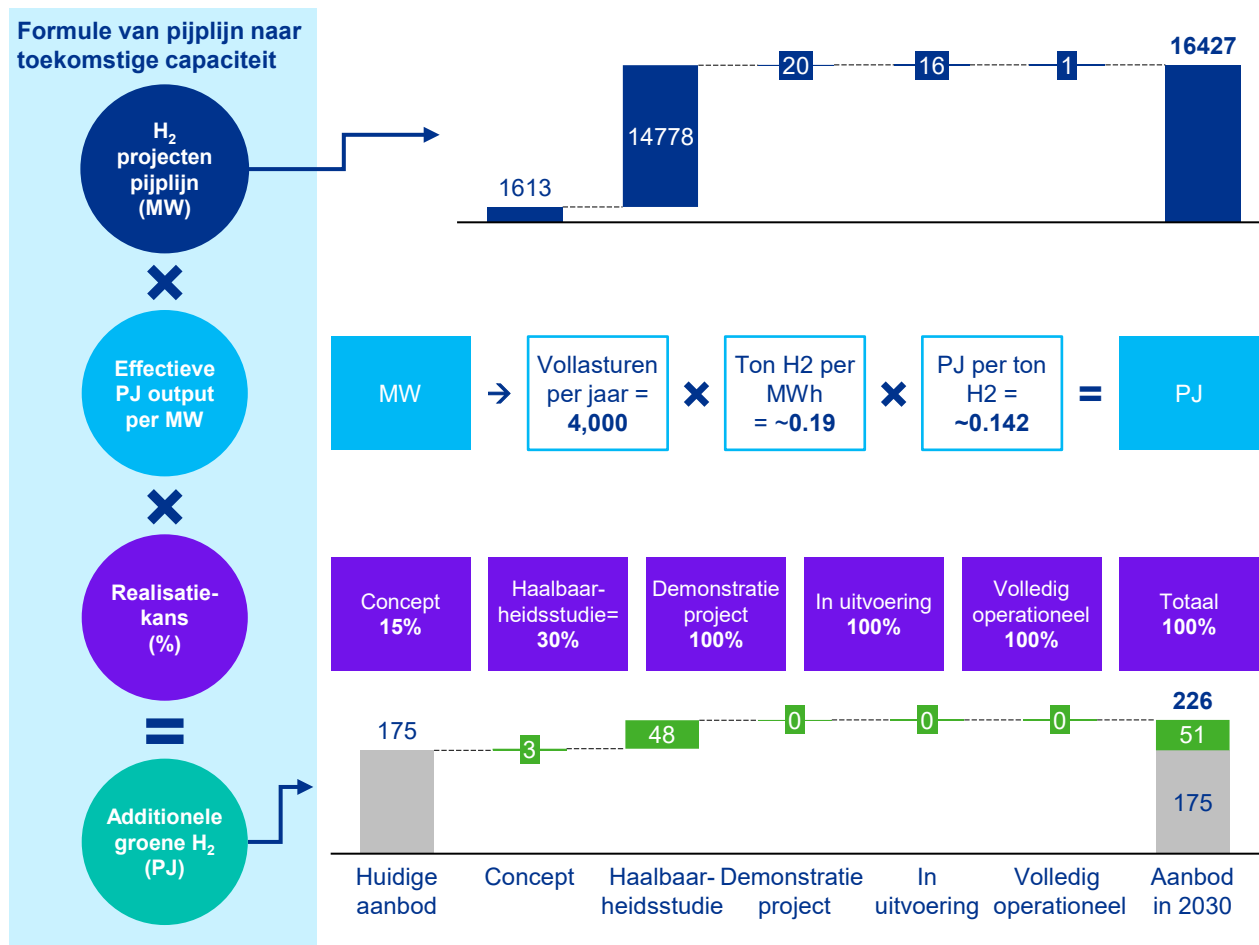
Scenario 4: Programmatische aanpak elektrolyse en toepassing CCS op bestaande en additionele waterstofproductie

- Groene waterstof van 4000MW elektrolysecapaciteit in 2030
- CCS in Rotterdam op bestaande waterstofproductie, blauw verdringt grijs (45PJ)
- Nieuwe waterstofproductie voor o.a. gas-to-power en industrie; aanvullend blauw 55 PJ

Bron: Gasunie, KPMG analyse.

KPMG schat de te realiseren groene waterstofproductie op basis van project pijplijn op ~51PJ tot en met 2030

Verwachte additionele H₂ op basis van huidige pijplijn van H₂ projecten (PJ), 2022-2030



De waterstofproductie project pijplijn is opgebouwd uit bestaande en geplande projecten in verschillende fases en reikt tot en met 2030, waar het gros van de projecten zich nog in de haalbaarheidsstudie fase bevindt

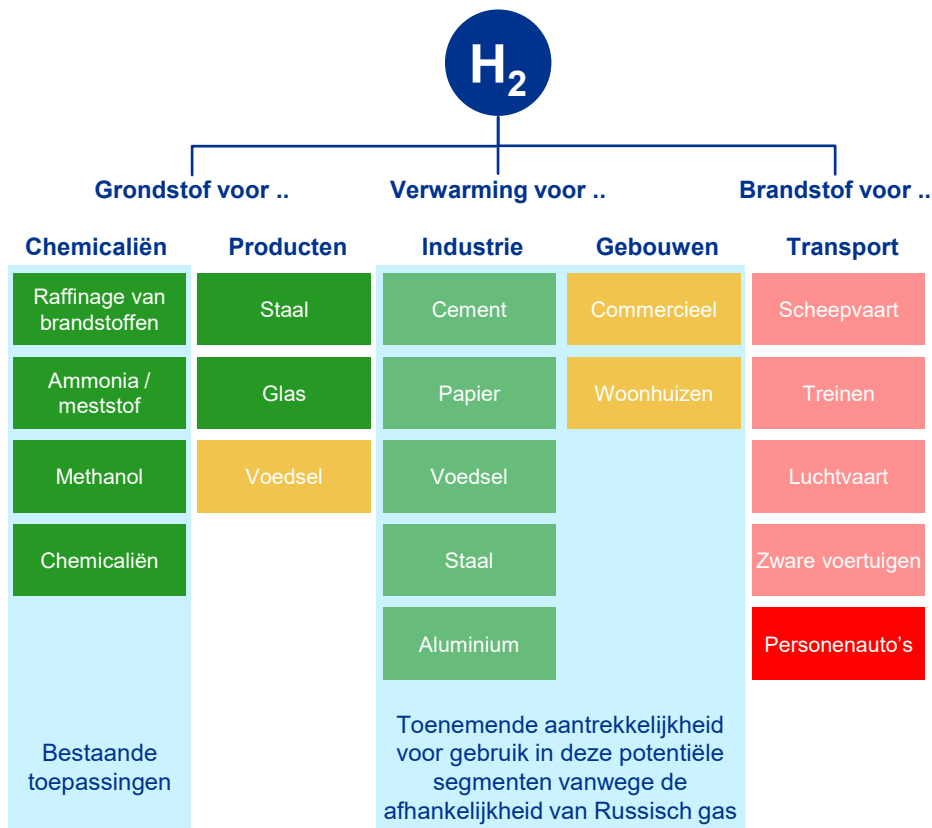
Op basis van KPMG analyse kan een groene waterstof aanbod hoeveelheid worden geschat in 2030

- De projecten weergegeven in de pijplijn zijn allen op basis van groene waterstofproductie (elektrolyse)
- De pijplijn wordt voor ~95% gevormd door projecten die nog in de haalbaarheidsstudie fase zitten
- Slechts een zeer beperkt aandeel van de projecten in de pijplijn wordt momenteel ook daadwerkelijk gerealiseerd
- De huidige groene waterstof projecten pijplijn zou de bestaande waterstofproductie met ~40% uitbreiden

Bron: IEA, TKI, TNO, IPCEI, KPMG analyse.

Waterstof wordt op dit moment vooral als grondstof gebruikt voor de industrie, maar nieuwe applicaties zullen de vraag richting 2030 vergroten

Verwachte toekomstige toename van duurzame waterstof vraag



Groene waterstof heeft als CO₂-vrij alternatief potentie om op een breed aantal toepassingen de economie te de-carboniseren, maar is afhankelijk van energieprijzen, infrastructuurmogelijkheden en overheidsbeleid.

- Momenteel wordt H₂ op grote schaal als grondstof gebruikt in de industrie voor raffinage en voor de productie van ammoniak.
- De toepassing voor waterstof voor gebouwen liggen primair in gecombineerde toepassingen met andere brandstoffen, en na 2030 met waterstofboilers.
- In de mobiliteit is de toepassing van waterstof relevant op het moment dat EV niet meer kosten efficiënt is. Later lijken kansen te volgen in de lucht-en-scheepvaart in de vorm van synthetische brandstoffen.

Sleutel: Potentieel voor toepassing waterstof: ■ Hoog ■ Laag

Bron: KPMG analyse

Deze prioritering wordt ook onderkend door de CO2-besparing en efficiëntie per toepassing, en zal naar verwachting de merit order bepalen

Toepassing	CO ₂ besparing per gebruikte kg H ₂ $+$		Energie conversie efficiëntie (%) $=$ CO ₂ impact		Betalbaarheid	Prioriteit	Toelichting
	Toepassing H ₂	Alternatief	Toepassing H ₂	Alternatief			
Grondstof voor de industrie	Groen H ₂ 0 kg CO ₂	Grijs H ₂ 9.3 kg CO ₂	~70%	~75%	●	●	- Voor deze gebruikers is H₂ het enige alternatief om hun hoofdproces te verduurzamen. De benodigde H₂-moleculen kunnen niet worden vervangen bij het vervaardigen van producten. - Groene H₂ vervangt in dit geval 1:1 grijze H₂. De CO₂ besparing door het gebruik van groene waterstof staat hierdoor gelijk aan de hoeveelheid CO₂ die het kost om grijze waterstof te maken - De supply chain, infrastructuur en kennis bestaan al, marginale kosten zijn gerelateerd aan transport, waarbij door de centralisatie van productielocaties de kosten relatief beperkt zijn
Verhitting in de industrie	Groen H ₂ 0kg CO ₂	8.3kg CO ₂	~65%	~86%	●	●	- Groene waterstof is een van de weinige alternatieven die aardgas zouden kunnen vervangen voor duurzame verhitting - Voor het genereren van evenveel warmte als 1kg waterstof, is 3.82kg aardgas nodig. Daardoor kan 1kg waterstof 8.3kg CO₂ besparen bij verbranding - Naast transportkosten zijn kosten voor retrofitting branders van bestaande productielocaties nodig. Door mogelijkheid tot centralisatie H₂ productie en verbranding blijven kosten beperkt
Elektriciteitsproductie	Groen H ₂ 0kg CO ₂	8.3kg CO ₂	~40%	~60%	●	●	- Vervanging van op aardgas gebaseerde elektriciteitsproductie kan met groene H₂, biomassa of afval. Het regelvrij vermogen van de laatste twee methoden is onbekend. - Er zijn beperkt (duurzame) alternatieven voor 'opslaanbare' energiebronnen die gebruikt kunnen worden voor elektriciteitsproductie 1kg waterstof kan 8.3kg CO₂ besparen bij verbranding - De energie efficiëntie van het omzetten van elektriciteit naar waterstof en weer terug naar elektriciteit is ~40%, het laagste van alle aardgas toepassingen - Naast transportkosten zijn kosten voor retrofitting branders van bestaande productielocaties nodig
Ruimteverwarming	Groen H ₂ 0kg CO ₂	8.3kg CO ₂	~55%	~86%	●	●	- Groene waterstof kan aardgas vervangen als bron van verhitting, maar is niet het enigste (duurzame) alternatief (e.g. warmtepompen) 1kg waterstof kan 8.3kg CO₂ besparen bij verbranding - Door retrofit van zowel het landelijke als lokale gasnetwerk zijn de kosten significant. Daarnaast dienen branders van CV's in gebouwen geretrofit te worden
Mobiliteit	Groen H ₂ 0kg CO ₂	0kg CO ₂	~30%	~76%	●	●	- Groene waterstof kan elektriciteit vervangen als energiedrager in duurzame mobiliteitsoplossingen - De FCEV-energieconversieketen van well-to-tank kent aanzienlijk meer tussenstappen die gezamenlijk tot ~46% meer energie-conversieverlies opleveren dan in de BEV-keten (zie p. 18) - Belangrijkste kosten zijn gerelateerd aan het realiseren van tankinfrastructuur

Sleutel: Mate van positieve impact op de merit order voor H₂: ● Hoog ○ Laag; Bron: Entropy Journal, Volkswagen, KPMG analyse

De-carbonisatie van industriële processen kan in sommige gevallen alleen met (groene) waterstof, waardoor deze sector een hoge prioriteit krijgt

	Toepassing	Vraag 2021 (PJ)	Vraag verwachting in 2030 (PJ)			Mate van aantrekkelijkheid voor toepassing duurzame waterstof				
			Laag	Mid	Hoog	Is H ₂ het beste alternatief?		Is duurzame transitie van H ₂ uitvoerbaar?		
Chemicaliën en producten	Raffinage van brandstoffen	- Ontzwavelen van aardolieproducten (hydrotreating) en kraken van aardoliefracties. ~50% is bijproduct in de raffinage (o.b.v. gas) en de rest on-site geproduceerd /aangekocht.	65	65	65	82		- Huidige productie van grijze H₂ op basis van methaan. - H₂ is het enige alternatief waarbij raffinages kunnen worden geretrofit met grijze H₂ alternatieven door CO₂ capture, CCUS (blauw) of elektrolyse (groen)		- Supply chain, kennis en infrastructuur bestaan al - Afnemende olievraag met risico op 'stranded assets'
	Ammonia	- H₂ wordt met stikstof (N₂) omgezet in ammoniak (NH₃) voor de productie van kunstmest (70%) - Overige producten zijn explosieven, synthetische fibers en specialistische materialen.	58	58	58	73				
	Methanol	H₂ en CO₂ worden omgezet in methanol (CH₃OH). Methanol kan als brandstof worden gebruikt of als bouwsteen in verdere chemische processen.	12	12	12	15				
	Chemicaliën en overige producten	Diverse andere chemische processen zoals hydrogenering, productie van waterstofperoxide en staalbehandeling	32	32	32	41				

Het lage scenario veronderstelt een gelijke vraag tot 2030 en daarna een afname van 5% per 5 jaar vanwege een teruglopende vraag naar onder andere olieproducten.

Het midden scenario gaat uit van een constante vraag tot 2030, daarbij wordt de verwachte afname aan olieproducten opgevangen door een aantrekkende vraag naar waterstof in nieuwe chemische processen.

Het hoog scenario ziet een toename van 12% per 5 jaar door een toenemende vraag naar raffinage, ammoniak en brandstoffen of chemicaliën. Te denken valt aan methanolproductie, synthetische brandstoffen, steel2chem en waste2chem.

Sleutel: Impact op mate van aantrekkelijkheid van duurzame waterstof: ● Hoog ○ Laag

Bron: Gasunie: Waterstof, vraag en aanbod nu – 2030, IEA: Global Hydrogen Review 2021, KPMG analyse

Er komen steeds meer nieuwe toepassingen bij; potentiële conversie is ~211 PJ van op aardgas gebaseerde verhittingsprocessen (1/2)

	Toepassing	Vraag 2021 (PJ)	Vraag verwachting in 2030 (PJ)			Mate van aantrekkelijkheid voor toepassing duurzame waterstof			
			Laag	Mid	Hoog	Is H ₂ het beste alternatief?		Is de transitie naar H ₂ uitvoerbaar?	
Verhitting in de industrie (1/2)	WKK / Waterketel (0-100°C)	Warm water productie voor lage temperatuur processen (vb. drogen, wassen, pasteuratie), als oplosmedium (vb. kartonindustrie) en ruimteverwarming (vb. glastuinbouw). Hoofdzakelijk directe verhitting m.b.v. warmwaterketels, WKK installaties en warmtepompen.	–	1,3	12,5	25		Elektrische warmwater en stoomketels zijn commercieel verkrijgbaar, maar daar is vaak geen retrofit (door gebrek aan ruimte voor verwarmingselementen) mogelijk met hogere investeringskosten als gevolg.	Retrofit van bestaande ketels (aanpassen of vervangen brandsysteem) is economisch aantrekkelijker.
	Drogen (100-600°C)	Warmteoverdracht via convectie (lucht), geleiding (indirect via warm oppervlak) of straling (IR of microgolf).	–	4	40	80		Elektrisch is mogelijk, maar dit brengt hoge CAPEX met zich mee doordat het proces volledig moet worden aangepast.	Het aardgasbrandsysteem kan worden aangepast/ vervangen door een waterstofbrander. Hoewel technisch mogelijk, is deze oplossing nog niet voor alle droogmethodes beschikbaar.
	Chemische omzetting, distillatie en overig (100-600°C)	Scheiding van goed oplosbare gassen tijdens industriële processen (vb. oliefracties). Conversie van olie condensaat naar chemische producten zoals plastics. Verhittingsprocessen gaan vaak via indirecte verwarming d.m.v. een oven of stoom, thermische olie etc.	–	3	30	60		Verwarming via elektriciteit is technisch mogelijk. Elektrische luchtverhitting is veel duurder dan verwarming via rookgassen en er moet voldoende ruimte aanwezig zijn om de installatie te bouwen.	Het aardgasbrandsysteem kan worden aangepast/ vervangen door een waterstofbrander. Hoewel technisch mogelijk, is deze oplossing nog niet voor alle methodes beschikbaar.

Het lage scenario gaat vooral uit van elektrificatie van verhittingsprocessen. De resterende rol voor waterstof varieert per deelsector (5%)

Het midden scenario is het gemiddelde van het hoog en laag scenario. (50%)

Het hoge scenario ziet deels een elektrificatie van de verhittingsprocessen en deels een vervanging van aardgas door waterstof (70% van de huidige aardgasvraag).

Sleutel: Impact o

Bron: DNV GL: Verkenning naar mogelijkheden om aardgas te vervangen in industriële verhittingsprocessen, Gasunie: Waterstof, vraag en aanbod nu – 2030, KPMG analyse

Er komen steeds meer nieuwe toepassingen bij; potentiële conversie is ~211 PJ van op aardgas gebaseerde verhittingsprocessen (2/2)

		Toepassing	Vraag 2021 (PJ)	Vraag verwachting in 2030 (PJ)			Mate van aantrekkelijkheid voor toepassing duurzame waterstof				
				Laag	Mid	Hoog	Is H ₂ het beste alternatief?		Is duurzame transitie van H ₂ uitvoerbaar?		
Verhitting in de industrie (2/2)	Glas (>600°C)	- Toepassing voor verpakking, vlakglas, tafel glas, glaswol, gasvezels en specials (verlichting) - Directe verwarming via rookgassen in smeltoven.	—	0,4	3,5	7		- Elektrisch heeft lagere OPEX, maar vereist een stabiel elektriciteitsnet en regelmatig onderhoud elektrodes. - Traditionele verbranding zorgt voor betere warmteverdeling in grote smeltbaden		- Economische aantrekkelijk door mogelijkheid retrofit (aanpassing brandersysteem) - Impact van H₂ branders op productkwaliteit en efficiëntie is beperkt bekend. Nadere studie nodig	
	Gieterijen (>600°C)	Directe verwarming in smeltovens via directe verhitting met rookgassen en elektriciteit.	—	—	0,3	0,5		Naast aardgas, steenkolen en olie kan ook elektriciteit worden ingezet			
	Keramisch (>600°C)	Bakken van stenen, dakpannen en porseleinproductie. Directe verwarming in de oven met rookgassen	—	0,4	3,8	7,6		Elektrisch is technisch mogelijk, maar kent zeer kostbare retrofit			
	Niet-ferrometalen (>600°C)	- Productie en verwerking metalen waar geen ijzer niet hoofdbestandsdeel is, zoals koper, lood, aluminium of zink - Hoofdzakelijke directe verhitting door rookgassen afkomstig van verbranding aardgas in branders	—	0,2	1,5	3		- Technisch kan elektrisch ook, echter geen retrofit mogelijk - Oplossingen bestaan nog niet; CAPEX onzeker en productkwaliteit onbekend - Hoog stroomverbruik			
	Smelten en gloeien staal en andere metalen (>600°C)	Productie en verwerking van ferrometalen (legeringen die hoofdzakelijk uit ijzer bestaan)	—	1,1	10,5	21					
	Overige (>600°C)	Mix van verhitting van productieprocessen	—	0,3	3,5	6,9					

Sleutel: Impact op mate van aantrekkelijkheid van duurzame waterstof: ● Hoog ○ Laag

Bron: DNV GL: Verkenning naar mogelijkheden om aardgas te vervangen in industriële verhittingsprocessen, Gasunie: Waterstof, vraag en aanbod nu – 2030, KPMG analyse

Wereldwijde disrupties versnellen het afbouwen van gasverbruik voor ruimteverwarming, toch lijkt effect met 1 PJ beperkt in 2030

	Toepassing	Vraag 2021 (PJ)	Vraag verwachting in 2030 (PJ)			Mate van aantrekkelijkheid voor toepassing duurzame waterstof				
			Laag	Mid	Hoog	Is H ₂ het beste alternatief?		Is duurzame transitie van H ₂ uitvoerbaar?		
Ruimte-verwarming	Huishoudens	Gasverwarming was de standaard in Nederland voor huishoudens en gebouwen in de afgelopen decennia.	—	—	1	1		- Voor nieuwe huizen zijn aardwarmte, zonne-energie of warmtepompen alternatieven voor gas. - Echter voor oude huizen is waterstof een haalbaardere oplossing (zie transitie naar H₂ uitvoerbaar)		- Het bestaande aardgasnetwerk kan de interregionale waterstofstromen invullen die op termijn worden verwacht. - Hergebruik van aardgasnetten is goedkoper dan de aanleg van nieuwe leidingen voor waterstofclusters - Producenten van CV boilers investeren ook sterk in de transitie van aardgas naar H₂, waarbij verschillende modellen al gasmixen met 30% H₂ aankunnen en showmodellen voor 100%.
	Commercieel	Waterstof in de bebouwde omgeving wordt gebruikt voor de verwarming van het woningbestand. Het Europese en internationale scenario gaan uit van een 20% tot 40% aandeel van hybride waterpompen met waterstof.	—	—	1	1				

De prognose is dat in 2050 tussen 10% (laag) en 30% (hoog) van de huishoudens in Nederland is overgestapt op waterstof voor verwarming. Door de lange doorlooptijd van de transitie leidt ertoe dat de echte impact van de transitie pas na 2030 merkbaar zal zijn.

In het lage scenario wordt uitgegaan van 2800 huizen in 2030 terwijl het hoge scenario uitgaat van 11.000 huishoudens in 2030. Het waterstofverbruik per huishouden per jaar is equivalent aan 1500m³ aardgas. Het midden scenario is het gemiddelde van het hoog en laag scenario.

Sleutel: Impact op mate van aantrekkelijkheid van duurzame waterstof: ● Hoog ○ Laag

Bron: Gasunie: Waterstof, vraag en aanbod nu – 2030, IEA: Global Hydrogen Review 2021, KPMG analyse

Het huidige verbruik van waterstof voor CO₂-vrije elektriciteitsproductie is ~12,6 PJ per jaar en zal naar verwachting groeien door ombouwen van aardgascentrales

		Toepassing	Vraag 2021 (PJ)	Vraag verwachting in 2030 (PJ)			Mate van aantrekkelijkheid voor toepassing duurzame waterstof	
				Laag	Mid	Hoog	Is H ₂ het beste alternatief?	Is de transitie naar H ₂ uitvoerbaar?
Elektriciteits productie	Elektriciteits productie	- De vraag vanuit elektriciteit is naar CO₂-vrij regelbaar vermogen. Voor volledige verduurzaming van het elektriciteitssysteem is er op lange termijn behoefte aan een groot vermogen van flexibel regelbaar vermogen aan flexibele regelbare centrales op (groene) waterstof). - Momenteel wordt H₂ die vrijkomt als bijproduct uit de productie van ijzer, chloor of andere chemicaliën lokaal ingezet ter ondersteuning van de elektriciteitsproductie.	12,6	12,6	50	90	 - Onduidelijkheid over de positie waterstof ten opzichte van andere technieken van CO₂ vrij regelbaar vermogen. - Elektriciteitsproductie kan ook vanuit biomassa en afval, maar de vraag is of dit regelvrij vermogen is. - Het is onzeker of er in 2030 nog biomassacentrales zijn.	 - Ombouwen van gasturbines en centrales naar waterstofcentrales is mogelijk - Door waterstof en aardgas te mengen is de aanpassing van de infrastructuur beperkt

Het lage scenario gaat ervan uit dat er geen aardgascentrales naar waterstof worden omgebouwd

Het midden scenario gaat ervan uit dat er in 2025 één unit is omgebouwd en in 2030 drie units (12 TWh). Het eerste gas-to-power project voorzien voor 2025 (Magnumcentrale).

Het hoge scenario gaat uit van een groter aantal waterstofcentrales. (Bijvoorbeeld in Zuid-Holland, Limburg of Flevoland): 25 TWh (90 PJ; 7 x 450 MW eenheid). Dit scenario gaat ervan uit dat er geen biomassacentrales meer zijn in 2030.

Sleutel: Impact op mate van aantrekkelijkheid van duurzame waterstof: ● Hoog ○ Laag

Bron: Gasunie: Waterstof, vraag en aanbod nu – 2030, IEA: Global Hydrogen Review 2021, KPMG analyse

Binnen mobiliteit heeft waterstof een lage prioriteitsstelling waardoor het toepassingsvolume in 2030 naar verwachting nihil is

	Toepassing	Vraag 2021 (PJ)	Vraag verwachting in 2030 (PJ)			Mate van aantrekkelijkheid voor toepassing duurzame waterstof	
			Laag	Mid	Hoog	Is H ₂ het beste alternatief?	Is de transitie naar H ₂ uitvoerbaar?
Brandstof	Scheepvaart	Toepassing van synthetische brandstoffen	–			 - Huidige gebruik op basis van aardolie - Er is al een start van de elektrificatie van vervoer - Bijmenging van biobrandstoffen is ook mogelijk. - LNG wordt in de scheepvaart gebruikt, en wordt overgenomen door bioLNG.	 Het grote potentieel voor het gebruik van H₂ wordt voorzien in de periode na 2030
	Treinen		–				
	Luchtvaart		–	–	–		
Automobiliteit	Brandstof voor personenauto's, bestelwagens, bussen en vrachtwagens	–	–	2,4	2,4	 - De huidige verbranding is op basis van fossiele brandstoffen. - Batterij elektrische voertuigen hebben een sterke voorsprong opgebouwd. - Hoewel FCEV's geen CO₂ uitstoten, een redelijke range hebben en binnen minuten volgetankt zijn, zijn ze zeer prijzig en ontbreekt de tankinfrastructuur.	 De huidige tankinfrastructuur is niet ingericht op H₂ waarbij naar verwachting de decentrale (fijn) distributie hoge kosten met zich meebrengen.

Het grote potentieel van het gebruik van waterstof in de lucht- en scheepvaartsectoren wordt voorsnog voorzien in de periode na 2030 en wordt hier niet meegenomen.

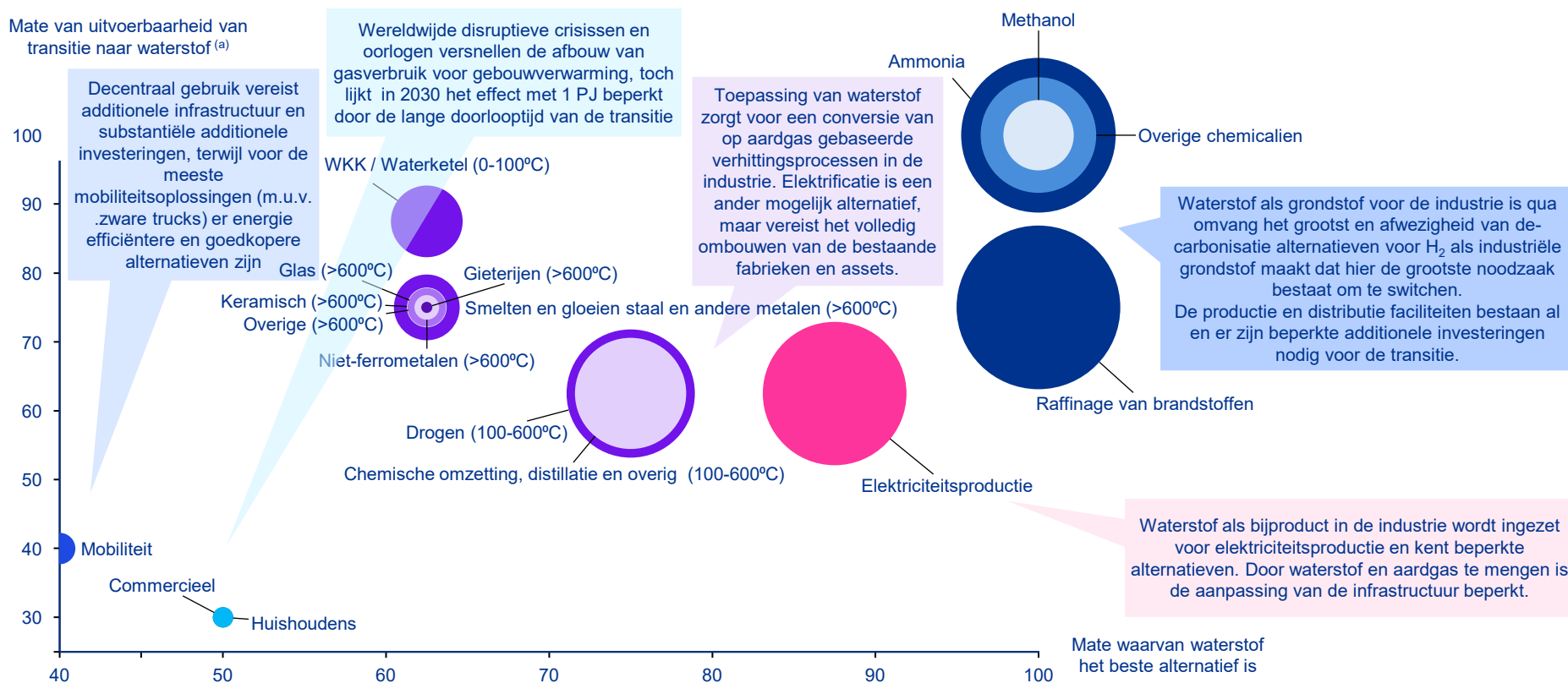
In een midden en hoog scenario wordt er uitgegaan van een penetratie van waterstofvoertuigen op basis van het Europese gemiddelde, wat leidt tot ~5000 FCEV voertuigen in 2030. Op basis van de huidige gemiddelde kilometrage per voertuigtype en een energieverbruik per gereden kilometer van 0.9 MJ/km voor personenauto's, 1.2 MJ/km voor bestelwagens, en ~7 MJ/km voor vrachtwagens wordt het totale verbruik geschat op ~2.5PJ in 2030.

Sleutel: Impact op mate van aantrekkelijkheid van duurzame waterstof: ● Hoog ○ Laag

Bron: Gasunie: Waterstof, vraag en aanbod nu – 2030, IEA: Global Hydrogen Review 2021, KPMG analyse

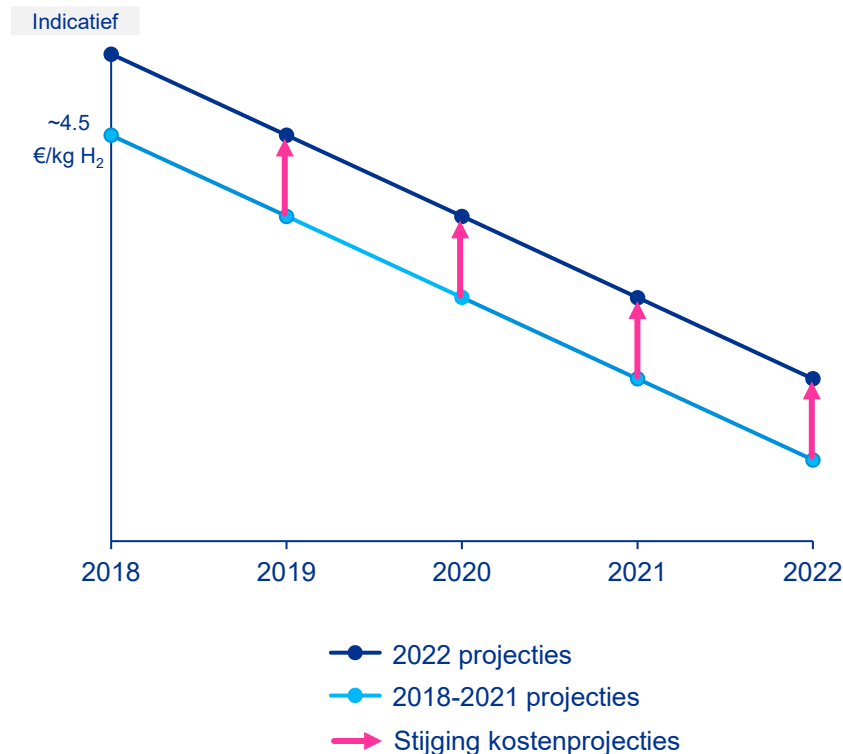
Duurzame waterstof als grondstof voor de industrie lijkt uitvoerbaar en een goed alternatief voor deze sector in vergelijking met andere sectoren

Relatieve vraag naar waterstof per sector (grootte bubbel), afgezet tegen de mate van uitvoerbaarheid van een transitie naar waterstof (Y-as) en mate van of waterstof het beste duurzame alternatief is (X-as), 2030FC



De hogere CAPEX maakt de business case voor duurzame waterstofproductie minder aantrekkelijk, later zal deze competitief worden

Ontwikkeling van kostenprojecties voor groene waterstofproductie, €/kg H₂, 2022 vs. historische projecties over de tijd



De kostenprojecties voor groene waterstof zijn minder attractief dan voorheen becijferd, door zowel hogere CAPEX en OPEX

- De CAPEX voor electrolyzers valt in de praktijk vaak hoger uit dan initieel gepland in de business case:
 - Door structurele onderschatting of buitensluiting van indirecte CAPEX posten (e.g. engineering, project management, verzekeringen)
 - Door duurdere grondstoffen, gedreven door inflatie
- De OPEX voor de productie van groene waterstof door electrolyzers valt hoger uit dan initieel gepland in de business case:
 - Doordat er meer vollasturen benodigd zijn om de hogere CAPEX te dekken. Waarbij belangrijk is op te merken dat het draaien van meer vollasturen betekent dat de electrolyzer vaker op momenten draait met hogere elektriciteitsprijzen, resulterend in hogere elektriciteitskosten
 - Daarnaast hebben ook de stijgende energieprijzen, als gevolg van de huidige situaties, impact op de electrolyzer business case
- Door zowel een hogere CAPEX als OPEX dan voorheen voorzien zal de business case van groene waterstof initieel minder aantrekkelijk zijn en waarschijnlijk pas later competitiever worden

Omdat groene waterstofproductie momenteel minder rendabel is dan voorheen voorzien, zal de overheid een grotere rol gaan spelen om de waterstofmarkt van de grond te krijgen

- Groene waterstof is momenteel minder rendabel dan initieel voorzien door hoger uitvallende kosten
- Om de waterstofmarkt toch verder te ontwikkelen is actief overheidsingrijpen benodigd door middel van (meer) subsidies
- Daarmee zal de overheid een actiever sturende rol naar zich toe trekken in de regulering van deze markt en het bijbehorende allocatievraagstuk van de groene waterstof schaarste

Bron: KPMG Analyse.

Het beleid van de Nederlandse overheid geeft sturing aan de ontwikkeling van de gehele waterstofwaardeketen...

Voorwaarde voor de doorontwikkeling van de waterstofwaardeketen is (bij-)sturing van de overheid omdat er op dit moment geen aanbod is van duurzame waterstof. Omdat marktpartijen pas zullen investeren in de opschaling van de productie bij een positieve businesscase, gedreven door een toename van de (concrete) vraag, erkent de overheid dat het zal moeten ingrijpen d.m.v. subsidies voor duurzame waterstof productie en een transport backbone. Uit meerdere overheidspublicaties blijkt dat de overheid prioriteit geeft aan afname van duurzame waterstof in de industrie en, indien deze prioritering niet indirect via subsidies afdwingbaar is, mogelijkheden overweegt om middels aan afnameverplichting de allocatie af te dwingen.

Tijdslijn van overheidsuitspraken met betrekking tot waterstof van 2020 tot 2022



Bron: Beleidsprogramma Klimaat, Klimaatakkoord, Kabinetsvisie waterstof, Change.Inc, KPMG Analyse.

... waarbij prioriteit wordt gegeven aan de industrie

Voorwaarde voor de doorontwikkeling van de waterstofwaardeketen is (bij-)sturing van de overheid omdat er op dit moment geen aanbod is van duurzame waterstof. Omdat marktpartijen pas zullen investeren in de opschaling van de productie bij een positieve businesscase, gedreven door een toename van de (concrete) vraag, erkent de overheid dat het zal moeten ingrijpen d.m.v. subsidies voor duurzame waterstof productie en een transport backbone. Uit meerdere overheidspublicaties blijkt dat de overheid prioriteit geeft aan afname van duurzame waterstof in de industrie en, indien deze prioritering niet indirect via subsidies afdwingbaar is, mogelijkheden overweegt om middels aan afnameverplichting de allocatie af te dwingen.

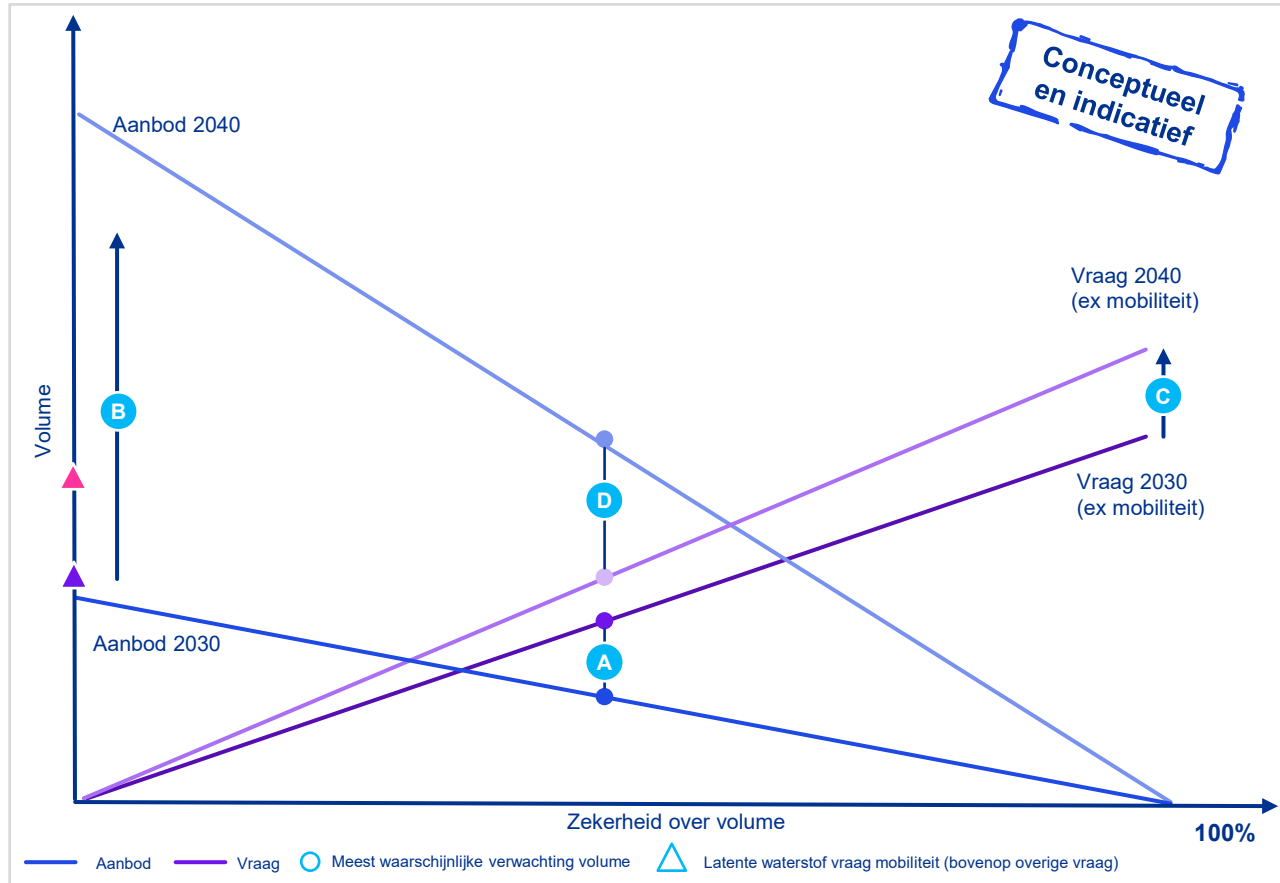
Tijdslijn van overheidsuitspraken met betrekking tot waterstof van 2022 tot midden-2023



Bron: NWP; IPCEI; Rijksoverheid; KPMG Analyse.

Rond 2040 lijkt er wel voldoende waterstof beschikbaar te zijn in Nederland, waardoor ook mobiliteit van waterstof voorzien lijkt te kunnen worden

Vraag (expliciet) en aanbod verwachting van groene waterstof in Nederland



- A** In 2030 is het aanbod van groene substantieel kleiner dan de expliciete vraag en is er niet of nauwelijks beschikbaarheid van waterstof voor andere toepassingen dan voor de zware industrie.
- B** Door een grote verwachte stijging van de lokale productie en de toenemende mogelijkheden van import van waterstof (met name uit MENA gebied waar productie uit zonne-energie kan plaatsvinden), zal het aanbod van waterstof na 2030 sterk stijgen, voornamelijk richting 2040.
- C** De vraag naar waterstof zal veel minder sterk stijgen: de stijging van de vraag vanuit toepassingen als verwarming zullen gemitigeerd worden door een lagere vraag van de zware industrie, aangezien een activiteiten van een deel van de zware industrie zal krimpen (o.a. raffinage zal afnemen richting 2040).
- D** Tegen 2040 zal er meer (potentieel) aanbod zijn dan gevraagd wordt door de traditionele toepassingen van waterstof, waardoor er ruimte is voor de vraag vanuit de mobiliteitssector.

Bron: DNV GL, Gasunie, Hydrohub HyChain 1, IEA, KPMG analyse

In 2022-2023 is ~€800 miljoen aan subsidie is toegekend aan zeven verschillende waterstofprojecten

Belangrijke ontwikkeling omtrent waterstof productie in Nederland

Important Projects of Common European Interest (IPCEI)

Inhoud

IPCEI's zijn EU-initiatieven waarbij verschillende lidstaten samenwerken aan strategische projecten voor onderzoek en innovatie, met als doel baanbrekende technologieën en industrieën te ontwikkelen die economische groei en concurrentievermogen bevorderen.

Implicaties Nederland

Zeven waterstof projecten hebben eind 2022 subsidies ontvangen

Desbetreffende projecten

Holland Hydrogen 1

Maasvlakte 2 – een groene waterstof fabriek

H2ermes

Groene waterstof voor de regio Amsterdam

Elygator

Elektrolyse met behulp van elektriciteit afkomstig van windturbineparken

Curthyl

Het proces van elektrolyse waarbij gebruik wordt gemaakt van elektriciteit opgewekt door windturbineparken

H2-Fifty

Verduurzamen van de raffinaderij van BP

Haddock

Productie milieuvriendelijke ammoniak

Hy-Netherlands

Productie duurzame Methanol

Bron: Tankpro; NOS; Klimaatakkoord, KPMG analyse.

05

Bijlagen



Overzicht primaire en secundaire bronnen

Primaire bronnen – Externe interviews



Grote Europese truck OEM
Senior VP Truck Product
Planning & Strategy



ACEA
Director Commercial Vehicles



Ruurd van der Heijde
Hydrogen expert

Primaire bronnen – KPMG waterstof experts



Stan de Ranitz - KPMG
Hydrogen & Renewables
expert



Tom Hesselink - KPMG
Hydrogen expert

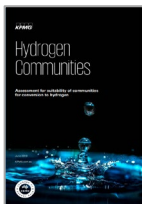


Stijn de Groen - KPMG
Director – Automotive /
Mobility expert



Jaap van Roekel - KPMG
Energy expert

KPMG – Eerdere waterstof publicaties



Secundaire bronnen

- Annual reports
- Bedrijfswebsites
- BMWI
- Capital IQ
- CBS
- Desk research
- DNV-GL
- Energie Nederland
- Energy Transition Model
- Europese Commissie
- EEA
- ENA
- Gasunie
- Hydrohub HyChain 1
- IEA
- Klimaataakkoord
- Klimaat- en Energieverkenning 2019
- KPMG Waterstof publicaties
- Global Data LMC-A
- McKinsey
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu
- Netbeheer Nederland
- PBL
- Persberichten
- RDC
- TNO
- Volkswagen

Definities en afkortingen

ACEA	European Automobile Manufacturers Association
BEV	Battery Electric Vehicle
CAGR	Compound annual growth rate / samengestelde jaarlijkse groei
CO₂	Koolstofdioxide
EBIT	Earnings before interest and tax
EBITDA	Earnings before interest, tax, depreciation and amortisation
EFTA	European Free Trade Association
EU	Europese Unie
FC	Forecast
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
FTE	Full-time equivalent
GW	Gigawatt
H₂	Waterstof
ICE	Internal Combustion Engine
Km	Kilometer
LCV	Light Commercial Vehicle
MW	Megawatt
Mton	Megaton (1,000 miljoen kilogram)
NL	Nederland
N/a	Not available
OEM	Original Equipment Manufacturer
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
PJ	Petajoule
PV	Passenger Vehicle
RNM	Renault-Nissan-Mitsubishi
R&D	Research & Development
SMR	Steam Methane Reforming



KPMG on social media



KPMG app

The information contained herein is of a general nature and is not intended to address the circumstances of any particular individual or entity. Although we endeavor to provide accurate and timely information, there can be no guarantee that such information is accurate as of the date it is received or that it will continue to be accurate in the future. No one should act on such information without appropriate professional advice after a thorough examination of the particular situation.

© 2023 KPMG Advisory N.V., a Dutch limited liability company and a member firm of the KPMG global organisation of independent member firms affiliated with KPMG International Limited, a private English company limited by guarantee. All rights reserved.

The KPMG name and logo are trademarks used under license by the independent member firms of the KPMG global organization.

Document Classification: KPMG Confidential