Traffic & Transport
Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

TNO-rapport

TNO 2021 R12693

Duiding van het AFIR-voorstel op de benodigde opbouw van tank- en laadinfrastructuur in Nederland

Datum	23 december 2021
Auteur(s)	
Exemplaarnummer	2021-STL-RAP-100343042
Aantal pagina's	66 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	3
Opdrachtgever	RWS
Projectnaam	RWS AFID ondersteuning
Projectnummer	060.49417

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2022 TNO

Samenvatting

Nederland heeft zich gecommitteerd aan het Klimaatakkoord van Parijs.
Om hieraan te kunnen voldoen, zullen de CO_2-emissies van alle sectoren, inclusief mobiliteit, aanzienlijk moeten afnemen. Voor de mobiliteitssector is het gebruik van koolstofarme energiedragers, zoals elektriciteit en waterstof, een belangrijk onderdeel van de strategie. Om voertuigen van deze alternatieve energiedragers te voorzien dient er voldoende tank- en laadinfrastructuur beschikbaar te zijn. Hiervoor zijn doelstellingen opgenomen in het Nederlandse Klimaatakkoord. Daarnaast is er ook een Europese richtlijn (2014/94/EU) betreffende de uitrol van infrastructuur voor alternatieve brandstoffen (AFID), waarin landen zichzelf de taak hebben opgelegd om een ‘passende’ infrastructuur te realiseren voor deze energiedragers.

De AFID wordt momenteel herzien als onderdeel van het bredere “Fit-for-55 pakket”. De Commissie stelt bindende doelstellingen voor in de vorm van een verordening, de AFIR (*alternative fuels infrastructure regulation*).
In het AFIR-voorstel zijn minimum uitrolverplichtingen opgenomen die EU-lidstaten verplichten om, per alternatieve energiedrager, een bepaalde hoeveelheid (locaties en capaciteit) aan infrastructuur te realiseren.

Rijkswaterstaat heeft TNO verzocht om ondersteuning te bieden bij de totstandkoming van de Nederlandse positie ten aanzien van de herziening van de AFID. Hiertoe zijn de eisen in het AFIR-voorstel vergeleken met de ambities zoals opgenomen in het Nederlandse Klimaatakkoord en een aantal Nederlandse studies die sindsdien zijn gepubliceerd door onder andere Elaad, NKL en TNO.

Voor infrastructuur geldt dat er een ‘trade-off’ bestaat tussen kosten en comfort voor de eindgebruiker. Te weinig tank- of laadpunten verkleint de kans op een vrij beschikbaar tank- of laadpunten waardoor wachtrijen kunnen ontstaat, wat de ingroei van voertuigen op alternatieve energiedragers kan remmen. Echter, teveel infrastructuur leidt tot hoge investeringskosten en een lage bezettingsgraad. Dit laatste leidt weer tot hoge energieprijzen (hoge benodigde marge om rendabel te kunnen exploiteren) of benodigde subsidies. Tijdens een transitiefase zal er altijd enige onbalans zijn, in het gunstige geval is die onbalans zo klein mogelijk. In de opschalingsfase van voertuigen op alternatieve energiedragers zal de bezettingsgraad relatief laag zijn om te zorgen dat de nog beperkte groep van eigenaars van voertuigen zich al wel kan voortbewegen.

Hieronder wordt duiding gegeven aan de eisen die in het AFIR-voorstel zijn opgenomen per energiedrager en voertuigcategorie, te weten:
- elektriciteit voor lichte en zware voertuigen en walstroom voor binnenvaart- en zeeschepen en voor stationaire vliegtuigen,
- waterstof voor wegverkeer,
- LNG voor zware voertuigen.

Elektrische lichte voertuigen
In het AFIR-voorstel is een eis opgenomen voor een minimum hoeveelheid te realiseren vermogen per geregistreerde (plug-in hybride) elektrische (bestel)auto. Deze eis is bijna een factor vier lager dan de hoeveelheid vermogen die momenteel in Nederland al beschikbaar is per (plug-in hybride) elektrische (bestel)auto.

Ook op langere termijn is de verwachting van de NAL en van verschillende Nederlandse experts dat er bijna vier keer meer vermogen per voertuig nodig zal zijn dan geëist in het AFIR-voorstel om gebruikers van elektrische voertuigen te faciliteren (hoge kans op een vrij laadpunt).

Ook is er in het AFIR-voorstel een minimale hoeveelheid oplaadvermogen (in kW) opgenomen dat per 60 kilometer Trans-European Transport Network (TEN-T netwerk) dient te worden gerealiseerd. De hoeveelheid vermogen die volgens verschillende Nederlandse studies nodig zal zijn op het TEN-T netwerk om een redelijke kans te hebben op een vrij (snellaad)punt is 3,5 tot 10 keer hoger dan de hoeveelheid opgenomen in deze eis.

Elektrische zware voertuigen
Voor zware elektrische voertuigen zijn drie typen eisen opgenomen in het AFIR-voorstel. De eerste vereist een minimaal te realiseren vermogen per 60 of 100 kilometer TEN-T netwerk. In tegenstelling tot bij de lichte voertuigen, is het vermogen dat wordt geëist voor zware voertuigen juist hoger dan wat er volgens verschillende Nederlandse studies nodig zal zijn langs het hoofdwegennet. In de Nederlandse studies wordt verwacht dat een groot deel van het vrachtverkeer zal laden buiten het hoofdweggenet, bijvoorbeeld op depots, terwijl het uitgangspunt van het AFIR-voorstel is dat vrachtwagens een groter deel van hun elektriciteit zullen laden langs het hoofdwegennet. Het realiseren van de minimale hoeveelheid geëist in het AFIR-voorstel zal in dat geval mogelijk leiden tot (tijdelijke) lage bezettingsgraden van de laadpunten aan het TEN-T netwerk.

Op termijn wordt er een aanzienlijke groei van elektrische trucks verwacht. De hoeveelheid vermogen die in het AFIR-voorstel wordt geëist, zal op langere termijn naar verwachting nodig zijn. Door deze al in een vroeg stadium te realiseren, worden vlooteigenaren in het aanschaffen van elektrische truck niet geremd door een gebrek aan voldoende laadpunten (conform de doelen in de Nationale Agenda Laadinfrastructuur), maar dit leidt in de transitieperiode mogelijk wel tot een onrendabele top.

Daarnaast wordt er in het AFIR-voorstel een eis gesteld ten aanzien van de minimale hoeveelheid laadvermogen die beschikbaar dient te zijn op bewaakte truck parkings. Een Nederlandse studie verwacht dat er in 2030 ruim zes keer meer vermogen nodig zal zijn op bewaakte truck parkings dan opgenomen is in het AFIR-voorstel. Dit is in lijn met de gedachte dat trucks vooral zullen laden op momenten dat ze voor langere periode stil staan op depots of bewaakte truck parkings.

Ten derde wordt in het AFIR-voorstel geëist dat er een minimale hoeveelheid vermogen beschikbaar zal zijn bij stedelijke knooppunten, waarvan er momenteel twee zijn in Nederland (Amsterdam en Rotterdam). In Nederlandse studies wordt verwacht dat er meer laadvermogen nodig zal zijn bij deze steden en ook bij andere steden. Dit is onder andere het gevolg van de ZE-zones die voor tientallen Nederlandse steden zijn voorzien.

Walstroom voor binnenvaart- en zeeschepen
Momenteel is al in bijna alle Nederlandse binnenvaarthavens behorend tot het TEN-T netwerk walstroom beschikbaar. Bovendien wordt er volop gewerkt aan een verdere uitbreiding van het walstroomsysteem. Daarmee lijkt deze eis uit het

AFIR-voorstel goed haalbaar. De hoeveelheid walstroom die in het AFIR-voorstel wordt geëist voor zeeschepen is aanzienlijk uitdagender dan voor de binnenvaart. Of en onder welke omstandigheden het voldoen aan deze eisen uit het AFIR-voorstel mogelijk is zal nader worden onderzocht in een aparte studie. Wel hebben de gemeente Rotterdam en het Havenbedrijf een strategie opgesteld waarin een vergelijkbare hoeveelheid walstroom voor de zeescheepvaart is opgenomen als wordt geëist in het AFIR-voorstel. Een belangrijk verschil is wel dat in het AFIR-voorstel meer walstroom voor grote containerschepen beschikbaar dient te zijn dan is voorzien in de strategie voor de haven van Rotterdam (resp. 90% en 50%). Ook maakt de Rotterdamse strategie soms nog onderscheid in publiek en privaat (doelstellingen voor “publieke kades”). Ook in de haven van Amsterdam zijn er plannen om walstroom voor zeeschepen te realiseren.

Stroom voor stationaire vliegtuigen
In 2025 dient er stroomvoorziening voor stationaire toepassingen voor commerciële luchtvaart bij alle gates op het uitgebreide en kernnetwerk beschikbaar te zijn. In 2030 dient dit beschikbaar te zijn bij alle posities op de luchthaven voor commerciële passagiersluchtvaart. Voor Nederland betekent dat dit dient te worden gerealiseerd bij de zes grootste luchthavens op het kern- en uitgebreide TEN-V-netwerk.

Waterstof voor wegverkeer
Om te voldoen aan het AFIR-voorstel voor waterstof zullen minimaal zestien tankstations moeten worden gerealiseerd met een aanzienlijke capaciteit voor gecomprimeerde waterstof. Bovendien dient er bij vijf stations ook vloeibare waterstof beschikbaar te zijn. In een recente Nederlandse studie, wordt de verwachting uitgesproken dat er in 2030, 48 tot 70 stations nodig zullen zijn met een capaciteit van twee ton per dag waar gecomprimeerde waterstof wordt aangeboden. Onder de aannames van die studie, zal de behoefte aan waterstof in 2030 daarmee aanzienlijk hoger zijn dan geëist in het AFIR-voorstel.

Of en wanneer vloeibare waterstof gebruikt zal worden voor wegverkeer is nog zeer onzeker. Vanuit Nederlands perspectief is er momenteel dan ook nog geen verwachting ten aanzien van een minimaal benodigde hoeveelheid vloeibare waterstof langs het wegennet.

Energiedragers voor zeescheepvaart
In 2025 dienen lidstaten een passend aantal LNG-tankstations te hebben gerealiseerd in zeehavens langs het TEN-T kernnetwerk. De bestaande infrastructuur lijkt momenteel voldoende om ook op langere termijn aan deze eis te kunnen blijven voldoen. Daarnaast zijn er ten aanzien van energiedragers voor de zeevaart zijn geen eisen opgenomen in het AFIR-voorstel. Wel dient er in het nationale beleidsplan van 2024, dat alle lidstaten moeten indienen, te worden opgenomen hoeveel infrastructuur er wordt voorzien voor waterstof, ammoniak en elektriciteit. In Nederland wordt momenteel veelvuldig onderzoek gedaan naar het gebruik van methanol als energiedrager voor de zeescheepvaart, echter deze energiedrager is niet opgenomen in het AFIR-voorstel. Om afstemming te bereiken over de beschikbaarheid van methanol als toekomstige energiedrager voor de zeescheepvaart, zou het waardevol zijn als ook andere EU lidstaten hun infrastructuurplannen voor methanol in hun nationale beleidsplannen zouden meenemen.

LNG voor zware voertuigen
Ten aanzien van LNG wordt in het AFIR-voorstel geëist dat er voldoende tankpunten zullen zijn, deze eis is niet verder gekwantificeerd. Momenteel geldt voor zowel vrachtwagens als voor de scheepvaart dat er een ‘dekkende’ LNG-tankinfrastructuur beschikbaar is. Op basis van de verwachte ontwikkeling van de LNG-vloot, zal het aantal gerealiseerde en in ontwikkeling zijnde LNG-tank- en bunkerlocaties voorlopig voldoende zijn om ook in de toekomst de vloot te faciliteren.

Kosten van te realiseren tank- en laadinfrastructuur
Naast een analyse en duiding van de eisen op het gebied van aantallen tank- en laadpunten, tank- en laadcapaciteit en locatie wordt ook een indicatieve inschatting gegeven van de kosten die gepaard gaan met de implementatie ervan.
Deze kosteninschatting betreft geen doorrekening van de businesscase van tank- en laadinfrastructuur. Het doel is om een indicatie te geven van een eventuele onrendabele top van de implementatie van het AFIR-voorstel. Veel aannames zijn echter onzeker of locatieafhankelijk, zoals de kosten van benodigde netwerkverzwaringen. TNO heeft hiervoor zowel methoden als aannames gebruikt van bronnen die zijn aangereikt door RWS. Door gebrek aan financiële studies van waterstofinfrastructuur, walstroomvoorzieningen voor de scheep- en luchtvaart zijn hiervoor geen kosteninschattingen opgenomen in deze studie.

<u>Reguliere laadpunten voor lichte voertuigen</u>
Om reguliere laadpunten rendabel te kunnen exploiteren is een relatief hoge bezettingsgraad nodig (~20% ofwel elk laadpunt bijna 5 uur/dag in gebruik), oftewel de hoeveelheid afgeleverde elektriciteit moet worden geleverd door een beperkt aantal laadpunten. Zoals hierboven al beschreven (zie vierde alinea), is het daarom belangrijk om een goede balans te vinden tussen kosten en comfort voor de eindgebruiker. Naast de bezettingsgraad is ook de waarde van hernieuwbare brandstof eenheden (HBE’s) van belang. Vooral wanneer de bezettingsgraad laag is, kunnen de HBE’s een onrendabele top voorkomen.

<u>Snellaadpunten voor lichte voertuigen</u>
Voor het aanleggen van een snellaadstation zal in veel gevallen een verzwaring van het elektriciteitsnetwerk nodig zijn. Indien kosten voor netverzwaring en locatiewerving niet bij de exploitanten terecht komen, zal er zelfs bij een lage bezettingsgraad geen onrendabele top zijn. Wanneer deze kosten wel door exploitanten moeten worden voldaan, zal een hoge bezettingsgraad (rond 20%) én een hoge elektriciteitsprijs (rond €0,60/kWh) nodig zijn om een onrendabele top te voorkomen. Indien de waarde van HBE’s zou dalen, zou dit de onrendabele top verder vergroten.

<u>Snellaadpunten voor zware voertuigen</u>
Zolang de waarde van HBE’s gehandhaafd blijft (~€13/GJ), zullen snelladers voor zware voertuigen bij een redelijke bezettingsgraad waarschijnlijk geen onrendabele top hebben. Dit geldt zelfs in het geval dat de kosten voor netverzwaring en locatiewerving bij de exploitant terecht zouden komen. Indien de HBE’s zouden komen te vervallen is wél een hoge bezettingsgraad (ongeveer 20%) en elektriciteitsprijs (ongeveer €0,35/kWh) nodig om winstgevend te kunnen zijn.

Belangrijkste conclusies

- Het geëiste vermogen bij openbare laadpunten per elektrisch voertuig (personen- en bestelauto's) is ongeveer een factor vier lager dan wat er volgens verschillende Nederlandse partijen nodig wordt geacht.
- De hoeveelheid opgesteld vermogen voor lichte voertuigen dat volgens het AFIR-voorstel specifiek langs het TEN-V netwerk dient te worden gerealiseerd is zelfs 3,5 tot 10 keer lager dan wat er volgens Nederlandse partijen nodig wordt geacht.
- De hoeveelheid vermogen die voor zware voertuigen langs het TEN-V netwerk dient te worden gerealiseerd (in de periode 2030 - 2035) is hoger dan wat er in Nederland op deze locatie nodig wordt geacht. In Nederland wordt een snellere ingroei van elektrische zware voertuigen verwacht dan waar de Europese Commissie vanuit gaat, maar de verwachting is dat deze voertuigen grotendeels op andere locaties zullen laden, bijvoorbeeld op eigen terrein. Aangezien het aantal elektrische vrachtwagens in deze periode snel zal toenemen, zal dit vermogen een aantal jaren later wellicht wel nodig zijn.
- De hoeveelheid waterstoftankstations die in Nederland nodig zullen zijn om de verwachte vraag naar (gasvorige) waterstof (op basis van een recente Nederlandse studie) te kunnen faciliteren, is aanzienlijk hoger dan het aantal geëist in het AFIR-voorstel.
- Het AFIR-voorstel eist ook de opbouw van infrastructuur voor vloeibare waterstof voor wegverkeer. De ontwikkeling van de vraag naar deze energiedrager is nog erg onzeker, waardoor de kans bestaat dat de opgebouwde infrastructuur amper gebruikt zal gaan worden.
- De realisering van de hoeveelheid walstroom die wordt geëist in het AFIR voorstel is redelijk in lijn met de ambities van Nederlandse zeehavens, maar zal een aanzienlijke uitdaging vormen vanwege capaciteit op het elektriciteitsnetwerk en kosten.
- De ontwikkeling van infrastructuur voor methanol als energiedrager voor de zeescheepvaart, hoeft niet te worden opgenomen in nationale beleidsplannen. In Nederland wordt dit echter gezien als mogelijk belangrijke energiedrager in de toekomst. Het zou daarom waardevol zijn als alle EU lidstaten hun infrastructuurplannen voor methanol in hun nationale beleidsplannen zouden moeten meenemen.

Inhoudsopgave

Samenvatting **2**

1 Inleiding **8**
1.1 Aanleiding 8
1.2 Doelstelling 8
1.3 Scope 9
1.4 TNO 2019: Behoefte aan infrastructuur voor alternatieve energiedragers voor mobiliteit in Nederland 10
1.5 Leeswijzer 10

2 Europese regelgeving voor het realiseren van alternatieve tank- en laadinfrastructuur **11**
2.1 Het TEN-T kernnetwerk en het uitgebreide netwerk 11
2.2 Eisen uit de bestaande AFID 14
2.3 Kwantitatieve eisen uit het nieuwe AFIR-voorstel 15

3 Ontwikkelingen van voertuigen en gebruik **16**
3.1 Verwachte ingroei van voertuigen 16

4 Benodigde tank- en laadinfrastructuur in Nederland volgens het AFIR-voorstel **20**
4.1 Minimaal te realiseren infrastructuur als gevolg van het AFIR-voorstel 20
4.2 Nederlands perspectief op behoefte aan alternatieve infrastructuur 26
4.3 Vergelijking AFIR-voorstel met Nederlands perspectief 32

5 Indicatie van resulterende kosten **37**
5.1 Kosteninschatting op basis van “Impact Assessment” 37
5.2 Kosteninschatting op basis van Nederlands perspectief 38
5.3 Kosteninschatting vanuit Nederlands perspectief in combinatie met minimum infrastructuureis van het AFIR-voorstel 45
5.4 Kosten van walstroom voor zeeschepen 46

6 Conclusies **48**
6.1 Elektriciteit 48
6.2 Waterstof 50
6.3 LNG 51

7 Bibliografie **52**

8 Ondertekening **53**

Bijlage(n)
A Eisen uit het AFIR-voorstel
B Rekenmethode gebruikt in TNO 2019
C Aannames kosteninschattingen hoofdstuk 5

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Nederland heeft zich gecommitteerd aan het Klimaatakkoord van Parijs. Om hieraan te voldoen is ongeveer een lineaire afname vereist van CO_2-emissies van ongeveer 95% in 2050 ten opzichte van 1990. Alle sectoren zullen hun CO_2-uitstoot moeten reduceren. Ook in de transportsector, verantwoordelijk voor ongeveer 20% van de totale CO_2-emissies in Europa, zijn dergelijke reducties noodzakelijk. Een belangrijke strategie voor de verduurzaming van de mobiliteitssector is het gebruik van alternatieve energiedragers die leiden tot lagere CO_2-emissies, zoals elektriciteit en waterstof. Om voertuigen van deze alternatieve energiedragers te voorzien dient er voldoende tank- en laadinfrastructuur voor beschikbaar te zijn. Hiervoor zijn doelstellingen opgenomen in het Nederlandse Klimaatakkoord.

Naast dit Klimaatakkoord is er ook een Europese richtlijn ten aanzien van de beschikbaarheid van tank- en laadinfrastructuur voor alternatieve energiedragers in Nederland. Deze Richtlijn (2014/94/EU), ook welk bekend als de Alternative Fuels Infrastructure Directive (AFID), schrijft lidstaten voor om een ‘passende’ infrastructuur te realiseren.

Passend houdt in dit geval in dat de infrastructuur:

- een adequate geografische spreiding zal hebben,
- afgestemd zal zijn op het aantal (en de inzet van) voertuigen op alternatieve energiedragers en
- tijdig zal worden gerealiseerd.

Deze AFID wordt momenteel herzien als onderdeel van het bredere “Fit-for-55 pakket”. De Europese Commissie stelt voor om de AFID-richtlijn om te zetten naar een verordening, het AFIR-voorstel. In het AFIR-voorstel zijn minimum uitrolverplichtingen voor tank- en laadinfrastructuur per alternatieve energiedrager opgenomen. De uiteindelijke doelstellingen voor de lidstaten komen tot stand middels onderhandelingen tussen de Lidstaten, de Europese Commissie (EC) en het Europese Parlement.

De Nederlandse overheid heeft behoefte aan een goede duiding van het voorstel van de Europese Commissie en hoe dit voorstel zich verhoudt tot de aantallen zoals opgenomen in het Nederlandse Klimaatakkoord[1] en tot doelen en ambities van verschillende Nederlandse partijen zoals de NAL (Nationale Agenda Laadinfrastructuur), platforms, Elaad, en NKL. Rijkswaterstaat heeft TNO verzocht te ondersteunen bij deze taken.

1.2 Doelstelling

Het doel van dit project is om de Nederlandse overheid te ondersteunen bij de totstandkoming van de Nederlandse positie met betrekking tot de herziening van de AFID.

[1] https://www.klimaatakkoord.nl/

Hiervoor dienen de Nederlandse ambities, opgehaald uit bestaande nationale klimaatdoelen en deelambities voor duurzame mobiliteit, te worden geanalyseerd en vergeleken met het EC voorstel voor herziening van de AFID. Een adequate duiding van de Nederlandse doelstelling in relatie tot het EC-voorstel is relevant omdat Nederland positie moet kunnen nemen ten aanzien van het AFIR-voorstel.

Om een goed onderbouwde reactie op het AFIR-voorstel te kunnen geven, is allereerst behoefte aan basisinformatie, die door RWS is verzameld, over de verwachte ingroei van alternatieve aandrijftechnieken en energiedragers binnen de verschillende modaliteiten. Daarna wordt bepaald of de verwachtingen (aantallen voertuigen en laadinfrastructuur) overeenkomen met de hoeveelheden die nodig worden geacht om de ingroei van voertuigen met alternatieve aandrijftechnieken te kunnen faciliteren en of ze onderling een logische samenhang hebben. Vervolgens wordt deze informatie door TNO inhoudelijk geanalyseerd en worden bevindingen en conclusies met de opdrachtgever besproken, zodat de stap naar politiek/bestuurlijke standpuntvorming gemaakt kan worden.

De meest recente doelstellingen voor Nederlandse ambitieniveaus per energiedrager en modaliteit worden vergeleken ten opzichte van:

1. ambities zoals opgenomen in het Klimaatakkoord;
2. vergelijking van EU ambitie AFIR-voortel voorstel juni/juli 2021.

1.3 Scope

In dit rapport worden de infrastructuureisen uit het AFIR-voorstel geanalyseerd. Daarbij worden dezelfde combinaties van energiedragers en modaliteiten behandeld als in het AFIR-voorstel zijn opgenomen. In Tabel 1.1 zijn de combinaties die binnen de afbakening van dit project vallen weergegeven.
De voer- en vaartuigtypen die binnen de scope vallen zijn Light Duty Vehicles (LDV), Heavy Duty Vehicles[2] (HDV), zee- en binnenvaarthavens en luchthavens.

Tabel 1.1: Combinaties van energiedragers en modaliteiten die behandeld worden binnen dit rapport.

	Elektrisch	**Waterstof**	**LNG**
Lichte voertuigen (LDV)	X	(X)	
Zware voertuigen (HDV)	X	X	X
Zeehavens	X		X
Binnenvaarthavens	X		
Luchthavens	X		

Voor waterstof geldt dat voor het bepalen van de behoefte aan waterstoftankpunten vanuit Nederlands perspectief enkel rekening is gehouden met het gebruik door zware voertuigen, omdat dit segment de primaire focus heeft binnen het AFIR-voorstel.

Naast een analyse en duiding van de eisen op het gebied van hoeveelheid tank- en laadpunten, beschikbare tank- en laadcapaciteit en locatie wordt ook een indicatieve inschatting gegeven van de kosten die gepaard gaan met de

[2] N2, N3, M2 en M3 volgens https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive/vehicle-categories_fr.

implementatie ervan. Voor de kosteninschatting moet nadrukkelijk worden vermeld dat het hier niet gaat om een doorrekening van de businesscase van dergelijke infrastructurele voorzieningen. Er wordt naar gestreefd om de ordegrootte van een eventuele onrendabele top te bepalen. Veel aannames zijn echter onzeker of locatieafhankelijk, zoals de kosten van benodigde netwerkverzwaringen. TNO ondersteunt RWS bij deze kostenschatting en heeft voor zowel de methode als de aannames gebruik gemaakt van bronnen die zijn aangereikt door Rijkswaterstaat.

Voor elektriciteit zijn aparte eisen opgenomen voor lichte en zware voertuigen en voor walstroom voor binnenvaart en zeevaart. Voor waterstof wordt geen onderscheid gemaakt naar lichte en zware voertuigen en zijn er ook geen eisen opgenomen voor scheepvaart. Voor LNG is alleen een kwalitatieve eis opgenomen in het AFIR-voorstel (‘een passend aantal vulpunten’) voor zware voertuigen en zeeschepen. Als gevolg hiervan, is er in het rapport meer aandacht voor elektriciteit dan voor andere energiedragers.

1.4 TNO 2019: Behoefte aan infrastructuur voor alternatieve energiedragers voor mobiliteit in Nederland

TNO heeft in 2019 een studie uitgevoerd voor RWS[3] die erop gericht is om inzicht te verschaffen in de hoeveelheid benodigde infrastructuur voor verschillende nieuwe energiedragers (waaronder elektriciteit, waterstof en LNG) op het Nederlandse hoofdwegennet. Hiertoe werd onder andere gebruik gemaakt van de ingroei van voertuigen op verschillende energiedragers en hun energiegebruik zoals opgenomen in het Klimaatakkoord (en daaraan verbonden publicaties).

In deze nieuwe studie zal de benodigde hoeveelheid infrastructuur onder AFIR worden vergeleken met de hoeveelheden die in 2019 zijn bepaald. Daar waar mogelijk wordt aangegeven wat de oorzaken zijn van verschillen.

1.5 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 is een korte toelichting gegeven over de AFID/AFIR en het TEN-T netwerk. In Hoofdstuk 3 worden de belangrijkste uitgangspunten over de ontwikkeling van het Nederlandse en Europese wagenpark beschreven.
De impact van het AFIR-voorstel op Nederland wordt beschreven in Hoofdstuk 4. In Hoofdstuk 4 wordt bovendien beschreven hoeveel infrastructuur er naar verwachting nodig zal zijn volgens verschillende Nederlandse publicaties (bijv. Klimaatakkoord) en andere recente Nederlandse studies van onder andere NKL, Elaad en TNO. Tot slot wordt in hoofdstuk 5 een kostenberekening gepresenteerd om te voldoen aan de AFIR.

[3] TNO 2019. Behoefte aan infrastructuur voor alternatieve energiedragers voor mobiliteit in Nederland. Datum 11 november 2019. Maarten Verbeek, Rob Cuelenaere. TNO 2019 R11705.

2 Europese regelgeving voor het realiseren van alternatieve tank- en laadinfrastructuur

Zoals vermeld in paragraaf 1.5, wordt in dit hoofdstuk toegelicht wat het Trans-Europees Transport Netwerk (TEN-T) is en welke onderdelen van het Nederlandse vervoersnetwerk hier onderdeel van uitmaken. Daarnaast wordt er een overzicht gegeven van de kwantitatieve eisen die zijn opgenomen in het AFIR-voorstel.

2.1 Het TEN-T kernnetwerk en het uitgebreide netwerk

2.1.1 Doel en overzicht EU netwerken

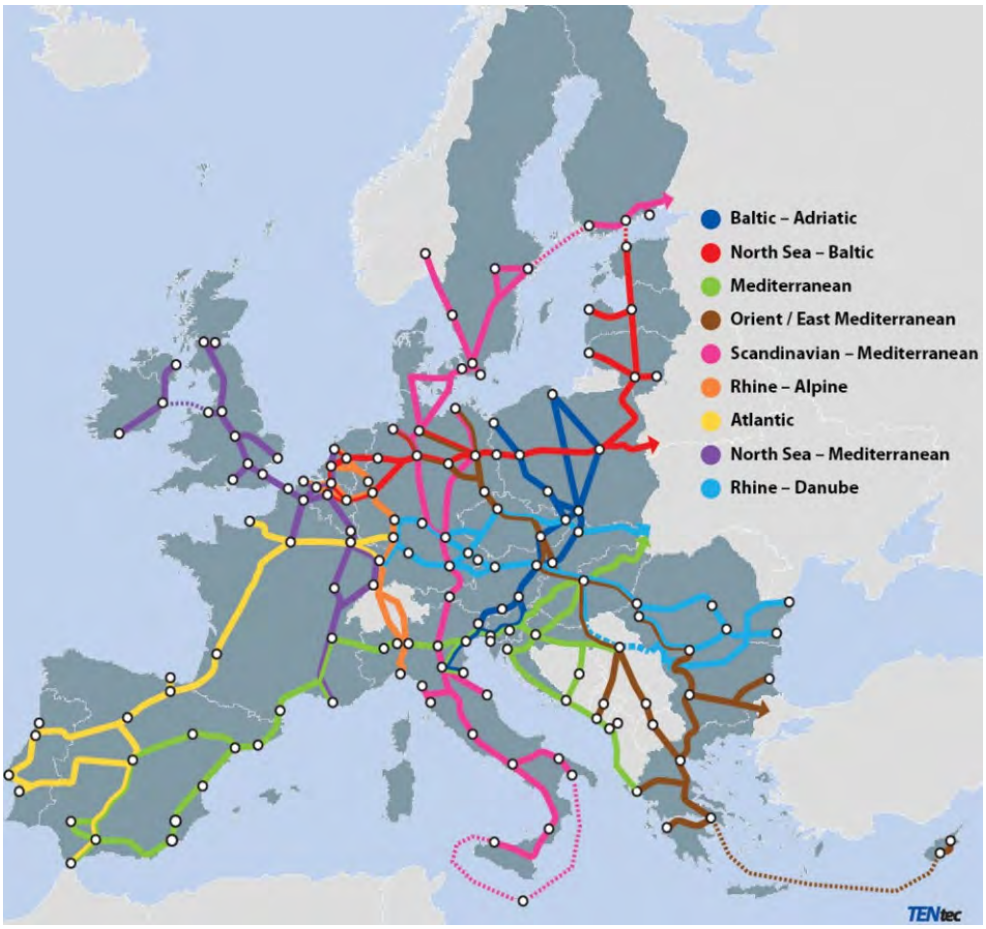
Het Europese beleid met betrekking tot het trans-Europees vervoersnetwerk (TEN-T) is gericht op de ontwikkeling van een EU-breed netwerk van spoorlijnen, wegen, binnenwateren, zeevaartroutes, havens, luchthavens, spoorwegterminals, belangrijke steden en parkeerplaatsen. Het doel is om een netwerk te creëren met zo min mogelijk barrières, zowel technisch, sociaal als economisch. Het huidige TEN-T-beleid is gebaseerd op Verordening (EU) nr. 1315/2013.

TEN-T bestaat uit twee netwerk-'lagen':

- Het kernnetwerk omvat de verbindingen, die de belangrijkste knooppunten met elkaar verbinden. De wegen van het kernnetwerk zijn te zien in Figuur 2.1.
- Het uitgebreide netwerk garandeert de verbinding tussen alle EU-regio's.

De ruggengraat van het kernnetwerk wordt gevormd door negen kernnetwerkcorridors, die zijn geïdentificeerd om de gecoördineerde ontwikkeling van het kernnetwerk te stroomlijnen.

Naast wegen, spoorwegen en waterwegen wordt in het TEN-T netwerk ook de rol van stedelijke knooppunten erkend en geformaliseerd als belangrijke knooppunten die de stroom van mensen en goederen vergemakkelijken.



Figuur 2.1: Belangrijkste corridors uit het Europese TEN-T kernnetwerk voor wegen.

2.1.2 *TEN-T kernnetwerk en het uitgebreide netwerk in Nederland*

Drie van de negen kernnetwerkcorridors lopen op Nederlands grondgebied, te weten “North Sea – Baltic”, “Rhine – Alphine” en “North Sea – Mediterranean”. Door uitbreiding van het netwerk, zullen deze corridors vanaf 2025 tezamen ongeveer 1457 km lang zijn (totaal van 2 richtingen, 725 km per richting).
De uitbreiding die tot 2025 is voorzien zijn nieuwe rijkswegen tussen knooppunt Ressen – Oudbroeken (A15) en de nieuwe rijksweg tussen A13 en A16.
Het uitgebreide netwerk, exclusief het kernnetwerk, beslaat ongeveer[4] 2603 km (totaal van 2 richtingen, 1300 km per richting). Het TEN-T netwerk in en rond Nederland, inclusief havens en luchthavens, is weergegeven in Figuur 2.2.

[4] Vanwege op- en afritten, de verschillende lengtes van beide richtingen, is hier geen exacte waarde voor beschikbaar



Figuur 2.2: TEN-T netwerk in Nederland (kernnetwerk en uitgebreide netwerk)[5].

Tabel 2.1: Kengetallen van het TEN-T netwerk in Nederland, wegsegmenten is het totaal van twee richtingen.

Netwerk	**Kengetallen**
Hoofdwegennetwerk	5.244 km
TEN-T kernnetwerk (vanaf 2025)	Ca. 1457 km (2x725)[4]
TEN-T uitgebreid netwerk (vanaf 2025, exclusief kernnetwerk)	Ca. 2603 km (2x1.300)[4]
Beveiligde rustplaats (Safe & secure parking)	44 locaties[6]
Stedelijke knooppunten (Urban nodes)	Amsterdam & Rotterdam
Havens: zeevaart[7]	4 Kernnetwerk en 8 uitgebreide netwerk
Havens: binnenvaart	10 Kernnetwerk en 44 uitgebreide netwerk
Luchthavens	2 Kernnetwerk en 4 uitgebreide netwerk

[5] https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/map/maps.html
[6] https://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/wegbeheer/parkeren-voor-vrachtwagenchauffeurs
[7] Er is deels overlap tussen de binnenvaart en zeevaart havens.

Deze aantallen komen voort uit een publicatie van de Europese unie (L348/97, 20.12.2013). Hieronder is weergegeven welke zee-, binnenvaart- en luchthavens in Nederland tot het TEN-T netwerk behoren.

Binnenvaarthaven:
- Kernnetwerk: Almelo, Amsterdam, Bergen op Zoom, Deventer, Hengelo, Moerdijk, Nijmegen, Rotterdam, Terneuzen/Vlissingen, Utrecht.
- Uitgebreid netwerk: Alblasserdam, Almere, Alphen aan den Rijn, Arnhem, Born, Cuijk, Den Bosch, Dordrecht, Eemshaven, Enschede, Geertruidenberg, Gennep, Gorinchem, Gouda, Grave, Groningen, Kampen, Lelystad, Lemsterland, Lochem, Maasbracht, Maasdriel, Maassluis, Maastricht, Meppel, Oosterhout, Oss, Reimerswaal, Ridderkerk, Roermond, Sneek, Stein, Tiel, Tilburg, Veghel, Venlo, Wageningen, Wanssum, Zaandam, Zaltbommel, Zevenaar, Zuidhoorn, Zwijndrecht, Zwolle.

Zeehavens
- Kernnetwerk: Amsterdam, Moerdijk, Rotterdam, Terneuzen / Vlissingen
- Uitgebreid netwerk: Beverwijk, Delfzijl/Eemshaven, Den Helder, Dordrecht, Eemshaven, Harlingen, Velzen/IJmuiden, Vlaardingen.

Luchthaven:
- Kernnetwerk: Schiphol, Rotterdam.
- Uitgebreid netwerk: Eindhoven, Enschede, Groningen, Maastricht.

2.2 Eisen uit de bestaande AFID

De Richtlijn 2014/94/EU die momenteel van kracht is, stamt uit 2014. In deze richtlijn wordt lidstaten verplicht om het volgende te realiseren:

- Passend aantal publiek toegankelijke laadpunten voor elektriciteit in stedelijke/voorstedelijke en andere dichtbevolkte gebieden eind 2020;
- Passend aantal punten voor CNG in stedelijke/voorstedelijke en andere dichtbevolkte gebieden eind 2020;
- Passend aantal punten voor CNG langs het TEN-T kernnetwerk eind 2025;
- Walstroom in havens van het TEN-T-kernnetwerk en andere havens tegen eind 2025, tenzij er geen vraag is en de kosten niet in verhouding staan tot de baten;
- Passend aantal waterstoftankpunten in de lidstaten die ervoor kiezen dit te ontwikkelen eind 2025;
- Passend aantal LNG-tankpunten in zeehavens teneinde het circuleren van LNG-zee- of binnenschepen binnen het TEN-V- kernnetwerk mogelijk te maken eind 2025;
- Passend aantal LNG-tankpunten in binnenhavens teneinde het circuleren van LNG-zee- of binnenschepen binnen het TEN-V-kernnetwerk mogelijk te maken eind 2030;
- Passend aantal LNG-tankpunten langs het TEN-T-kernnetwerk voor zware bedrijfsvoertuigen eind 2025.

Zoals te zien is, zijn er in de bestaande AFID geen van de eisen gekwantificeerd. Wel wordt er geëist dat er een hoeveelheid infrastructuur wordt opgebouwd die de hoeveelheid voer- en vaartuigen op bepaalde energiedragers kunnen worden gefaciliteerd.

2.3 Kwantitatieve eisen uit het nieuwe AFIR-voorstel

In het nieuwe AFIR-voorstel zijn eisen gekwantificeerd ten aanzien van de te realiseren infrastructuur. In Tabel 2.2 is een overzicht gepresenteerd van de infrastructurele eisen die zijn opgenomen in de het AFIR-voorstel. Zoals te zien, zijn er eisen voor elektriciteit, waterstof en LNG geformuleerd voor verschillende modaliteiten en voor verschillende typen locaties. Wat deze eisen betekenen voor Nederland en hoe deze zich verhouden tot bestaande plannen en doelstellingen in Nederland is verder uitgewerkt in Hoofdstuk 4.

Tabel 2.2: Overzicht van de minimumeisen ten aanzien van hoeveelheid te realiseren infrastructuur in het AFIR-voorstel.

Modaliteit & Energiedrager	**Type locatie**	**Jaar**	**Eis**	**Minimaal beschikbare faciliteit**
Elektrische lichte voertuigen (LDV)	Kern	2025	300 kW / 60 km	1x 150 kW
		2030	600 kW / 60 km	2x 150 kW
	Uitgebreid	2030	300 kW / 60 km	1x 150 kW
		2035	600 kW / 60 km	2x 150 kW
	Nationaal	Eind van elk jaar	1 kW / BEV	-
			0,66 kW / PHEV	-
Elektrische zware voertuigen (HDV)	Kern	2025	1400 kW / 60km	1x 350 kW
		2030	3500 kW / 60km	2x 350 kW
	Uitgebreid	2030	1400 kW / 100km	1x 350 kW
		2035	3500 kW / 100km	2x 350 kW
	Beveiligde rustplaats	2030	100 kW / locatie	1x 100 kW
	Stedelijke knooppunten	2025	600 kW / locatie	4x 150 kW
		2030	1200 kW / locatie	8x 150 kW
Waterstof tanklocaties (LDV + HDV)	TEN-T	2030	1 Station / 150 km	2 ton / dag & 1x 700 bar
		2030	1 Station / 450 km	Vloeibaar waterstof
	Stedelijke knooppunten	2030	1 Station / locatie	-
LNG (HDV)	Kern	Tot 2025	Voldoende	-
Walstroom (zeehavens)	TEN-T zeehavens[8]	2030	90% van behoefte van de port-calls[9]	-
Walstroom (binnenvaart havens)	Kern	2025	1 Laadpunt / haven	-
	Uitgebreid	2030	1 Laadpunt / haven	-
LNG (zeehavens)	Kern	2025	Voldoende	-
Stroom voorziening voor stationaire toepassing (luchtvaart)	Kern- en uitgebreide netwerk	2025	Alle gates voor commerciële luchtvaart	-
	Kern- en uitgebreide netwerk	2030	Alle posities op het platform voor commerciële luchtvaart	-

[8] Dit geldt voor zeehavens die aan bepaalde voorwaarden voldoen, zie paragraaf 4.1.6
[9] De energiebehoefte moet op een realistische manier toegankelijk zijn, dus niet 1 terminal met theoretisch genoeg vermogen voor alle schepen die binnen de criteria vallen.

3 Ontwikkelingen van voertuigen en gebruik

De ontwikkeling van infrastructuur voor alternatieve energiedragers is sterk afhankelijk van de energie die er per energiedrager nodig is. Deze behoefte wordt voornamelijk bepaald door de hoeveelheid voertuigen dat rijdt op een bepaalde energiedrager en het (gemiddelde) jaarkilometrage. In dit hoofdstuk wordt de verwachte ingroei van Light Duty Voertuigen (LDV) en Heavy Duty Voertuigen (HDV) volgens het AFIR-voorstel vergeleken met de aantallen die zijn opgenomen in het Nederlandse Klimaatakkoord.

3.1 Verwachte ingroei van voertuigen

3.1.1 Verwachtingen volgens impact assessment van AFIR-voorstel

In het voorstel van de Europese Commissie wordt niet vermeld hoeveel voertuigen met alternatieve aandrijflijnen er worden verwacht per lidstaat. Het is daarom niet mogelijk om een goede vergelijking te maken tussen de hoeveelheid voertuigen op waterstof of elektriciteit die de Europese Commissie verwacht in Nederland en de hoeveelheid die Nederland zelf voorziet, bijvoorbeeld zoals opgenomen in het Klimaatakkoord. Wel is er in het voorstel een verwachting opgenomen van de ontwikkeling van het totale aantal voertuigen in Europa op verschillende aandrijftechnieken. Aangezien in het AFIR-voorstel niet is opgenomen wat het aangenomen (gemiddelde) jaarkilometrage is en welke aandelen zijn aangenomen voor energie geladen bij snelladers, kan het aantal voertuigen per energiedrager zoals aangenomen in het AFIR-voorstel niet worden vergeleken met het aantal voertuigen dat wordt verwacht in Nederland. Een uitsplitsing van Tabel 3.1 naar lidstaten is op dit moment ook niet mogelijk.

Tabel 3.1: Verwachte ontwikkeling van wegvoertuigen in de EU op verschillende aandrijftechnieken in het AFIR-voorstel (in duizenden).

Aantal voertuigen (in duizenden)	**Baseline**			**Met beleid**		
	2030	**2040**	**2050**	**2030**	**2040**	**2050**
Batterij-elektrisch LDV	29.941	67.420	97.033	36.851	140.261	235.076
Plug-in-elektrisch LDV	13.987	41.007	54.157	14.343	40.950	14.897
Batterij-elektrisch HDV	50	161	231	110	1.022	2.405
Fuel Cell elektrisch LDV	306	3.906	10.301	416	12.824	38.727
Fuel Cell elektrisch HDV	3	63	102	60	549	1.877
CNG LDV	4.376	6.265	6.580	3.954	3.237	431
LNG	621	1.246	1.536	510	1.082	918

3.1.2 Verwachtingen opgenomen in Klimaatakkoord en andere Nederlandse inzichten

Voor de verwachte ingroei van voertuigen op verschillende aandrijftechnieken in Nederland is uitgegaan van het Klimaatakkoord en andere gelieerde studies zoals de Routeradar (TNO & Rijkswaterstaat, 2021).

De voertuigaantallen voor waterstof worden gebaseerd op de ramingen van Ekinetix (verwacht 2022) in opdracht van het Ministerie van IenW[10]. In dat rapport zijn verschillende ingroeiscenario's doorgerekend: 'laag', 'midden' en 'hoog'.

[10] Ekinetix (verwqacht 2022), Waterstof in Mobiliteit in 2030 – Strategische verkenning. In opdracht van het Ministerie van IenW. Auteurs: Van der Star, M., MSc. en Reijerkerk C.J.J., MSc""

Voor het heavy-duty segment zijn de getallen uit het scenario ‘laag’ aangehouden. Daarbij hanteert het ministerie van IenW een reikwijdte van een factor 3,75 tussen de ondergrens en bovengrens van dit scenario. Dit is gebaseerd op de bandbreedte die het PBL in de KEV hanteert voor batterij-elektrische personenauto’s in 2030, een factor 2,5 tussen ‘hoog’ en ‘laag’. Vanwege de variaties in marktrijpheid in waterstofmobiliteit wordt additioneel een factor 1,5 toegepast. Daarmee komt de factor tussen bovengrens en ondergrens op 3,75

Tabel 3.2: Verwachte ingroei waterstofvoertuigen van de Rijksoverheid.

Deelsegment	**Totaal aantal**	**Marktbereik H2 in 2030**	**Ingroei-scenario 2030 ‘LAAG”**	**Factor Bandbreedte**	**Ondergrens bandbreedte**	**Bovengrens bandbreedte**
HD bakwagens	71.000	4%	3.000	3,75	**1.600**	6.000
HD trekker-opleggers	90.500	7%	6.000	3,75	**3.200**	12.000

Tabel 3.3: Aannames van verwachte voertuigvloot[11].

Aantal voertuigen (in duizenden)	**2020**	**2025**	**2030**
Batterij-elektrisch LDV*	179	407	1985
Plug-in-elektrisch LDV*	100	-	-
Batterij-elektrisch HDV	0,2	3	15
Fuel Cell elektrisch LDV*	0,4	[12]	-
Fuel Cell elektrisch HDV	0,01		4,8[13]
CNG LDV	6,7	-	-
LNG HDV	0,7	2	4

*LDV = Light Duty Voertuigen zijn een optelsom van personen- en bestelauto’s

3.1.3 Vergelijking van de verwachte ingroei van voertuigen volgens het AFIR-voorstel en het Nederlandse Klimaatakkoord

Ten tijde van de uitvoering van deze studie, is de impactbeoordeling van het AFIR-voorstel nog niet volledig gepubliceerd. Daarom is er geen inzicht in een aantal parameters waarop het voorstel is gebaseerd, zoals de verwachte ontwikkeling van voertuigaantallen op verschillende energiedragers in Nederland. Het is daarom niet mogelijk om de verwachte ingroei van voertuigen volgens de EU te vergelijken met onze eigen nationale schattingen. De ingroeiverwachting in de totale EU is wél opgenomen in het AFIR-voorstel Door deze aantallen naar rato te verdelen over de lidstaten op basis van huidige registraties per voertuigcategorie (onafhankelijk van de voertuigcategorie), kan indicatief inzicht worden verkregen in de voertuigaantallen die de EU in Nederland verwacht.

[11] Voor het zichtjaar 2035 zijn geen voertuigaantallen opgenomen omdat deze niet beschikbaar zijn in het Klimaatakkoord.

[12] Er is momenteel geen studie waarin de vlootontwikkeling voor lichte waterstofvoertuigen in Nederland is voorzien.

[13] Ekinetix. (2021). *Scenario’s voor waterstofvraag en CO_2-reductie door toepassing in mobiliteit en transport in 2030.* Auteurs: Van der Star en Reijerkerk

Volgens het Klimaatakkoord worden in 2030 ongeveer 1,9 miljoen elektrische lichte voertuigen (personen- en bestelauto's) verwacht in Nederland. Dit is 5% tot 7% van de 30 tot 37 miljoen elektrische voertuigen die in 2030 worden verwacht in de hele EU volgens het AFIR-voorstel.

In 2020 stond 3,7% van alle lichte voertuigen in de EU geregistreerd in Nederland[14]. Indien de elektrische lichte voertuigen voor het AFIR-voorstel naar de huidige verdeling zijn verdeeld over lidstaten kan worden geconcludeerd dat de Nederlandse verwachtingen hoger zijn dan waar in het AFIR-voorstel vanuit is gegaan. Het is echter ook mogelijk dat rekening is gehouden met een snellere ingroei van elektrische voertuigen in de ene lidstaat dan in de andere. Aangezien deze percentages (3,7% en 5% tot 7%) niet veel van elkaar verschillen, is het goed mogelijk maar niet te concluderen dat de Nederlandse verwachtingen hoger zijn dan waar in het AFIR-voorstel vanuit is gegaan.

In Tabel 3.4 is te zien dat in 2020, 2,6% van alle in de EU geregistreerde vrachtwagens geregistreerd was in Nederland[14]. De 15.000 elektrische vrachtwagens die in Nederland worden verwacht in 2030 bedraagt 14% tot 30% van de verwachte ingroei in de totale EU conform het AFIR-voorstel. Dit aandeel is zoveel groter dan eerder genoemde 2,6% dat het waarschijnlijk is dat de ingroei van elektrische zware voertuigen in Nederland waar in het AFIR-voorstel rekening mee is gehouden, lager is dan de verwachtingen die Nederland zelf heeft (op basis van het Klimaatakkoord). Voor LNG-trucks geldt iets soortgelijks, maar in minder sterke mate.

Ook voor waterstoftrucks geldt dat het aantal trucks dat in Nederland verwacht wordt aanzienlijk hoger is dan waarvan is uitgegaan in het AFIR-voorstel. Sterker nog, het aantal waterstoftrucks dat in 2030 in Nederland wordt verwacht (4800) is hoger dan het totale aantal waterstoftrucks dat is voorzien in het baseline scenario in de Impact Assessment voor heel Europa (3000). In het scenario met EU beleid worden er ongeveer 60.000 waterstoftrucks in de EU verwacht. Op basis van de recente Nederlandse studie[13] zou dan 8% van de Europese waterstoftrucks in Nederland zijn geregistreerd. Dat is meer dan een verdeling naar rato op basis van de huidige spreiding van de totale vrachtwagenvloot over Europa. Echter, het verschil is niet zo groot dat met redelijke zekerheid kan worden gesteld dat in het scenario mét EU beleid minder waterstoftrucks in Nederland worden verwacht dan waar vanuit is gegaan in de recente Nederlandse publicatie.

[14] ACEA 2021. Vehicles in use, Europe 2021

Tabel 3.4: Nederlandse verwachtingen van de ingroei van voertuigen op alternatieve energiedragers verwacht ten opzichte van de ingroei verwacht in de totale EU (zoals opgenomen in het AFIR-voorstel) en het aandeel in Nederland geregistreerde voertuigen onafhankelijk van de energiedrager in 2020.

	Nederlandse verwachting ten opzichte van verwachting totaal EU uit AFIR-voorstel		**Aandeel in NL geregistreerde voertuigen (over alle energiedragers)**
Aandeel voertuigen	**Baseline**	**Met EU beleid**	
Batterij-elektrisch LDV	6,6%	5,4%	3,7%
Plug-in-elektrisch LDV	-	-	
Batterij-elektrisch HDV	30%	14%	2,6%
Fuel Cell elektrisch LDV[12]	-	-	
Fuel Cell elektrisch HDV	160%	8%	2,6%
CNG LDV	-	-	
LNG	0,6%	0,7%	2,6%

4 Benodigde tank- en laadinfrastructuur in Nederland volgens het AFIR-voorstel

In hoofdstuk 2 zijn de eisen uit het AFIR-voorstel weergegeven, in dit hoofdstuk is beschreven wat deze eisen voor gevolgen hebben voor Nederland. In Nederland wordt al enkele jaren gewerkt aan visies op de benodigde ontwikkeling van tank- en laadinfrastructuur voor alternatieve energiedragers om de toename van voertuigen met alternatieve aandrijftechnieken te kunnen faciliteren. Zo zijn er in het Nederlandse Klimaatakkoord al verschillende infrastructuurhoeveelheden opgenomen. Daarnaast zijn er al verschillende Nederlandse studies verschenen ten aanzien van de benodigde ontwikkeling van de hoeveelheid infrastructuur voor alternatieve energiedragers in Nederland. Bovendien hebben verschillende belanghebbende partijen in de sector de laatste jaren uitlatingen gedaan over deze ontwikkeling.

In sectie 4.1 zijn de eisen uit het AFIR-voorstel vertaald naar minimaal te realiseren infrastructuur voor Nederland. Vervolgens is in sectie 4.2 de verwachting ten aanzien van benodigde infrastructuur vanuit Nederlands perspectief (verschillende Nederlandse studies en publicaties) gepresenteerd. In paragraaf 4.3 worden de eisen uit het AFIR-voorstel vergeleken met het Nederlandse perspectief (verwachtingen verschillende Nederlandse studies en stakeholders).

4.1 Minimaal te realiseren infrastructuur als gevolg van het AFIR-voorstel

Er zijn in het AFIR-voorstel drie verschillende types eisen opgenomen. Voor elk van deze eisen zijn verschillende indicatoren gebruikt om de doelstellingen te definiëren. Daarom zijn verschillende methoden nodig om een vertaalslag te maken naar de benodigde hoeveelheden infrastructuur in Nederland.

De verschillende soorten eisen zijn:

- landelijk geïnstalleerd laadvermogen per voertuig;
- hoeveelheid infrastructuur per locatie (in aantallen tankstations of geïnstalleerd vermogen) inclusief minimumvereisten voor faciliteiten;
- hoeveelheid infrastructuur per kilometer weg (in aantallen inclusief minimumvereisten voor faciliteiten);

De eisen, gedefinieerd als “hoeveelheid tank- of laadpunten per kilometer”, zijn omgerekend naar het minimum benodigd aantal tank- of laadlocaties met een bepaalde capaciteit. Het is op het moment van schrijven nog onduidelijk of het om een gemiddeld vermogen per weglengte gaat of om een minimum vermogen per locatie. In het geval van een gemiddelde zou het bijvoorbeeld mogelijk zijn om met een dubbel aantal laadlocaties met de helft van het vermogen ook aan de AFIR-eis te voldoen. Dat is voor Nederland relevant omdat in Nederland de gemiddelde afstand tussen verzorgingsplaatsen 20 tot 25 kilometer bedraagt. In het kader voorzieningen verzorgingsplaatsen langs Rijkswegen is opgenomen dat de afstand tussen twee verzorgingsplaatsen maximaal 20 kilometer mag bedragen[15].

[15] 35 300 A Vaststelling van de begrotingsstaat van het Infrastructuurfonds voor het jaar 2020. Nr. 83. brief van de minister van infrastructuur en waterstaat

4.1.1 Elektrisch - lichte voertuigen

Voor lichte voertuigen zijn twee verschillende eisen gesteld. Er is een minimum vereiste voor de hoeveelheid laadvermogen die in heel Nederland beschikbaar moet zijn als functie van het aantal voertuigen dat in Nederland geregistreerd is aan het einde van elk jaar.

De eis is geformuleerd als minimaal gemiddeld laadvermogen per voertuig (som van BEV en PHEV) in Nederland:

- 0,66 kW per PHEV aan het einde van elk jaar;
- 1 kW per BEV aan het einde van elk jaar;

In het Klimaatakkoord wordt de verwachting van ca. 1,9 miljoen elektrische lichte voertuigen genoemd. Op basis van die aanname kan worden gesteld dat de laadcapaciteit ook ca. 1900 MW zal moeten bedragen in 2030.

Daarnaast is er een vereiste opgenomen voor het minimum beschikbare laadvermogen per kilometer weglengte langs het kernnetwerk en uitgebreide netwerk en garandeert daarmee een maximum afstand tussen twee opvolgende laadlocaties.

Voor lichte voertuigen geldt:

- 600 kW per 60 km in 2030 (300 kW per 60 km in 2025) op het kernnetwerk;
- 600 kW per 60 km in 2035 (300 kW per 60 km in 2030) op het uitgebreide netwerk;

EISEN IN HET AFIR-VOORSTEL MET AMBIGUE DEFINITIES

In een aantal eisen in het AFIR-voorstel worden termen gebruikt die niet verder zijn uitgewerkt en die in het huidige gebruikt geen éénduidige betekenis hebben.

Hoeveelheid tank- en laadinfrastructuur per afstand

In het AFIR-voorstel wordt geëist dat lidstaten een minimumdekking van openbaar toegankelijke oplaadpunten zullen realiseren op het TEN-T wegennet voor verschillende energiedragers. De minimumdekking is nader gespecificeerd als een hoeveelheid waterstof of vermogen (in het geval van elektriciteit) dat beschikbaar is per weglengte, bijvoorbeeld een snellaadstation met minimaal 600 kW per 60 kilometer kernnetwerk voor lichte voertuigen in 2030. Het is echter niet duidelijk of dat het ook geoorloofd is om binnen deze afstand (bijv. 60 kilometer) twee stations met de helft van de capaciteit (bijv. 300 kW) te realiseren.

Het kernnetwerk bestaat uit 1.457 km snelweg (totaal in beide richtingen) en dat betekent minimaal 25 stations (1457 km / 60 km = 24,3). Het uitgebreide netwerk omvat 2.604 km snelweg en vereist daardoor minstens 44 locaties (2.604 km / 60 km = 43,4). Ook staat in het AFIR-voorstel dat iedere locatie minstens twee laadpunten met minimaal 150 kW vermogen moet faciliteren in 2030 en 2035. In de praktijk kan het voorkomen dat stations op bepaalde wegdelen dichterbij elkaar liggen dan minimaal vereist vanwege de huidige locaties van bestaande verzorgingsplaatsen.

Als de “minimaal 60 km eis” streng wordt gehandhaafd en er geen gemiddelde per 60 km wordt gehanteerd kan dat ervoor zorgen dat het totaal aantal benodigde stations hoger uitvalt, wanneer twee locaties bijv. op 50 km afstand van elkaar liggen en de volgende weer op 60 km moet zijn en niet op 70 km.

In Tabel 4.1 staan de resultaten voor lichte voertuigen samengevat, ook staat ter indicatie een gemiddeld aantal laders vermeld in het geval van een gemiddeld vermogen van 150 kW langs het TEN-T netwerk (en gemiddeld 14 kW landelijk). Het minimum aantal laders is geen directe eis vanuit de AFIR-voorstel, maar is hier opgenomen ter indicatie en omdat het een uitgangspunt is voor de kosteninschatting in Hoofdstuk 5.

Tabel 4.1: Lichte voertuigen doelstellingen vanuit de AFIR-voorstel met minimum aantal laadlocaties, laders en capaciteit implicaties voor Nederland.

Locatie	**Jaar**	**Doelstellingen uit het AFIR-voorstel**	**Locaties**	**Capaciteit**	**Laders**[16]
Kern	2025	300 kW per 60 km	25	7,3 MW	49
	2030	600 kW per 60 km	25	14,6 MW	97
Uitgebreid	2030	300 kW per 60 km	44	13,0 MW	87
	2035	600 kW per 60 km	44	26,0 MW	174
Landelijk	Elk jaar	1 kW per BEV	N/A	1.900 MW	270.000[17]
	Elk jaar	0,66 kW per PHEV	N/A	N/A	N/A

4.1.2 Elektrisch - zware voertuigen

Voor zware voertuigen zijn er twee typen eisen opgenomen in het AFIR-voorstel. De eerste eis beschrijft een minimum laadcapaciteit per weglengte. Deze eis is geformuleerd als minimum beschikbare infrastructuur per kilometer weg en garandeert daarmee een maximum afstand tussen twee opvolgende laadlocaties.

Voor zware voertuigen geldt:

- 3500 kW per 60 km in 2030 (1400 kW per 60 km in 2025) op het kernnetwerk;
- 3500 kW per 100 km in 2035 (1400 kW per 100 km in 2030) op het uitgebreide netwerk;

Voor het kernnetwerk is het minimum aantal te realiseren laadlocaties 25 (1.457 km / 60 km = 24,3) en voor het uitgebreide netwerk is dat 26 stations (2.604 km / 100 km). In de praktijk kan het voorkomen dat stations op bepaalde wegdelen dichterbij elkaar zitten dan minimaal vereist vanwege de huidige locaties van bestaande verzorgingsplaatsen. Dat kan ervoor zorgen dat het totaal aantal stations hoger zal uitvallen. Per locatie moeten er minstens twee laadpunten met een laadvermogen van 350 kW aanwezig zijn.

Het tweede type eis garandeert laadmogelijkheden per locatie en heeft betrekking op stedelijke knooppunten (“urban nodes”) en bewaakte rustplaatsen (“safe & secure parking areas”).

[16] Indicatief, het aantal laders is afhankelijk van het gemiddelde laadvermogen per lader. Hier zijn laders met een laadvermogen van 150 kW (TEN-T) & 14 kW (landelijk) aangenomen

[17] Laadpalen van 14 kW met 2 laadpunten van ca. 7 kW.

De tweede eis is geformuleerd als minimum beschikbare infrastructuur per locatie,

- 1 lader van minstens 100 kW per beveiligde rustplaats in 2030;
- 1 locatie van minstens 1200 kW in 2030 (600 kW in 2025) per stedelijk knooppunt;

Daarnaast moeten er op alle 44 bewaakte vrachtwagenparkeerplaatsen[18] minimaal één lader van minimaal 100 kW aanwezig zijn. Binnen de twee stedelijke knooppunten in Nederland (Amsterdam en Rotterdam) moet per stad één locatie met minimaal 600 kW in 2025 en minimaal één locatie met minimaal 1200 kW in 2030 beschikbaar zijn, met minimaal 150 kW laders.

In Tabel 4.2 zijn de doelstelling voor elektrische zware voertuigen vanuit het AFIR-voorstel samengevat, daarnaast is berekend wat deze doelstellingen inhouden voor het Nederlandse TEN-T netwerk. Er is ter indicatie aangegeven hoeveel laadpunten er nodig zijn van een bepaald vermogen.

Tabel 4.2: Zware voertuigen doelstellingen vanuit het AFIR-voorstel met minimum aantal laadlocaties, laders en capaciteit implicaties voor Nederland.

Locatie	**Jaar**	**Doelstelling uit het AFIR-voorstel**	**Locaties**	**Capaciteit**	**Aantal laders (indicatief)[19]**
Kern netwerk	2025	1400 kW / 60km	25	34 MW	97
	2030	3500 kW / 60km	25	85 MW	243
Uitgebreid netwerk	2030	1400 kW / 100km	26	36 MW	104
	2035	3500 kW / 100km	26	91 MW	260
Bewaakte rustplaatsen	2030	100 kW / locatie	44	4,4 MW	44
Stedelijke knooppunten	2025	600 kW / locatie	2	1,2 MW	8
	2030	1200 kW / locatie	2	2,4 MW	16

4.1.3 Waterstoftanklocaties

De EC merkt het heavy-duty segment aan als het meest kansrijke segment voor de toepassing van waterstof in de mobiliteit. De uitrolverplichtingen zoals opgenomen in de AFIR zijn dan ook op dit segment toegespitst. Er wordt verwacht dat tanken van waterstof voor zowel licht- als zwaar vervoer op dezelfde druk gebeurt, namelijk 700 bar. Voor waterstoftanklocaties zijn twee typen eisen geformuleerd. De eerste eis beschrijft een minimale tankcapaciteit per weglengte. Het tweede type eis garandeert tankmogelijkheden per locatie en heeft betrekking op stedelijke knooppunten (“urban nodes”).

De eerste eis is geformuleerd als minimaal beschikbare hoeveelheid infra per kilometer weg en garandeert daarmee een maximum afstand tussen twee opvolgende tanklocaties.
Voor waterstof geldt:

- 1 station met een capaciteit van 2 ton waterstof afzet per dag per 150 km op het TEN-T netwerk (kern + uitgebreid) in 2030;
- 1 station met vloeibare waterstof iedere 450 km op het TEN-T netwerk (kern + uitgebreid) in 2030;

[18] https://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/wegbeheer/parkeren-voor-vrachtwagenchauffeurs

[19] Indicatief, het aantal laders is afhankelijk van het gemiddelde laadvermogen per lader. Hier zijn laders met een laadvermogen van 350 kW aangenomen voor TEN-T, 100 kW voor bewaakte rustplaatsen en 150 kW voor stedelijke knooppunten.

EISEN IN HET AFIR-VOORSTEL MET AMBIGUE DEFINITIES
In een aantal eisen in het AFIR-voorstel worden termen gebruikt die niet verder zijn uitgewerkt en die in het huidige gebruikt geen éénduidige betekenis hebben.

Capaciteit van waterstofstations
Naast de eis van het aantal stations, wordt er ook een eis gesteld aan de capaciteit van het station. Een nadere definitie van het woord capaciteit is niet gegeven. Een eerste mogelijke invulling ‘capaciteit’ van de term is opslagcapaciteit, wat zou inhouden dat er een opslagtank voor waterstof zou moeten zijn van minimaal 2 ton. Naast de opslagcapaciteit is ook het aantal vulpunten en hun afvalsnelheid van belang voor de afzet van een tankstation. Een waterstofstation met een opslagcapaciteit van 2 ton en maar één vulpunt, kan in theorie wel 2 ton per dag afzetten, maar zal er ongeveer 7 uur/dag getankt moeten worden. In de praktijk zal dit in veel gevallen niet haalbaar zijn en zullen er minimaal twee of drie vulpunten nodig zijn om 2 ton af te zetten.

Een andere mogelijke invulling van de term ‘capaciteit’ is dat het station in staat moet zijn om twee ton waterstof per dag af te zetten bij een realistische bezettingsgraad. Dit zou betekenen dat er voldoende toevoer (met tube-trailers of een pijpleiding) moet zijn én ook voldoende vulpunten met een voldoende hoge afvulsnelheid. In het geval van bevoorrading met tube-trailers, kan ook een opslagcapaciteit van minder dan twee ton volstaan indien het station gedurende de dag wordt aangevuld. Voor een afzet van twee ton waterstof zijn ongeveer twee leveringen van moderne (Type IV) tubetrailers per dag nodig. Als deze enigszins over de dag worden verspreid, kan een opslagcapaciteit van bijvoorbeeld één ton volstaan om twee ton per dag te kunnen afzetten.

Zoals vermeld in paragraaf 2.1 omvat het totale TEN-T netwerk ca. 4.060 km aan snelwegkilometers in Nederland (kern + uitgebreid), ofwel 2.030 km per richting. In tegenstelling tot snellaadlocaties, mogen waterstofstations beide richtingen van het netwerk bedienen. Daarom kan aan bovenstaande eisen worden voldaan met minimaal 14 waterstoftanklocaties met gecomprimeerde waterstof en 5 tanklocaties waar vloeibare waterstof beschikbaar is.

De tweede eis is geformuleerd als minimaal beschikbare hoeveelheid infrastructuur bij stedelijke knooppunten;

- 1 station met een capaciteit van 2 ton waterstof afzet per dag in ieder stedelijk knooppunt in 2030.

In Nederland zijn momenteel twee steden die voldoen aan de definitie van stedelijke knooppunten volgens het AFIR-voorstel, namelijk Amsterdam en Rotterdam. Dit betekent dat er in elk van deze twee steden een waterstofstation zal moeten zijn. Mogelijk zal de definitie van ‘stedelijke knooppunten’ in de toekomst worden aangepast waardoor er meer (Nederlandse) steden zullen worden aangemerkt als knooppunt.

Tabel 4.3: Eisen ten aanzien van waterstofinfrastructuur uit het AFIR-voorstel voor lichte zware voertuigen met minimum aantal tanklocaties en capaciteit implicaties voor Nederland.

Netwerk	**Jaar**	**Eis uit het AFIR-voorstel**	**Locaties**	**Capaciteits-implicaties**
Kern + Uitgebreid	2030	2 Ton station per 150 km	14	28 ton/dag
Kern + Uitgebreid	2030	Vloeibare waterstof beschikbaar per 450 km	5	N/A
Stedelijke knooppunten	2030	1 Station per punt	2	N/A

4.1.4 LNG voor zware voertuigen

In het AFIR-voorstel zijn geen kwantitatieve eisen opgenomen voor LNG en CNG voor wegvoertuigen. De eis is dat een ‘passende hoeveelheid’ LNG infrastructuur moet worden gerealiseerd tot 2025. Wel wordt er gesteld dat er minimaal één tanklocatie op het nationale deel van het TEN-T kernnetwerk moet zijn.

4.1.5 Energiedragers voor zeescheepvaart

Evenals voor wegvoertuigen is ook voor zeescheepvaart enkel een kwalitatieve eis opgenomen in het AFIR-voorstel. Zo dienen lidstaten in 2025 een passend aantal LNG-tankstations te hebben gerealiseerd in zeehavens langs het TEN-T kernnetwerk. Daarnaast zijn er ten aanzien van energiedragers voor de zeevaart zijn geen eisen opgenomen in het AFIR-voorstel. Wel dient er in het nationale beleidsplan van 2024 dat alle lidstaten moeten indienen te worden opgenomen hoeveel infrastructuur er wordt voorzien voor waterstof, ammoniak en elektriciteit.

4.1.6 ‘On Shore Power Supply’ - Zeehavens

Bepaalde zeehavens gelegen aan het TEN-T kern- en uitgebreide netwerk moeten walstroom aanbieden om te voorzien in minimaal 90% van de port-calls van bepaalde schepen.

Deze eis geldt in het geval dat de haven gemiddeld in de afgelopen drie jaar:

- meer dan 50 ‘port calls’ van zeevarende containerschepen (met minimaal 5.000 bruto tonnage) hebben gehad of;
- meer dan 40 Ro-Ro (Roll-on/Roll-off) passagiers schepen en hogesnelheid passagiers schepen (met minimaal 5.000 bruto tonnage) of;
- meer dan 25 passagiers schepen (met minimaal 5.000 bruto tonnage) anders dan Ro-Ro of hogesnelheid-passagiersschepen hebben gehad.

Dit moet ook in de praktijk realistisch uitvoerbaar zijn, dat wil zeggen, niet één terminal waar in theorie voldoende energieafzet zou kunnen worden gerealiseerd. Voor de resterende 10% van de port calls mag een haven te beslissen welke niet worden voorzien van walstroom.

In Nederland liggen er 13 zeehavens aan het TEN-T (5 kernnetwerk en 8 op het uitgebreide netwerk). Naar verwachting zijn de AFIR-eisen van toepassing op 7 van deze zeehavens 10 (5 kern en 4 uitgebreid).

De havens die in Nederland aan het TEN-T netwerk liggen die waarschijnlijk voldoen aan het aantal port-calls zijn:

Zeehavens op het kernnetwerk
- Rotterdam (Containers + Pax/RoPax);
- Amsterdam/IJmuiden (Pax/ RoPax);
- North Sea Ports (Vlissingen en Terneuzen) (Pax/RoPax);
- Mogelijk: Moerdijk (Pax/ RoPax).

Zeehavens op het uitgebreide netwerk
- Den Helder (RoPax);
- Harlingen (RoPax);
- Mogelijk: Delfzijl/ Eemshaven (RoPax).

4.1.7 On Shore Power Supply' - binnenvaarthavens

Het totale aantal binnenvaarthavens aan het TEN-T netwerk is 59 (11 kern en 48 uitgebreid). In iedere binnenvaarthaven aan het TEN-T kern netwerk moet minstens 1 walstroom installatie beschikbaar zijn in 2025. Voor havens aan het uitgebreide netwerk hoeft dat pas in 2030 gerealiseerd te zijn.

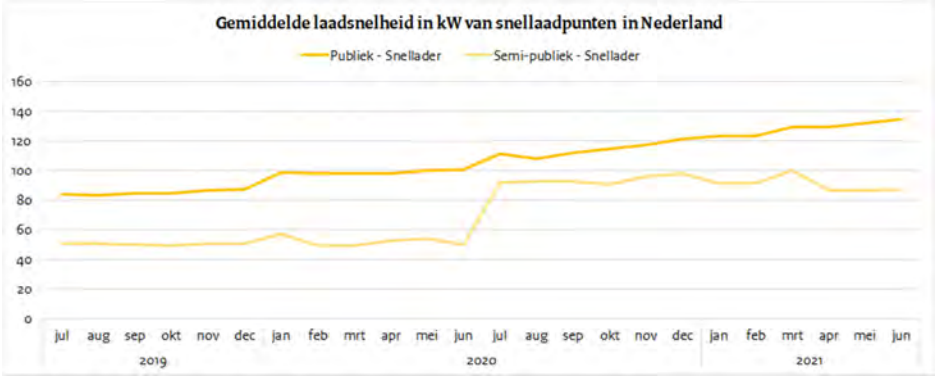
4.2 Nederlands perspectief op behoefte aan alternatieve infrastructuur

In deze paragraaf is een inschatting gepresenteerd voor de benodigde tank- en laadinfrastructuur voor lichte en zware wegvoertuigen in Nederland op basis van verschillende Nederlandse publicaties en onderzoeken, waaronder het Klimaatakkoord, de NAL, ElaadNL Outlooks (ElaadNL, 2020), T&E (Transport & Environment, 2021), LoLa staat voor Logistiek Laden en is een initiatief van een aantal Nederlandse partijen (Enpuls, ElaadNL, APPM, nog niet gepubliceerd) en TNO. Voor elk van de verschillende eisen voor wegvervoer is een Nederlands equivalent berekend. Daarbij is uitgegaan van de aannames en methoden zoals beschreven in Hoofdstuk 3.

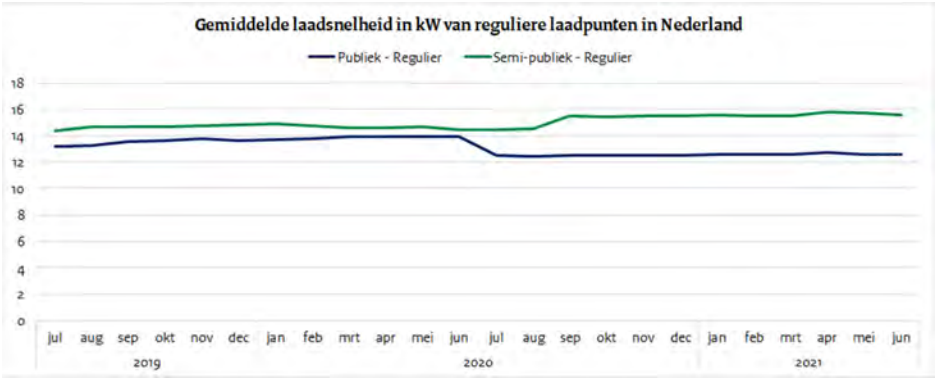
4.2.1 Elektrisch – lichte voertuigen

<u>Behoefte aan laadvermogen per voertuig</u>

Eind 2020 stonden er in Nederland ca. 172.000 volledig elektrische personenvoertuigen, ca. 6.000 elektrische bestelauto's en ca. 100.000 plug-in hybride elektrische personenvoertuigen geregistreerd (TNO & Rijkswaterstaat, 2021). Op datzelfde moment waren er 63.586 reguliere oplaadpunten, (publiek en semi-publiek) en 2.027 snellaadpunten in Nederland (RVO, 2021). Gemiddeld is het laadvermogen van reguliere en snellaadpunten in Nederland, respectievelijk ongeveer 12 kW en 110 kW, zoals te zien is in Figuur 4.1 en Figuur 4.2. Dat komt neer op een totaal geïnstalleerd vermogen van ongeveer 986 MW. Dit is ongeveer 4,0 kW per batterij-elektrisch voertuig en 2,7 kW per plug-in hybride.



Figuur 4.1: Gemiddelde laadsnelheid van snellaadpunten in Nederland[20].



Figuur 4.2: Gemiddelde laadsnelheid van reguliere laadpunten in Nederland[21].

De transitie naar elektrische voertuigen is momenteel volop gaande. Om te zorgen dat al deze voertuigen kunnen laden zijn er al veel laadpunten gerealiseerd, ook op plaatsen waar het aantal elektrische voertuigen nog relatief laag is. Als gevolg hiervan is er momenteel gemiddeld veel vermogen beschikbaar per voertuig. In de toekomst zal deze verhouding waarschijnlijk wat afnemen. Zo is uit de ElaadNL Outlook af te leiden dat zij verwachten dat er in 2030 ongeveer 3,7 kW per batterij-elektrisch voertuig nodig zal zijn (ElaadNL, 2019).

Behoefte aan snelladers langs het TEN-T netwerk

Zoals uitgelegd in sectie 1.4 heeft TNO in 2019 onderzoek gedaan naar de verwachte behoefte aan tank- en laadinfrastructuur langs het Nederlandse hoofdwegennet (TNO, 2019). In Tabel 4.4 zijn de uitkomsten van deze studie vertaald naar de metriek die wordt gebruikt in het AFIR-voorstel, namelijk de hoeveelheid laadvermogen voor lichte voertuigen per 60 kilometer op het kernnetwerk en uitgebreid netwerk.

[20] https://www.agendalaadinfrastructuur.nl/monitoring/technische+specificaties/default.aspx
[21] https://www.agendalaadinfrastructuur.nl/monitoring/technische+specificaties/default.aspx

Zoals te zien in Tabel 4.4, zal er volgens deze studie in 2030 respectievelijk gemiddeld ongeveer 5,2 MW en 4,0 MW per 60 kilometer kernnetwerk en uitgebreid netwerk nodig zijn voor lichte voertuigen.

Tabel 4.4: Doelstellingen uit het AFIR-voorstel ten aanzien van lichte voertuigen: minimum aantal laadlocaties, laders en capaciteit implicaties voor Nederland.

Locatie	**Jaar**	**Scenario**	**Stations**	**Laders**[22]	**Capaciteit**	**AFIR-voorstel equivalent**
Kernnetwerk	2025	Laag	72	162	14,6 MW	0,6 MW/60km
		Centraal	72	363	32,7 MW	1,3 MW/60km
		Hoog	72	778	70,0 MW	2,9 MW/60km
Kernnetwerk	2030	Laag	72	356	42,7 MW	1,8 MW/60km
		Centraal	72	1.043	125,1 MW	5,2 MW/60km
		Hoog	72	2.920	350,4 MW	14,4 MW/60km
Uitgebreid netwerk	2030	Laag	106	490	58,8 MW	1,4 MW/60km
		Centraal	106	1.436	172,3 MW	4,0 MW/60km
		Hoog	106	4.021	482,5 MW	11,1 MW/60km

Op ieder individueel wegsegment is de verwachting in het centrale scenario minimaal 3,5x hoger dan de AFIR vereist. In het lage scenario voldoet ook ieder wegsegment in 2030 aan de 600 (of 300 kW) eis. In dat scenario ligt het minimum wel rond de 800 voor het kern netwerk en 400 voor het uitgebreide netwerk.

ElaadNL verwacht dat er in 2025, 2.400 tot 7.900 snelladers nodig zullen zijn in Nederland (ElaadNL, 2019). In de studie is niet nader weergegeven hoeveel van deze snelladers langs het hoofdwegennet nodig zijn voor lichte voertuigen. Wel geldt dat het aantal snelladers dat ElaadNL verwacht, hoger is dan het aantal vermeld in de TNO studie. Het is daarmee waarschijnlijk dat ElaadNL minimaal een vergelijkbare hoeveelheid vermogen langs het TEN-T netwerk voor lichte voertuigen verwacht als TNO.

4.2.2 Elektrisch – zware voertuigen

Momenteel zijn er nog amper (publieke) laadpunten gerealiseerd voor zware voertuigen, voornamelijk omdat er nog amper elektrische trucks zijn. De laadpunten die al wel zijn gerealiseerd zijn, komen voort uit pilotprojecten waarin is getest met gebruik van elektrische trucks.

De TNO studie uit 2019 beschrijft een verwachting voor de benodigde hoeveelheid publieke snelladers voor zware voertuigen langs het hoofdwegennet. De uitkomsten voor de verwachting van laadbenodigdheden zijn samengevat in Tabel 4.5 in dezelfde metriek als waarin de eisen in het AFIR-voorstel zijn gedefinieerd, namelijk de hoeveelheid geïnstalleerd vermogen per 60 kilometer kernnetwerk en per 100 kilometer uitgebreid netwerk. Het aantal laders is indicatief en afhankelijk van het aangenomen laadvermogen.

Het aangenomen gemiddelde laadvermogen voor 2030 is 350 kW. Laders van 1 MW zijn in ontwikkeling, dat zou het aantal laadpunten bijna naar rato verlagen.

[22] Het aantal laders is indicatief en afhankelijk van het laadvermogen. Hier is aangenomen 90kW (2025), 120 kW (2030) .

Het benodigde laadvermogen is maar in beperkte mate afhankelijk van het gemiddelde vermogen per laadpunt. Het aantal zware voertuigen waarvan is uitgegaan is reeds beschreven in paragraaf 3.1.2.

Zoals te zien in onderstaande tabel, zal er volgens de TNO-studie in 2030 behoefte zijn aan ongeveer 0,6 MW per 60 kilometer kernnetwerk en ongeveer 0,8 MW per 100 kilometer uitgebreid netwerk. Een belangrijke aanname hierbij is dat vrachtwagens slechts 5% van hun elektriciteit zullen laden bij openbare laders langs het hoofdwegennet. Indien dit 10% zou zijn (scenario 'hoog'), zou behoefte toenemen tot respectievelijk 1,8 MW per 60 kilometer kernnetwerk en ongeveer 2,3 MW per 100 kilometer uitgebreid netwerk.

Tabel 4.5: Benodigde infrastructuur voor-zware voertuigen vanuit Nederlands perspectief: minimum aantal laadlocaties, laders en capaciteit implicaties voor Nederland.

Locatie	**Jaar**	**Scenario**	**Stations**	**Laders**[23]	**Capaciteit**	**AFIR-voorstel equivalent**
Kernnetwerk	2025	Laag	72	3	0,8 MW	0,03 MW/60km
		Centraal	72	7	2,1 MW	0,1 MW/60km
		Hoog	72	25	7,7 MW	0,3 MW/60km
	2030	Laag	72	25	8,6 MW	0,4 MW/60km
		Centraal	72	43	15,1 MW	0,6 MW/60km
		Hoog	72	127	44,5 MW	1,8 MW/60km
Uitgebreid netwerk	2030	Laag	106	34	11,8 MW	0,5 MW/100km
		Centraal	106	59	20,8 MW	0,8 MW/100km
		Hoog	106	175	61,1 MW	2,3 MW/100km

Minder evenredige spreiding maakt dat het verschil bij zware voertuigen tussen het minimum en het gemiddelde groter is dan voor lichte voertuigen. Het minimum is voor de segmenten met de laagste energievraag ca. 200 kW/60km voor kern en 200 kW/100km. Daarmee ligt de verwachting ver onder wat de AFIR vereist.

Ook ElaadNL heeft recentelijk onderzoek gedaan naar de behoefte aan snelladers door zware voertuigen. Zij verwachten dat er in 2030 respectievelijk 164 MW nodig zal zijn bij verzorgingsplaatsen (ElaadNL, 2020). Uit de TNO-studie volgt dat respectievelijk ongeveer 38% en 52% van het laadvermogen dat nodig is op het totale hoofdwegennet zal worden gevraagd langs het kernnetwerk en uitgebreide netwerk. Wanneer dit wordt toegepast op de uitkomsten van de ElaadNL-studie, komt dat neer op 2,5 MW per 60 kilometer kernnetwerk en 3,2 MW per 100 kilometer uitgebreid netwerk in 2030. Deze waarden liggen tussen het centrale en hoge scenario van uit de TNO-studie. Voor 2035 komt ElaadNL uit op 8,8 MW per 60 kilometer kernnetwerk en 11,3 MW per 100 kilometer uitgebreid netwerk. Deze hoeveelheden zijn twee tot drie keer hoger dan op basis van de TNO-studie. Dit is het gevolg van het hogere aantal aangenomen elektrische trucks in de ElaadNL-studie (bijna 2,5 keer zoveel).

Een derde recente publicatie ten aanzien van de behoefte van laadpunten voor zware voertuigen is LoLa (zie ook de introductie van deze paragraaf).

[23] Het aantal laders is indicatief en afhankelijk van het laadvermogen. Hier is aangenomen 303kW (2025) & 350 kW (2030)

Om een landelijk dekkend Netwerk te realiseren verwachten zij 58 laadlocaties te moeten realiseren. Deze zullen ongeveer 80 kilometer van elkaar vandaan liggen (zonder onderscheid tussen het kern en uitgebreide netwerk) en zo min mogelijk direct langs snelwegen om meervoudig gebruik mogelijk te maken.

4.2.3 Waterstoftanklocaties

Momenteel zijn er dertien waterstofstations operationeel en nog eens twaalf in ontwikkeling[24]. Dertien van deze 25 locaties liggen langs het TEN-T netwerk. Vrijwel alle gerealiseerde stations hebben momenteel een opslagcapaciteit van minder dan twee ton.

In het Klimaatakkoord wordt verwacht dat er in 2030, 50 waterstoftankstations in Nederland zullen zijn. Deze zouden zowel lichte als zware voertuigen van waterstof voorzien. De locaties van deze 50 stations liggen nog niet vast, maar zullen slechts gedeeltelijk langs het TEN-T netwerk liggen. Ook de capaciteit van de 50 te realiseren stations is nog niet bepaald.. Het AFIR-voorstel stelt ook eisen aan de aanwezigheid van vloeibare waterstof langs het TEN-T netwerk. Hiervoor zijn momenteel nog geen concrete plannen of doelstellingen geformuleerd in Nederland. Dit voornamelijk omdat het gebruik van vloeibare waterstof in de mobiliteitssector nog zeer onzeker is.

Zoals aangegeven in paragraaf 3.2.1 heeft Ekinetix, in opdracht van IenW, een verkenning gedaan naar de ontwikkeling van waterstof in mobiliteit richting 2030 (Ekinetix, 2021)[25]. Daarbij gaan we uit van de door IenW gehanteerde bandbreedte rondom het ingroeiscenario ‘laag’, van 1.600 waterstofbakwagens en 3.200 trekker-opleggers in Nederland. Het gemiddelde waterstofgebruik van deze voertuigen is respectievelijk volgens de Ekinetix scenario’s 4.000 kg en 9.000 kg per voertuig per jaar. Hiermee zou het jaarlijkse waterstofgebruik in 2030 uitkomen op 35,2 miljoen kilogram (zie Tabel 4.6).

Tabel 4.6: Ekinetix ingroeiscenario ‘laag’ voor heavy duty waterstof voertuigen en bijbehorende energievraag. Hierbij is de ondergrens van de bandbreedte rondom het scenario ‘laag’ gebruikt.

	Aantal voertuigen – ‘Scenario laag’	**Waterstof gebruik per voertuig [kg/jaar]**	**Waterstof gebruik totaal [kg/jaar]**
Bakwagens	1.600	4.000	6,4 mln kg
Trekker-opleggers	3.200	9.000	28,8 mln kg

Een benutting van 70% van de capaciteit wordt gezien als ondergrens voor een positieve businesscase. Bij een benutting van 70% van een waterstoftankstation met een capaciteit van twee ton is de jaarafzet ca. 500.000 kg[26]. In dat geval zijn er voor heavy-duty toepassingen in 2030 69 waterstoftankstations nodig in heel Nederland.

[24] https://opwegmetwaterstof.nl/tanklocaties/

[25] De studie van Ekinetix is op het moment van schrijven van de dit rapport nog niet gepubliceerd, maar zal als bijlage van het Actieprogramma Waterstof worden gepubliceerd.

4.2.4 LNG voor zware voertuigen

Momenteel zijn er in Nederland al zo'n 25 locaties waar LNG kan worden getankt. Verschillende van deze locaties liggen langs het TEN-T netwerk.
In het Klimaatakkoord zijn geen aantallen te ontwikkelen LNG-tankstations opgenomen. Volgens de TNO-studie uit 2019 zijn er tot ongeveer 20 LNG-vulpunten nodig om het aantal LNG-voertuigen voorzien in het Klimaatakkoord te faciliteren.

4.2.5 Energiedragers voor zeescheepvaart

Momenteel kan er LNG worden gebunkerd in de volgende zeehavens: Eemshaven / Groningen Seaports, Harlingen, Amsterdam, Rotterdam, Moerdijk en Vlissingen / Zeeland Seaports. Dit gaat via bunkerschepen of tankwagens op de wal. In het Klimaatakkoord zijn geen aantallen te ontwikkelen LNG-bunkerstations voor zeescheepvaart opgenomen. Deze bestaande infrastructuur lijkt voorlopig voldoende om ook op langere termijn aan deze eis te kunnen blijven voldoen.

In Nederland wordt momenteel veelvuldig onderzoek gedaan naar het gebruik van andere energiedragers in de zeescheepvaart zoals waterstof, ammoniak en methanol. In het nationale beleidsplan van 2024 dienen alle lidstaten op te nemen hoeveel infrastructuur er wordt voorzien voor waterstof, ammoniak en elektriciteit. In Nederland wordt momenteel veelvuldig onderzoek gedaan naar het gebruik van methanol als energiedrager voor de zeescheepvaart, echter deze energiedrager is niet opgenomen in het AFIR-voorstel.

4.2.6 On Shore Power Supply' - Zeehavens

Het realiseren van walstroom voor zeeschepen is een aanzienlijke uitdaging. In een brief waarin de "*stand van zaken van nog openstaande moties en toezeggingen en een aantal relevante dossiers met betrekking tot maritieme zaken*[27]" uit november 2021, wordt de regering verzocht om met een stevige Europese kopgroep een initiatief te nemen om walstroom gefaseerd te verplichten in Europese havens.

De gemeente Rotterdam en het Havenbedrijf Rotterdam hebben plannen gepresenteerd om walstroom voor zeeschepen uit te rollen.

In deze plannen zijn de voldoende doelen opgenomen:

- In 2030 zullen de publieke kades in het stedelijk gebied van walstroom zijn voorzien, zodat tenminste 90% van de scheepsbezoeken gebruik kan maken van walstroom.
- In 2030 zal ten minste 90% van de scheepsbezoeken van de Roll-on Roll-off-, offshore-, ferry- en cruiseschepen gebruik maken van walstroom;
- In 2030 zal tenminste 50% van de scheepsbezoeken van de grootste containerschepen gebruik maken van walstroom.

Ook de haven van Amsterdam heeft de ambities om zeeschepen van walstroom te voorzien.

[27] https://www.tweedekamer.nl/downloads/document?id=81537e7c-e9ae-4931-ac61-bce5bd15a60b&title=Stand%20van%20zaken%20van%20nog%20openstaande%20moties%20en%20toezeggingen%20en%20een%20aantal%20relevante%20dossiers%20met%20betrekking%20tot%20maritieme%20zaken.docx

4.2.7 On Shore Power Supply' - binnenvaarthavens

Walstroom is momenteel al in bijna alle Nederlandse binnenvaarthavens van het TEN-T netwerk beschikbaar. In veel havens wordt er gewerkt aan verdere uitbreiding van het walstroomsysteem.

4.3 Vergelijking AFIR-voorstel met Nederlands perspectief

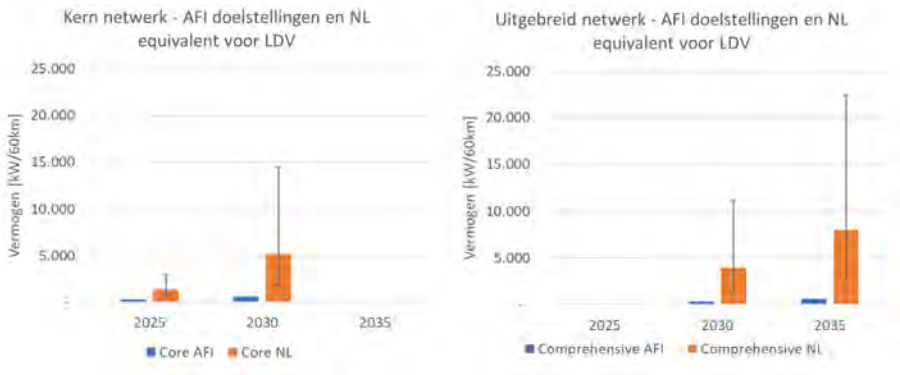
4.3.1 Elektrisch - lichte voertuigen

Vermogen per (plug-in) elektrisch voertuig

Het vermogen dat volgens het AFIR-voorstel benodigd is zijn per (plug-in) elektrisch voertuig bij openbare laadpunten (1 kW/BEV en 0,66 kW/PHEV), is ongeveer 3,7 keer lager dan wat een aantal Nederlandse studies verwacht dat nodig zal zijn. Het realiseren van de minimaal benodigde hoeveelheid zou leiden tot hogere bezettingsgraden dan in de Nederlandse studies als wenselijk wordt gezien. Deze hogere bezettingsgraden betekenen dat de kans op een vrij laadpunt kleiner wordt.

Hoeveelheid vermogen per weglengte (kern en uitgebreid netwerk)

Ten aanzien van de eis uit het AFIR-voorstel aangaande de hoeveelheid te realiseren snellaadpunten langs het TEN-T netwerk, geldt dat Nederlandse studies verwachten dat de behoefte gemiddeld ongeveer tien keer hoger zal zijn dan de minimale eis uit het AFIR-voorstel (zie Figuur 4.3). Voor het wegsegment met de laagste energiebehoefte is voor 2030 de verwachting voor LDV op ieder wegsegment hoger dan de AFIR-eis. Zelfs in het geval dat maar een beperkt deel van de elektriciteit wordt geladen langs het hoofdwegennet (5%) is de eis uit het AFIR-voorstel 3,5 keer lager dan wat er in Nederland aan laadvermogen nodig zal zijn. Een mogelijke reden voor de grotere behoefte op basis van de Nederlandse studies is dat het aantal elektrische voertuigen waarvan wordt uitgegaan hoger is dan waarvan de Europese Commissie is uitgegaan.



Figuur 4.3: Vergelijking van het benodigde vermogen per afstandseenheid als gevolg van AFIR-voorstel en vanuit Nederlands perspectief voor lichte voertuigen.

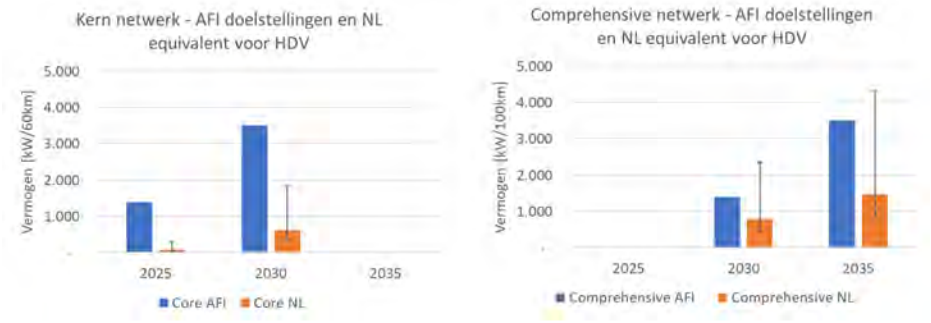
4.3.2 Elektrisch - zware voertuigen

Zoals in paragraaf 0 besproken, wordt er in het AFIR-voorstel uitgegaan van een lagere ingroei van elektrische zware voertuigen dan in het Nederlandse

Klimaatakkoord en andere Nederlandse studies[28]. Desalniettemin is de minimaal vereiste hoeveelheid opgesteld vermogen langs het Nederlandse deel van het TEN-T netwerk hoger dan de behoefte die er volgens Nederlandse studies zal zijn tot 2030. Voor de TNO-studie is dit sterker het geval van voor de ElaadNL-studie aangezien de laatste uitgaat van een groter aantal elektrische vrachtwagens.

Hoeveelheid vermogen per weglengte (kern en uitgebreid netwerk)

In Figuur 4.4 is de eis uit het AFIR-voorstel voor zwaar wegvervoer op het kern en uitgebreide netwerk weergegeven naast de conclusies uit de TNO-studie. Zoals te zien in de figuur ligt de eis uit het AFIR-voorstel alleen op het uitgebreide netwerk binnen de bandbreedte van de TNO-studie.



Figuur 4.4: Vergelijking van het benodigde vermogen per afstandseenheid als gevolg van AFIR-voorstel en vanuit Nederlands perspectief voor zware voertuigen.

De belangrijkste oorzaak van het verschil tussen de eis uit het AFIR-voorstel en de Nederlandse studies lijkt te liggen in de aanname over het aandeel elektriciteit dat zware voertuigen bij openbare laadpunten langs het hoofdwegennet zullen laden. De verwachting in verschillende Nederlandse studies is dat zware wegvoertuigen een groot deel van hun elektriciteit zullen laden op depots (privaat) en daarom maar een beperkt deel op openbare plekken langs het hoofdwegennet (ong. 10% [3, 37]). Het realiseren van de minimale hoeveelheid geëist in het AFIR-voorstel zal in deze periode naar verwachting leiden tot lage bezettingsgraden van de laadpunten. Om dergelijke laadpunten rendabel te kunnen exploiteren, zullen de elektriciteitsprijzen hoog moeten zijn of subsidie vereisen.

Op termijn wordt er nog een aanzienlijke groei van elektrische trucks verwacht. De hoeveelheid vermogen die in het AFIR-voorstel wordt geëist, zal op langere termijn naar verwachting wel nodig zijn. Door deze al in een vroeg stadium te realiseren, worden vlooteigenaren in het aanschaffen van elektrische truck niet geremd door een gebrek aan voldoende laadpunten, maar dit leidt in die periode wel tot een onrendabele top.

Bewaakte parkeerplaatsen

Voor de tweede eis voor elektrische vrachtwagens geldt dat ElaadNL verwacht dat er in 2030 ruim zes keer meer vermogen nodig zal zijn op bewaakte truckparkings dan minimaal wordt geëist in het AFIR-voorstel. Dit is in lijn met de verwachting dat trucks vooral zullen laden op momenten dat ze voor langere periode stil staan op depots of bewaakte truckparkings.

[28] ElaadNL 2020, Truckers komen op stroom. De ontwikkeling van batterij elektrische trucks in (inter)nationale logistiek in Nederland t/m 2035. Outlook Q3 2020

Stedelijke knooppunten

De derde eis heeft betrekking op stedelijke knooppunten, waarvan er momenteel twee zijn in Nederland (Amsterdam en Rotterdam). Dat er snelladers nodig zullen zijn rondom de grote steden ligt voor de hand. Deze behoefte zal mede worden gereven door de ZE-zones die in een tiental steden in Nederland zullen worden gerealiseerd.
Aangezien er nabij beide steden ook meerdere verzorgingsplaatsen en truckparkings zijn, is de verwachting dat hier ook zonder deze AFIR-eis wel laadvermogen gerealiseerd zal worden.

Echter, is zoals eerder aangegeven de uitkomst zeer gevoelig voor de gebruikte aannames.

Overzicht van verschillende verwachtingen

Zowel ElaadNL, Lola als T&E verwachten meer infrastructuur nodig te hebben voor zwaar wegvervoer. In Tabel 4.7 is een vergelijking opgemaakt voor 2030 omdat de streefcijfers uit het Klimaatakkoord tot 2030 lopen en de meeste AFIR doelstellingen ook.

De cijfers zijn niet 1 op 1 te vergelijken omdat iedere studie een andere scope heeft, hieronder een korte duiding van de getallen:

- ElaadNL zit met hun prognose voor 2030 redelijk in lijn met wat de AFIR vereist voor 2030. Net als het hoge scenario van TNO.
- ElaadNL verwacht voor 2035 ruim 3x zoveel vermogen nodig te hebben op de verschillende verzorgingsplaatsen (VZP). Daarmee is de AFIR eis in 2035 niet meer voldoende.

Tabel 4.7: Aannames voor aandeel getankt op het hoofdwegennet (niet truckparkings) en de bezettingsgraad voor zwaar wegvervoer.

Scenario	**Jaar**	**Aantal trucks**	**Aandeel geladen bij HWN**	**Bezetting**	**Energie per dag totaal [MWh]**	**Benodigd vermogen [MW]**
AFIR (VZP)	2030	N/A	N/A	N/A	N/A	50 MW
AFIR (VZP)	2035	N/A	N/A	N/A	N/A	121 MW
AFIR (Parking)	2030	N/A	N/A	N/A	N/A	7 MW
TNO Centraal	2030	15.000	6%	20%	3.000	36 MW (kern + uitgebreid)
TNO Laag	2030		5%	30%		20 MW (kern + uitgebreid)
TNO Hoog	2030		10%	11%		106 MW (kern + uitgebreid)
ElaadNL (VZP)	2030	15.000	10%	10%	4.600	164 MW (HWN) 126 MW[29] (TEN-T)
ElaadNL (Parking)						28 MW

[29] 77% van het HWN hoort tot het TEN-T netwerk

T&E (Hoog)	2030	5.000 (longhaul)	20%	20%	440	91 MW[30]
LoLA	2035	50.000	10 % (3% Lola netwerk)	20%	N/A	232 MW

T&E heeft daarnaast in een korte reactie[31] op het AFIR-voorstel geconcludeerd dat de eisen voor zwaar vervoer niet ver genoeg gaan:

- De commissie gaat uit van vier tot vijf keer minder elektrische vrachtwagens in 2030 dan T&E.
- Een tegenvoorstel dat ze presenteren is het ophogen van de doelstellingen naar 2.000 kW in 2025 en 5.000 kW in 2030 voor het kernnetwerk en locaties met dezelfde vermogens op het uitgebreide netwerk met 5 jaar vertraging.

4.3.3 Waterstoftanklocaties

Op basis van het AFIR-voorstel zullen in Nederland in 2030 minstens 16 waterstofstations worden gerealiseerd (14 stations op het TEN-T netwerk en 2 in stedelijke knooppunten). De verwachting op basis van een recente Nederlandse studie[25] is dat er in 2030 48 tot 69 waterstofstations met een capaciteit van twee ton nodig zullen zijn. Onder de aannames van deze recente studie, zal de behoefte aan waterstof daarmee aanzienlijk hoger zijn dan geëist in het AFIR-voorstel.

4.3.4 LNG voor zware voertuigen

Met het aantal reeds gerealiseerde LNG-tankstations kunnen de op dit moment actieve LNG-vrachtwagens goed van LNG worden voorzien. Op basis van een TNO-studie uit 2019 is de verwachting dat het huidige aantal LNG-tankstations ook op langere termijn voldoende zal zijn om de toekomstige LNG-vloot te kunnen faciliteren. Daarmee zou met de huidige infrastructuur al worden voldaan aan de eisen in het AFIR-voorstel.

4.3.5 Energiedragers voor zeescheepvaart

Met de huidige LNG-infrastructuur voor de zeescheepvaart kunnen de momenteel actieve LNG-schepen goed van LNG worden voorzien. Bovendien geldt dat de bunkerfaciliteiten mobiel zijn (bunkerschepen en bunkertrucks) waardoor de LNG daar kan worden afgeleverd waar nodig. De huidige LNG-infrastructuur voor zeeschepen zal daarom naar verwachting voldoende zijn om te voldoen aan de eisen uit het AFIR-voorstel.

Zoals gesteld in paragraaf 4.1.5 en 4.1.4 4.2.5 dient er in de nationale beleidsplannen van alle lidstaten in 2024 te worden opgenomen hoeveel infrastructuur er wordt voorzien voor waterstof, ammoniak en elektriciteit (naast de ontwikkeling van de LNG-infrastructuur). In Nederland wordt momenteel veelvuldig onderzoek gedaan naar het gebruik van methanol als energiedrager voor de zeescheepvaart, echter deze energiedrager is niet opgenomen in het AFIR-voorstel.

[30] 155 laders van gemiddeld 585 kW
[31] https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/09/TE-AFIR-HDV-reaction-1.pdf

Om afstemming te bereiken over de beschikbaarheid van methanol als toekomstige energiedrager voor de zeescheepvaart, zou het waardevol zijn als ook andere EU lidstaten hun infrastructuurplannen voor methanol in hun nationale beleidsplannen zouden meenemen.

4.3.6 'On Shore Power Supply' - Zeehavens

Momenteel is er nog amper walstroom voor zeeschepen beschikbaar. Om op termijn voldoende walstroom te realiseren voor de zeescheepvaart om te voldoen aan de eisen uit het AFIR-voorstel, zijn nog aanzienlijke inspanningen vereist. Wel geldt dat de gemeente en de haven van Rotterdam doelstellingen hebben geformuleerd die overeenkomen met de eisen uit het AFIR-voorstel. Het is wel zo dat een deel van de realisatie hiervan afhangt van het verkrijgen van voldoende subsidie.

4.3.7 On Shore Power Supply' – Binnenvaarthavens

Momenteel is al in bijna alle Nederlandse binnenvaarthavens behorend tot het TEN-T netwerk walstroom beschikbaar. Bovendien wordt er volop gewerkt aan een verdere uitbreiding van het walstroomsysteem. Daarmee lijkt het halen van de eis uit het AFIR-voorstel goed haalbaar.

5 Indicatie van resulterende kosten

In dit hoofdstuk worden de kosten van de implementatie van het AFIR-voorstel beschreven.

Er kan op drie manieren naar de kosten worden gekeken:

1. De eerste manier is aansluiten bij de verwachte kosten op basis van het impact assessment horend bij het AFIR-voorstel dat slechts gedeeltelijk is gepubliceerd. Deze kosten zijn gebaseerd op de verwachte ontwikkeling van infrastructuur voor Nederland in combinatie met de kostenverwachting van de Europese Commissie.
2. De tweede methode combineert meerdere Nederlandse bronnen en studies om een kosteninschatting te maken per laad/tanklocatie gecombineerd met de minimale infrastructuur eisen om aan de het AFIR-voorstel te voldoen.
3. De derde methode combineert de kosteninschatting vanuit Nederlands perspectief met de infrastructuurverwachting vanuit Nederlands perspectief.

De analyse wordt beperkt tot (snel)laadpunten voor wegverkeer vanwege een gebrek aan beschikbare kosteninformatie over waterstoftankstations en walstroom voor de scheepvaart en luchtvaart. Voor de zeescheepvaart is in paragraaf 5.4 wel informatie opgenomen ten aanzien van de kosten van walstroominstallaties.

Disclaimer: De kosteninschatting uit dit hoofdstuk is omvangen met veel onzekerheden en moet ook als zodanig worden geïnterpreteerd. Het doel van dit hoofdstuk is een orde grootte idee te krijgen van de publieke kosten van de het AFIR-voorstel op basis van een gemiddelde laad- en tanklocatie. De berekeningen zijn nadrukkelijk niet bedoeld voor het bepalen van een businesscase. Er wordt informatie uit meerdere bronnen gecombineerd en geëxtrapoleerd omdat een allesomvattende studie ontbreekt.

TNO biedt met dit hoofdstuk een ondersteuning aan RWS en maakt gebruik van eerder uitgevoerde studies en bronnen aangeleverd door RWS.

5.1 Kosteninschatting op basis van “Impact Assessment”

De impact assessment horend bij het AFIR-voorstel (Ricardo, 2021) beschrijft een kostenschatting per lidstaat. Op het moment van schrijven is het rapport dat ten grondslag ligt aan de impact assessment nog niet openbaar gemaakt. Hierdoor zijn de exacte aannames en onderliggende kostenstructuur van de inschatting op dit moment niet te achterhalen. Het is onduidelijk of de kosten van de verzwaring van het elektriciteitsnetwerk hierin zijn opgenomen. In deze sectie volgt een korte samenvatting van de totale kosten, zoals verwacht voor Nederland in de impact assessment .

Vanwege een gebrek aan (recente) Nederlandse publicaties ten aanzien van de kosten van waterstofstations, zijn deze in deze studie niet verder uitgewerkt.

5.1.1 *Publieke kosten*

De noodzaak voor publieke ondersteuning wordt door Ricardo geschat volgens onderstaande Tabel.

Table 14: Estimated public support for road recharging and refuelling infrastructure, expressed as share of investments

Type of AFI	Up to 2030	After 2030
Slow/normal charging points for LDVs	40%	10%
Fast/Ultra-fast charging points for LDVs on the TEN-T network	40%	10%
Charging points for HDVs	50%	10%
Hydrogen fuelling stations	50%	10%
CNG fuelling stations	10%	No funding
LNG fuelling stations	10%	No funding

Source: Ricardo et al (2021), impact assessment support study. The estimations are based on public financing under existing national and EU level support schemes. A detailed analysis is provided in the support study.

Onder die aannames worden de totale kosten voor Nederland worden geschat op 10 – 17 m€ per jaar. Het gaat daarbij om jaarlijkse investeringen bij van publieke autoriteiten in de periode van 2021 tot 2030, boven op de ‘baseline’.

5.1.2 *Betalingssystemen*

Het AFIR-voorstel vereist dat ieder laadpunt en tankpunt wordt voorzien van een gestandaardiseerd betaalsysteem. Deze systemen brengen ook de nodige kosten met zich mee.

De kosten per systeem zijn in de Impact Assessment geschat op;

- Chip + PIN systeem: eenmalig €833 + €178 per jaar.
- NFC systeem: eenmalig €667 + €143 per jaar
- QR code systeem: eenmalig €100 + €143 per jaar

In de Impact Assessment wordt ervan uitgegaan dat 25% van de langzame laders reeds een betaalsysteem hebben in de baseline en dat 50% van de snelladers in de baseline voorzien zijn.

5.1.3 *Wegmarkering & signalering*

Daarnaast zijn ook nog kosten voorzien voor het plaatsen van borden op de laad- en tanklocaties en signaleringsborden langs de weg (in twee richtingen) wegborden om de laad- en tanklocaties te signaleren.

- Markering op locatie: eenmalig €537
- Borden langs de weg: eenmalig €1372

De totale kosten voor markeringsborden voor heel Europa worden geschat op ca. 11 miljoen euro[32].

5.2 Kosteninschatting op basis van Nederlands perspectief

In deze paragraaf wordt een indicatie gegeven van de kosten en de onrendabele top van individuele laadpalen en voor waterstoftankstations.

[32] Policy option 3.

De kosten voor walstroom en luchtvaart zijn in deze studie niet bepaald omdat hiervoor nog geen Nederlandse bronnen beschikbaar zijn.

5.2.1 Methode en aannames

Voor het berekenen van de kosten voor reguliere laders over een periode van 10 jaar is dezelfde methode gebruikt als in het rapport “Onderzoek naar de businesscase van laadinfrastructuur” van Ecorys uit 2020 (Ecorys, 2020). Het rapport “Handelingskader voor een landelijk dekkend netwerk van laadinfrastructuur” van Rebel en EVConsult uit 2021 (Rebel, EVConsult, 2021) gaat verder op de studie van Ecorys en overwegingen en aanpassingen uit het rapport van Rebel en EV consult zijn in deze studie ook meegenomen.

Dezelfde methode is vervolgens ook gebruikt om de kostenberekening voor zwaar vervoer te kunnen maken. De modelparameters voor de snelladers zijn verkregen uit de “business case tool logistieke laadinfra” van Buck Consultants International (Buck Consultants International, 2021) en (Enpuls, ElaadNL, APPM, nog niet gepubliceerd). Hier zijn ook kosten voor de netaansluiting en grondverwerving en -inrichting meegenomen.

De totaalkosten en opbrengsten zijn bepaald voor een periode van 10 jaar (2021-2030), er is aangenomen dat de volledige investering in deze periode wordt afgeschreven. De prijzen en netto winst/verlies berekeningen zijn **niet netto constant** weergegeven.

5.2.2 Conclusies Ecorys, Rebel/EVconsult

De business cases resultaten voor laadinfrastructuur lopen behoorlijk uiteen. Resultaten per laadpaal variëren van positief tot negatief afhankelijk van aannames. Met name de bezettingsgraad, HBE waarden en energieprijzen zijn van groot belang. Hieronder volgt een overzicht van de resultaten uit drie studies die gebruikt zijn voor de kosten analyse in dit hoofdstuk.

In de rapporten “Onderzoek naar de businesscase van laadinfrastructuur” van Ecorys uit 2020 (Ecorys, 2020) en “Handelingskader voor een landelijk dekkend netwerk van laadinfrastructuur” van Rebel en EVConsult uit 2021 (Rebel, EVConsult, 2021) is een businesscase voor reguliere laadpunten doorgerekend.

Beide onderzoeken hanteren een vergelijkbare methode en concluderen het volgende:

- Bij een laag gebruik van ca. 3.000 kWh en bij een mediaan gebruik van gemiddeld 6.000 kWh per jaar in combinatie met lage energieprijs is er geen positieve businesscase.
- De terugverdientijd van de investering varieert van 2 jaar tot meer dan 16 jaar. Met een IRR van -20% tot +65% per paal.
  - Belangrijk aannames hierbij zijn een elektriciteit prijs van gemiddeld 0,30 cent per kWh.
  - HBE’s inboeken is mogelijk
  - Economische levensduur van 10 jaar.
- Wanneer HBE’s inboeken niet langer mogelijk is, is er alleen een positieve business case bij hoog gebruik in combinatie met een hoge stroomprijs.
- Rebel en EVconsult komen in verschillende gevoeligheidsanalyses uit op een IRR van -19% tot + 165%.

De rendabele exploitatie van verschillende laadpalen varieert sterk in verschillende scenario's en zal dus erg afhankelijk zijn van stroomprijs, bezettingsgraad (afhankelijk van locatie) en beleid (HBE's, energiebelasting en ODE).

5.2.3 Conclusies Lola

In het rapport van Lola (Enpuls, ElaadNL, APPM, nog niet gepubliceerd) wordt een business-case van een laadlocatie voor zware voertuigen doorgerekend. Deze business-case omvat een ontwikkeling tot 58 locaties van 4x1MW laders. Gemiddeld wordt de onrendable top ingeschat op 1,6 mln per locatie.

Er is gekeken naar en gemiddelde locatie met de volgende aannames:

- locatie inrichting, hardware en netaansluiting: 4.550.000 euro;
- inkoopprijs van €0,05 per kWh en een laadtarief van €0,30 per kWh.

5.2.4 Scenario berekeningen op basis van Nederlandse bronnen

Voor de kosten van de energiebelasting en opslag duurzame energie (ODE) zijn de waarden gebruikt zoals weergegeven in Tabel 8.1, in Appendix C. De waardes voor het laagtarief (tot 10.000 kWh) en midden tarief (10.001 tot 50.000 kWh) zijn afkomstig uit (Rebel, EVConsult, 2021) met een aanpassing van de kortingen en vrijstelling tot en met 2022 (Rebel, EVConsult, 2021). De waardes van 2021 en de tarieven voor groot gebruik (50.001 tot 1 miljoen kWh) zijn geüpdatet aan de hand van de huidige tarieven van de belastingdienst (Belastingdienst, 2021).

Om de HBE-opbrengst te kunnen berekenen is een forfaitaire berekening noodzakelijk op basis van het aandeel duurzame elektriciteit in de mix en een bepaalde dubbeltellingsfactor (Tabel 8.2). Het is aangekondigd dat de dubbeltellingsfactor vanaf 2022 bijgesteld gaat worden van 5 naar 4, hierover moet het besluit nog wel plaatsvinden. Er is gerekend met een HBE opbrengst van 13 euro per HBE (per GJ).

<u>Elektriciteitsprijzen scenario's</u>

In Tabel 5.1 staan de inputparameters voor de elektriciteitsprijs voor reguliere laadpunten voor lichte voertuigen zoals gebruikt in de verschillende scenario's en zichtjaren.

Tabel 5.1: Gehanteerde elektriciteitsprijs scenario's in €/kWh voor regulier laden van lichte voertuigen.

	2021	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
Hoog	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39
Centraal	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34
Laag	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29

De elektriciteitsprijs bij snellaadpunten is gemiddeld aanzienlijk hoger dan bij reguliere laadpunten (zie Tabel 5.2). Snellaad prijzen langs de snelweg variëren van € 0,25 tot € 0,79 per kWh, een gangbaar tarief is op dit moment ca. 60 cent per kWh[33].

[33] https://www.anwb.nl/auto/elektrisch-rijden/wat-kost-het-opladen-van-een-elektrische-auto

Tabel 5.2: Gehanteerde elektriciteitsprijs scenario's in €/kWh voor snelladen van lichte voertuigen.

	2021	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
Hoog	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Centraal	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Laag	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40

In Tabel 5.3 staan de aangenomen elektriciteitsprijzen voor het snel laden van zware voertuigen bij openbare laadpunten. Voor het midden scenario in deze studie is uitgegaan van de waarden die worden gehanteerd in (Enpuls, ElaadNL, APPM, nog niet gepubliceerd).

Tabel 5.3: Gehanteerde elektriciteitsprijs scenario's in €/kWh voor snelladen van zware voertuigen.

	2021	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
Hoog	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Centraal	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Laag	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

Het resulterende aantal HBE's is weergegeven in Appendix C.

Hardware en netverzwaringskosten

Voor de kosten van de hardware zijn drie verschillende typen laadpalen gebruikt, een reguliere lader van 3x25A (Ecorys, 2020) en twee snelladers van 150 kW en 350 kW (Rebel, EVConsult, 2021). Voor deze laders zijn eenmalige kosten voorzien voor de hardware en het plaatsen van de laadpalen, van respectievelijk € 4.100, € 80.400 & € 180.700. De periodiek jaarlijkse kosten zijn ingeschat op € 555, € 7.395 en € 16.195, respectievelijk. Voor een kostenopbouw wordt de lezer verwezen naar Appendix C.

Tot slot is voor snellaadpunten een inschatting gemaakt voor de aansluitvergoeding en netverzwaring per locatie van 600 kW of 3500 kW (Appendix C) kunnen in de praktijk erg variëren afhankelijk van de locatie. Netverzwaringskosten zijn niet meegenomen voor reguliere laadpunten.

In de studie van Lola wordt tevens rekening gehouden met kosten voor het verwerven en inrichten van een locatie. Hiervoor ligt het gemiddelde op 1,7 miljoen euro (met een bandbreedte van 200 duizend euro tot 3,4 miljoen euro afhankelijk van de locatie).

Laadpaalgebruik

De bandbreedte van de bezettingsgraad is voor alle laadpalen gelijk gehouden op 10%, 15% en 20%. In Tabel 5.4 zijn de aannames ten aanzien van de energieafzet gepresenteerd van één laadpunt. De reguliere lader bevat twee aansluitpunten en de bezettingsgraad van de volledige paal is daarom twee keer zo laag.

Tabel 5.4: Jaarlijkse elektriciteitsafzet per laadpaal voor verschillende bezettingsgraden.

	Eenheid	**Laag**	**Centraal**	**Hoog**
Bezettingsgraad[34]	%	10%	15%	20%
Bezettingsgraad	uur/dag	2,4	3,6	4,8
Energieafzet LDV “langzaam” (2x8 kW)	kWh/jaar	7.008	10.512	14.016
Energieafzet LDV snellader (150 kW)	kWh/jaar	131.400	197.100	262.800
Energieafzet HDV snellader (350 kW)	kWh/jaar	306.600	459.900	613.200

De scenario’s zijn geformuleerd als ‘hoog’, ‘centraal’, ‘laag’ op basis van energieafzet en elektriciteitsprijs. Het hoge scenario is het meest positieve scenario vanuit kostenperspectief en leidt tot de laagste kosten voor de exploitant en daardoor ook tot de laagste onrendabele top. Vanuit het perspectief van de eindgebruiker is deze echter het minst gunstig. Voor het lage scenario geldt het tegenovergesteld.

De variabelen in de scenario’s zijn:

1 De energieafzet per laadpunt per jaar. De energieafzet is berekend met behulp van een aangenomen bezettingsgraad (bijvoorbeeld: 15% bezetting bij een 8 kW laadpunt levert een elektriciteit afzet van 15% * 365 dagen * 24 uur * 8 kW = 10.512 kWh). Een hoge bezettingsgraad betekent lagere kosten maar resulteert wel in een minder wenselijke situatie voor de gebruiker omdat laadpunten vaker bezet zijn.
2 Elektriciteitsprijs per kWh, in het lage scenario wordt een lage elektriciteitsprijs gehanteerd. In het hoge scenario wordt met hoge elektriciteitsprijs gerekend.

De combinatie lage elektriciteitsprijs met lage bezetting en hoge elektriciteitsprijs met hoge bezetting resulteert in de uiterste bandbreedtes die mogelijk zijn. In de praktijk is de combinatie, lage elektriciteitsprijs met hoge bezetting en visa versa wellicht realistischer.

De energieafzet van deze laadpunten in deze scenario’s zijn op dit moment aan de hoge kant. Cijfers van ElaadNL wijzen erop dat per laadpunt de huidige gemiddelde afzet lager is, zie Figuur 5.1. Het lage scenario lijkt daarom het meest realistische scenario op dit moment.

[34] De bezettingsgraad van laadpalen is als gemiddelde over de gehele periode constant gehouden. Initieel kan een laadpaal lagere bezettingsgraden hebben, omdat infrastructuur op het aantal voertuigen voorloopt. Daarmee wordt minder energie afgezet aan het begin van de levensduur van een laadpaal en zijn de opbrengsten initieel lager. Dit effect is niet meegenomen in de berekeningen.

Geleverde stroom (kWh/jaar), stand van zaken en prognose

Laadpunt	Gemiddeld kWh/jaar					
	2017	2018	2019	2020	2025	2030
NAL/gemiddeld regulier laadpunt in NL		3.614				5.420
EVnetNL		3.200		3.874		7.022
Provincie Noord-Brabant		3.600		4.350		7.837
SGZH	2.496	2.346	3.744			
MRA-E	3.109	3.876	4.984			
Den Haag	3.303	3.709	3.398			
Rotterdam	3.551	4.048	5.484			
Utrecht	4.634	5.390	7.838			
Amsterdam	5.708	7.232	8.202			

Bron: Prognose laadinfrastructuur 2019, ElaadNL, EVdata.nl

Figuur 5.1: Gemiddelde energievraag per laadpunt (Ecorys, 2020).

5.2.5 *Kosten van een publiek regulier laadpunt voor lichte voertuigen*

Op basis van de methode en aannames die zijn vermeld in paragraaf 5.2.1 zijn de kosten en onrendabele top bepaald van een regulier publiek laadpunt voor lichte voertuigen. Het totale resultaat over de gehele 10 jaar is gepresenteerd in Tabel 5.5. Hierbij is geen rekening gehouden met eventueel benodigde verzwaring van het elektriciteitsnetwerk.

Uit Tabel 5.5 kan worden geconcludeerd dat de waarde van de HBE's van grote invloed is op de winstgevendheid van een laadpunt. Verder is te zien dat de laadpunten in de meeste berekenden scenario's winstgevend zijn. Enkel in het geval dat de HBE's zouden komen te vervallen en zowel de gevraagde elektriciteitsprijs als de bezettingsgraad van het laadpunt laag zouden zijn (<10%), bestaat er wel een onrendabele top van ongeveer € 4.800 over 10 jaar.

Tabel 5.5: Totale opbrengst en kosten van een laag, centraal en hoog scenario voor het langzaam laden van lichte voertuigen per laadpaal. Exclusief netverzwaring, locatie inrichting en verwerving.

	Laag	**Centraal**	**Hoog**
Kosten variabel	€ -12.075	€ -18.064	€ -23.775
Kosten periodiek	€ -5.550	€ -5.550	€ -5.550
Investering	€ -4.100	€ -4.100	€ -4.100
Betaalsysteem	€ -200	€ -200	€ -200
Opbrengst elektriciteit	€ 17.170	€ 31.010	€ 48.355
Opbrengst HBE	€ 8.308	€ 12.461	€ 16.615
Netto winst/verlies	€ 3.553	€ 15.558	€ 31.346
Netto winst/verlies zonder HBE	€ -4.755	€ 3.096	€ 14.731

Positieve(re) netto resultaten vereisen een relatief hoge bezettingsgraad (oftewel minder laadpunten die in het totaal dezelfde hoeveelheid elektriciteit leveren) wat de kans op het vinden van een vrij laadpunt op een druk moment kleiner maakt voor de gebruiker.

5.2.6 Kosten van een publiek snellaadpunt voor lichte voertuigen

Op basis van de methode en aannames uit paragraaf 5.2.1 zijn in Tabel 5.6 de totale kosten voor het exploiteren van snellaadpunten over een periode van 10 jaar gepresenteerd. Aangezien voor het aanleggen van een snellaadstation in veel gevallen een verzwaring van het elektriciteitsnetwerk nodig zal zijn, zijn deze kosten hier wel meegenomen.

Tabel 5.6: Totale opbrengst en kosten (niet netto contant) van een laag, centraal en hoog scenario voor het snelladen van lichte voertuigen per laadpaal.

	Laag	**Centraal**	**Hoog**
Kosten variabel	€ -214.500	€ -308.700	€ -402.900
Kosten periodiek	€ -74.000	€ -74.000	€ -74.000
Investering	€ -80.400	€ -80.400	€ -80.400
Betaalsysteem	€ -3.700	€ -3.700	€ -3.700
Opbrengst elektriciteit	€ 525.600	€ 985.500	€ 1.576.800
Opbrengst HBE	€ 155.800	€ 233.700	€ 311.500
1x 150 kW, netto winst/verlies	€ 308.800	€ 752.400	€ 1.327.300
1x 150 kW, netto winst/verlies, zonder HBE	€ 153.000	€ 518.700	€ 1.015.800
4x 150 kW, netto winst/verlies	€ 1,2 mln	€ 3,0 mln	€ 5,3 mln
4x 150 kW, netto winst/verlies, zonder HBE	€ 0,6 mln	€ 2,1 mln	€ 4,1 mln
4x 150 kW, netverzwaring (2km kabellengte) en locatieverwerving	€ -1,1 mln	€ 0,7 mln	€ 3,0 mln
4x 150 kW, netverzwaring (5km kabellengte) en locatieverwerving	€ -1,9 mln	€ -0,1 mln	€ 2,2 mln
4x 150 kW, netverzwaring (2km kabellengte) en locatieverwerving, zonder HBE	€ -1,7 mln	€ -0,2 mln	€ 1,8 mln
4x 150 kW, netverzwaring (5km kabellengte) en locatieverwerving, zonder HBE	€ -2,5 mln	€ -1,0 mln	€ 1,0 mln

Uit Tabel 5.6 kan worden opgemaakt dat voor snellaadpunten geldt dat er een aanzienlijke kans is op het uitblijven van een onrendabele top zolang er geen rekening wordt gehouden met netverzwaring en locatieverwerving. Wanneer deze wel wordt meegerekend is een hoge bezettingsgraad (rond 20%) én een hoge elektriciteitsprijs (rond €0,60/kWh) nodig om kostendekkend te zijn.

5.2.7 Kosten van een publiek snellaadpunt voor zware voertuigen

Ook voor snelladers van zware voertuigen geldt dat ze geen onrendabele top hebben zolang de HBE's op het aangenomen niveau blijven. Wanneer er wel rekening wordt gehouden met de netverzwaring, zijn een redelijke bezettingsgraad (ongeveer 15%) en elektriciteitsprijs (ongeveer €0,30/kWh) nodig om winstgevend te kunnen zijn.

Tabel 5.7: Totale opbrengst en kosten van een laag, centraal en hoog scenario voor het snel laden van zware voertuigen per laadpaal.

	Laag	**Centraal**	**Hoog**
Kosten variabel	€ -465.700	€ -685.600	€ -905.400
Kosten periodiek	€ -162.000	€ -162.000	€ -162.000
Investering	€ -180.700	€ -180.700	€ -180.700
Betaalsysteem	€ -3.700	€ -3.700	€ -3.700
Opbrengst elektriciteit	€ 766.500	€ 1.379.700	€ 2.146.200
Opbrengst HBE	€ 363.500	€ 545.200	€ 726.900
1x 350 kW, netto winst/verlies	€ 317.900	€ 893.000	€ 1.621.400
1x 350 kW, netto winst/verlies, zonder HBE	€ -45.600	€ 347.800	€ 894.400
10x 350 kW, netto winst/verlies	€ 3,2 mln	€ 8,9 mln	€ 16 mln
10x 350 kW, netto winst/verlies, zonder HBE	€ -0,4 mln	€ 3,5 mln	€ 8,9 mln
10x 350 kW, netverzwaring (2km kabellengte) en locatieverwerving	€ 0,4 mln	€ 6,2 mln	€ 13,5 mln
10x 350 kW, netverzwaring (5km kabellengte) en locatieverwerving	€ -0,7 mln	€ 5,0 mln	€ 12,3 mln
10x 350 kW, netverzwaring (2km kabellengte) en locatieverwerving, zonder HBE	€ -3,2 mln	€ 0,7 mln	€ 6,2 mln
10x 350 kW, netverzwaring (5km kabellengte) en locatieverwerving, zonder HBE	€ -4,3 mln	€ -0,4 mln	€ 5,1 mln

5.3 Kosteninschatting vanuit Nederlands perspectief in combinatie met minimum infrastructuureis van het AFIR-voorstel

In deze paragraaf worden de kosten per station of per laadpunt vermenigvuldigd met het minimaal aantal benodigde tank- en laadpunten langs het TEN-T netwerk om te voldoen aan de eisen van het AFIR-voorstel (zoals bepaald in Hoofdstuk 4).

5.3.1 Totale kosten: snelladers voor lichte voertuigen

Voor snellaadpunten voor lichte voertuigen geldt dat er 25 zijn benodigd met een vermogen van 600 kW op het kernnetwerk en 44 met een vermogen van 300 kW op het uitgebreide netwerk. In Tabel 5.8 zijn de totale geschatte kosten (de stations op het uitgebreide netwerk hebben 5 jaar langer de tijd om te upgraden naar 600 kW.

Tabel 5.8: Totale kosten van 69 locaties met 600 kW voor lichte voertuigen.

	Laag	**Centraal**	**Hoog**
4x 150kW	€ 85 mln	€ 208 mln	€ 366 mln
4x 150kW, zonder HBE	€ 42 mln	€ 143 mln	€ 280 mln
4x 150kW, netverzwaring (2km kabellengte) en locatieverwerving	€ -73 mln	€ 50 mln	€ 208 mln
4x 150kW, netverzwaring (5km kabellengte) en locatieverwerving	€ -129 mln	€ -6 mln	€ 152 mln
4x 150kW, netverzwaring (2km kabellengte) en locatieverwerving, zonder HBE	€ -116 mln	€ -15 mln	€ 122 mln
4x 150kW, netverzwaring (5km kabellengte) en locatieverwerving, zonder HBE	€ -172 mln	€ -71 mln	€ 66 mln

Zoals al geconcludeerd in paragraaf 5.2.6, is er geen onrendabele top zolang er geen rekening wordt gehouden met de benodigde netverzwaring en locatieverwerving. Indien deze kosten wel worden meegerekend, is de verwachting dat de totale kosten voor snellaadinfrastructuur voor lichte voertuigen kunnen oplopen tot meer dan 100 miljoen euro. Om een lagere of onrendabele top te realiseren of deze zelfs helemaal te voorkomen zullen exploitanten een relatief hoge elektriciteitsprijs moeten vragen en een redelijk hoge bezettingsgraad moeten hebben. Dit laatste vergroot echter de kans op wachttijden bij het laadstation. Dit in combinatie met een relatief hoge elektriciteitsprijs, zou de uptake van elektrische lichte voertuigen kunnen vertragen.

5.3.2 Totale kosten: snelladers voor zware voertuigen

Om te voldoen aan het AFIR-voorstel zijn er in 2030, 51 snellaadlocaties nodig voor zware voertuigen (exclusief bewaakte rustplaatsen en stedelijke knooppunten) nodig. Waarvan 25 met een vermogen van 3500 kW op het kernnetwerk en 26 met een vermogen van 1400 kW op het uitgebreide netwerk. In Tabel 5.8 zijn de geschatte kosten berekend (de stations op het uitgebreide netwerk hebben 5 jaar langer de tijd om te upgraden naar 3500 kW).

Tabel 5.9: Totale kosten van 51 locaties met 3500 kW voor zware voertuigen.

	Laag	**Centraal**	**Hoog**
10x 350kW	€ 162 mln	€ 455 mln	€ 827 mln
10x 350kW, zonder HBE	€ -23 mln	€ 177 mln	€ 456 mln
10x 350kW, netverzwaring (2km kabellengte) en locatieverwerving	€ 22 mln	€ 315 mln	€ 687 mln
10x 350kW, netverzwaring (5km kabellengte) en locatieverwerving	€ -36 mln	€ 257 mln	€ 628 mln
10x 350kW, netverzwaring (2km kabellengte) en locatieverwerving, zonder HBE	€ -164 mln	€ 37 mln	€ 316 mln
10x 350kW, netverzwaring (5km kabellengte) en locatieverwerving, zonder HBE	€ -222 mln	€ -21 mln	€ 258 mln

Het voorkomen van een onrendabele top voor snellaadinfrastructuur voor zware voertuigen lijkt onder meer omstandigheden haalbaar dan bij lichte voertuigen. Ook hier geldt dat bij een lage bezettingsgraad en elektriciteitsprijs, de totale kosten zouden kunnen oplopen tot wel 200 miljoen euro. Echter, een redelijke bezettingsgraad en elektriciteitsprijs, zullen al kunnen leiden tot het voorkomen van een onrendabele top.

5.4 Kosten van walstroom voor zeeschepen

In 2020 heeft CE Delft een studie gepubliceerd waarin onder andere businesscases voor walstroom voor de zeescheepvaart zijn onderzocht[35]. Deze analyses zijn ook gebruikt in een achtergronddocument gepubliceerd bij de analyse van PBL van maatregelen voorgesteld door het Kabinet om kosteneffectief de stikstofdepositie te verlagen[36].

[35] CE Delft 2020. Stimulering van walstroom Een vergelijkende analyse van drie potentiële stimuleringsmaatregelen.
[36] TNO 2020. Factsheets stikstofmaatregelen mobiliteit. R10644

In dat rapport worden de effecten en kosten van vijf maatregelen voor de sector mobiliteit gepresenteerd. Eén van deze maatregelen is de stimuleringsregeling voor walstroom voor zeeschepen.

De jaarlijkse kosten van een walstroomaansluiting zijn hoger dan die van een dieselgenerator en verschillen per schiptype.

- Voor RoRo schepen bedragen de jaarlijkse meerkosten van walstroom ongeveer 620.000 euro;
- Voor containerschepen bedragen de jaarlijkse meerkosten van walstroom ongeveer 2,6 miljoen euro;
- Voor cruiseschepen bedragen de jaarlijkse meerkosten van walstroom ongeveer 4,6 miljoen euro;

Daarom wordt in deze twee rapporten wordt geconcludeerd dat de business cases voor walstroom voor de zeevaart vaak een onrendabele top kent. Enkel bij een zeer sterke stijging van de olieprijs wordt de business case voor RoRo schepen positief. Het is daarom onwaarschijnlijk dat dit door de markt genomen zal worden.

Het aantal walstroominstallaties dat nodig is om te kunnen voldoen aan de eisen in het AFIR voorstel is niet bepaald. Om die reden kunnen ook de totale kosten die zijn gemoeid met de implementatie van de eisen van het AFIR-voorstel niet worden berekend.

6 Conclusies

6.1 Elektriciteit

6.1.1 Lichte wegvoertuigen (personen- en bestelauto's)

Ten aanzien van de laadinfrastructuur voor lichte wegvoertuigen zijn in het AFIR-voorstel twee typen eisen gedefinieerd:

- De minimale hoeveelheid opgesteld laadvermogen bij openbare laadpunten per (plug-in) elektrisch voertuig
- De minimale hoeveelheid opgesteld vermogen bij openbare laadpunten per 60 kilometer uitgebreid- en kernnetwerk

Ten aanzien van de eerste eis geldt dat de behoefte aan laadvermogen die wordt verwacht in Nederland aanzienlijk hoger zal zijn dan wat er volgens het AFIR-voorstel wordt geëist. Ter referentie, momenteel is er in Nederland vier keer meer opgesteld vermogen per elektrisch voertuig bij openbare laadpunten dan wordt geëist in het AFIR-voorstel. Op termijn is de verwachting dat deze verhouding wat zal teruglopen naar ongeveer een factor 3,7. Met andere woorden, het realiseren van de minimaal benodigde hoeveelheid laadinfrastructuur die in het AFIR-voorstel wordt geëist, zal leiden tot een hogere bezettingsgraad dan wenselijk wordt geacht door Nederlandse belanghebbenden (o.a. ElaadNL). Deze hogere bezettingsgraad verkleint de kans op een beschikbaar laadpunten wat leidt tot langere wachttijden bij laadpunten of het risico dat voertuigen niet kunnen worden gebruikt omdat er geen laadpaal beschikbaar was. Dit zou de uptake van elektrische lichte voertuigen kunnen remmen. Bovendien kan een dergelijke lage waarde ertoe leiden dat het verkeer tussen lidstaten wordt bemoeilijkt voor gebruikers van een elektrisch voertuig.

Ook deze tweede eis uit het AFIR-voorstel is aanzienlijk lager dan de behoefte die Nederland verwacht. In tegenstelling tot de eerste eis geldt voor deze eis dat er geen afhankelijkheid is van de ingroeisnelheid van voertuigen. Een mogelijke oorzaak voor het verschil is dan ook dat de verwachte ingroei van elektrische lichte voertuigen in Nederland sneller zal gaan dan waar de Europese Commissie vanuit is gegaan (zie paragraaf 0). Dit verschil lijkt echter niet de enige oorzaak. Andere mogelijke oorzaken zijn dat in het AFIR-voorstel is uitgegaan van een hogere bezettingsgraad van de laadpunten en / of van een groter aandeel van de energie die geladen wordt bij snelladers langs het hoofdwegennet. Ook voor deze eis geldt dat het realiseren van de minimaal vereiste hoeveelheid laadvermogen langs het uitgebreide en kernnetwerk in Nederland zal leiden tot een hogere bezettingsgraad van de snelladers dan wenselijk wordt geacht vanuit verschillende Nederlandse studies. Het realiseren van de minimaal benodigde hoeveelheid snelladers vergroot de kans op wachttijden en zou zo de uptake van elektrische voertuigen kunnen remmen.

6.1.2 Zware wegvoertuigen (vrachtwagens en trekker-opleggers)

Voor elektrische zware vrachtvoertuigen zijn drie verschillende kwantitatieve eisen gesteld in het AFIR-voorstel:

- Minimale hoeveelheid opgesteld vermogen bij openbare laadpunten per 60 kernnetwerk en per 100 km uitgebreid netwerk.

- Minimale hoeveelheid opgesteld vermogen bij openbare laadpunten bij beveiligde rustplaatsen.
- Minimale hoeveelheid opgesteld vermogen bij openbare laadpunten bij stedelijke knooppunten

Zoals in paragraaf 0 besproken, wordt er in het AFIR-voorstel uitgegaan van een lagere ingroei van elektrische zware voertuigen dan in het Nederlandse Klimaatakkoord en andere Nederlandse studies[37]. Desalniettemin is de minimaal vereiste hoeveelheid opgesteld vermogen langs het Nederlandse deel van het TEN-T netwerk aanzienlijk hoger dan de behoefte die er volgens Nederlandse studies zal zijn tot 2030. De belangrijkste oorzaak lijkt te liggen in de aanname over het aandeel elektriciteit dat zware voertuigen bij openbare laadpunten langs het hoofdwegennet zullen laden. De verwachting in verschillende Nederlandse studies is dat zware wegvoertuigen een groot deel van hun elektriciteit zullen laden op depots (privaat) en daarom maar een beperkt deel op openbare plekken langs het hoofdwegennet (ongeveer 10%[37]). Het realiseren van de minimale hoeveelheid geëist in het AFIR-voorstel zal in deze periode naar verwachting leiden tot lage bezettingsgraden van de laadpunten. Om dergelijke laadpunten rendabel te kunnen exploiteren, zullen de elektriciteitsprijzen aan de laadpalen hoog moeten zijn of subsidie vereisen.

Op termijn is er nog een aanzienlijke groei van elektrische trucks verwacht. De hoeveelheid vermogen die in het AFIR-voorstel wordt geëist, zal op langere termijn naar verwachting wel nodig zijn. Door deze al in een vroeg stadium te realiseren, worden vlooteigenaren in het aanschaffen van elektrische truck niet geremd door een gebrek aan voldoende laadpunten, maar dit leidt in die periode wel tot een onrendabele top.

Voor de tweede eis geldt dat ElaadNL verwacht dat er in 2030 ruim zes keer meer vermogen nodig zal zijn op bewaakte truckparkings dan minimaal wordt geëist in het AFIR-voorstel. Dit is in lijn met de gedachte dat trucks vooral zullen laden op momenten dat ze voor langere periode stil staan op depots of bewaakte truckparkings.

De derde eis heeft betrekking op stedelijke knooppunten, waarvan er momenteel twee zijn in Nederland (Amsterdam en Rotterdam). Ook vanuit Nederlands perspectief is de verwachting dat er aanzienlijke hoeveelheden laadinfrastructuur nodig zullen zijn. Dit wordt mede gedreven door de ZE-zones die voor tientallen Nederlandse steden zijn voorzien, waaronder Amsterdam en Rotterdam. Naast de laadpunten die nodig zullen zijn om de voertuigen te voorzien die de steden in en uit rijden, liggen nabij beide steden ook meerdere verzorgingsplaatsen en truckparkings. Ook op deze locaties zal laadinfrastructuur voor zware voertuigen worden gerealiseerd. Ook op deze manier zal naar verwachting met deze laadpunten aan de deze AFIR-eis worden voldaan.

6.1.3 On Shore Power Supply' – Binnenvaarthavens

Momenteel is al in bijna alle Nederlandse binnenvaarthavens behorend tot het TEN-T netwerk walstroom beschikbaar.

[37] ElaadNL 2020, Truckers komen op stroom. De ontwikkeling van batterij elektrische trucks in (inter)nationale logistiek in Nederland t/m 2035. Outlook Q3 2020.

Bovendien wordt er volop gewerkt aan een verdere uitbreiding van het walstroomsysteem. Daarmee lijkt het halen van de eis uit het AFIR-voorstel goed haalbaar.

6.1.4 On Shore Power Supply' - Zeehavens

Havens gelegen aan het TEN-T kern en uitgebreide netwerk grote container- of passagiersschepen verwerken, moeten walstroom aanbieden om deze schepen voor minimaal 90% van hun energiebehoefte te kunnen voorzien. Dit geldt ook voor een aantal Nederlandse zee- en binnenvaarthavens. Voor zeehavens is het realiseren van een walstroomaansluiting een aanzienlijke uitdaging. Of en onder welke omstandigheden het voldoen aan deze eisen uit het AFIR-voorstel mogelijk is zal nader worden onderzocht in een aparte studie. Wel geldt dat er voor de haven van Rotterdam een strategie ligt om walstroom voor de zeescheepvaart in een vergelijkbare mate als wordt geëist in het AFIR-voorstel. Ook in de haven van Amsterdam zijn er plannen om walstroom voor zeeschepen te realiseren.

6.1.5 Stroomvoorziening voor stationaire toepassing voor luchtvaart

In 2025 dient er stroomvoorziening voor stationaire toepassingen voor commerciële luchtvaart bij alle gates op het uitgebreide en kernnetwerk. In 2030 dient dit beschikbaar te zijn bij alle posities op het platform voor commercieel transport. Voor Nederland betekent dat dit dient te worden gerealiseerd bij zes luchthavens, te weten Schiphol, Rotterdam The Hague Airport, Groningen Airport Eelde, Eindhoven Airport, Maastricht Aachen Airport en Twente Airport.

6.2 Waterstof

Het voorstel is gericht op de toepassing van waterstof in zware voertuigen.

De eisen met betrekking tot in het AFIR-voorstel zijn op drie manieren vorm gegeven:

- 1 waterstoftankstation (2 ton/dag capaciteit) per 150km uitgebreide en kernnetwerk;
- 1 tankstation met vloeibare waterstof per 450 km uitgebreide en kernnetwerk;
- 1 waterstoftankstation (2 ton/dag capaciteit) bij ieder stedelijk knooppunt.

Daarom kan aan bovenstaande eisen worden voldaan met minimaal 14 waterstoftanklocaties met gecomprimeerde waterstof en vijf tanklocaties waar vloeibare waterstof beschikbaar is. Daarnaast zullen er twee waterstoftankstations moeten worden geplaatst bij de stedelijke knooppunten Amsterdam en Rotterdam. In een recente Nederlandse studie, wordt de verwachting uitgesproken dat er in 2030 48 tot 69 waterstofstations met een capaciteit van twee ton nodig zullen zijn Zie paragraaf 4.3.3). Op basis van de aantallen in deze studie, zijn ca. 130 (Ekinetix ingroeiscenario ‘laag’) of 69 (onderkant bandbreedte om laag scenario) waterstoftankstations voor heavy-duty nodig. LDVs worden hierbij buiten beschouwing gelaten. Onder de aannames van deze recente studie, zal de behoefte aan waterstof(stations) daarmee aanzienlijk hoger zijn dan geëist in het AFIR-voorstel.

Of en wanneer vloeibare waterstof gebruikt zal worden voor wegverkeer is nog zeer onzeker.

Vanuit Nederlands perspectief is er momenteel dan ook geen verwachting ten aanzien van een minimaal benodigde hoeveelheid vloeibare waterstof langs het wegennet.

6.3 LNG

Zowel voor vrachtwagens als voor de scheepvaart geldt dat er momenteel al een ‘dekkende’ tankinfrastructuur ligt. De verwachting is dat de LNG-tank- en bunkerfaciliteiten ook op langere termijn voldoende zullen zijn om de toekomstige LNG-vloot te kunnen faciliteren. Aangezien er in het AFIR-voorstel een passende hoeveelheid infrastructuur wordt geëist, zou er met de huidige infrastructuur al aan worden voldaan.

7 Bibliografie

Belastingdienst. (2021, Oktober 13). *Tabellen tarieven milieubelastingen*. Opgehaald van https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen

Buck Consultants International. (2021). *Business Case Tool.*

Ecorys. (2020). *Onderzoek naar de businesscase van laadinfrastructuur.* Rotterdam.

Ekinetix. (2021). *Scenario's voor waterstofvraag en CO2-reductie door toepassing in mobiliteit en transport in 2030. Auteurs: Van der Star, M., MSc. en Reijerkerk C.J.J., MSc.*

ElaadNL. (2019). *Waar rijden én laden EV's in de toekomst? De ontwikkeling van elektrische voertuigen en laadpunten in Nederland t/m 2035.*

ElaadNL. (2020). *Truckers komen op stroom.*

ElaadNL. (2020). *Truckers komen op stroom.*

Enpuls, ElaadNL, APPM. (nog niet gepubliceerd). *Actieplan LoLa, landelijk basisnetwerk laden voor logistiek.*

Nationale Agenda Laadinfrastructuur. (2021). *Roadmap Logistie Laadinfrastructuur.*

Rebel, EVConsult. (2021). *Handelingskader voor een landelijk dekkend netwerk van laadinfrastructuur.*

Ricardo. (2021). *Impact Assessment.*

RVO. (2021). *Elektrisch Rijden op (de) weg - voertuigen en laadpunten.*

TNO & Rijkswaterstaat. (2021). *Routeradar 2020 Duurzame Energiedragers in de Mobiliteit.*

TNO. (2019). *Behoefte aan infrastructuur voor alternatieve energiedragers voor mobiliteit in Nederland.*

Transport & Environment. (2021). *Unlocking electric trucking in the EU: recharging along highways.*

8 Ondertekening

Den Haag, 23 december 2021 TNO

Projectleider Auteur

A Eisen uit het AFIR-voorstel

Elektrische lichte voertuigen (LDV)

Landelijk

1. For each battery electric Light duty vehicle registered in that Member State a total power output of at least 1.0 kW is provided through publicly accessible recharging stations

2. For each plug in hybrid Light duty vehicle registered in that Member State a total power output of at least 0.66 kW is provided through publicly accessible recharging stations.

TEN-T Kern

Along the TEN-T core network, publicly accessible recharging pools dedicated to light-duty vehicles and meeting the following requirements are deployed in each direction of travel with a maximum distance of 60 km in-between them:

1. By 31 December 2025, each recharging pool shall offer a power output of at least 300 kW and include at least one recharging station with an individual power output of at least 150 kW;;
2. By 31 December 2030, each recharging pool shall offer a power output of at least 600 kW and include at least two recharging stations with an individual power output of at least 150 kW;

TEN-T uitgebreid

along the TEN-T comprehensive network, publicly accessible recharging pools dedicated to light-duty vehicles and meeting the following requirements are deployed in each direction of travel with a maximum distance of 60 km in-between them:

1. By 31 December 2030, each recharging pool shall offer a power output of at least 300 kW and include at least one recharging station with an individual power output of at least 150 kW;
2. By 31 December 2035, each recharging pool shall offer a power output of at least 600 kW and include at least two recharging stations with an individual power output of at least 150 kW.

Elektrische zware voertuigen (LDV)

TEN-T Kern

along the TEN-T core network, publicly accessible recharging pools dedicated to heavy-duty vehicles and meeting the following requirements are deployed in each direction of travel with a maximum distance of 60 km in-between them:

1. By 31 December 2025, each recharging pool shall offer a power output of at least 1400 kW and include at least one recharging station with an individual power output of at least 350 kW.

2. By 31 December 2030, each recharging pool shall offer a power output of at least 3500 kW and include at least two recharging stations with an individual power output of at least 350 kW.

TEN-T uitgebreid
along the TEN-T comprehensive network, publicly accessible recharging pools dedicated to heavy-duty vehicles and meeting the following requirements are deployed in each direction of travel with a maximum distance of 100 km in-between them:

1. By 31 December 2030, each recharging pool shall offer a power output of at least 1400 kW and include at least one recharging station with an individual power output of at least 350 kW;
2. By 1 December 2035, each recharging pool shall offer a power output of at least 3500 kW and include at least two recharging stations with an individual power output of at least 350 kW;

Safe and secure parking areas
by 31 December 2030, in each safe and secure parking area at least one recharging station dedicated to heavy-duty vehicles with a power output of at least 100 kW is installed;

Urban nodes
1. By 31 December 2025, in each urban node publicly accessible recharging points dedicated to heavy-duty vehicles providing an aggregated power output of at least 600 kW are deployed, provided by recharging stations with an individual power output of at least 150 kW;
2. By 31 December 2030, in each urban node publicly accessible recharging points dedicated to heavy-duty vehicles providing an aggregated power output of at least 1200 kW are deployed, provided by recharging stations with an individual power output of at least 150 kW.

Waterstof – lichte en zware voertuigen

Kern- en uitgebreid
To that end Member States shall ensure that by 31 December 2030 publicly accessible hydrogen refuelling stations with a minimum capacity of 2 t/day and equipped with at least a 700 bars dispenser are deployed with a maximum distance of 150 km in-between them along the TEN-T core and the TEN-T comprehensive network. Liquid hydrogen shall be made available at publicly accessible refuelling stations with a maximum distance of 450 km in-between them.

Urban nodes
They shall ensure that by 31 December 2030, at least one publicly accessible hydrogen refuelling station is deployed in each urban node.

Recharging infrastructure one-off costs
Operators of recharging points shall, at the publicly accessible recharging points operated by them, provide end users with the possibility to recharge their electric vehicle on an ad hoc basis using a payment instrument that is widely used in the Union.

To that end:

1. operators of recharging points shall, at publicly accessible recharging stations with a power output below 50 kW, deployed from the date referred to in Article 24, accept electronic payments through terminals and devices used for payment services, including at least one of the following:
   1.1 payment card readers;
   1.2 devices with a contactless functionality that is at least able to read payment cards;
   1.3 devices using an internet connection with which for instance a Quick Response code can be specifically generated and used for the payment transaction;
2. operators of recharging points shall, at publicly accessible recharging stations with a power output equal to or more than 50 kW, deployed from the date referred to in Article 24, accept electronic payments through terminals and devices used for payment services, including at least one of the following:
   2.1 payment card readers;
   2.2 devices with a contactless functionality that is at least able to read payment cards.
3. Member States shall take the necessary measures to ensure that appropriate signposting is deployed within parking and rest areas on the TEN-T road network where alternative fuels infrastructure is installed, to enable easy identification of the exact location of the alternative fuels infrastructure.

B Rekenmethode gebruikt in TNO 2019

In deze bijlage wordt beschreven welke rekenmethode is toegepast om de benodigde laadinfrastructuur te berekenen. Deze methode is afkomstig uit (TNO, 2019).

Aangenomen is dat de benodigde laadinfrastructuur wordt gerealiseerd op de huidige verzorgingsplaatsen en tankstations. Hiervoor is het hoofdwegennetwerk opgedeeld in 88 wegsegmenten, waarvan 62 wegsegmenten bij het TEN-T netwerk horen. Er zijn 72 verzorgingsplaatsen met tankstations langs het kern netwerk en 106 verzorgingsplaatsen met tankstations langs het uitgebreide netwerk. Gemiddeld is dat een verzorgingsplaats elke 20 km & 25 km, respectievelijk.

Voor deze analyse is het aantal stations in Nederland het uitgangspunt. Op aantal wegsegmenten is op dit moment geen tankstations of verzorgingsplaatsvoorzieningen.

De laad/tank benodigdheden op deze wegsegmenten is verdeeld over wegsegmenten waar wel al geschikte locaties zijn, volgens de volgende methode:

1. Waar op een deel van de snelweg geen voorzieningen zijn, zijn deze stations naar rato verdeeld over de rest van stations aan de desbetreffende snelweg.
2. Wanneer er langs de gehele snelweg geen alternatieve locaties bestaan, is de benodigde infrastructuur verdeeld over aansluitende of nabije wegsegmenten van andere snelwegen.

Gemiddeld gezien hoeven er geen nieuwe locaties te worden ingericht om aan de 60km en 100km eisen te voldoen. De bestaande verzorgingsplaatsen/tankstations kunnen worden heringericht met voldoende laad mogelijkheden.

Per wegsegment is de voertuigintensiteit vertaald naar een energievraag en het daarbij behorende aantal laders.

Hierbij is o.a. rekening gehouden met,
1. gereden kilometers per wegsegment;
2. aandeel van de energie geladen langs het hoofdwegennetwerk;
3. bezettingsgraad van de laadpunten;
4. extra benodigde tijd voor het afrekenen en wisselen van gebruiker;

Gevoelige en onzekere aannames zijn; de bezittingsgraad en het aandeel van de energie dat geladen wordt langs het hoofdwegennet. Het eindresultaat, het benodigde aantal laders, schaalt namelijk bijna naar rato met deze aannames. Dat wil zeggen, een dubbele bezettingsgraad vereist slechts de helft van het aantal laders.

Benodigde parameters
Voor de analyse voor de wegvoertuigen zijn waarden bepaald voor een aantal parameters die nodig zijn voor het bepalen van de behoefte aan tank- en laadinfrastructuur, te weten:

- Voertuigintensiteiten op het Nederlandse (hoofd)wegennet op basis van (interpolatie van) LMS-data ;
- Aandelen van voertuigen met verschillende aandrijvingen op het hoofdwegennet op basis van een aantal bronnen, te weten:
- Typische inhoud van de tank / accu;
- Typische energie-efficiëntie van voertuigen[40];
- Aandeel van de totaal gereden kilometers dat voertuigen gemiddeld afleggen op het Nederlandse hoofdwegennet;
- Aandeel brandstof getankt / geladen langs en nabij het hoofdwegennet;
- Afvulsnelheid / laadvermogen van de infrastructuur;
- Aandeel van de tank / accu gevuld tijdens tanken / laden;
- Bezettingsgraad van het tank- of laadpunt: deel van de dag dat een tank - of laadpunt bezet is;
- Additionele tijd bij vulpunt, bijv. voor afrekenen.

De waarden voor al deze parameters zijn bepaald voor:

- verschillende voertuigcategorieën:
  - lichte voertuigen (personenauto's en bestelauto's)
  - zware voertuigen (vrachtwagens en trekker-opleggers);
- verschillende energiedragers: vloeibaar[38], elektriciteit, waterstof, CNG[39], LNG;
- de jaren 2020, 2025 en 2030.

Voor het bepalen van de waarden van deze parameters zijn verschillende bronnen gebruikt waaronder de NEV2017, Routeradar, Klimaatakkoord, Nationale Agenda Laadinfrastructuur en data van CBS en PBL ten aanzien van voertuigprestaties.

Voor het bepalen van de aantallen en aandelen gereden kilometers is zoveel mogelijk uitgegaan van de NEV 2017. In het geval er expliciete ambities zijn genoemd in het Klimaatakkoord of in de Routeradar, zijn deze overgenomen. De expliciete ambities uit deze twee publicaties zijn weergegeven in Tabel 1. Hierbij geldt dat voor elektrisch en waterstof alle data afkomstig zijn uit de voor het klimaatakkoord opgestelde DEM-tabellen. Voor LNG is het totaal aantal voertuigen afkomstig uit de Routeradar[40], waarbij de verdeling tussen vrachtwagens en trekker-opleggers is gebaseerd op de gemiddelde verdeling volgens CBS in 2017. De jaarkilometrages voor LNG-voertuigen zijn gelijk verondersteld aan die van gemiddelde vrachtwagens en trekker-opleggers in 2017. Het energiegebruik van LNG-voertuigen is afkomstig uit een TNO-studie naar LNG[41], waarbij 1,5% efficiencyverbetering per jaar aangenomen. De uitgangspunten voor CNG zijn gelijk aan die in de NEV2017 en daarom niet opgenomen in Tabel 1.

[38] De term vloeibaar wordt gehanteerd voor benzine en diesel en alle equivalenten op basis van biomassa (vloeibare biobrandstoffen) en elektriciteit (vloeibare power-2-fuels / electrobrandstoffen).

[39] CNG is gebruikt omdat deze term ook wordt gebruikt in de AFID. In deze studie zouden ook andere gasvormige vormen van methaan hieronder kunnen worden geschaard, zoals bio-CNG ofwel CBG.

[40] Rapportage Routeradar Brandstofvisie Duurzame energiedragers in mobiliteit (DEM). 26 april 2019

[41] LNG for trucks and ships: fact analysis Review of pollutant and GHG emissions Final

Tabel 1: Aangenomen aantallen voertuigen, jaarkilometrage en energiegebruik die afwijken van de NEV2017. *Het totale aantal LNG-voertuigen zou volgens de routeradar[40] in 2030 kunnen oplopen tot 7.000 (in plaats van 3.500) wanneer aan een aantal voorwaarden wordt voldaan.

		Aantal voertuigen [-]			**Jaarkilometrage [km/jaar]**			**Energiegebruik [kWh/km]**		
		2020	**2025**	**2030**	**2020**	**2025**	**2030**	**2020**	**2025**	**2030**
Elektrisch	Personenauto	27500	370000	1700000	16500	16500	16500	0.19	0.19	0.19
	Bestelauto	13000	36957	85000	24000	24000	24000	0.22	0.20	0.18
	Vrachtwagen	0	1904	9518	50000	50000	50000	1.42	1.42	1.42
	Trekker-oplegger	0	1096	5482	50000	50000	50000	1.69	1.69	1.69
Waterstof	Personenauto	1115	15000	300000	22000	22000	22000	0.31	0.31	0.31
	Bestelauto	500	13043	30000	24000	24000	24000	0.40	0.40	0.40
	Vrachtwagen	0	635	4886	85000	85000	85000	2.15	2.15	2.15
	Trekker-oplegger	0	365	2814	85000	85000	85000	2.55	2.55	2.55
LNG	Vrachtwagen	348	914	1524*	35500	35500	35500	2.46	2.46	2.46
	Trekker-oplegger	452	1186	1976*	74500	74500	74500	2.92	2.92	2.92

Daarnaast is aangenomen dat aandeel elektriciteit dat wordt geladen via snelladers 15% zal bedragen van de totale geladen hoeveelheid elektriciteit. Dit is in overeenstemming net de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL).

Hoe dit aandeel zich in werkelijkheid zal ontwikkelen is echter onzeker, omdat het afhankelijk is van een groot aantal factoren, zoals de:

- (meer)prijs voor snelladen;
- beschikbaarheid van reguliere laders en snelladers;
- actieradiusontwikkeling van voertuigen

Gevoeligheidsanalyse
Voor een aantal parameters geldt dat ze een grote invloed hebben op de uitkomsten terwijl de ontwikkeling van deze parameters nog erg onzeker is.

Deze parameters zijn:
- de bezettingsgraad van het tank- of laadpunt: deel van de dag dat een tank - of laadpunt bezet is
- het aandeel brandstof getankt / geladen langs en nabij het hoofdwegennet.

De bezettingsgraad is onzeker omdat deze beïnvloed wordt door de bereidheid om te wachten op een vrij beschikbaar tank- of laadpunt en door de kosten van de energiedrager. Zo leidt een groot aantal vul- of laadpunten tot een lage gemiddelde wachttijd en een lage bezettingsgraad, maar tot relatief hoge infrastructuurkosten die door de exploitant (deels) worden doorgerekend in de prijs van de energiedrager. De behoefte aan tank- en laadinfrastructuur is daarmee de balans tussen het gewenste kans op een vrij vulpunt / vrije snellader (en daarvoor benodigde aantal vulpunten / snelladers) en de prijs van de energiedragers.

Hoe de prijs van energiedragers zal ontwikkelen is afhankelijk van onder andere:

- kostenontwikkeling van infrastructuur (inclusief verzwaring van het elektriciteitsnet);
- productielocatie in het geval van waterstof (lokaal elektrolyse of centrale productie en transport);
- kostenontwikkeling van de energiedrager inclusief accijns / energiebelasting.

Het aandeel energiedragers dat langs en nabij het hoofdwegennet zal worden getankt / geladen, wordt bepaald door:

- beschikbaarheid van infrastructuur;
- het kostenverschil tussen tank- en laadlocaties, mede bepaald door kosten voor het verkrijgen van een concessie;
- het aandeel van de kilometers dat voertuigen op het hoofdwegennet rijden, zodat zij niet hoeven om te rijden;
- de mogelijkheid om te laden (of tanken) op een moment dat goed past in het gebruiksprofiel. Voor personenauto's is dat bijv. 's-nachts aan huis of overdag op kantoor, voor vrachtauto's is dat bijv. tijdens laden / lossen.

Vanwege deze onzekerheden is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarvoor de uitkomst is bepaald voor drie verschillende scenario's:

1. Centraal: een centraal scenario;
2. Laag: een scenario met een lage behoefte aan infrastructuur voor alternatieve energiedragers op het hoofdwegennet;
3. Hoog: een scenario met een hoge behoefte aan infrastructuur voor alternatieve energiedragers op het hoofdwegennet.

De aannames die zijn gebruikt voor deze gevoeligheidsanalyse zijn weergegeven in Tabel 2 en Tabel 3.

Deze aannames voor vloeibare brandstoffen zijn gedaan omdat de gemiddelde huidige bezettingsgraad van reguliere tankpunten voor vloeibare brandstoffen ((bio)benzine en (bio)diesel) momenteel ongeveer 7% bedraagt. Voor de andere energiedragers is een spreiding gekozen die realistisch wordt geacht. Het is niet zo dat een lagere bezettingsgraad dan hier aangenomen direct leidt tot een onrendabele situatie.

Voor een aantal energiedragers is aangenomen dat de bezettingsgraad met de tijd zal stijgen. Dit is gedaan omdat er een redelijke infrastructuur aanwezig moet zijn voordat de voertuigen die er gebruik van maken op de weg verschijnen. Naarmate de ratio tussen het aantal voertuigen en de hoeveelheid infrastructuur toeneemt, zal ook de bezettingsgraad toenemen.

Tabel 2: Aangenomen gemiddelde bezettingsgraad in het centrale scenario en in de twee scenario's ten behoeve van de gevoeligheidsanalyse.

		Gemiddelde bezettingsgraad laad- en tankpunten							
		Lichte voertuigen				**Zware voertuigen**			
Scenario	**Zichtjaar**	**Vloeibaar**	**Elektrisch**	**Waterstof**	**CNG**	**Vloeibaar**	**Elektrisch**	**Waterstof**	**LNG**
	2020	7%	7%	4%	20%	15%	7%	4%	20%
	2025	7%	15%	15%	20%	15%	15%	15%	20%
Centraal	**2030**	7%	20%	20%	20%	15%	20%	20%	20%
	2020	7%	10%	4%	30%	15%	13%	4%	30%
	2025	7%	20%	15%	30%	15%	25%	20%	30%
Laag	**2030**	7%	30%	30%	30%	15%	30%	30%	30%
	2020	7%	7%	4%	11%	15%	10%	4%	11%
	2025	7%	10%	7%	11%	15%	11%	8%	11%
Hoog	**2030**	7%	11%	11%	11%	15%	11%	11%	11%

Ook voor het aandeel van de energie die wordt getankt / geladen langs en nabij het hoofdweggennet (Tabel 3) geldt dat het aandeel voor vloeibare brandstoffen is gebaseerd op de huidige situatie.
Voor de andere energiedragers is het aandeel bepaald op basis van:

- het aandeel dat ze op het hoofdwegennet rijden;
- het type vervoer waarvoor de energiedrager voornamelijk zal worden ingezet;
- de mogelijkheid om te laden op momenten dat het geen extra tijd kost, zoals 's nachts aan huis, overdag op kantoor of tijdens laden / lossen voor vrachtwagens.

Tabel 3: Aangenomen gemiddeld aandeel energie getankt / geladen op het hoofdwegennet in het centrale scenario en in de twee scenario's ten behoeve van de gevoeligheidsanalyse. Voor elektriciteit is dit het aandeel van de totale energievraag inclusief reguliere laders met lagere vermogens.

		Aandeel energie getankt / geladen op het hoofdwegennet							
		Lichte voertuigen				**Zware voertuigen**			
Scenario	**Zichtjaar**	**Vloeibaar**	**Elektrisch**	**Waterstof**	**CNG**	**Vloeibaar**	**Elektrisch**	**Waterstof**	**LNG**
	2020	10%	5%	40%	15%	40%	1%	40%	40%
	2025	10%	8%	40%	15%	40%	3%	40%	40%
Centraal	**2030**	10%	10%	40%	15%	40%	6%	40%	40%
	2020	10%	5%	15%	10%	40%	1%	15%	15%
	2025	10%	5%	15%	10%	40%	2%	15%	15%
Laag	**2030**	10%	5%	15%	10%	40%	5%	15%	15%
	2020	10%	10%	60%	15%	40%	3%	60%	60%
	2025	10%	12%	60%	15%	40%	8%	60%	60%
Hoog	**2030**	10%	15%	60%	15%	40%	10%	60%	60%

Methode voor het bepalen van de behoefte aan energiedragers
Op basis van deze gegevens kan de behoefte naar infrastructuur worden bepaald op de hieronder beschreven wijze.

Per stap is een voorbeeld opgenomen van het benodigde aantal snellaadpunten voor elektrische lichte voertuigen in 2030, voor andere energiedragers is dezelfde benadering gehanteerd:

- aantal voertuigen die gebruik maken van een bepaalde energiedrager (bijv.1,7 miljoen elektrische personenauto's in 2030).
- jaarkilometrage (bijv. 16.500 km/jaar voor elektrische voertuigen in 2030).
- kilometers gereden op (een deel van) het wegennet door een voertuigcategorie op een energiedrager (bijv. 1,7 mln * 16.500 km/jaar = 28 mld km/jaar).
- totale energiebehoefte van deze voertuigen (bijv. 0.19 kWh/km * 28 mld km = 5,3 TWh/jaar).
- aandeel geladen bij snelladers (bijv. 15% van 5,3 TWh = 795 GWh/jaar)
- hoeveelheid energie getankt / geladen per sessie (bijv. 60 kWh * 60% = 36 kWh).
  - tank of accugrootte (bijv. 60 kWh),
  - aandeel getankt / geladen per sessie (bijv. 60%).
- tijd per tank- of laadsessie (bijv. 36 kWh / 120 kW = 18 min + 2 min = 20 min)
  - hoeveelheid energie getankt / geladen per sessie (bijv. 36 kWh).
  - afvulsnelheid / vermogen van het tank – of laadpunt (bijv. 120 kW).
  - additionele tijd bij tank- of vulpunt (bijv. 2 min).
- aantal tank of laadsessies (bijv. 795 GWh/jaar / 36 kWh = 22 mln/jaar).
- totale tijd die nodig is bij tank- of laadpunten (23 mln * 20 min = 840 jaar).
- gemiddelde deel van de tijd dat een tank- of laadpunt in gebruik is (bijv. 20%).
- aantal benodigde tank – of laadpunten (bijv. 840 jaar / 20% = 4116 snellaadpunten in 2030).

C Aannames kosteninschattingen hoofdstuk 5

C.1 Energiebelasting

Belasting op elektriciteit

Jaar	0 t/m 10.000 kWh	10.001 t/m 50.000 kWh	50.001 t/m 10 miljoen kWh	meer dan 10 miljoen kWh particulier	meer dan 10 miljoen kWh zakelijk
2013	€ 0,1165	€ 0,0424	€ 0,0113	€ 0,0010	€ 0,0005
2014*	€ 0,1185	€ 0,0431	€ 0,0115	€ 0,0010	€ 0,0005
2015*	€ 0,1196	€ 0,0469	€ 0,0125	€ 0,0010	€ 0,0005
2016*	€ 0,1007	€ 0,04996	€ 0,01331	€ 0,00107	€ 0,00053
2017*	€ 0,1013	€ 0,04901	€ 0,01305	€ 0,00107	€ 0,00053
2018*	€ 0,10458	€ 0,05274	€ 0,01404	€ 0,00116	€ 0,00057
2019*	€ 0,09863	€ 0,05337	€ 0,01421	€ 0,00117	€ 0,00058
2020*	€ 0,09770	€ 0,05083	€ 0,01353	€ 0,00111	€ 0,00055
2021*	€ 0,09428	€ 0,05164	€ 0,01375	€ 0,00113	€ 0,00056

*2014 € 0,0435 verlaagd tarief voor duurzame energie opgewekt door coöperaties en verenigingen van eigenaren

*2015 € 0,0446 verlaagd tarief voor duurzame energie opgewekt door coöperaties en verenigingen van eigenaren

*2016 € 0,0000 verlaagd tarief voor duurzame energie opgewekt door coöperaties en verenigingen van eigenaren

*2017 € 0,04901 verlaagd tarief voor elektriciteit die is geleverd aan oplaadinstallaties voor elektrische voertuigen

*2018 € 0,05274 verlaagd tarief voor elektriciteit die is geleverd aan oplaadinstallaties voor elektrische voertuigen

*2019 € 0,05337 verlaagd tarief voor elektriciteit die is geleverd aan oplaadinstallaties voor elektrische voertuigen

*2020 € 0,05083 verlaagd tarief voor elektriciteit die is geleverd aan oplaadinstallaties voor elektrische voertuigen

*2021 € 0,05164 verlaagd tarief voor elektriciteit die is geleverd aan oplaadinstallaties voor elektrische voertuigen

*2021 met ingang van 1 oktober € 0,0005 verlaagd tarief voor elektriciteit die is geleverd aan walstroominstallaties

Figuur 8.1: Energiebelastingen elektriciteit (Belastingdienst, 2021)

Opslag duurzame energie- en klimaattransitie (ODE) op elektriciteit

Jaar	0 t/m 10.000 kWh	10.001 t/m 50.000 kWh	50.001 t/m 10 mln kWh	meer dan 10 mln kWh niet zakelijk	meer dan 10 mln kWh zakelijk
2013	€ 0,0011	€ 0,0014	€ 0,0004	€ 0,000017	€ 0,000017
2014	€ 0,0023	€ 0,0027	€ 0,0007	€ 0,000034	€ 0,000034
2015	€ 0,0036	€ 0,0046	€ 0,0012	€ 0,000055	€ 0,000055
2016	€ 0,0056	€ 0,0070	€ 0,0019	€ 0,000084	€ 0,000084
2017*	€ 0,0074	€ 0,0123	€ 0,0033	€ 0,000131	€ 0,000131
2018*	€ 0,0132	€ 0,0180	€ 0,0048	€ 0,000194	€ 0,000194
2019*	€ 0,0189	€ 0,0278	€ 0,0074	€ 0,0003	€ 0,0003
2020*	€ 0,0273	€ 0,0375	€ 0,0205	€ 0,0004	€ 0,0004
2021*	€ 0,0300	€ 0,0411	€ 0,0225	€ 0,0004	€ 0,0004

*2017 Voor elektriciteit die is geleverd aan oplaadinstallaties voor elektrische voertuigen geldt het nultarief voor de ODE.

*2018 Voor elektriciteit die is geleverd aan oplaadinstallaties voor elektrische voertuigen geldt het nultarief voor de ODE.

*2019 Voor elektriciteit die is geleverd aan oplaadinstallaties voor elektrische voertuigen geldt het nultarief voor de ODE.

*2020 Voor elektriciteit die is geleverd aan oplaadinstallaties voor elektrische voertuigen geldt het nultarief voor de ODE.

*2021 Voor elektriciteit die is geleverd aan oplaadinstallaties voor elektrische voertuigen **en (m.i.v. 1 oktober) aan walstroominstallaties** geldt het nultarief voor de ODE

Figuur 8.2: Huidige ODE tarieven (Belastingdienst, 2021)

Tabel 8.1: Inkoopprijs (exclusief btw) voor stroom en ontwikkeling belastingen in cent per kWh (Ecorys, 2020).

	2021	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
Inkoop	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0
Energiebelasting (tot 10.000 kWh)	5,164	5,164	8,57	8,17	7,77	7,37	7,37	7,47	7,47	7,47
Energiebelasting (10.001 tot 50.000 kWh)	5,164	5,164	5,164	5,164	5,164	5,164	5,164	5,164	5,164	5,164
Energiebelasting (50.001 tot 1 mln kWh)	1,375	1,375	1,375	1,375	1,375	1,375	1,375	1,375	1,375	1,375
ODE (tot 10.000 kWh)	-	-	3,23	3,48	3,63	3,34	3,29	3,26	3,47	3,61
ODE (10.001 tot 50.000 kWh)	-	-	4,41	4,76	4,97	4,63	4,61	4,64	5,01	5,30
ODE (50.001 tot 50.000 kWh)	-	-	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29

C.2 Aannames rondom HBE's

Tabel 8.2: Prognose van het Europees forfait aandeel duurzame energie in de elektriciteit mix (Ecorys, 2020) en de huidige dubbeltellingsfactor voor HBE op basis van elektriciteit. Let op: er is wijziging aangekondigd in de dubbeltellingfactor van 5 naar 4 vanaf 2022[42].

	2021	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
Forfaitair duurzaam [%]	34,6	38,5	42,3	46,2	50,0	53,0	56,0	59,0	62,0	65%
Dubbeltelling	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Tabel 8.3: Mogelijk te ontvangen HBE's[43] per jaar voor de geleverde elektriciteit voor verschillende afzet scenario's van langzame laadpunten voor lichte voertuigen.

	2021	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
HBE Hoog	87	97	107	116	126	134	141	149	156	164
HBE Centraal	66	73	80	87	95	100	106	112	117	123
HBE Laag	44	49	53	58	63	67	71	74	78	82

Tabel 8.4: Mogelijk te ontvangen HBE's[44] per jaar voor de geleverde elektriciteit voor verschillende afzetscenario's van snel laden van lichte voertuigen.

	2021	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
HBE Hoog	1639	1820	2002	2184	2365	2507	2649	2791	2933	3075
HBE Centraal	1229	1365	1501	1638	1774	1880	1987	2093	2200	2306
HBE Laag	819	910	1001	1092	1183	1254	1325	1395	1466	1537

Tabel 8.5: Mogelijk te ontvangen HBE's per jaar voor de geleverde elektriciteit voor verschillende afzet scenario's van snelladen van zware voertuigen.

	2021	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
HBE Hoog	3823	4247	4671	5095	5519	5850	6181	6512	6843	7174
HBE Centraal	2868	3185	3503	3821	4139	4387	4636	4884	5132	5381
HBE Laag	1912	2124	2336	2547	2759	2925	3091	3256	3422	3587

C.3 Aannames hardware kosten en netverzwaring

Tabel 8.6: Eenmalige kosten voor het plaatsen van een laadpaal. reguliere lader van 3x25A (Ecorys, 2020), Snel laders (Buck Consultants International, 2021).

Vaste kosten	**3x25A**	**150 kW (privaat)**	**350 kW (privaat)**
Inkoopprijs paal	€ 2.000	€ 52.500	€ 122.500
Locatiebepaling, enginering, project management	€ 350	€ 4.200	€ 4.200
Inrichting parkeervak	€ 1.000		
Civiele werken/plaatsing		€ 21.000	€ 49.000
Graaf werk		€ 1.500	€ 2.000
Aansluitkosten netbeheerder	€ 750	€ 1.200	€ 3.000
Totaal	**€ 4.100**	**€ 80.400**	**€ 180.700**

[42] https://internetconsultatie.nl/redii_besluit_energie_vervoer_kalenderjaren_2022_2030
[43] 1 HBE staat gelijk aan 1 GJ forfaitaire duurzame elektriciteit inclusief dubbeltellingen.
[44] 1 HBE staat gelijk aan 1 GJ forfaitaire duurzame elektriciteit inclusief dubbeltellingen.

Tabel 8.7: Jaarlijkse periodieke kosten, reguliere lader van 3x25A (Ecorys, 2020), Snel laders (Buck Consultants International, 2021).

Vaste kosten	**3x25A**	**150 kW (privaat)**	**350 kW (privaat)**
Periodieke kosten netaansluiting	€ 200	€ 2.500	€ 5.000
Communicatiekosten	€ 70	€ 70	€ 70
Verzekeringspremie (schade)	€ 25	€ 2.100	€ 4.900
Onderhoud/reparatie	€ 200	€ 2.625	€ 6.125
Service bij gebruikersproblemen	€ 50	€ 100	€ 100
Kosten inboeken	€ 10		
Totaal	**€ 555**	**€ 7.395**	**€ 16.195**

Tabel 8.8: Aansluitvergoeding voor een benodigde netverzwaring en totale kosten voor verschillende kabel afstanden (Buck Consultants International, 2021).

Aansluit-capaciteit	**Aansluit-vergoeding per aansluiting**	**Tarief meerlengte per meter**	**Aansluit-kosten (2 km)**	**Aansluit-kosten (5 km)**
630 kVA t/m 1.000 kVA	€ 41.000	€ 100	€ 241.000	€ 541.000
1.000 kVA t/m 1.750 kVA	€ 50.000	€ 270	€ 590.000	€ 1.400.000
1.750 kVA t/m 3.000 kVA	€ 215.000	€ 340	€ 895.000	€ 1.915.000
3.000 kVA t/m 10.000 kVA	€ 290.000	€ 380	€ 1.050.000	€ 2.190.000