

Topsector Logistiek



Laadinfrastructuur voor elektrische voertuigen in stadslogistiek

MANAGEMENTSAMENVATTING	4
1 INLEIDING	14
1.1 Introductie: elektrisch rijden in stadslogistiek	15
1.2 Opzet van de studie	16
1.3 Projectafbakening: sectoren, geografie en aantallen	17
1.4 Projectaanpak en leeswijzer	21
2 BELEIDSCONTEXT: OP WEG NAAR ZE STADSDISTRIBUTIE	23
2.1 Beleidscontext ZE stadslogistiek	23
2.2 Logistieke sector	27
3 LOGISTIEKE PROFIELEN, VOERTUIGEN & BATTERIJEN EN LAADINFRA	31
3.1 Logistieke profielen en -eisen	31
3.2 Van ruimtelijke weerslag ritpatronen naar logistieke hotspots	35
3.3 Voertuigen en batterijen	37
3.4 Laadpalen en -infra	42
4 LAADSTRATEGIEËN EN OPLAADPROFIELEN	48
4.1 Rekenmodel optimaal laden	48
4.2 Resultaten en analyses	55
4.3 Gevoeligheidsanalyses	58
5 RUIMTELIJKE SPREIDING LAADBEHOEFTE EN IMPACT OP LAADINFRA	64
5.1 Laadbehoefte als gevolg van ZE zone	64
5.2 Ruimtelijke spreiding laadbehoefte in Groot-Amsterdam	71
5.3 Impact laadvraag op elektriciteitsnetwerk	72
5.4 Aantal laadpunten en laadpalen	75
5.5 Impact laadvraag op de ruimte	77
5.6 Conclusies en aanbevelingen	78
6 AANBEVELINGEN VOOR STAKEHOLDERS	81
6.1 Beroepsvervoerders en eigen vervoerders	81
6.2 Overheden	83
6.3 Verladers, ontvangers en vastgoedbeheerders	83
6.4 Voertuig- en batterijbouwers	84
6.5 Laadinfra aanbieders	85

REFERENTIES	86
BIJLAGEN	87
Bij 2.1 Laadinfrastructuur en overheden	88
Bij 3.1 Segment specifieke ritprofielen	90
Bij 3.2 Logistieke hotspots	95
Bij 3.4 Laadpalen en -infra	100
Bij 4.1 Model input	111
Bij 4.2 Modelresultaten	114
Bij 4.3 Gevoeligheidsanalyses	119
Bij 5.1 Data achtergrond ZE zone	121
Bij 5.2 Geografische toedeling	125
Bij 5.3 Effect van niet slim laden in de woonwijk	127
Bij 5.6 Gevoeligheidsanalyses grootte van ZE zone	128
Bij 6.2 Format voor aanpak van laadinfrastructuur op logistieke hotspots en bedrijventerreinen	131



MANAGEMENTSAMENVATTING

ZE stadslogistiek

In het op 28 juni 2019 gepresenteerde Klimaatakkoord speelt elektrisch vervoer een grote rol, ook in stadslogistiek (www.klimaatakkoord.nl/mobiliteit). Bijna 12 procent van de uitstoot van CO₂ komt van wegtransport, en van de CO₂-uitstoot in wegtransport is 30 tot 35 procent gerelateerd aan stadslogistiek. In het Klimaatakkoord staat dat wegtransport in 2050 de CO₂-uitstoot in stadslogistiek met 1 Mton moet hebben gereduceerd.

In 30 tot 40 steden komen zero-emissies zones, zoals in de Gemeente Amsterdam. Amsterdam werkt al aan een actieplan 'Schone Lucht' en een programma om de stad autoluw te maken (stadslogistiek is hiervan een onderdeel). De uitwerking van deze ambities moet ervoor zorgen dat het verkeer en de openbare ruimte in de stad beter aansluiten bij de behoeften van de toekomst met hoge verkeersveiligheid, met meer ruimte voor voetganger en fiets en schone lucht, en een lagere CO₂-uitstoot.

De komende 10 jaar zullen er steeds meer batterij-elektrische-voertuigen (BEV) en Plug-in hybride voertuigen (PHEV) op de weg komen om te voldoen aan de zero-emissie eisen. Voor ondernemers die goederen in de stad moeten brengen of ophalen is de uitdaging niet alleen om de stap te maken naar zero-emissie voertuigen, maar ook met zo min mogelijk bestelwagens en vrachtwagens de zero-emissie zone in te gaan. Lopen, fietsen en openbaar vervoer krijgen voorrang bij de groeiende behoefte aan stedelijke mobiliteit. Bij stadslogistiek gaat het om de bevoorrading van winkels, kantoren en bouwplaatsen, de levering van pakjes aan consumenten en bedrijven, bestelwagens van servicebedrijven, verhuisbedrijven, maar ook om de lokale winkel, cateraar en bloemist die hun klanten bezorgen.

Welke laadinfra is nodig als BEV-voertuigen ingezet worden om ZE zones voor stadslogistiek mogelijk te maken?

Elektrische voertuigen vragen om laadstations voor het opladen van batterijen, op die locaties en met die capaciteiten die passen bij de dagelijks manier van werken in de stadslogistiek. Vrachtvervoer, waar voorspelbaarheid van levering en lage kosten bovenaan staan, stelt heel andere eisen dan personenmobiliteit aan de laadinfrastructuur.

De grootschalige toepassing van BEV en PHEV-voertuigen roept tal van vragen op als: Is er wel voldoende capaciteit in het net? Hoe en waar gaan de bedrijven in de toekomst hun voertuigen laden? Zijn er wel voldoende laadpunten op de juiste locaties? Welke investeringen zijn hiermee gemoeid? Zijn er aanpassingen aan het elektriciteitsnet nodig tot 2025, maar ook na 2025? Ligt de vraag bij publieke laadinfrastructuur, of gaan bedrijven privé-laadstations aanleggen?

De Topsector Logistiek heeft zes experts en kennisinstellingen gevraagd om deze vragen te onderzoeken en met een concrete aanpak te komen hoe verstandige en goed onderbouwde antwoorden te geven zijn. Om het heel concreet te maken is de regio Amsterdam onder de loep genomen, maar de aanpak is overal toepasbaar.

Berekenen van lokale oplossingen voor laadinfrastructuur

Deze studie heeft een rekenmodule ontwikkeld en toegepast die aangeeft wat de gevolgen voor de gewenste laadinfrastructuur zijn bij de grootschalige inzet van elektrische vrachtoertuigen in een specifieke regio, in dit geval de Metropoolregio Amsterdam (MRA). De concreetheid en mate van detail is zo gekozen dat de aannames en resultaten herkenbaar en vertaalbaar zijn voor zowel (transport-)ondernemers, lokale overheden, netbeheerders als hun financiers. De rekenmodule kan gebruikt worden voor andere regio's dan de MRA door de onderliggende gegevens aan te passen en voor het uitwerken van gevolgen van beleids-scenario's. De analyse naar de laadinfra is gemaakt door de ritten van verschillende bedrijven in de regio te analyseren; van bestelwagens en vrachtwagens in verschillende sectoren. In het onderzoek is er ervanuit gegaan dat de beschikbaarheid van voldoende elektrische voertuigen geen probleem is vanaf 2022, als 'stress-test' voor de laadinfrastructuur.

Samenhangende vragen en antwoorden

Bij de vraag welke laadinfrastructuur gevraagd wordt bij de inzet van BEV-vrachtoertuigen blijkt dat er vragen zijn die over sectoren heen samenhangen:

- **Laadstations:**
 - Welke locatie is optimaal voor ondernemers?
 - Welke soort en capaciteit laadstations zijn nodig?
 - Wat is de invloed van laadsnelheid op het operationele gebruik (op tijd leveren) en de kosten van energie en van personeel (wachtijd tijdens laden).
 - Wat is de beschikbaarheid van de laadpalen (wachtrij of voorspelbare toegang)?
 - Wordt er geladen bij publieke laadpalen of private laadpalen?
 - Wie besluit tot investering in de laadpalen en wie financiert?
 - Hoe makkelijk kan de infrastructuur aangepast worden?
- **Ritprofielen:**
 - Wat zijn per logistiek segment (zoals e-commerce, vers, levensmiddelen en bouw) de operationele eisen in capaciteit van het voertuig, lengte van de rit en aantal stops?
 - Wat zijn de herkomsten en bestemmingen per segment? De ritten komen in de stad, maar waar komen ze vandaan en waar gaan ze naar toe?
- **Laadstrategie versus batterij:**
 - Voorlopig zijn batterijen zowel kostbaar als beperkt in capaciteit. Wat is de beste laadstrategie per segment en soort voertuig om operationeel te kunnen werken en voorspelbaar in de praktijk te kunnen leveren?
- **Laagste kosten:**
 - Welke aanpak geeft de laagste operationele kosten voor een ondernemer in verschillende segmenten?
- **Vermogensvraag per locatie:**
 - Gegeven de laadstrategie van ondernemers, waar en wanneer wordt dan elektrisch vermogen gevraagd om te kunnen laden? En, tot welke totale energievraag leidt dit?
 - Leidt een piek in de vermogensvraag samen met ander elektriciteitsgebruik tot in totaal meer dan het net lokaal kan leveren?

De antwoorden blijken samen te hangen, en alle partijen te raken: ondernemers van klein tot groot, lokale overheden (publieke laadinfra, ZE zones, bereikbaarheid, economische noodzaak van beleving, locatie bedrijventerrein, locatie hubs, locatie laadpleinen), netbeheerders (planning infrastructuur, gevraagd vermogen kunnen leveren).

Opbouw van de rekenmodule

Om deze vragen te kunnen beantwoorden is een rekenmodule ontwikkeld die vanuit gedetailleerde basisgegevens uitkomsten kan berekenen, in dit geval voor de MRA.

Laadpalen

Als eerste is onderzocht welk type laadpalen er beschikbaar zijn en wat de kosten zijn van de geleverde energie.

Tabel 1
Publieke laadpalen

	AC10	AC20	FC50	HPC150	HPC350
Vermogen	11kW	22kW (11kW bij 2 laders)	50kW (25kW bij 2 laders)	150kW (75kW bij 2 laders)	350kW
Type	3 fase	3 fase	DC Snellader	DC Super snellader	DC Ultra snellader
Gebruik	Openbaar	Openbaar	Openbaar	Openbaar	Openbaar

Tabel 2
Private laadpalen

	AC3,7	AC20	FC50	HPC150	HPC350
Vermogen	3,7kW	22kW (11kW bij 2 laders)	50kW (25kW bij 2 laders)	150kW	350kW
Type	1 fase Thuislader	3 fase Lader bedrijf	DC Snellader bedrijf	DC Super snellader bedrijf	DC Ultra snellader bedrijf
Locatie	Privéterrein	Bedrijfsterrein	Bedrijfsterrein	Bedrijfsterrein	Bedrijfsterrein

Publieke laadpalen zijn per kWh duurder dan private laadpalen, indien de private laadpalen een behoorlijke bezettingsgraad hebben. Bij de berekening van de totale kosten per kWh blijkt dat de invloed van energielasting op de integrale kostprijs per kWh opvallend hoog is. Rationeel opererende ondernemers zullen ernaar streven om zoveel mogelijk privaat te laden, bij voorkeur bij een laadplek (met meerdere laadpalen) waar zoveel vermogen per jaar gevraagd wordt dat grootverbruikerstarieven van toepassing zijn en de bezettingsgraad hoog is. Het is goed denkbaar dat ondernemers gaan samenwerken om dat te bereiken.

Ritprofielen

Het overgrote deel van alle ritten in de stad wordt gemaakt in zeven marktsegmenten: afval, bouw, horeca, koerier/express, retail food, retail non-food en service.

Per logistiek segment zijn sets van ritprofielen bepaald op basis van data uit de praktijk. In een set zit de spreiding die in de praktijk voorkomt; van korte tot langere ritten, met veel en weinig stops en standplaatsen bij een bedrijf of bij de medewerkers in de straat. In de praktijk komt zelden een 'gemiddelde' rit voor. In de ritprofielen zijn de herkomst-bestemming relaties meegenomen: waar komt men vandaan, hoe is de rit?

Laadstrategieën ontwikkelen

Als basis zijn er drie laadstrategieën denkbaar:

- 's nachts vol laden en overdag de hele rit uitvoeren zonder bij te laden;
- 's nachts vol laden, overdag de rit uitvoeren waarbij de capaciteit van de batterij niet voldoende is om de gehele rit uit te rijden zodat bij een laadpaal bijgeladen moet worden die onderweg staat;
- 's nachts volladen, bij stops bij klanten deels bijladen en zo de dag rondkomen.

Op basis van ritprofielen (lengte van de rit, duur van de stops) en beschikbaarheid van voertuigen (accu-capaciteit, range) is te bepalen wat haalbaar is. Daarbij is voor de ritprofielen aangenomen dat enkel met BEV's gereden wordt, ondanks de voorlopig nog beperkte beschikbaarheid van zwaardere BEV voertuigen (voor retail, bouw en afvalinzameling een beperking) en de kosten van publiek snelladen (van belang voor horeca, post, pakketten en expresse). Desalniettemin is voor deze benadering gekozen om een goed inzicht te krijgen in de maximale laadinfrastructuurvraag.

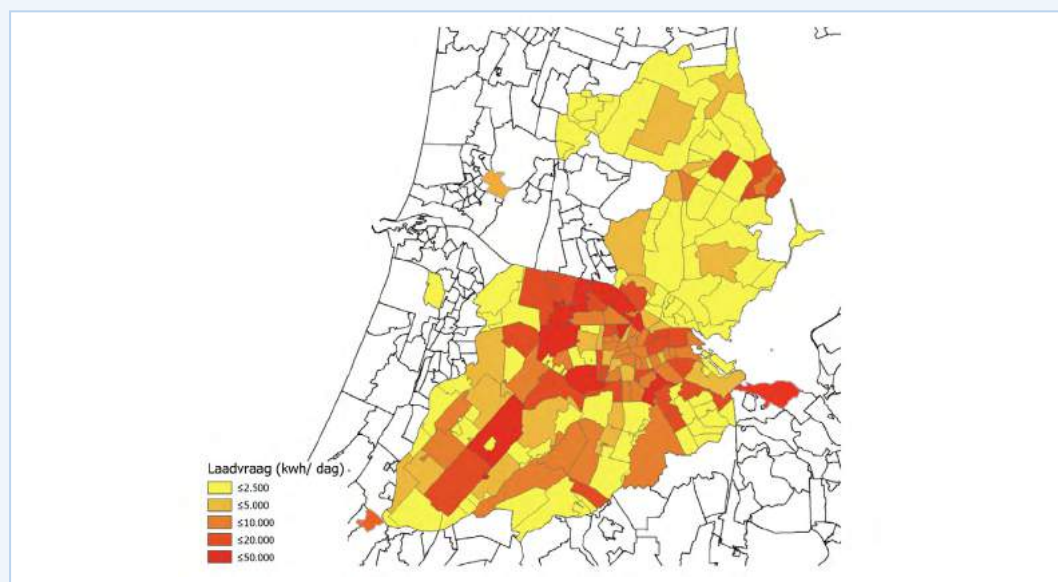
Optimalisatie naar laagste kosten

Door loonkosten bij wachttijd toe te voegen is een optimale berekening uitgevoerd per ritprofiel: wat is de combinatie die de laagste kosten oplevert en waarbij toch alle ritten uitgevoerd kunnen worden? De aanname is dat rationeel opererende ondernemers die keuze zullen maken.

Sommeren en aggregeren

Vanuit die verwachte keuze van de ondernemers is de energievraag voor de logistiek segmenten te berekenen. Door de herkomst- en bestemmingsrelaties, en de laadstrategie te aggregeren is per postcodegebied te bepalen wat de totale elektrische vermogensvraag in de tijd zal zijn.

Figuur 3
Heatmap van dagelijkse laadvraag



Resultaten en inzichten

- De concrete aannames over de keuzes die ondernemers per segment waarschijnlijk gaan maken, sluiten goed aan bij de praktijk, en maken ze herkenbaar en toetsbaar. Het laat ook zien dat ondernemers die willen investeren in BEV-voertuigen er goed aan doen om hun werkwijze opnieuw te bekijken, en niet uit gewoonte dezelfde auto in elektrische uitvoering aanschaffen. Een andere opzet is vaak verstandig, zeker als de vraag van gemeentes is om zowel ZE als minder te rijden (autoluwe zones).
- De invloeden van energiebelasting, en van de tariefstructuur voor grootverbruik versus kleinverbruik op de uiteindelijke kWh kosten zijn groot, en sturen de ondernemers een bepaalde kant uit. Als die tariefstructuur zou wijzigen in de toekomst heeft dat voor de laadstrategie van ondernemers flinke gevolgen. Vooralsnog is privaat laden op een locatie waar groothandelstarieven gelden en waar voldoende laadpalen zijn de goedkoopste keuze. Snelladen bij publieke laadpalen is de 'last resort'. Over het algemeen ligt het kantelpunt voor 'bijladen tijdens stops' bij een stoptijd van circa 30 minuten. Bij kortere stops heeft het weinig zin om bij te laden.
- Operationeel is al veel haalbaar met de komende generatie BEV bestelwagens en bakwagens. Dit is afhankelijk van het segment. E-commerce, thuisbelevering levensmiddelen, vers-leveringen, horeca en delen van de bouwlogistiek zijn qua ritprofiel goed haalbaar. Supermarkt- en retail leveringen met BEV-trekker-oplegger-combinaties vanuit landelijke distributiecentra is verder weg, met PHEV's vrachtwagens of met een overzetplaats aan de rand van de stad (omkoppelen naar BEV trekker, of overzetten laadbakken naar BEV bakwagen) kan dat voor het ZE deel in de stad al eerder ingevuld worden.
- De resultaten van het onderzoek zijn bruikbaar voor decentrale overheden en netbeheerders.
 - In het MRA-gebied is zichtbaar dat elektrische bestelwagens nachts veelal net buiten Amsterdam in woonwijken en steden zullen parkeren en opladen, bij publieke laadpalen. Die kennis is van belang voor de uitrol van publieke laadinfrastructuur.
 - Ondanks de constatering dat de totale elektrische vermogensvraag van ZE stadslogistiek gemiddeld relatief laag is ten opzichte van andere energievragers, zijn pieken in de vermogensvraag beter te voorspellen, zowel geografisch als in de tijd. Lokaal kan een piek grote gevolgen hebben, omdat die kleine additionele piek net de totale vraag over een kritische grens kan duwen. Uitbreiding van net-capaciteit op een specifieke plek kan soms meerdere jaren vragen.
- Het is relatief eenvoudig om de input in het rekenmodel aan te passen op basis van ander beleid, en dan de effecten uit te rekenen.

Waar gaan de ZE voertuigen laden?

In beginsel zijn er vier mogelijke locaties waar voertuigen kunnen laden: de beschikbare laadinfra bij bedrijven, in de openbare ruimte (bijvoorbeeld ook publieke laadinfra rond bouwplaatsen), op de bestemming bij de klant en bij medewerkers thuis. Op basis van zogenoemde ritprofielen is met een rekenmodel bepaald wat de beste laadstrategie is. In het rekenmodel zijn onder meer de kosten van stroom en laadinfra meegenomen. In het rekenmodel is onderscheid gemaakt tussen verschillende types bestelwagens en vrachtwagens. De meest (kost-)optimale laadstrategie is per sector afhankelijk van het type voertuig en de grootte van de batterij, het ritprofiel en de daarbij samenhangende laadstrategie. Als de kosten van laden en de kosten van de wachttijd bij het laden meegenomen worden is de oplossing met de laagste kosten te berekenen.

In de casus Amsterdam/MRA worden in totaal er bijna 40.000 laadmomenten per dag verwacht, waarvan meer dan 90% voor rekening van bestelwagens. In algemene zin ontstaat op bedrijfslocaties en depots -veelal op bedrijventerreinen- de grootste vraag naar elektriciteit om op te laden (volgens het model komt 78% van de laadvraag vanuit vrachtwagens en 44% vanuit bestelwagens), verspreid over de nacht wanneer voertuigen stilstaan. Het grootste aantal laadpalen lijkt nodig te zijn voor bestelwagens die 's nachts in de woonwijken parkeren. Volgens de modeluitkomsten moeten hier ongeveer 11.481 laadpunten beschikbaar zijn voor laden van bestelwagens gedurende de nacht. Dit zijn er tweemaal zoveel als dat er nu in COROP Groot-Amsterdam aanwezig zijn.

De analyse van ruimtelijke spreiding in deze casus toont dat relatief veel laadvraag te verwachten is in het havengebied, Amsterdam-west en bedrijventerreinen aan de rand van Amsterdam. Het betreft hier vooral veel laden op depot van vracht- en bestelwagens. Verder wordt er veel laadvraag verwacht in met name Hoofddorp en Edam-Volendam, mogelijk doordat de bouwsector daar sterk vertegenwoordigd is. Behalve laden op de depot betreft het hier ook veel thuis laden van bestelwagens.

In de meeste gevallen blijkt een grotere batterij, waarmee tussentijds niet bijgeladen hoeft te worden qua kosten gunstiger dan een kleinere batterij waarbij dit wel moet.

Laden bij de klant op locatie is 16% van de laadvraag bij vrachtwagens en 6% bij bestelwagens. Dit gebeurt vooral in de winkelbevoorrading en op plekken waar meerdere voertuigen per dag de klant aandoen zoals supermarkten, distributiecentra, bouwplaatsen en bij kantoren van bedrijven en overheden. Voor bijladen bij de klant zijn goede afspraken tussen transporteurs, klanten en verladers nodig. Bijladen langs de snelweg is relatief duur ten opzichte van eigen laadinfra en bijladen bij depot en/of klant. Daarom wordt er alleen bijgeladen op deze publieke locaties wanneer er geen alternatief is. Als er dan wordt bijgeladen wordt significant minder kWh geladen dan gemiddeld op de andere locaties. Bijladen gedurende werktijd van chauffeur is relatief duur. Bijladen gedurende pauzes en tijdens laden en lossen verdient daarom voorkeur.

De goedkoopste manier van opladen is via eigen laadpunten bij een vestigingslocatie van een bedrijf dat grootverbruiker van stroom is en een laag tarief heeft. De zwaarste laadpaal (van 350kW) is maar voor een klein deel van de bedrijven nodig. Meestal kunnen voertuigen en ritten uit met een lichtere laadpaal.

Hoeveel elektrisch vermogen wordt gevraagd van het net?

Een behoorlijke ZE zone in Amsterdam, met alle ritten volledig elektrisch uitgevoerd zou circa 866 GWh aan energievraag per jaar opleveren waarvan ongeveer 248 GWh in Groot-Amsterdam en de rest daarbuiten. De energievraag in Groot-Amsterdam komt voornamelijk van circa 1.100 vrachtwagens die dagelijks laden op depot en circa 15.000 bestelwagens die dagelijks laden op depot of thuis. Ongeveer de helft van de stroom is nodig voor vrachtwagens, en de helft voor bestelwagens. Daarnaast laden circa 4.700 vrachtwagens en 30.000 bestelwagens die in de Amsterdamse ZE zone komen bij klanten, publieke laadinfra en snellaadstations. De grootste laad en vermogensvraag is op depots (veelal op bedrijventerreinen) en gedurende de nacht.

De gemiddelde vermogensvraag voor ZE voertuigen voor stadlogistiek binnen de Amsterdamse regio is relatief beperkt; de extra vermogensvraag op de 25 onderstations in Amsterdam is niet meer dan 0,25% van de totale vermogensvraag op piekmomenten. Er kunnen echter wel knelpunten ontstaan doordat lokaal de maximale capaciteit van het net nu al is bereikt, en een verhoging van de capaciteit een flinke doorlooptijd en kosten met zich mee kan brengen.

Elektrisch rijden in stadslogistiek is praktisch mogelijk

Voor bestelwagens zijn de kosten voor dagelijks gebruik van een elektrisch voertuig inmiddels vergelijkbaar met die van een diesel bestelwagen. Elektrische bestelwagens zijn duurder in aanschaf maar hebben lagere operationele kosten en onderhoudskosten. De kosten nemen naar verwachting nog af tot 2030. Bovendien blijkt uit ritgegevens dat voor ongeveer 90% van de ritten de actieradius en het laadvermogen geen probleem zijn.

De drempel om een BEV-bestelwagen te financieren kan echter hoog zijn, zeker voor een behoorlijk percentage van de huidige eigenaren, met name voor de partijen die in relatief oude bestelwagens rijden en normaal geen nieuwe bestelwagen aanschaffen. Denk hierbij aan marktkoopliden, ZZP'ers voor post en pakketten en in de bouw.

De vaak voorkomende korte ritten in stadslogistiek maken de operationele inzet van BEV-bakwagens voor die ritprofielen haalbaar. Voor vrachtwagens is overigens nog veel onduidelijkheid over het aanbod van voertuigen in 2025 en de kosten voor dagelijks gebruik. Voor BEV-vrachtwagens liggen de verwachte totale kosten in 2030 op ongeveer hetzelfde niveau als voor een diesel als de belasting voor beide types voertuigen even hoog is en er geen fiscale voordelen voor een BEV zijn. De haalbaarheid van BEV-vrachtwagens zal in de komende jaren moeten blijken. PHEV-varianten zijn mogelijk een tussenoplossing voor de invulling van ZE zones.

Aanbevelingen

- 1 Er is nog ontwikkeling nodig om een robuuste laadinfrastructuur die geschikt is voor de veeleisende logistieke praktijk te krijgen. Diagnose en configuratie op afstand van zowel de laadinfrastructuur, het voertuig als de combinatie is een grote wens.
- 2 Er is een bestendige strategie nodig over de keuzes voor on-board AC-DC omzeters, versus externe DC laders. Als de externe laad-infrastructuur anders ingericht is (bijv. mikkend op goedkopere 44 kWh AC-laadpalen) dan dat wat de OEM's in auto's bouwen (bijv. mikkend op externe DC-laders) geeft dat voor vervoerders veel problemen.
- 3 De reële verbruikscijfers van BEV-vrachtoertuigen uit de praktijk te verzamelen, met name de invloed op het verbruik als:
 - Buitentemperatuur.
 - Gewicht.
 - Bandenspanning.
 - Ritprofiel (snelheid, stops).
 - Rijgedrag.

Het is bekend dat deze factoren een forse invloed op het verbruik en de range hebben. Door deze gegevens te verzamelen uit de praktijk is het mogelijk om:

- Trainingen te maken voor chauffeurs.
 - Software voor ritplanners rekening te laten houden met deze invloeden (voorspelbaarheid).
- 4 Ondernemers te ondersteunen met het herontwerpen van hun logistiek, aangepast aan de combinatie van ZE zones en BEV voertuigen.
 - 5 De data te verzamelen in andere regio's, dezelfde berekeningen uit te voeren, en deze resultaten te gebruiken in de ontwikkeling van ZE zones conform het klimaatakkoord.
 - 6 De aannames en resultaten te toetsen met ondernemers in de logistieke segmenten, om zo de inputgegevens te verfijnen.
 - 7 Specifieke aandacht te besteden aan de doelgroep die met relatief oude bestelwagens binnen de stad als zelfstandig ondernemer in de retail, bouwsector of voor pakketbezorging een bestaan opbouwt. Deze relatief kwetsbare groep heeft minder toegang tot financiering van (nieuwe) elektrische bestelwagens, maar gaat wel te maken krijgen met de effecten van de ZE zones.
 - 8 De manier om de vermogensvraag over de dag heen te modelleren, opgebouwd uit ritprofielen en laadstrategieën blijkt heel vruchtbaar te zijn. Eenzelfde benadering voor BEV openbaar vervoer bussen kwam meteen als nuttige exercitie op tafel, al is het alleen maar om te zien of die typische laadvraag nu juist samenvalt met de pieken in laadvraag van logistiek, of niet. Al verder redenerend is het aan te raden dat voor alle energievragers (huizen, kantoren, industrie, datacenters) per postcodegebied op te zetten, en hiermee inzicht te krijgen in de lokale 'elektrische hartslag' van de stad.

Specifieke resultaten MRA










- Laadinfra is een regionaal vraagstuk. Voertuigen die in de Amsterdamse ZE zone komen, komen vooral uit de Metropoolregio Amsterdam; zo'n 85 procent komt van buiten de gemeente (bron CBS). Stadslogistieke voertuigen zouden na 2025 zowel bij distributiecentra en depots laden, als in de openbare ruimte en bij bouwplaatsen gedurende de dag, beperkt bij snellaadpunten, maar vooral ook voor de deur bij medewerkers 's avonds en 's nachts.
- De laadinfra in de Metropoolregio Amsterdam moet worden versterkt; op industrieterreinen, bij kantoren, maar vooral in woonwijken waar bestelwagens staan. De overheid moet de aanleg van de laadinfra door het bedrijfsleven stimuleren, maar vooral ook via bestemmingsplannen en vergunningverlening, faciliteren. Zeker, daar waar er knelpunten zijn te verwachten. Het gaat om circa 18.500 nieuwe laadpunten in Groot-Amsterdam, waarvan 1.350 voor vrachtwagens en 17.000 voor bestelwagens. Er zijn naar schatting 11.500 publieke laadpunten voor bestelwagens in woonwijken nodig.
- De 30.000 bestelwagens en 4.000 vrachtwagens die de ZE zone aandoen hebben maximaal 866 GWh stroom per jaar nodig om al hun activiteiten uit te kunnen voeren (395 GWh voor bestelwagens; 471 GWh voor vrachtuto's). In de Groot-Amsterdamse regio betekent dit een laadvraag van circa 248 GWh van voertuigen op depots, bij de klant en voor bestelwagens thuis (125 GWh bestelwagen, 123 vrachtwagen GWh). Dat is ongeveer 2 tot 3% van het totale elektriciteitsgebruik in Groot-Amsterdam.
- De impact op het elektriciteitsnet is beoordeeld op de toename in vermogensvraag op de onderstations van het elektriciteitsnet in gemeente Amsterdam. De groei in vermogensvraag door de elektrische voertuigen is bij 25 van de 26 onderstations, op de piekmomenten van bestaande vermogensvraag gedurende het jaar (huidige situatie), kleiner dan 0,25%. Bij slechts één onderstation in het havengebied is de toename 1,5%. Daarbij is aangenomen dat 's nachts via slim laden de laadbehoefte wordt gespreid gedurende de nacht.



AFKORTINGEN, BEGRIPPEN EN ICONEN

AFKORTING	OMSCHRIJVING
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Consumer
B&W	Burgemeester en Wethouders
BEV	Battery Electric Vehicle
DC	Distributiecentrum
DoD	Depth of Discharge
EV	Elektrisch voertuig
FC	Fast charger
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
GVW	Gross vehicle weight
HPC	High power charger
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle
LEZ	Lage Emissie Zone
MRA	Metropool Regio Amsterdam
NEDC	New European Driving Cycle
PHEV	Plug-in Hybride Elektrisch Voertuig
SOC	State of charge
TCO	Total Cost of Ownership
ZE	Zero Emissie
kWh/MWh/GWh/TWh	Kilo-/mega-/giga-/terawattuur
MW	Megawatt
MVA	Megavolt ampère

BEGRIJP	OMSCHRIJVING
Laadpunt	Punt waar één voertuig kan inpluggen met zijn stekker. Een laadpaal kan dus meerdere laadpunten (stopcontacten) hebben.
COROP	Een COROP-gebied is een regionaal gebied binnen Nederland dat deel uitmaakt van de COROP-indeling, een indeling die wordt gebruikt voor analytische doeleinden en ooit ontworpen door de Coördinatie Commissie Regionaal Onderzoek Programma
Volt ampère	Het schijnbaar vermogen wordt uitgedrukt in volt ampère (VA). In gelijkstroomsituatie is dit gelijk aan het werkelijk vermogen (uitgedrukt in Watt). Bij wisselspanning is het werkelijk vermogen kleiner dan het schijnbaar (van het net opgenomen) vermogen, door overbrengingsverliezen naar een apparaat.

VERKLARING ICONEN	
 Afvalinzameling	 Post, pakket, express
 Bouwlogistiek	 Retail food
 Facilitair	 Retail non-food
 Horeca	 Servicediensten
 Particulier	



1 INLEIDING

In het op 28 juni 2019 gepresenteerde Klimaatakkoord speelt elektrisch vervoer een grote rol, ook in stadslogistiek (www.klimaatakkoord.nl/mobiliteit). Bijna 12 procent van de uitstoot van CO₂ komt van wegtransport, en van de CO₂-uitstoot in wegtransport is 30 tot 35 procent gerelateerd aan stadslogistiek. In het Klimaatakkoord staat dat wegtransport in 2050 de CO₂-uitstoot in stadslogistiek met 1 Mton moet hebben gereduceerd. In 30 tot 40 steden komen zero-emissies zones.

De komende 10 jaar zullen er steeds meer batterij-elektrische-voertuigen (BEV) en Plug-in hybride voertuigen (PHEV) op de weg komen om te voldoen aan de zero-emissie eisen. Voor ondernemers die goederen in de stad moeten brengen of ophalen is de uitdaging niet alleen om de stap te maken naar zero-emissie voertuigen, maar ook met zo min mogelijk bestelwagens en vrachtwagens de zero-emissie zone in te gaan. Lopen, fietsen en openbaar vervoer krijgen voorrang bij de groeiende behoefte aan stedelijke mobiliteit.

Bij stadslogistiek gaat het om de bevoorrading van winkels, kantoren en bouwplaatsen, de levering van pakjes aan consumenten en bedrijven, bestelwagens van servicebedrijven, verhuisbedrijven, maar ook om de lokale winkel, cateraar en bloemist die hun klanten bezorgen. Elektrisch vrachtvervoer, waar voorspelbaarheid van levering en lage kosten bovenaan staan, stelt heel andere eisen dan personenmobiliteit aan de laadinfrastructuur.

De grootschalige toepassing van BEV en PHEV-voertuigen roept daarom tal van vragen op als: Is er wel voldoende capaciteit in het net? Hoe en waar gaan de bedrijven in de toekomst hun voertuigen laden? Zijn er wel voldoende laadpunten op de juiste locaties? Welke investeringen zijn hiermee gemoeid? Zijn er aanpassingen aan het elektriciteitsnet nodig tot 2025, maar ook na 2025? Ligt de vraag bij publieke laadinfrastructuur, of gaan bedrijven privé-laadstations aanleggen?

De Topsector Logistiek heeft zes experts en kennisinstellingen gevraagd om deze vragen te onderzoeken en met een concrete aanpak te komen hoe verstandige en goed onderbouwde antwoorden te geven zijn. Om het heel concreet te maken is de regio Amsterdam onder de loep genomen, maar de aanpak is overal toepasbaar.



De gemeente Amsterdam heeft concrete plannen met 'Schone Lucht'; een grote ZE zone in 2025 voor vrachtwagens en bestelwagens. De ZE zone heeft impact niet alleen binnen de gemeente Amsterdam, maar ook binnen de regio en zelfs daarbuiten. Bijna de helft van de ZE voertuigen komt van buiten de COROP Groot-Amsterdam. De vraag naar concreetheid in wat ervoor nodig is om deze plannen te laten slagen maakt deze regio een dankbaar onderwerp voor deze studie.

1.1 Introductie: elektrisch rijden in stadslogistiek

De groei van Amsterdam legt een grote druk op de schaarse ruimte en groeiende behoefte aan personen- en goederenmobiliteit, ook voor het groeiend aantal bezoekers en forensen in de gemeente. Amsterdam werkt aan een ambitieus actieplan Schone Lucht (april 2019) en een programma om de stad autoluw te maken (stadslogistiek is hiervan een onderdeel). De uitwerking van de ambities van deze plannen moet ervoor zorgen dat het verkeer en de openbare ruimte in de stad beter aansluit bij de behoeften van nu en in de toekomst met hoge verkeersveiligheid, met meer ruimte voor voetganger en fiets en niet in de laatste plaats schone lucht. Zo wordt gewerkt aan een betere luchtkwaliteit door vervuilende (vracht)auto's uit delen van de stad te weren met ZE zones en worden er parkeerplekken verwijderd om de ruimtelijke impact van automobilititeit in de stad te verkleinen.

Klimaatakkoord: 30 tot 40 gemeenten gaan voor invoering ZE stadslogistiek

Het goederenvolume dat dagelijks Amsterdam in gaat zal in volume met 10 tot 20% stijgen in de komende 10 jaar. Niet alleen zal stadslogistiek schoner moeten worden met een ZE zone in 2025, maar vooral ook minder (in aantal en ruimtebeslag), stiller en veiliger. De gemeente Amsterdam sluit een steeds groter deel, van met name de binnenstad, af voor zware vrachtwagens. Veel bruggen en kades in de stad zijn er slecht aan toe en vereisen onderhoud. Onderdeel van het Amsterdamse 'Smart Mobility' programma is, intelligent toegangsbeheer voor de toegangsverlening tot de ZE zone. Hiermee wordt de handhaving geoptimaliseerd. Ook maakt het maatwerk in ontheffingen naar plaats en tijd mogelijk. Ook betekenen woningbouwplannen dat er minder ruimte komt voor logistieke activiteiten (zoals magazijnen en hubs) in en rond de stad.

Niet alleen Amsterdam kiest voor een ZE zone voor stadslogistiek in 2025, maar ook andere steden als Utrecht, Arnhem en Den Haag willen in 2025 ZE stadslogistiek. In het Klimaatakkoord staat dat 30 tot 40 gemeenten in 2025 in hun binnenstad kiezen voor ZE stadslogistiek. De uitwerking zal nog in detail volgen in de periode tot zomer 2020.

ZE zones roepen veel vragen op bij bedrijven

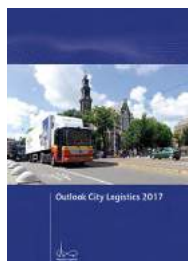
De ZE ambities roepen vragen op voor bedrijven zoals welke voertuigen zijn geschikt om onze ritten naar de ZE voertuigen uit toe voeren; moeten wij ons logistiek concept aanpassen? Ook betekenen woningbouwplannen dat er minder ruimte komt voor logistieke activiteiten (zoals magazijnen en hubs in en rond de stad). Wat is de juiste laadstrategie en wat betekent het rijden met batterij- of waterstof elektrische of hybride voertuigen voor de planning en de chauffeur?

Lokale overheid: faciliteren van voldoende laadinfrastructuur voor ZE stadslogistiek

Een decentrale overheid heeft een rol in faciliteren van voldoende laadinfrastructuur in de eigen gemeente en de gemeenten in de regio, samen met de netbeheerder. Elektrische vrachtvoertuigen vragen om laadstations, voor het opladen van batterijen, op die locaties en met die capaciteiten die passen bij de dagelijks manier van werken in de stadslogistiek. Vrachtvervoer, waar voorspelbaarheid van levering en lage kosten bovenaan staan, stelt heel andere eisen dan personenmobiliteit aan de laadinfrastructuur. Voor gemeentes en netbeheerders is dat een veel minder grijpbare vraag: wat is waar nodig en nuttig?

Regionaal effect

De voertuigen die in Amsterdam komen, vertrekken meestal uit een van de gemeenten binnen de Metropoolregio Amsterdam. Vooral non-food retail (Hema, Blokker, Bijenkorf en fashionketens) komt van langere afstanden, omdat retailers veelal centrale Nederlandse magazijnen hebben. Het beoordelen van de behoefte aan laadinfrastructuur moet daarom starten bij de herkomstlocatie.



Die kan veranderen onder invloed van trends, maar ook omdat de ZE zone dat afdwingt. In de Annual Outlook City Logistics (2017) is als uitgangspunt opgenomen dat in sommige sectoren de distributienetwerken zich voor 2030 nauwelijks kunnen aanpassen aan het gebruik van elektrisch vrachtvervoer. Investeringsbeslissingen over bestaande distributiecentra en productievestigingen zijn niet eenvoudig. Er is sprake van: weinig locaties beschikbaar; lange plantermijnen voor relocatie; stabiele marktverhoudingen (en -spelers) en vaak grote sociale gevolgen van relocatie.

Sectoren waar wel dynamiek is in de ontwikkeling van distributienetwerken zijn:

- Pakketbezorging en thuisbezorging van levensmiddelen (als onderdeel van post en pakket): meer distributiecentra nabij stedelijke gebied.
- Facilitaire inkoop: met bundeling van publieke inkoop.
- Bouwlogistiek: met de ontwikkeling van bouwhubs en vervoer over water.
- Afval: bundeling van inzamelen (bedrijfs-)afval en vervoer over water.
- Andere sectoren zijn relatief 'inert'; de magazijnen blijven de komende 10 tot 20 jaar op hun vaste plek.

1.2 Opzet van de studie

Een inschatting van de benodigde laadinfrastructuur begint bij het in kaart brengen van inzetprofielen van bestel- en vrachtwagens in deze regio. Deze inzetprofielen kenmerken zich onder meer door standplaatsen van voertuigen, rijafstanden, aantal stops, laad- en lostijden en lading- en voertuigkarakteristieken.

Deze inzetprofielen geven de randvoorwaarden voor de operationele invulling. Maar er zijn meerdere laad strategieën mogelijk, met andere laadlocaties, en andere laadprijzen en laadsnelheden. De (verlies-)uren van personeel bij laden zijn een factor in de besluitvorming. De (toekomstige) business case is verder afhankelijk van de prijs(-ontwikkeling) van batterijen en voertuigen, laadinfrastructuur en elektriciteit.

Met deze gegevens is het mogelijk om een optimalisatieberekening te doen die de laagste kosten geeft, en waarbij de inzetprofielen nog steeds gerealiseerd worden.

De optelling van alle individuele beslissingen geeft de vraag naar laadinfrastructuur: de locatie, het tijdstip en de hoeveelheid.

Door deze vorm van modellering is het relatief eenvoudig om te berekenen wat het effect is van een andere aannames, bijvoorbeeld een prijsontwikkeling of een beleidswijziging of een technologische innovatie.

1.3 Projectafbakening: sectoren, geografie en aantallen

Om de impact van elektrische stadsdistributie op logistiek, laadinfrastructuur en elektriciteitsnet te onderzoeken zijn een aantal keuzes gemaakt qua indeling in sectoren, geografische afbakening en daarmee aantallen voertuigen. Deze keuzes worden hieronder besproken.

1.3.1 Afbakening sectoren

Stadslogistiek is zeer divers. De 'Outlook City Logistics 2017' (Den Boer et al, 2017) laat zien dat de karakteristieken van stadslogistiek sterk verschillen tussen sectoren in aantal zendingen, klanteisen, volumes, type voertuig (van kleine bestelwagen tot een zware trekker-oplegger). Activiteiten van logistieke dienstverleners met vergelijkbare kenmerken worden samengevoegd in een 'sector'. Tabel 1.1 geeft een overzicht van de sectoren in dit onderzoek. In de tabel wordt een korte omschrijving gegeven van de belangrijkste activiteit en de meest gebruikte voertuigen per sector.

Tabel 1.1
Overzicht sectoren van stedelijke logistiek.

SECTOR	KORTE OMSCHRIJVING	VOERTUIGEN
	Collecteren van afval bij bedrijven en huishoudens	Vrachtwagens
	Leveringen en installaties/repatries aan bouwprojecten (groot en klein)	Bestel- en vrachtwagens
	Grote en kleine leveringen aan horeca, deels geconditioneerd	Bestel- en vrachtwagens
	Kleine leveringen aan meerdere adressen (B2B en B2C)	Bestelwagens
	Grote leveringen food aan retail	Vrachtwagens
	Grote leveringen aan enkele adressen	Vrachtwagens
	Kleine leveringen inclusief (kleine) werkzaamheden en installatie	Bestelwagens
	Facilitaire leveringen inclusief (kleine) werkzaamheden	Bestel- en vrachtwagens

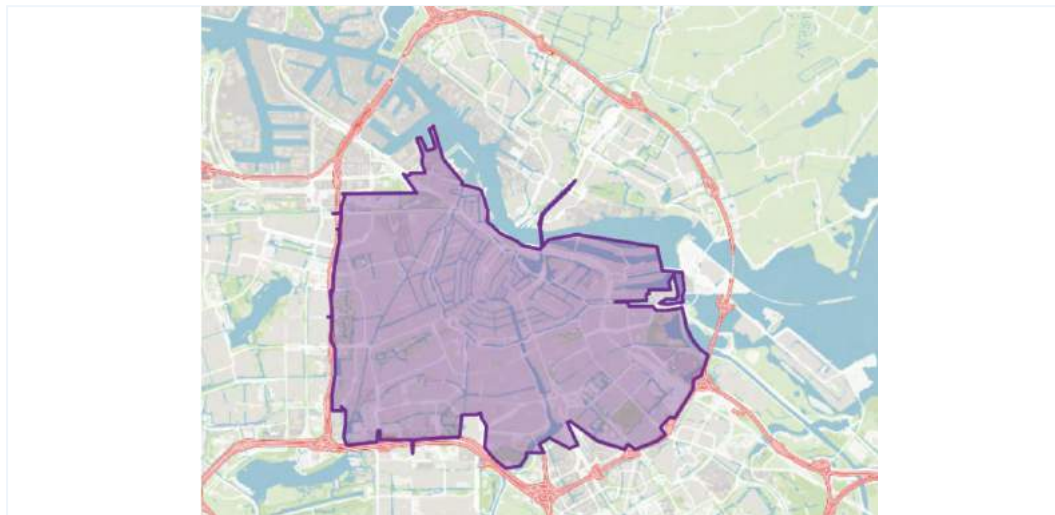
De Annual Outlook 2017 (Den Boer et al, 2017) laat zien dat er grote verschillen zijn in 'ZE readiness' tussen bijvoorbeeld de post- en pakketsector, horecabevoorrading en bouwlogistiek. Elektrische bestelwagens zijn in toenemende mate af-fabriek beschikbaar, maar dit is nog niet het geval voor vrachtwagens. Bij het berekenen van de optimale laadstrategie wordt het onderscheid in deze sectoren, voertuigen en bijbehorende ritkenmerken gemaakt.

De bevindingen en modeluitkomsten van deze rapportage zijn gebaseerd op de aanname dat goederentransport naar de ZE zones 100% elektrisch wordt uitgevoerd. PHEV-varianten of overslag via een hub naar een BEV-vrachtwagen, evenals de inzet van andere modaliteiten of aanpassingen van de inzetprofielen (andere logistieke structuur) zijn niet meegenomen in de berekeningen. Dat is een bewuste keuze om ten eerste een 'stress-test' te hebben voor de vraag naar laadinfrastructuur en laadvermogen, en ten tweede om een referentie-berekening te hebben. Hierna kunnen scenario's berekend en geëvalueerd worden.

1.3.2 Afbakening geografie: casestudy ZE zone Amsterdam

In dit onderzoek wordt de impact van ZE stadslogistiek onderzocht aan de hand van een casestudy naar een ZE zone in Amsterdam ter grootte van de huidige milieuzone in 2025/2030. De ZE emissiezone bestaat uit de binnenring A10 met uitzondering van de stadsdelen ten noorden van het IJ en bedrijventerreinen die binnen de ring liggen (figuur 1.2).

Figuur 1.2
Milieuzone Amsterdam¹



Onderzocht wordt wat het effect is van een dergelijke ZE zone op de laadbehoefte in de COROP Groot-Amsterdam.

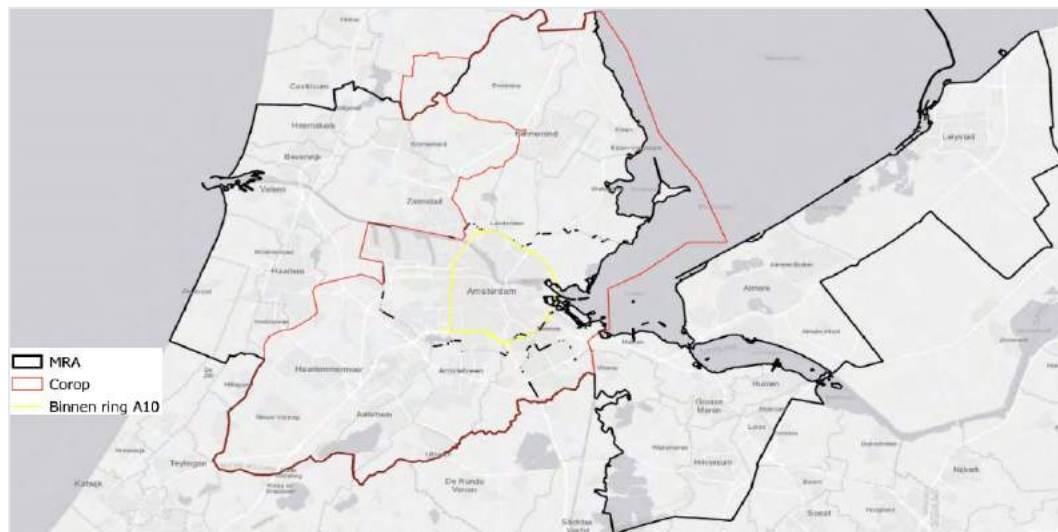
Om functioneel naar de ruimtelijke impact en weerslag van elektrificatie van stadslogistiek te kijken, zijn drie schaalniveaus relevant, welke zijn weergegeven in figuur 1.3.

- 1 Het **eerste schaalniveau** is de gehele de Metropoolregio Amsterdam (MRA). Dit onderzoeksgebied beslaat het grondgebied gelegen in 33 gemeenten, gelegen in de provincies Noord-Holland en Flevoland (zie het zwart omkaderde gebied in figuur 1.3), waarin aanrijroutes en distributielocaties liggen van waarlangs transport richting het binnenstedelijk gebied gaat;
- 2 Het **tweede niveau** is het niveau van Groot-Amsterdam of COROP-gebied 23² (het rood omkaderde gebied), waarin belangrijke locaties gevestigd zijn waar ladingstromen samenkomen of vertrekken. Hierin vinden we ook de rond de binnenstad gelegen bedrijventerreinen, die de thuisbasis vormen van een deel van de logistieke bedrijven en de overslagpunten ten behoeve van de bevoorrading van de regio;
- 3 Het **derde schaalniveau** is het lokale niveau van de binnenstad van Amsterdam binnen de ring van de A10 (deze is geel omkaderd), met daarin de eindbestemmingen voor stadslogistiek. Om een goed beeld te krijgen zullen we in sommige gevallen specifieke uitsneden van stadsdelen maken.

¹ Bron: www.amsterdam.nl/parkeren-verkeer/milieuzone/.

² Hieronder vallen de gemeenten: Aalsmeer, Amstelveen, Amsterdam, Beemster, Diemen, Edam-Volendam, Haarlemmermeer, Landsmeer, Oostzaan, Ouder-Amstel, Purmerend, Uithoorn, Waterland. Bron: CBS.

Figuur 1.3
Ruimtelijke afbakening
laadinfrastructuur op drie
schaalniveaus:
Metropoolregio Amsterdam,
Gebied Groot-Amsterdam en
Gebied ring A10 Amsterdam
binnenstad



De keuze voor de regio Amsterdam is gemaakt in overleg met de Topsector Logistiek. Op basis hiervan kunnen ook andere gemeenten regio's een analyse maken van de laadinfrastructuur die nodig is voor de ZES ambities.

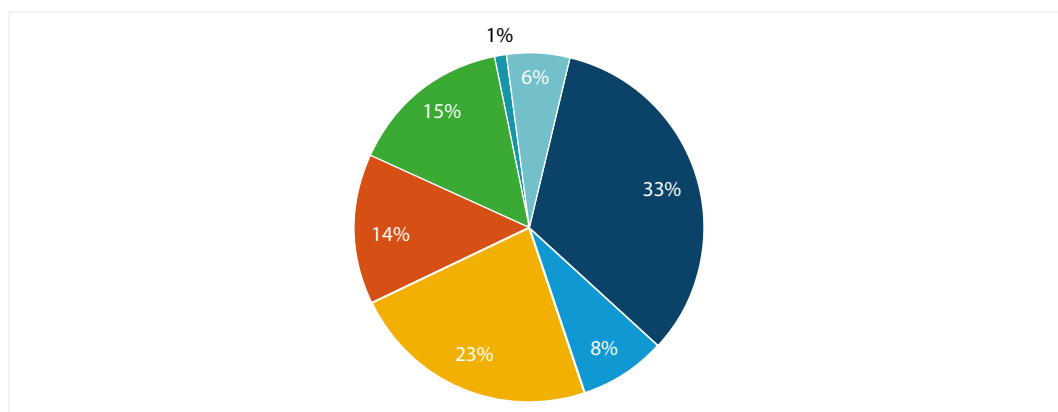
1.3.3 Aantallen voertuigen, ritten en kilometers

Op basis van CBS-data zijn de karakteristieken van ritten die de ZE zone in Amsterdam raken geanalyseerd. Hierbij is de splitsing gemaakt in de voertuigtypen vrachtwagens en bestelwagens, die hieronder verder worden toegelicht.

Vrachtwagens

Het aantal vrachtwagens dat (regelmatig) de milieuzone Amsterdam aandoet wordt op basis van CBS-data ingeschat op 4.700 voertuigen die bij elkaar 3,2 mln. ritten³ per jaar maken, waarvan ca. 780 duizend ritten de milieuzone aandoen (zie bijlage 5.1.A). Het grootste deel van de ritten worden gemaakt in de sector bouw en horeca (zie figuur 1.4 en figuur 1.5). De meeste ritten (78%) zijn over een afstand van minder dan 150 kilometer. Er zijn echter ook ritten (3%) met afstanden boven de 350 km, die een aanzienlijke bijdrage hebben van 17% in de gereden kilometers. Voor de casestudy wordt aangenomen dat alle voertuigen elektrisch worden en alle ritten ZE emissie worden uitgevoerd. Ongeveer 35% van de activiteiten (op basis van bestemmingen) van de voertuigen die in de milieuzone komen vinden plaats in de COROP Groot-Amsterdam. Van de voertuigen heeft 25% zijn standplaats in Groot-Amsterdam.

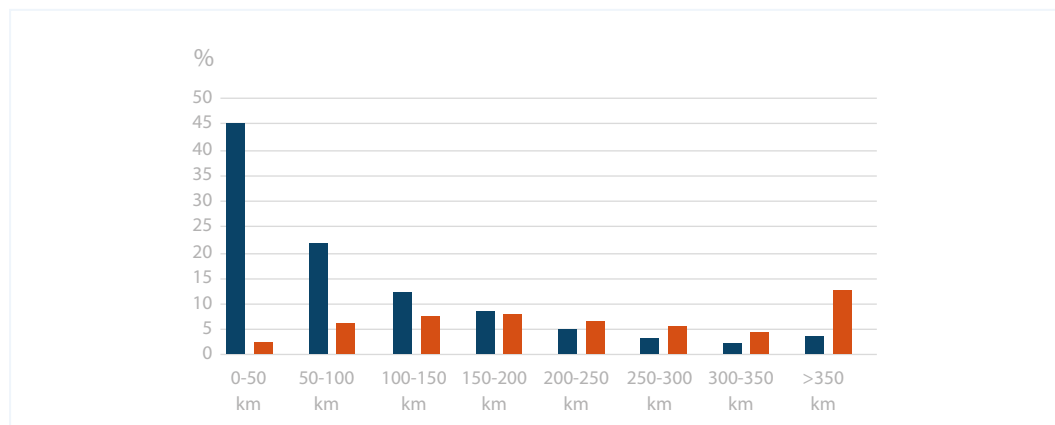
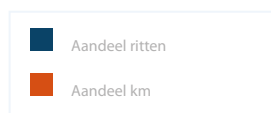
Figuur 1.4
Verdeling vrachtwagenritten
naar sector. Bron: CBS.



³ Een rit start met laden en eindigt nadat het voertuig leeg is geweest weer op een laadlocatie komt.

Figuur 1.5

Aandeel ritten en kilometers van vrachtwagens naar afstandsklasse van de rit.
Bron: CBS.

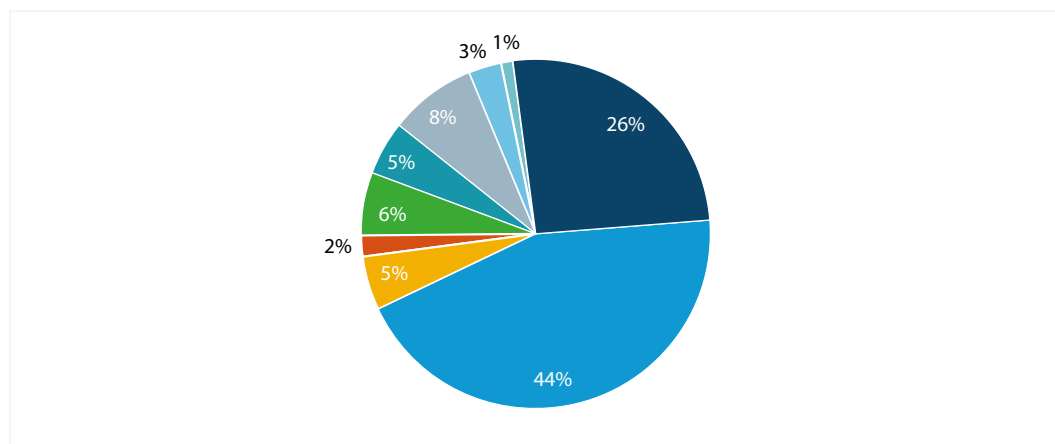
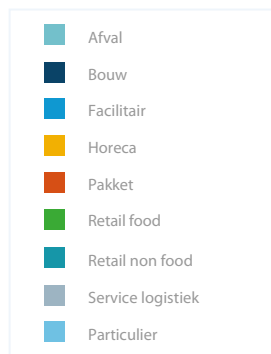


Bestelwagens

Het aantal bestelwagens dat (regelmatig) de gemeente Amsterdam bezoekt wordt op basis van CBS-data ingeschat op 37.400 (zie bijlage 5.1.B). Hiervan bezoeken 30.000 bestelwagens ook regelmatig de milieuzone. Deze 30.000 bestelwagens maken bij elkaar ongeveer 27 mln. ritten per jaar. Het grootste deel van deze ritten wordt gemaakt in de sector bouw en facilitair (zie figuur 1.6 en figuur 1.7). Verreweg de meeste ritten (97%) zijn over een afstand van minder dan 150 kilometer. De 3% ritten boven de 150 km zijn echter wel goed voor een kwart van de kilometers. In de casestudy wordt ook voor bestelwagens aangenomen dat alle 30.000 bestelwagens elektrisch worden en alle ritten ZE emissie worden uitgevoerd. Ongeveer 50% van de voertuigen heeft zijn standplaats in COROP Groot-Amsterdam en 50% van de activiteiten van deze voertuigen vindt plaats in de COROP Groot-Amsterdam.

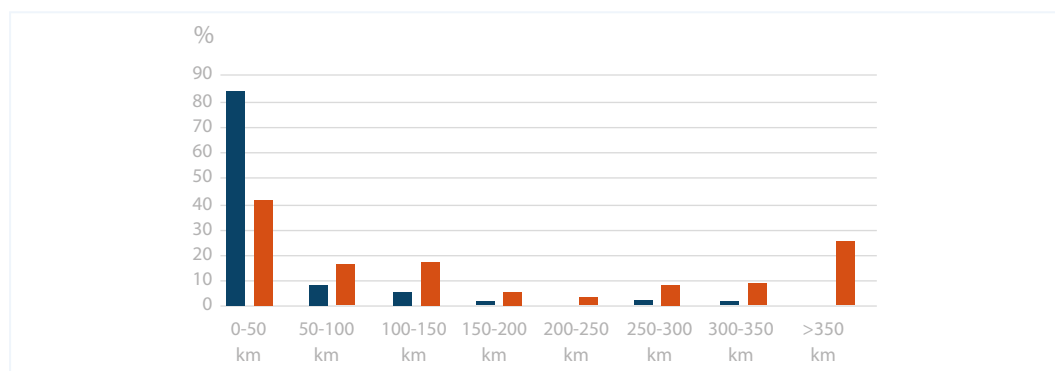
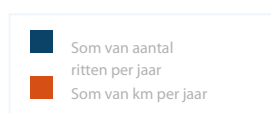
Figuur 1.6

Verdeling bestelwagenritten naar sector. Bron: CBS.



Figuur 1.7

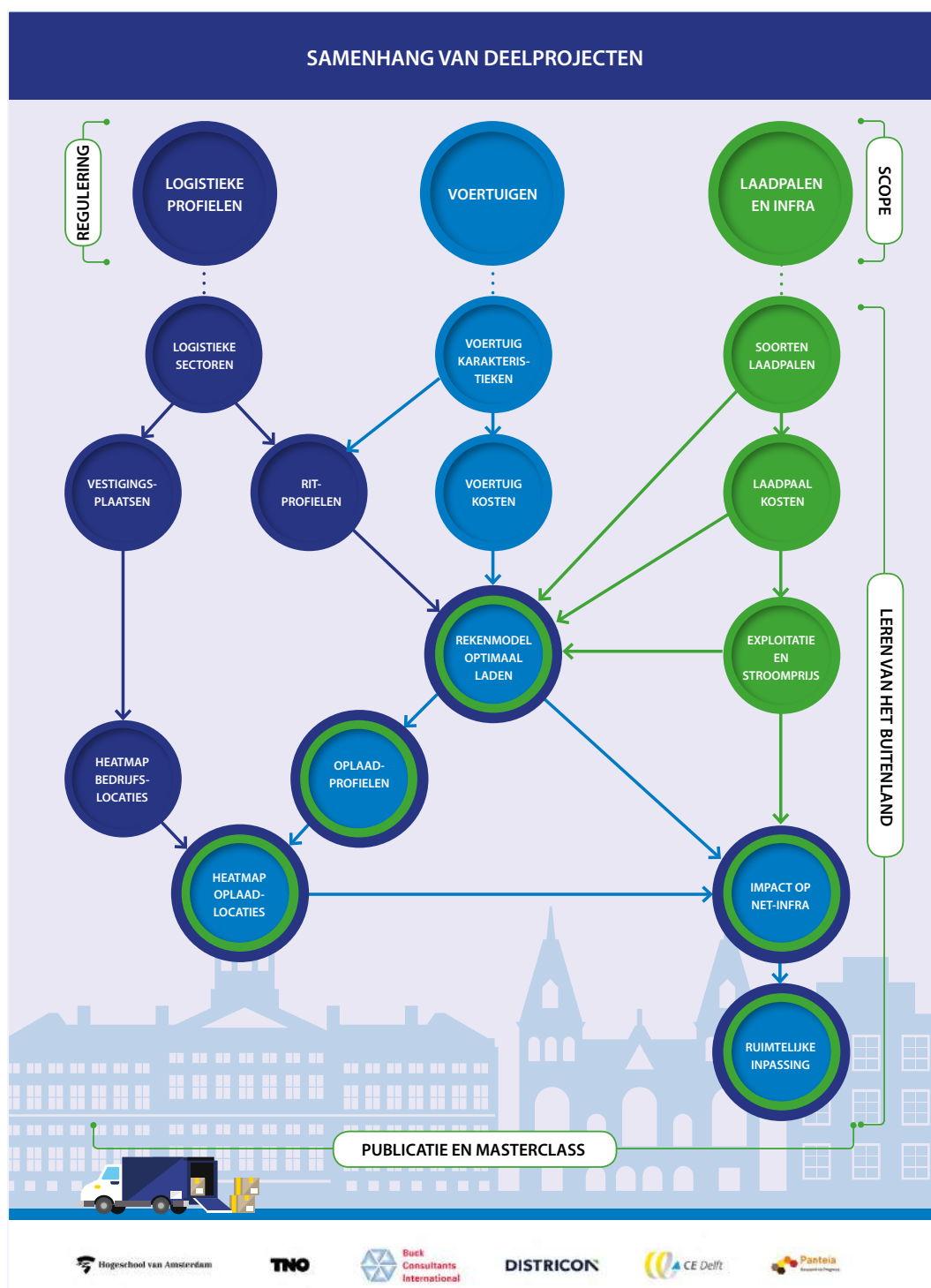
Aandeel ritten en kilometers van bestelwagens naar afstandsklasse van de rit.
Bron: CBS.



1.4 Projectaanpak en leeswijzer

Dit onderzoek is in opdracht van de Topsector Logistiek als een Multiparty studie uitgevoerd door Buck Consultants International, CE Delft, Districon, Hogeschool van Amsterdam, Panteia en TNO. CBS heeft dit onderzoek met data ondersteund. Ieder van deze opdrachtnemers heeft vanuit haar eigen expertise één of meerdere deelonderzoeken geleid. Onderstaande afbeelding (figuur 1.8) geeft de samenhang tussen de verschillende deelonderzoeken weer.

Figuur 1.8
Samenhang deelprojecten
laadinfrastructuur.



De samenhang tussen inzetprofielen, voertuig, batterijcapaciteit en laadinfrastructuur is complex. In dit onderzoek is de navolgende aanpak gehanteerd om een toekomstbeeld van de benodigde laadinfrastructuur te geven.

- Gestart wordt met een algemene beschouwing over de beleidscontext en gebruikservaring met elektrische voertuigen in **hoofdstuk 2**.
- Vervolgens wordt in **hoofdstuk 3.1** beschreven wat de logistieke kenmerken zijn van de verschillende sectoren en wat dit betekent voor de elektrificatie van het wagenpark en welke uitdagingen dit met zich meebrengt.
- Voor deze sectoren zijn karakteristieke datasets verzameld. Deze datasets bevatten gedetailleerde ritinformatie uit een periode en beschouwen we, samen met het type voertuig, als representatief voor een sector. In dit onderzoek veronderstellen we de toekomstige inzet van een gelijkwaardig, volledig elektrisch aangedreven voertuigtype, met een keuze in capaciteit van de batterij.
- Met een model wordt aan de hand van de ritprofieldata onderzocht wat de optimale strategie per sector is. De input die nodig is voor dit model (kosten van elektriciteit, laadpalen, voertuigen, etc.) is beschreven in (de rest van) **hoofdstuk 3**, het model zelf in **hoofdstuk 4**. Voor het opladen hanteren we een menukaart van private en publieke laadpalen met laadvermogens, investeringen en elektriciteitsprijzen. Met het rekenmodel stellen we per bedrijfssector vast welke laadstrategieën optimaal zijn. Daarmee is het pallet aan representatieve oplaadbehoeften per sector te bepalen en toe te wijzen aan private (depot, klant, thuis) of publieke locaties (snellaadstations, in woonwijk).
- Vervolgens maakt **hoofdstuk 5** de generieke modelresultaten met betrekking tot laadvraag naar locatie specifiek voor de case van een ZE zone in Amsterdam. De spreiding van de laadvraag naar postcode-4 en het benodigd aantal laadpalen zijn verder uitgewerkt voor de COROP Groot-Amsterdam. Hierbij wordt de impact op het elektriciteitsnet en de ruimtelijke impact beschreven.
- CBS data geven voor de voertuigen die de beoogde ZE zone aandoen, informatie over de verdeling naar sector, jaarkilometrage en herkomst-bestemmingsrelaties. Hiermee is het mogelijk een beeld te geven over de laadbehoefte van deze voertuigen en met behulp van de resultaten uit het model, ook het type locatie.
- Vervolgens is de geografische spreiding van de laadvraag ingeschat op basis standplaats en registratie data van CBS en herkomst en bestemming data uit het VENOM-model. De resultaten hiervan zijn gebruikt om een uitspraak te doen over de impact op het elektriciteitsnet en de ruimtelijke inpassing van laadpunten.
- Tot slot worden er in **hoofdstuk 6** aanbevelingen gedeeld voor de verschillende stakeholders.

Parallel aan bovenstaande kwantitatieve aanpak, is kwalitatieve informatie vergaard via interviews met relevante partijen uit binnen- en buitenland, zoals energiebedrijven, laadpaal exploitanten, verladers, transporteurs, openbaarvervoerbedrijven en publieke partijen.



2 BELEIDSCONTEXT: OP WEG NAAR ZE STADSDISTRIBUTIE

Allereerst wordt er in paragraaf 2.1 ingegaan op Europees en Nationaal beleid dat ten grondslag ligt aan de introductie van ZE stadslogistiek in het komende decennium. Voor Nederland spelen het instellen van ZE zones hierin een belangrijke rol. In paragraaf 2.2 wordt verder ingegaan op een aantal belangrijke beleidsoverwegingen met betrekking tot een ZE zones. In paragraaf 2.2 wordt er ingegaan op de ervaringen, barrières en verwachtingen met laadstrategieën en -infrastructuur van diverse partijen die al met elektrische voertuigen rijden.

2.1 Beleidscontext ZE stadslogistiek

2.1.1 EU beleid

DE EU heeft zich gecommitteerd aan het Klimaatakkoord van Parijs. Dit betekent dat richting 2050 CO₂-emissies van transport drastisch moeten worden verminderd. Stadslogistiek speelt hierin een belangrijke rol, omdat het eerder dan lange afstand wegtransport de CO₂-uitstoot kan verminderen. In de Transport White Paper (2011) en de Europese strategie voor emissiearme mobiliteit (2016) van de Europese Commissie is opgenomen dat CO₂-emissies afkomstig van transport moeten worden gereduceerd met 60% in 2050 ten opzichte van 1990.

Twee belangrijke doelen met betrekking tot stadslogistiek die worden geformuleerd zijn:

- Uitfaseren van conventionele vrachtvoertuigen in steden in 2050, de helft in 2030;
- Richting ZE stadslogistiek in grote stadscentra in 2030.

Deze doelen moeten worden bereikt door de lidstaten, maar er is diverse EU-regelgeving die het behalen van deze doelen ondersteunt. De belangrijkste regelgeving betreft de CO₂-normering van voertuigen.

CO₂-normering bestelwagens

In december 2018 is overeenstemming bereikt tussen Europese Commissie, Parlement en Raad met betrekking tot de voertuignormen voor nieuwe personen- en bestelwagens voor 2025 en 2030 (ICCT, 2019). Voor het jaar 2020 moet de gemiddelde nieuwe bestelwagen voldoen aan de norm van 147 gram/km CO₂⁴. In 2025 en 2030 wordt de norm verlaagd met 15% en 31%, respectievelijk.

Naast de nieuwe normen bevat de richtlijn stimuleringsmaatregelen om het aandeel laag- en nul-emissie voertuigen te vergroten. Deze voertuigen vallen in de categorie plug-in (PHEV), BEV of waterstof (FCEV), met minder dan 50 gram/km CO₂. Fabrikanten wordt toegestaan met 5% af te wijken op de norm indien zij in 2025 meer dan 15% van dergelijke voertuigen op de markt brengen en in 2030 meer dan 35%. Hieraan gerelateerd heeft de EU heeft Nederland en andere landen toestemming gegeven voor een rijbewijsontheffing voor elektrische bestelwagens. De ontheffing geldt vanaf juni 2019 tot eind 2022 en houdt in dat chauffeurs met een B-rijbewijs een elektrische bestelwagen tot 4250 kilo mogen besturen (Green deal, 2019), zodat het extra gewicht van de batterij geen beperkingen oplegt aan het gebruik van de elektrische bestelwagens ten opzichte van de conventionele bestelwagen (tot 3500 kg).

⁴ Uitgaande van New European Driving Cycle (NEDC).

De aanpassing van de Europese rijbewijsrichtlijn voorziet erin dat lidstaten na 2022 deze ontheffing kunnen voortzetten (TLN, 2019).

CO₂-normering vrachtwagens

In februari 2019 bereikten Europees Parlement en de EU-lidstaten overeenstemming over CO₂ normen voor vrachtwagens. Ten opzichte van 2019 moet de CO₂-uitstoot in 2025 15% lager en in 2030 30% lager liggen (EC, 2018). Deze reductie kan deels bereikt worden met super-credits voor de productie van ZE voertuigen. Vrachtwagenfabrikanten die meer dan 2% ZE vrachtwagens verkopen krijgen minder strenge reductie CO₂-normen opgelegd (T&E, 2019). In de deal is ook opgenomen dat elektrische vrachtwagens 2 ton zwaarder mogen zijn.

Naast de CO₂-normering van voertuigen is er andere regelgeving die de vraag naar ZE stadlogistiek vertrekt, dan wel ondersteund zoals:

- **EU-luchtkwaliteitsnormen:** een belangrijke reden voor steden die de normen niet halen om een ZE zone te implementeren;
- **The Clean Power for Transport Package:** Dit bevat o.a. regelgeving met minimumeisen voor lidstaten om infrastructuur voor alternatieve brandstoffen te ontwikkelen;
- **De Clean Vehicle Directive (Richtlijn 2009/33/EC):** Hierin is vastgelegd dat overheden in aanbestedingen rondom de aanschaf van voertuigen energie en milieueffecten in aanmerking moeten nemen (Een update van de Directive wordt binnenkort gepubliceerd).

2.1.2 Nationaal en lokaal beleid

Vanuit het Energieakkoord is eind 2014 de Green Deal ZE Stadslogistiek (Green Deal ZES) tot stand gekomen, waarin de Nederlandse overheid met lokale overheden, bedrijfsleven en onderzoeksinstituten afspraken heeft gemaakt om in 2025 zoveel mogelijk emissievrije stadlogistiek te realiseren. De partijen onderzoeken samen hoe emissievrije bevoorrading van stadskernen in praktijk gebracht kan worden onder andere via living labs.

In het kader van het Klimaatakkoord van Parijs heeft het Nederlandse kabinet bedrijven en organisaties gevraagd om samen met de overheid te werken aan het opstellen van een Nederlandse Klimaatakkoord. Eind juni is het finale Klimaatakkoord gepubliceerd (Klimaatakkoord, 2019). De belangrijkste uitgangspunten die in de Mobiliteitstafel besproken zijn die ten grondslag ligt aan het concept-Klimaatakkoord⁵ met betrekking tot ZE stedelijke distributie zijn:

- Middelgrote ZE zone voor bestel- en vrachtwagens in 2025 in 30-40 grote steden.
- Voor bestaande vrachtwagens van vóór 1 januari 2025 wordt een overgangsregeling tot 1 januari 2030 voorgesteld in de vorm van een centraal afgegeven ontheffing op kentekenniveau voor de ZE zone. Daarvoor komen uitsluitend Euro VI vrachtwagens in aanmerking die niet ouder zijn dan 5 jaar (bakwagens) en 8 jaar (trekkers).
- Vanaf 2030 een ZE zone voor bestel- en vrachtwagens in alle steden.
- Om de ingroei te stimuleren heeft de Rijksoverheid een stimuleringsprogramma dat is overeengekomen met de sector. De omvang van deze stimuleringsregeling is voor vrachtwagens tot en met 2025 94 miljoen euro en voor bestelwagens 185 miljoen euro. Het uitgangspunt van deze stimuleringsregeling is een aanschafregeling met een dekking van maximaal 40% van de meerkosten van een ZE voertuig (en PHEV-voertuigen) ten opzichte van het fossiele alternatief.
- Er wordt verwacht dat er in totaal 50.000 zero-emissie bestelwagens en 5.000 ZE/PHEV-vrachtwagens in 2025 zullen zijn en dat dit doorgroeit naar 115.000 ZE bestelwagens en 10.000+ ZE/PHEV-vrachtwagens in 2030.

⁵ De voorstellen van het kabinet zullen ten tijde van het schrijven van deze studie nog met de Tweede Kamer besproken worden. Dit kan leiden tot bijstelling van de beoogde afspraken.

De uitzondering die is gesteld voor Euro VI vrachtwagens zal betrekking hebben op een groot deel van de vrachtwagenvloot. Op dit moment is meer dan 70% van de trucks en 30% van de vrachtwagens minder dan 8 jaar oud (CBS). Om de laadvraag op te vangen moet in laadinfrastructuur worden voorzien. Gemeenten, Provincies, Rijksoverheid, netbeheerders, bedrijfsleven en brancheorganisaties hebben gezamenlijk een Nationale Agenda Laadinfrastructuur opgesteld. De afspraken in deze agenda moeten leiden tot een landelijke dekking van (snel)laadpunten en voorzien in de laadbehoefte van het groeiende aantal elektrische voertuigen en tot zoveel mogelijk standaardisatie (Klimaatakkoord, 2019). Meer informatie over hoe overheden in laadinfrastructuur voorzien is te vinden in de bijlage bij 2.1.

2.1.3 Lokale plannen voor ZE Zones

Er zijn een aantal interviews uitgevoerd om na te gaan hoe een aantal Nederlandse (Utrecht, Rotterdam en Den Haag) en buitenlandse gemeenten (Stockholm, Oslo, Madrid, London en Brussel) plannen ontwikkelen richting ZE zones Ook RVO is geïnterviewd. De gemeente Amsterdam kon niet deelnemen aan de interviews, omdat zij ten tijde van het onderzoek midden in een proces van bestuurlijke besluitvorming verkeerde met betrekking tot de plannen voor een ZE zone.

Nederland

In Utrecht is een raamwerk opgesteld om tot een ZE zone in 2025 te komen. In 2017 is samen met TLN, Evofenedex en Centrummanagement Utrecht onderzocht hoe dit vormgegeven kan worden. Vooral een goede fasering werd als belangrijk punt genoemd, om op deze manier ondernemers goed mee te nemen in het proces. In Rotterdam is het plan voor de ZE zone vastgesteld door de burgemeester en wethouders. Rotterdam wil één van de 30-40 gemeenten zijn die in 2025 een ZE zone heeft. In samenwerking met o.a. TLN en Evofenedex wordt er gekeken hoe en welke partijen samengebracht kunnen worden. Zo zullen o.a. winkeliersverenigingen een aandeel hebben als stakeholder in het proces.

Den Haag heeft het met brancheorganisaties het Convenant Stedelijke Distributie Den Haag ondertekend, waarin ondertekenende partijen afspreken om gezamenlijk (kosten)effectieve maatregelen uit te werken en te ontplooiën die zorgen voor efficiëntere stedelijke distributie in Den Haag en ZE in 2025. Voor vrachtwagens geldt dat er minimaal 2 fabrikanten moeten zijn voor af-fabriek ZE voertuigen. Indien dit niet het geval is mogen voertuigen op 100% biogas of 100% synthetische diesel (HVO) ook als ZE worden aangemerkt.

Naast Utrecht, Rotterdam en Den Haag zijn er verschillende andere Nederlandse steden bezig met de voorbereiding van een ZE emissiezone in 2025⁶.

Buitenland

In meerdere Europese steden zijn er lage emissiezones (LEZ's) waarvan de normen steeds strikter worden⁷. In Stockholm is er sinds 1996 een LEZ voor zware goederenvoertuigen. De zone beslaat het hele stadscentrum. Vanaf 2021 worden Euro V voertuigen uit gefaseerd. De LEZ is enigszins beperkt omdat deze maar invloed heeft op een deel van de voertuigvloot. Het voorgenomen plan is om tussen 2025 en 2035 fossiele brandstoffen te verbannen. Op nationaal niveau is er vastgesteld dat vanaf 2020 ook lichtere voertuigen hieronder moeten vallen. Dit moet een stimulans zijn voor lichtere elektrische, waterstof en gas-voertuigen. De Zweedse overheid ondersteunt lokale overheden bij de invoering en naleving van deze LEZ's.

⁶ www.greendealzes.nl/gemeenten/.

⁷ <http://nl.urbanaccessregulations.eu/>.

Het Brussels-Hoofdstedelijk Gewest beslaat 19 gemeenten en heeft sinds 2018 een LEZ. Sinds 2019 worden er pas boetes uitgedeeld. Handhaving vindt plaats met behulp van camera's. De LEZ wordt tot 2025 steeds strikter. Goederenvoertuigen zwaarder dan 3,5 ton vallen niet onder de LEZ omdat deze een kilometerheffing betalen op basis van nationaal beleid. Deze kilometerheffing is hoger in steden. Na 2025 is er nog geen beleid voor de LEZ in Brussel, enkel de intentie om uiteindelijk een ban op dieselloertuigen in te voeren vanaf 2030. In Londen is er sinds 2008 een LEZ in combinatie met beprijzen. Vanaf 2020 worden de normen weer strikter. In Londen wordt er ingezet op het efficiënter en veiliger maken van goederenvervoer. Specifiek beleid met betrekking tot elektrificatie van goederenvoertuigen, wat wel is geformuleerd voor andere voertuigen waaronder taxi's en openbaar vervoer, ontbreekt echter. In Madrid is recent een LEZ ingevoerd en vanaf 2020 kunnen goederenvoertuigen zonder label het centrum niet meer in. Dit is een eerste stap naar ZE stadslogistiek. Daarnaast zijn er voor ZE voertuigen fiscale voordelen, waaronder minder belasting en geen parkeerkosten. Oslo heeft sinds 2017 een LEZ in combinatie met beprijzen. De prijs is afhankelijk van de Euro-norm en er wordt onderscheid gemaakt tussen spitsuren. Daarnaast is er in Oslo een actief beleid om ZE goederenvervoer te stimuleren. Dit richt zich op zowel de aankoop van voertuigen als de laadinfrastructuur (zie bijlage bij 2.1).

2.1.4 Juridisch kader

In de Juridische Handleiding ZE stadlogistiek (GreenbergTraurig, 2019) staat dat een ZE zone kan worden gerealiseerd door middel van een 'milieuzone' waarin slechts emissie loze ('ZE') voertuigen worden toegelaten. Milieuzones kunnen worden ingesteld bij verkeersbesluit, welke kan worden genomen door burgemeester en wethouders (B&W) indien het gaat om wegen die onder beheer staan van een gemeente. Zo'n verkeersbesluit mag alleen worden genomen met het oog op belangen zoals het voorkomen of beperken van overlast, hinder of schade voor het milieu. Om de juridische toets te doorstaan is het van belang dat de ZE zone op zorgvuldige wijze wordt ingevoerd. Enkele punten die in de handleiding worden genoemd die kunnen bijdragen aan een zorgvuldige invoering zijn:

- De ZE zone zoveel mogelijk onderdeel te maken van een groter maatregelenpakket.
- Het voornemen tot het instellen van een ZE zone vroegtijdig aan te kondigen door bijvoorbeeld (aangepaste) beleidstukken en eventuele bijeenkomsten voor het publiek.
- Breed te inventariseren welke belangen betrokken zijn bij het ZE zone verkeersbesluit en hoe die moeten worden meegenomen in de belangenafweging.
- De effectiviteit van de ZE zone, de gevolgen voor burgers en ondernemers en de mogelijke mitigatie vooraf laten onderzoeken.
- Draagvlak voor de ZE zone te creëren door partijen zoals het (lokale) bedrijfsleven, burgers en relevante organisaties bij het verkeersbesluit te betrekken. Met deze partijen kan bijvoorbeeld een lokaal convenant hierover worden gesloten.
- Te overwegen of de ZE zone gefaseerd en met een overgangstermijn kan worden ingevoerd.

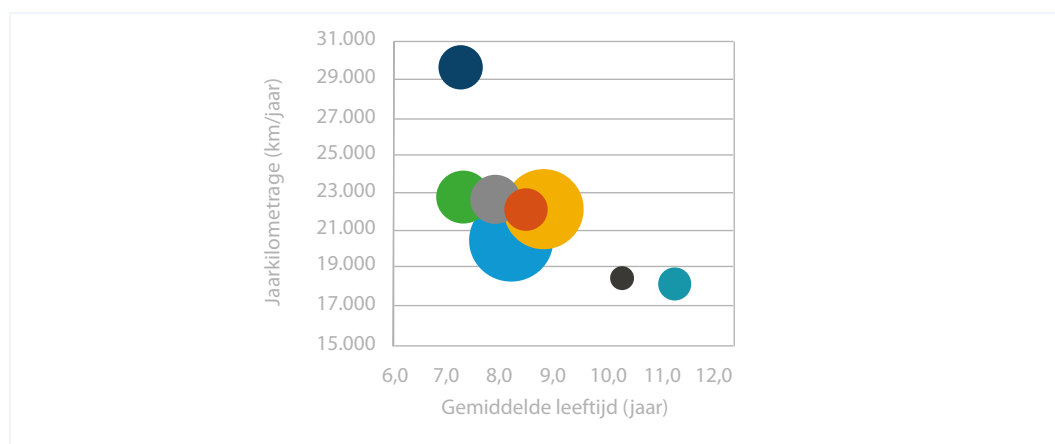
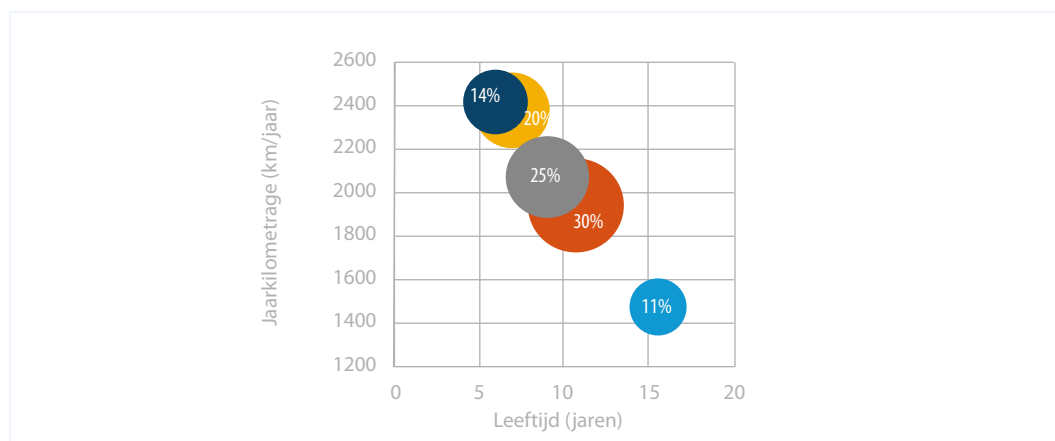
2.1.5 Consequenties specifieke voertuigen en doelgroepen

Bij de uitwerking van de invoering van ZE zones wordt de maatschappelijke discussie gevoerd over de balans tussen uitvoerbaarheid en bereikbaarheid enerzijds, en de noodzaak om duidelijkheid te scheppen die investeringen richting geeft anderzijds. Dat uit zich in de varianten 'kleiner-maar-strakker' versus 'groter-maar-meer-ontheffingen-die gaandeweg ingetrokken worden'.

Zo zijn er op dit moment ontheffingen voor bestelwagens van particulieren die worden ingezet voor medische reden (bij rolstoelvervoer) en voor speciale vrachtvoertuigen. Het is op dit moment niet duidelijk welke voertuigen een ontheffing zullen krijgen.

Wel is het duidelijk dat er groepen gebruikers zijn voor wie de overstap naar een elektrisch voertuig een grotere uitdaging zal zijn dan voor anderen. RVO geeft aan dat kleine ondernemers, zoals loodgieters en marktkoopmannen, met relatief hoge investeringen geconfronteerd kunnen worden door ZE Zones. De TCO van een elektrische bestelwagen benadert die van een nieuwe diesel bestelwagen (Zie paragraaf 4.3), maar elektrische bestelwagens zijn tweedehands nog niet volop beschikbaar. Voor ondernemers die normaliter een tweedehands dieselveertuig aanschaffen beperkt dat het aanbod. Figuur 2.1 laat zien dat met name particulieren, zelfstandigen (0-1 werknemers), en kleinere bedrijven in oudere, waarschijnlijk tweedehands bestelwagens rondrijden. Het betreft voornamelijk bestelwagens uit de branches landbouw en horeca (Connekt, 2017).

Figuur 2.1
Verhouding leeftijd bestelwagens en omvang bedrijf (boven), en leeftijd bestelwagens en sector (onder)



2.2 Logistieke sector

Op basis van interviews met diverse partijen die al met elektrische voertuigen rijden, gaat deze sectie in op ervaringen, barrières en verwachtingen met laadstrategieën en -infrastructuur voor logistiek.

2.2.1 Voertuigen, laden en laadinfrastructuur

Voertuigen uit het gemeentelijk wagenpark worden zoveel mogelijk 's nachts op depots geladen. In Stockholm (250 van de 900 zijn ZE voertuigen) en Oslo (600 van de 1100 zijn ZE voertuigen) zijn dit vooral personenwagens en bestelwagens. Er is over het algemeen weinig sprake van thuisladen bij werknemers.

Elektrische bussen die in Eindhoven en Schiphol rondrijden, worden door VDL geleverd met een batterijcapaciteit naar wens van de klant. Dit varieert van kleine bussen met een batterij van 85 kWh, tot volledig elektrische bussen met 170 en 300 kWh batterijen. De batterijen kunnen ook geleased worden. De laadsnelheid op bus depots is 30 kW, met mogelijk enkele keren snelladen overdag. Snelladers zijn op een beperkt aantal routes bij (eind)stations geïnstalleerd. Voor het laden worden drie manieren gebruikt: stekker, pantograaf op de laadinfrastructuur, en pantograaf op het dak. Op het depot zijn grote netwerkaansluitingen nodig en deze werken enkel als voertuigen verspreid over de tijd geladen worden. In de logistieke sector worden met name zwaardere elektrische voertuigen nog niet geleverd. De meeste bestaande elektrische zware voertuigen zijn omgebouwd naar elektrisch. Ook 'turnkey' systemen ontbreken hier vooralsnog grotendeels. Voor goederenvoertuigen wordt in interviews opgemerkt dat deze door de batterij aanzienlijk zwaarder worden dan conventionele equivalenten. De laadstrategie voor vervoerders hangt af van de routes (zie resultaten voor verschillende logistieke sectoren met bijbehorende ritprofielen in 4.2). Momenteel worden zware elektrische voertuigen (trekker-oplegger van 40t) veelal ingezet op vaste (planbare) routes en worden ze vooral op het depot geladen. Tussenlaadoplossingen zijn hierdoor niet uitgebreid nodig. Op de depots van de vervoerders bij het leverpunt worden 'ultra-snelladers' (350 kW) geïnstalleerd om overdag snel bij te kunnen laden. Door de hoge vermogens wordt hiervoor een vloeistof gekoelde (CCS) stekker gebruikt. 's Nachts worden de vrachtwagens op het depot met 50 kW DC of 44 kW AC geladen. Gezien de benodigde hoge vermogens, wordt verwacht dat vrachtwagens steeds minder met een on board AC-DC converter uitgerust zullen worden en alleen nog (via bijvoorbeeld een CCS stekker) rechtstreeks met DC-hoogvermogen zal worden geladen.

2.2.2 Uitdagingen

Specifiek voor stedelijk goederenvervoer is er geen beleid met betrekking tot laadinfrastructuur. Dit wordt vooralsnog overgelaten aan private partijen. In Oslo en Stockholm komt er langzaam een focus op bestelwagens, maar dit ontbreekt grotendeels nog voor zware goederenvoertuigen.

Voor laden op het depot zijn er verschillende mogelijkheden met nog de nodige vragen en onzekerheden:

- **Betrouwbaarheid:** over het algemeen wordt er ruw omgegaan met het materieel. Laadstekkers zijn regelmatig (nog) niet degelijk genoeg voor de logistieke sector.
- **Onboard AC-DC omzetter of DC laadstation:** een vrachtwagen wordt duurder als er een AC-DC-converter aan boord moet zijn, maar echter de externe (44 kW) AC-lader is dan veel goedkoper dan bijvoorbeeld een externe 50kW DC-lader. Het kantelpunt ligt nu ongeveer bij 44 kW AC versus 50 kW DC. Het is echter een keuze met grote consequenties.
- **Optimaal gebruik van laadinfrastructuur** om kosten te spreiden is lastig door het ontbreken van 'smart charging'. Smart charging heeft overigens alleen toegevoegde waarde wanneer het voertuig langere tijd heeft om aan de lader aangesloten te staan zodat je kunt spelen met het laadvermogen (bijvoorbeeld 's nachts).
- **Toepassen van een pantograaf in plaats van een stekker** (op het voertuig of op de laadinfrastructuur): makkelijk qua gebruik maar is relatief duur en neemt veel ruimte in. Daarnaast zijn in het geval van zware goederenvoertuigen, voertuigbouwers huiverig om dergelijke hoge vermogens rond de cabine te laten gaan. Bij pantografen die zijn bevestigd aan de laadinfrastructuur is er een draadloze verbinding nodig om hen te bedienen wat het systeem minder robuust maakt. Daarnaast is de ervaring dat de pantografen snel beschadigen.

- **Batterij vervangen** ('battery swap'): door de huidige prijs per kWh is de investering momenteel te hoog om een tweede batterij aan te schaffen. Verder kost het wisselen van een batterij extra tijd en kan de batterij beschadigd raken. Het zou daarom geautomatiseerd moeten gebeuren wat weer een extra investering met zich meebrengt.
- **Inductie**: de inductietechnologie is nog niet ver genoeg ontwikkeld. Ondanks efficiëntieverlies is de laadtechniek interessant omdat ze eenvoudig in het gebruik is: er zijn immers geen handelingen van chauffeurs nodig. Om een inductiesysteem te realiseren met een hoge efficiency (> 95%) zijn nu nog hoge kosten gemoeid. Tot op heden wordt alleen in een laboratoriumopstelling een dergelijke efficiency gehaald. Bovendien zullen veiligheidsaspecten in verband met straling goed onderzocht moeten worden wanneer er met hoge vermogens geladen gaat worden.
- **Het opschalen van het aantal elektrische voertuigen op een depot** brengt soms problemen met het lokale net aan het licht. Dat vraagt dan 'smart charging' om pieken te verspreiden, of een nieuwe transformator wat tijd en geld kost of om nieuwe ZE voertuigen op een ander depot te plaatsen. Een zwaardere aansluiting kan volgens netbeheerders wel gerealiseerd worden, maar het kost tijd. Hierdoor moet er vaak driekwart tot een jaar van tevoren afspraken worden gemaakt, mits er nog geen (midden spanning) aansluiting in de buurt is. Is deze er al wel, dan is de doorlooptijd voor een nieuwe aansluiting bij de netbeheerder meestal 18 weken vanaf aanvraag.

Voor de logistieke sector zijn er met betrekking tot tussenlaadoplossingen - in de publieke ruimte of bij stops - verschillende uitdagingen:

- In dichtbevolkt gebied is grond schaars en het installeren van een laadpaal daardoor relatief duur. Ook kan er simpelweg geen plaats zijn (bijv. rond stations en bij winkelgebieden).
- In minder dichtbevolkt gebied zijn de kosten voor een hoogvermogen aansluiting vaak hoger.
- In geval van vaste routes kan er mogelijk een laadpaal worden geïnstalleerd bij de klant. Met een gemiddelde lostijd van 15-30 minuten moet dit wel een snellader zijn. Dit is echter een hoge investering voor een enkele stop (zie paragraaf 3.3), vooral als er maar een beperkt aantal voertuigen gebruik van maakt. Daarnaast is het de vraag wie deze investering doet en is een aansluiting niet bij alle leverpunten mogelijk door een te laag ampèrage. Bovendien kunnen klanten snel veranderen.
- Bij gedeelde laadinfrastructuur op laadpleinen met gebruikers uit verschillende sectoren (bijv. bus, goederenvoertuig en taxi) is het risico van op elkaar moeten wachten aanwezig. Momenteel zijn met name busmaatschappijen hier nog huiverig voor vanwege de strakke schema's.

2.2.3 Kansen en aanbevelingen

Op basis van deze uitdagingen zijn er ook opportuniteiten voor voertuigbouwers, gemeenten, operatoren van ZE vloten en leveranciers van laadinfrastructuur.

Een grote verbetering bij laadtechnologie is 'smart charging'. De tijd dat een voertuig stilstaat is mogelijk langer dan dat deze nodig heeft om te laden en hiermee zou de laadsnelheid afgestemd kunnen worden op de vertrektijd van het voertuig. Ook laat dit toe om elektriciteitsvraag meer te spreiden.

Op depots is geautomatiseerd contact-laden, of in de verdere toekomst, inductie interessant omdat het minder onderhoud en handelingen vergt. Bij geautomatiseerd contact-laden komt er onder het voertuig een groot contact omhoog uit de bodem wanneer het voertuig stilstaat. In een dergelijk systeem is het contactoppervlak van metaal op metaal veel minder een beperkende factor dan in een stekker. Hierdoor kan veel eenvoudiger en met minder koeling toch met enorme vermogens (>1 MW) efficiënt geladen worden. Bovendien kan er minder kapot gaan.

Een geïntegreerd laadsysteem met monitoring van zowel vrachtwagens als laadpalen zou een goede ontwikkeling zijn. Een logistieke dienstverlener gaf daarnaast aan dat als er een foutmelding optreedt tijdens het laden, er iemand moet gaan kijken. Met een geïntegreerd systeem dat op afstand bediend kan worden, kunnen laadpalen én vrachtwagens gereset worden. Dit kan momenteel enkel voor de laadpalen en niet voor vrachtwagens, waardoor dit handmatig gedaan moet worden. Monitoring is ook belangrijk om diagnoses te stellen als er iets misgaat. Bovendien zouden voertuigproducenten een 'turnkey' systeem kunnen aanbieden, inclusief advies voor laadstrategieën (van maak- naar databased diensten).

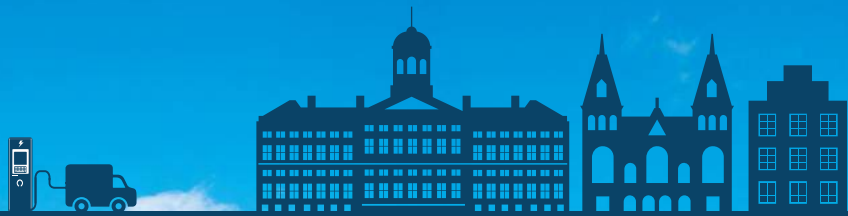
De prijs van batterijtechnologie gaat snel omlaag. Een TCO wordt nog interessanter als een afgeschreven batterij als opslag gebruikt kan worden. Kosten kunnen meer gespreid worden door het gebruik van zonnepanelen op het depot en het opslaan van energie in batterijen. Een andere optie is om een grotendeels afgeschreven batterij in een andere sector te gebruiken waar minder km worden gereden.

Om kosten te spreiden is het delen van laadinfrastructuur interessant. In de publieke ruimte zou dit door middel van een online reserveringssysteem kunnen gebeuren. Goederenvoertuigen zouden bijvoorbeeld 's nachts bij bushaltes kunnen laden. Het delen van de voertuigen zelf is ook interessant. Een logistieke dienstverlener gaf bijvoorbeeld aan dat voertuigen overdag gebruikt worden, maar 's nachts een aantal uur op een terminal containers zouden kunnen verplaatsen.

Om private aanbieders zoals Fastned en Pitpoint geschikt te maken voor zwaardere vrachtverkeer zijn aanpassingen nodig. Dit betreft vooral aangepaste aansluitingen (minimaal 150 kW), hogere stations voor vrachtwagens en een juiste verspreiding van laadinfrastructuur voor de logistieke sector.

Tot slot is er vanuit de interviews nog een aantal suggesties met betrekking tot beleid gedaan:

- Naast het bevorderen van elektrisch goederenvervoer op de 'last mile', zou een focus op hinterland transport (incl. de 'first mile') de ontwikkeling van elektrische vrachtwagens door OEM's kunnen stimuleren.
- Een toename van het aantal elektrische voertuigen draagt er verder aan bij dat een break-even point van laadinfrastructuur eerder bereikt wordt.
- De overheid kan helpen met snelle en goede procedures; hoe te faciliteren bij een aanvraag met betrekking tot het netwerk (kortere aanvraagtijd vergunning en plaatsing laadpaal).
- Met het oog op de verdere verwachte groei van B2C-leveringen en kleinere bestellingen is het raadzaam om laadpalen in woonwijken voor bestelwagens niet over het hoofd te zien.
- Elektrisch goederenvervoer in steden kan in de komende jaren extra gestimuleerd worden door bij publieke laadpalen te zorgen voor een goede en constante kWh-prijs.



3 LOGISTIEKE PROFIELEN, VOERTUIGEN & BATTERIJEN EN LAADINFRA

3.1 Logistieke profielen en -eisen

De logistieke kenmerken van de verschillende ritten die logistieke dienstverleners maken, bepalen voor een belangrijk deel de mogelijkheden en uitdagingen voor de inzet van elektrische voertuigen. In de binnensteden vinden veel verschillende logistieke activiteiten plaats, met even zoveel verschillende kenmerken. De logistieke verschillen komen onder andere tot uitdrukking in voertuigkeuze, het aantal kilometers per rit en het aantal ritten op een dag of het aantal stops en de duur van de stops.

De achterliggende oorzaken voor de verschillen zijn:

- **Het karakter van de sector:** bijvoorbeeld de inzet van geconditioneerde voertuigen voor foodservices of speciale voertuigen voor afvalinzameling;
- **De aanleiding voor de logistiek:** betreft het een levering (groot/klein) of een service of reparatie/installatie?
- **Het netwerk:** wordt een lokaal netwerk gebruikt met korte aanrij kilometers of wordt er een regionaal/nationaal netwerk gebruikt met langere aanrijtijden?

In dit onderzoek is een analyse uitgevoerd van de kenmerken van logistieke activiteiten en sectoren die plaatsvinden in de binnenstad. De focus ligt daarbij vooral op de logistieke kenmerken die een bepalende factor zijn in de transitie naar elektrisch vervoer. Voor de analyse zijn de volgende informatiebehoeften op het vlak van de logistieke profielen en eisen:

- **Samenstelling van de sectoren:** binnen de sectoren worden activiteiten met een vergelijkbaar logistiek profiel (en logistieke eisen) samengevoegd. Deze sectorindeling maakt het vervolgens mogelijk om een gezamenlijke analyse te maken van de logistieke eisen voor elektrificatie van de logistiek;
- **Analyse van de logistieke eisen ten behoeve van elektrificatie:** ritgegevens uit de praktijk zijn verzameld door rit data en interviews/enquêtes onder logistieke dienstverleners. Op basis van deze data zijn de specifieke eisen voor iedere sector in kaart gedefinieerd. Uitgangspunt is dat de logistieke vorm, zoals die met (diesel-) verbrandingsmotoren wordt uitgevoerd, niet verandert door de inzet van elektrische voertuigen. De keuze voor het voertuigtype (omvang), aantal stops per rit en ritkilometers blijft dus gelijk;
- **Inventarisatie van mogelijke batterijlaadmomenten:** een essentiële vraag bij de transitie naar elektrisch vervoer in de logistiek is: Waar en wanneer kan de batterij worden opgeladen? Het moment en de locatie voor het laden bepaalt in grote mate de benodigde investeringen (in batterijcapaciteit en in laadfaciliteiten), de energiekosten en de planning van ritten en voertuigen. Er wordt een inventarisatie gemaakt van mogelijke momenten (en plaatsen) waarop de batterijen kunnen worden bijgeladen. Deze inventarisatie wordt toegepast in het model, om de optimale batterijlaadstrategie te kunnen bepalen.

3.1.1 Sectoren

De activiteiten van logistieke dienstverleners met vergelijkbare kenmerken worden samengevoegd tot een 'sector'. Deze sector indeling maakt het mogelijk om een gezamenlijke analyse te maken van de (logistieke) eisen voor het laadnetwerk. Uitgangspunt voor deze indeling zijn de sectoren, globale kenmerken van zending, de inzet van voertuigtypes en de (globale) specificaties van een rit. Er wordt een onderscheid gemaakt in acht logistieke sectoren: afval, bouwlogistiek, facilitair, horeca, post/pakket/expressie, retail food, retail non-food en servicelogistiek.

Type voertuig

In iedere sector worden verschillende type voertuigen ingezet. Zware voertuigen (kleine en grote bakwagens van minder dan 20 ton en trekker-opleggers van minder dan 40 ton) worden ingezet voor de grote leveringen aan onder andere horeca en retail en leveringen binnen de bouwsector en afvalinzameling. De bestelwagens worden ingezet voor kleine leveringen in sectoren als post en pakket, service, facilitair en bouwlogistiek.

In de transitie naar elektrisch rijden speelt de voertuigkeuze een belangrijke rol. In de eerste plaats hebben de zware voertuigen een veel hogere energiebehoefte. Daarvoor is meer batterijcapaciteit nodig of de voertuigen moeten vaker de batterij bijladen. Op dit moment is ook het aanbod van zware voertuigen beperkt. Lichte voertuigen zijn op de markt reeds beschikbaar. De verwachting is dat de transitie van deze voertuigen eenvoudiger is, omdat de energiebehoefte van de voertuigen lager is (zie paragraaf 3.3).

Ritkenmerken

Een belangrijk logistiek kenmerk is het type rit. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen punt-punt ritten ('full truckload') en milk runs ('less than truckload'): Punt-punt ritten vinden plaats tussen twee locaties. Deze ritten zie je vooral bij leveringen met volle vrachtwagens, of wanneer de chauffeur langdurig op de bestemming verblijft (denk aan service monteurs of in de bouw).

Figuur 3.1 t/m 3.3
Illustratie van verschillende ritkenmerken punt-punt en milk run.



Bij milk runs wordt een vaste route gereden, waarbij stops bij meerdere adressen worden gepland. De milk run komt voor in bijna alle sectoren en sectoren (horeca, retail, service-logistiek, post & pakket). Een belangrijk onderscheid bestaat tussen de ritten naar vaste adressen (bijvoorbeeld bij bevoorrading van winkels) of ritten volgens een vaste route (bijvoorbeeld post & pakket of services). De ritten naar de vaste adressen zijn meer betrouwbaar en er kan gebruik worden gemaakt van de faciliteiten ter plaatse, bijvoorbeeld een batterijlaadpunt.

Een tweede kenmerk is de ritlengte. Dit is vooral vanuit het perspectief van elektrificatie van de logistiek een belangrijk aspect. Bij langere ritten is de kans groot dat er tijdens de rit geladen moet worden. Dit kan leiden tot extra kosten vanwege wachttijden of omrijden. Het vormt daarnaast een extra uitdaging voor de planner om de extra kosten te minimaliseren. De ritlengte is minder sector specifiek, maar vooral gebonden aan de geografische schaal van de rit. Lokale en regionale ritten zijn doorgaans kort vanwege de beperkte aan- en afrijkilometers (20-120 km), terwijl nationale ritten tot meer dan twee keer zo lang kunnen zijn. Lokale, regionale of nationale ritten komen in bijna alle sectoren voor.

Kenmerken levering









De leveringen worden gekenmerkt door de omvang van de leveringen (aantal items), het aantal leveringen dat tijdens een rit wordt gepland en de duur van de stops. De omvang van de leveringen en het aantal leveringen per rit is gerelateerd aan het voertuig. Immers, bij de voertuigkeuze vindt de optimalisatie plaats op basis van het totale volume dat per rit wordt gepland (omvang levering) en het aantal leveringen dat gedaan kan worden. Voor dat laatste is de stopduur van belang. In de sector post & pakket worden de leveringen zo snel mogelijk uitgevoerd (stop & go). De chauffeur kan dan ook een groot aantal leveringen per rit doen. Bij grote leveringen aan de horeca of in de non-food worden vaak meerdere rolcontainers geleverd. Deze stops zijn relatief kort (minder dan 30 minuten). De langere stops (meer dan 30 minuten) zie je vooral bij de grote leveringen met volledige vrachtwagens (retail food) en ook wanneer extra services nodig zijn (bijvoorbeeld monteurs). Voor de transitie naar elektrisch vervoer is de duur van de stop een belangrijk kenmerk, omdat een langere stopduur de mogelijkheid zou bieden om tijdens de stop de batterij bij te laden. Zo kunnen wachttijden en omrijkilometers worden vermeden.

3.1.2 Logistieke eisen ten behoeve van elektrificatie

Binnen ieder sector gelden specifieke logistieke eisen: de belangrijke factoren waaraan een rit moet voldoen om aan de eisen van de klant en van de logistiek dienstverlener tegemoet te komen. Denk hierbij aan het benodigde serviceniveau van de logistieke dienst en kosten-efficiëntie van de operatie. Op basis van beschikbare rit data, en interviews en enquêtes met logistiek dienstverleners zijn de logistieke eisen per sector geïnventariseerd. De bijlage bij 3.1 geeft een volledig overzicht van de logistieke kenmerken voor de verschillende logistieke activiteiten.

Onderstaande tabel 3.4 geeft daarnaast een volledig overzicht van de logistieke eisen per sector.

Tabel 3.4
 Specifieke eisen in relatie tot uitdagingen voor elektrisch vervoer.

	LOGISTIEKE EISEN	UITDAGINGEN ELEKTRISCH VERVOER
	Inzet specialistische, grote, voertuigen met grote energiebehoefte. Korte ritten met hoge dropdichtheid en korte stops. Voertuig voert meerdere ritten per dag uit.	Beschikbaarheid van grote voertuigen is beperkt. Kennis en ervaring van investeringen in voertuigen en accu's en TCO is beperkt. Laadinfrastructuur is nodig op depots. Onzekerheden bij batterijcapaciteit en laadsnelheden bij het uitvoeren van meerdere ritten op een dag.
	Inzet van grote, zware, voertuigen voor transport-bouwmaterialen met grote energiebehoefte. Inzet van bestelwagens voor aannemers en installatiebedrijven. Lange stopduur en beperkt aantal stops/ritten per dag. Aanrijkilometers zowel nationaal als regionaal/lokaal.	Voertuigen voor zwaar vervoer nog niet voldoende beschikbaar. Laadfaciliteiten voor zware voertuigen op depot en op bouwlocatie. Laadfaciliteiten voor bestelwagens op thuislocatie en op bouwlocaties.
	Inzet grote geconditioneerde voertuigen. Grote actieradius vereist bij regionaal vervoer. Korte stops (<30 minuten) bij leveringen.	Beschikbaarheid van grote voertuigen. Kennis en ervaring van investeringen in voertuigen en accu's en TCO is beperkt. Tussentijds opladen lijkt noodzakelijk vanwege de hoge energiebehoefte (voertuigtype en ritafstand). Stopduur is beperkt voor het opladen tijdens de stops. Extra kosten bij gebruik van openbare laadfaciliteiten door omrijden en (extra) pauzes.
	Inzet bestelwagens en lichte vrachtwagens. Korte ritten met hoge dropdichtheid en meerdere ritten per dag. Veel vaste routes en leveringen op incidentele adressen. Nationale distributieritten met een grote actieradius (200-300km). Stop&go voor post&pakket. Thuisbezorging korte stop (<30 minuten).	Batterijlaadsnelheid bij meerdere ritten op een dag. Extra kosten voor tussentijds batterijladen bij gebruik van openbare laadfaciliteiten, door omrijden en (extra) pauzes bij langere ritten.
	Inzet grote geconditioneerde voertuigen. Grote zendingen, maar naar een beperkt aantal adressen per rit. Voertuig kan meerdere ritten per dag uitvoeren.	Beschikbaarheid van grote voertuigen is beperkt. Kennis en ervaring van investeringen in voertuigen en accu's en TCO is beperkt. Tussentijds opladen lijkt noodzakelijk vanwege de hoge energiebehoefte (voertuigtype en ritafstand). Laadinfrastructuur lijkt noodzakelijk op leveringsadressen.
	Inzet grote voertuigen. Veel nationale distributieritten. Grote actieradius vereist bij nationaal vervoer (200-300 km). Grote zendingen, maar naar een beperkt aantal adressen per rit. Lange stops (> 30 minuten).	Beschikbaarheid van grote voertuigen is beperkt. Kennis en ervaring van investeringen in voertuigen en accu's en TCO is beperkt. Tussentijds opladen lijkt noodzakelijk vanwege de hoge energiebehoefte (voertuigtype en ritafstand). Laadinfrastructuur lijkt noodzakelijk op leveringsadressen.
 	Inzet grote en kleine bestelwagens. Voertuigen met veel apparatuur hebben hoge belading en hoge energiebehoefte. Lange ritafstanden en lange ritduur. Veel stops op kantoorlocaties, maar ook op incidentele adressen.	Batterijlaadmomenten inplannen met werkzaamheden (bij voorkeur tijdens stops/werkzaamheden). Laadinfrastructuur lijkt noodzakelijk op leveringsadressen (Kantoorlocaties).

3.1.3 Inventarisatie van batterijlaadmomenten

De logistieke planning is erop gericht om de rit zo efficiënt mogelijk uit te voeren. Voor elektrisch vervoer is het van belang dat het bijladen van de batterij zo efficiënt mogelijk wordt ingepland. Daarvoor moet extra wachttijd voor de chauffeurs en omrijkilometers naar een batterijlaadpunt worden geminimaliseerd. Vanuit logistiek perspectief vindt het opladen van de batterijen plaats op het depot/DC of gedurende de stops. Dit zal niet voor alle ritten mogelijk zijn, denk bijvoorbeeld aan lange ritten met relatief korte stops. In dat geval zal een chauffeur tussentijds moeten bijladen, bijvoorbeeld op een (publieke) batterijlaadplaats. Het rekenmodel dat in dit onderzoek wordt ingezet (zie hoofdstuk 4), berekent een optimaal batterijpakket (vermogen) in combinatie met de batterijlaadstrategie op basis van minimale kosten. Uitgangspunt in het model is dat het bijladen van de batterij kan plaatsvinden op vier locaties, namelijk het depot/DC, in woonwijken/woonlocatie van eigenaren of gebruikers van zakelijke voertuigen, tijdens stops en op publieke batterijlaadplaats.

Uit de analyse van de sectoren en de specifieke logistieke eisen blijkt dat deze opties voor het bijladen van de batterij niet voor iedere sector geschikt zijn. Vooral het bijladen tijdens de stops wordt beperkt. In de eerste plaats kan de duur van de stops te kort zijn om efficiënt bij te kunnen laden. Daarnaast zijn voor de grote voertuigen batterijlaadpunten nodig met een groter vermogen. Deze zullen vooral bij de leveringen aan incidentele adressen (bijvoorbeeld in de sector bouwlogistiek) of leveringen aan huis niet beschikbaar zijn. In de bijlage bij 4.1 is deze inventarisatie vertaald naar het aantal laadmomenten per locatie en sector.

3.2 Van ruimtelijke weerslag ritpatronen naar logistieke hotspots

De ritprofielen van stedelijke distributie kennen een ruimtelijke weerslag. Van hieruit beredeneerd, vallen er een aantal algemene logische locaties aan te wijzen waar verwacht kan worden dat hier de vraag naar laadinfrastructuur gaat toenemen bij elektrificatie van de wagenparken. In deze paragraaf wordt allereerst ingegaan op de ruimtelijke weerslag ritprofielen. Vervolgens worden de logische locaties ofwel 'hotspots' nader toegelicht.

De meeste ritten vertrekken vanaf een thuisbasis (of depot), vanuit de logistieke dienstverlener, groothandel of het DC. Deze zijn veelal gelegen zijn op bedrijventerreinen. De bestemmingslocaties variëren van supermarkten en openbare loslocaties van waaruit horeca en retail in de binnenstad beleverd wordt, tot bouwsites, grote kantoren en woonwijken en het omliggende gebied. De meest logische punten om de batterij bij te laden zijn op de thuisbasis of op de bestemming. Op deze locaties kan het opladen van de batterij kosten efficiënt plaatsvinden, zonder extra kosten voor wachttijden of omrijden. Een derde mogelijkheid is het bijladen van de batterij op openbare locaties langs aanrijroutes.

Uit de analyse van paragraaf 3.1 blijkt dat er in hoofdlijn vier type locaties zijn, waar men een substantiële toename van de vraag aan laadinfrastructuur voorziet. Deze hotspots zijn:

- 1 Op de thuisbasis van de vervoerder.
- 2 Langs de hoofdroute naar de regio Amsterdam.
- 3 Bij losadressen/bestemmingslocaties.
- 4 In woonwijken/woonlocatie van eigenaren of gebruikers van zakelijke voertuigen voor stedelijke distributie.

Aandachtspunt: Hoewel de vertrek- en loslocaties kansen bieden voor elektrisch opladen, zijn er een aantal knelpunten waardoor elektrische voertuigen niet zondermeer ingezet kunnen worden. De huidige ritprofielen zijn gebaseerd op dieselmotoren. Bij inzet van elektrische voertuigen moeten de geplande ritafstanden haalbaar zijn met het voertuig en beschikbare batterijcapaciteit. Daarnaast kan de noodzaak van extra tussentijdsopladen extra pauzetime en omrijd-kilometers kan zorgen, wat kan leiden tot hogere logistieke kosten. De conclusie is dat elektrisch rijden kan leiden tot andere keuzes voor logistieke optimalisatie, waardoor andere ritprofielen kunnen ontstaan (verkorten van ritten, minder/meer leveringen per rit e.d.).

De onderstaande tabel 3.5 biedt een samenvatting van de belangrijkste kenmerken van de vier type hotspots en de potentiële laadstrategie. Daarna volgt een uitgebreidere omschrijving van deze algemene locaties.

Tabel 3.5
Kenmerken van de algemene locaties voor laadvraag.

CATEGORIE		KENMERKEN	VERWACHTINGEN TOEKOMSTIGE LAADPATRONEN
Hub/depot: Thuisbasis op bedrijventerrein	Logistieke bedrijventerreinen. DC's in de MRA.	Goed ontsloten terreinen met handel, logistiek/DC's langs ring A10. DC's verspreid in MRA regio. Relatief grote volumes tussen binnenstad en terreinen. Concentraties langs snelwegen in noord-west en zuid-west Amsterdam. Grote volumes transportstromen van DC's naar binnenstad.	's Nachts opladen op thuisbasis (privaat). Overdag kort bijladen op thuisbasis (privaat).
Publieke laadpalen: Langs hoofdroute naar de regio	Tankstations. Verzorgingsplaatsen (openbaar/privaat) LOP's.	Laadlocatie voor langere afstandsritten. Bijvoorbeeld vanuit bouwsector/productieplants of (inter)nationale DC's.	Overdag kort (snel)laden op bezoekadres (privaat/publiek). Overdag kort snelladen (publiek). Voor grotere voertuigen zwaardere laadpalen nodig.
Bij klant: Los-/bestem- mingslocaties binnenstad	Openbare los-locaties horeca- en winkelconcentraties. Supermarkten en grote kantoren. Bouwlocaties.	In de binnenstad zijn horeca- en winkelconcentraties, deze zouden vanaf een openbare los-locatie kunnen worden beleverd. Grotere supermarkten (met een laaddoc) bieden elektrische vrachtwagens een kans om tijdens de lostijd op te laden. Grote kantoorlocaties met 500+ bieden ruimte voor laadpleinen voor eigen wagenpark en bezoekers (pakketdiensten, bestelwagens, monteurs). Tijdelijke bouwlocaties komen voor verspreid over de gehele binnenstad. Elektrische bouwvoertuigen kunnen hier opladen in de bezoekerperiode.	Overdag bijladen tijdens los/bezoektijd op bestemmingslocatie (privaat/publiek). Voorwaarde: bedrijven moeten bereid zijn hun ritprofiel hierop aan te passen, dit kan een belemmering vormen.
Thuis: in Woonwijken		Binnen sectoren zoals de pakketdiensten en de bouw en onderhoud, zijn medewerkers of ZZP'ers actief die de dienstwagen in de eigen woonwijk parkeren. Woonwijken zijn bestemmingslocaties voor servicediensten, monteurs en pakketbezorgers.	's Nachts (lang) laden. Overdag kort bijladen.

In de bijlage bij 3.2 is een verdere uitdieping weergegeven van bovenstaande tabel, waarin ook de logistieke hotspots zijn weergegeven.

3.3 Voertuigen en batterijen

Het grote verschil in kosten tussen elektrische en conventionele voertuigen is dat de aanschaf van een elektrisch voertuig (EV) duurder is, maar dat de operationele kosten per kilometer lager zijn. Er is echter ook variatie in de TCO van EV's onderling. Afhankelijk van het logistieke sector en het ritprofiel, zijn er verschillende opties voor het voertuig en het batterijpakket. Een monteur in de bouwsector met relatief korte afstanden en weinig stops per dag kan bijvoorbeeld kiezen voor een kleine bestelwagen met een 30 kWh batterij, waarbij 's nachts laden voldoende is. Een pakketbezorger met meer dagelijkse ritkilometers kan qua ruimte met eenzelfde bestelwagen rijden, maar heeft een 50 kWh batterij nodig omdat de afstand langer is én er mogelijk geen of beperkte tijd is om onderweg de batterij (snel) te kunnen bijladen. Deze sectie geeft een overzicht van de kosten van verschillende elektrische goederenvoertuigen in combinatie met verschillende batterijpakketten, inclusief prognoses tot 2030. De gekozen voertuigen zijn onderverdeeld volgens de categorisering voor goederenvoertuigen zoals vastgesteld in 'Richtlijn 2007/46/EG' van de Europese Unie:

- **Categorie N1:** voor het vervoer van goederen ontworpen en gebouwde voertuigen met een maximummassa van ten hoogste 3,5 ton. Gekozen voertuigen: een kleine, twee middelgrote en een grote bestelwagen.
- **Categorie N2:** voor het vervoer van goederen ontworpen en gebouwde voertuigen met een maximummassa van meer dan 3,5 ton, doch niet meer dan 12 ton. Gekozen voertuig: een 12-tons bakwagen.
- **Categorie N3:** voor het vervoer van goederen ontworpen en gebouwde voertuigen met een maximummassa van meer dan 12 ton. Gekozen voertuigen: Een 19-tons bakwagen en 37-tons trekker-oplegger.

Per voertuig kan er worden gekozen uit verschillende batterijpakketten. De aanname is dat autofabrikanten in toenemende mate een grotere range aanbieden. De enige beperking hier is dat het maximum voertuiggewicht (GVW) niet wordt overschreden door een groter batterijpakket. Een Renault Kangoo wordt momenteel verkocht met een 33 kWh batterij. In de toekomst wordt dit voertuig mogelijk aangeboden met een 30, 40 of zelfs een 50 kWh batterij. Anno 2019 worden elektrische voertuigen in de N1-categorie in een sterk toenemende mate geproduceerd. In de N2- en N3-categorie is er echter vaak nog sprake van ombouw van conventionele voertuigen waardoor de kosten van een batterij-variant relatief hoog zijn. Er is immers een aankoopkost van een conventioneel voertuig + de aankoop van een batterij + EV specifieke onderdelen + personeelskosten voor de ombouw. Daarnaast is het moeilijk om op deze wijze grote schaalvoordelen te bereiken. De productie van verschillende types elektrische vrachtwagens werd vanaf 2017 aangekondigd maar vaak werd dit gevolgd door uitstel of werd slechts een prototype gepresenteerd. Vanaf 2019 zou Tesla de Semi gaan produceren en leveren DAF en VDL op korte termijn prototypes voor de 19-tons (LF Electric) en 37-tons (CF Electric) vrachtwagens.

Voor de analyse van de kosten worden de batterij en het voertuig losgekoppeld. Dit komt allereerst omdat per voertuig verschillende batterijpakketten kunnen worden gekozen. Daarnaast is de afschrijving van batterij en voertuig verschillend. Terwijl een voertuig in jaren wordt afgeschreven, gebeurt dit voor de batterij in laadcycli. Na intensief gebruik kan een batterij immers vervangen worden. Indien de batterij na afloop van de afschrijvingsperiode van het voertuig nog gebruikt kan worden, dan heeft deze een substantiële restwaarde.

3.3.1 Batterij

De maximale omvang van een batterij (in kWh) in een bepaald voertuig wordt in hoofdzaak begrensd door het maximale toegestane gewicht en in mindere mate door het ingenomen volume. Ook geldt dat hoe groter de batterij is, des te lager het ladinggewicht c.q. lading-volume kan zijn. Dit geldt met name voor de N1- en N2-categorie voertuigen.

Een hoger totaalgewicht door een grotere batterij heeft ook impact op het verbruik. Per jaar is een vaste prijs per kWh voor de aanschaf van de batterij aangehouden. Deze ligt in 2018, het basisjaar, op € 288,- en daalt tot € 121,- in 2030 (gemiddelde waarde op basis van verschillende bronnen (TNO, 2018)). De batterijprijs wordt daarom vooralsnog bepaald door de prijs per kWh in een bepaald jaar vermenigvuldigd met het totale aantal kWh. De benodigde (elektrische) onderdelen in het voertuig die die voor het gebruik van de batterij noodzakelijk zijn, maken deel uit van de voertuigprijs.

Het verbruik van het voertuig is uitgedrukt in kWh/km met een verwachte efficiëntiewinst tot 2030. Op basis hiervan kan de maximale actieradius worden bepaald. Een efficiëntiewinst van 0,5% per jaar is aangenomen voor de batterijen. Dit komt doordat ofwel de energiedichtheid (kWh/kg) hoger wordt en/of het voertuig lichter wordt waardoor met eenzelfde batterij verder gereden kan worden (gemiddelde aanname op basis van verschillende bronnen: Fischer et al., 2009; Krause et al. 2016; Liimatainen et al. 2019). Het verbruik van een voertuig in combinatie met de omvang van de batterij bepaalt de actieradius. Voor een kleine bestelwagen met een batterij van 33 kWh en verbruik van 0,229 kWh/km betekent dit dat de actieradius in theorie 144 km is. De actieradius is echter in de praktijk korter door de volgende factoren:

- De maximale actieradius zoals weergegeven gaat uit van het leeggewicht van een voertuig en goede rijomstandigheden zoals het weer. Idealiter wordt de gemiddelde laadcapaciteit meegenomen. Temperatuur heeft ook invloed op actieradius, zowel koeling als verwarming gaat ten koste van de actieradius. Door het ontbreken van voldoende gevalideerde data op dit gebied wordt er in de berekeningen van het leeggewicht uitgegaan.
- Fabrikanten zijn niet altijd eenduidig of duidelijk op het punt of de aangegeven omvang de daadwerkelijke omvang of nettowaarde is.
- Een batterij wordt nooit voor 100% benut (Depth of Discharge; DoD). Om een maximale levensduur te hebben, wordt deze niet tot minder dan 20% van de restcapaciteit (State of charge; SoC of dus 80% DoD) gebruikt.
- Vooral in geval van snelladen wordt een batterij niet volledig bijgeladen, maar slechts tot 80 à 90% (Schücking et al., 2017), waardoor er netto een DoD van 70% overblijft.

De levensduur van de batterij wordt uitgedrukt in aantal laadcycli; "Many battery cell manufacturers state a ten-year lifetime based on calendar life and at least 3000 full charge and discharge cycles before reaching their end of life at 80% capacity (Azadfar et al., 2015; Kley, 2011). For the presented charging strategies and the associated DoD per trip, neglecting effects due to fast charging or different SoC levels regarding the cell chemistry, which goes beyond the scope of this work, the estimated cycle life of 3000 cycles varies from 4.2 to 11.1 years." (Schücking et al., 2017).

In het basisjaar, 2018, wordt er uitgegaan van een gemiddelde levensduur van een batterij van 3000 laadcycli. Een volle laadcyclus is in geval van regulier laden dan gelijk aan 80% DoD (SoC range 20-100%) en in het geval van snelladen aan 70% DoD (SoC range 20-90%). In dit laatste geval betekent dit dat wanneer er op een dag drie keer kort snel geladen wordt van steeds 50 tot 60% capaciteit, dit ongeveer 4/10 laadcyclus is. Een laadcyclus is nooit meer dan 80% van de capaciteit. Indien een batterij steeds wordt opgebruikt tot een DoD van 10%, neemt de levensduur in aantal laadcycli snel af.

De afschrijvingskosten worden bepaald door de omvang van de batterij in kWh, de kosten per kWh in het jaar dat de batterij is gekocht (€288,-/kWh in 2018), de levensduur van de batterij in laadcycli (3000 in 2018), de DoD en het jaarkilometrage. De restwaarde wordt bepaald door het aantal ritkilometers dat de batterij nog gebruikt kan worden nadat het voertuig na 8 jaar is afgeschreven.

3.3.2 Voertuigen

De basisprijs van ieder voertuig bestaat uit het rollend chassis en 'EV specifieke componenten' welke de installatie en het gebruik van een batterij mogelijk maken. De prijs van batterijen daalt tot 2030 en dit is naar verwachting ook het geval voor de 'EV specifieke onderdelen' (zie Connekt, 2018). De afschrijving van het voertuig wordt ingeschat op 8 jaar waarna er een restwaarde van 19% overblijft. Op de basisprijs van een voertuig wordt een inflatie van 2% per jaar toegepast. De operationele kosten bestaan allereerst uit energiekosten. Deze zijn afhankelijk van de gereden kilometers in combinatie met de laadlocatie en (prijs van) laadinfrastructuur. Kosten voor de verzekering en (toekomstige) belasting worden samen ingeschat op 3,5% van de totaalprijs van het voertuig met batterij (Bubeck et al., 2016). Onderhoudskosten voor EV's liggen significant lager dan voor conventionele voertuigen. Voor bestelwagens zijn deze ingeschat op € 0,02/km (Lebeau, 2016) en voor een trekker-oplegger (37t) op € 0,10/km (Meszler et al., 2015). Voor bakwagens zijn deze kosten lineair ingeschat op basis van deze uitersten. De gekozen goederenvoertuigen, zoals weergegeven in onderstaande tabel 3.6, dekken de verschillende logistieke sectoren.

Tabel 3.6
Overzicht voertuigen met
belangrijkste aannames in
TCO.

	VOERTUIG	VERBRUIK	BATTERIJ- PAKKETTEN	BASISPRIJS VOERTUIG 2018 ~(€)	ONDERHOUDS KOSTEN (€/KM)
N1	Kleine bestelwagen	0,229	30, 40, 50	18.500	0,0215
	Middel bestelwagen	0,298	30, 40, 50	20.000	0,0215
	Middel bestelwagen luxe	0,298	40, 50	30.000	0,0215
	Grote bestelwagen	0,370	41, 55	40.000	0,0215
N2	Kleine bakwagen (12t)	0,769	80, 120, 160	165.000	0,0321
N3	Grote bakwagen (19t)	0,909	120, 200, 240	190.000	0,0643
	Trekker-oplegger (37t)	1,75	170, 240, 320	250.000	0,0974

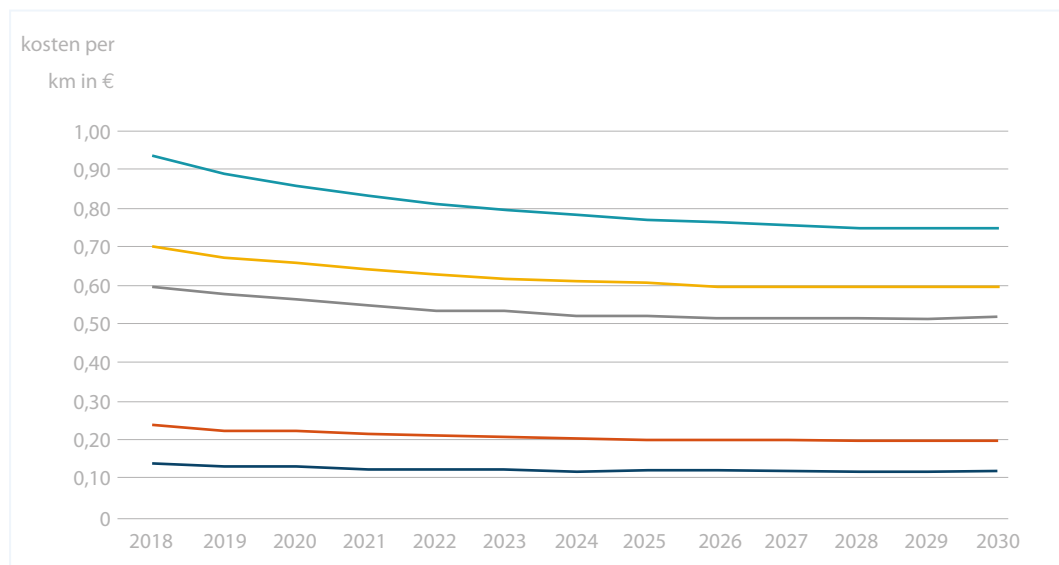
3.3.3 TCO - Voertuig en batterij

In sectie 4.3 worden de kosten van het voertuig en de batterij gecombineerd met de kosten van de laadinfrastructuur en elektriciteit (zie sectie 3.4). Hiermee wordt een TCO analyse gedaan, waarin op verschillende parameters een gevoeligheidsanalyse wordt uitgevoerd. De kosten worden over de afschrijvingsperiode, per jaar en per km gegeven. De onderdelen van deze TCO zijn als volgt:

- **Afschrijving voertuig:** basisprijs voertuig, aangekocht in een bepaald jaar, exclusief batterij, verminderd met de restwaarde na de afschrijvingsperiode.
- **Afschrijving batterij:** deze hangt allereerst af van de omvang in kWh en het aanschafjaar. Over de jaren is er een aanzienlijke verbetering in factoren die de levensduur van de batterij bepalen en hierdoor worden batterijen relatief snel goedkoper. Allereerst neemt de aankoop-prijs per kWh af. De capaciteit van een batterij wordt daarnaast efficiënter gebruikt waardoor er per laadcyclus meer km kunnen worden gereden. Daarnaast neemt de levensduur in laadcyclus toe.
- **Onderhoudskosten voertuig:** deze worden bepaald door het aantal gereden kilometers in combinatie met de onderhoudskosten per kilometer voor een bepaald voertuig (zie bovenstaande tabel).
- **Belasting en verzekering:** deze bedragen per jaar 3,5% van de totaalprijs van het voertuig inclusief batterij. Over de gehele afschrijvingsperiode worden de initiële aankoopkosten hiervoor gebruikt.
- **Energiekosten:** deze zijn afhankelijk van het aantal gereden km, de gebruikte laadinfrastructuur en locatie (privaat of publiek; zie sectie 3.4).
- **Laadinfrastructuur:** deze zijn gebaseerd op de analyse zoals uiteengezet in sectie 3.4. De verschillende soorten laadpalen zijn niet geschikt voor alle voertuigen. Een HPC 350 is te krachtig voor een kleine bestelwagen en voor een trekker-oplegger duurt laden met een DC 20 te lang. Indien laadinfrastructuur publiek is, worden de kosten van de laadinfrastructuur niet meegenomen in de TCO. Voor een individuele gebruiker zit investering in de laadpaal immers geconverteerd in een hoger laadpaaltarief. Afschrijving wordt zo indirect doorberekend. Wanneer een laadpaal op privaat terrein staat worden de kosten wel opgenomen in de TCO. Als de laadpaal door een enkel voertuig wordt gebruikt, worden de kosten tijdens de afschrijvingsperiode aan het desbetreffende voertuig toegekend. Indien meer voertuigen een laadpaal gebruiken, worden de (vaste) kosten gespreid en daarmee wordt de kostprijs per kWh van deze laadpaal lager.

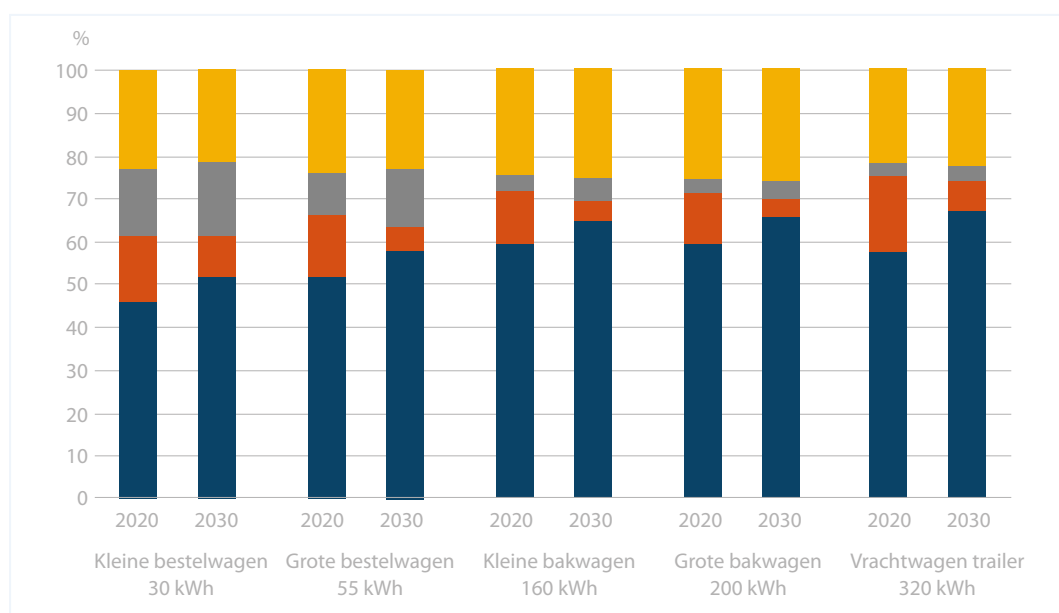
Er is een grote afhankelijkheid van het jaar waarin een voertuig (en batterij) wordt gekocht. Een voertuig dat in 2020 wordt gekocht, wordt afgeschreven tot 2028. In de tussenliggende jaren wordt verwacht dat de kosten relatief snel afnemen, vooral die van een batterij. Onderstaande figuur 3.7 geeft de kosten per kilometer voor vijf voertuigen met een jaarkilometrage dat bij de omvang van de batterij past. De kosten dalen sneller naarmate het voertuig en de batterij groter zijn. De kosten van een grote bakwagen met een batterij van 200 kWh en een jaarkilometrage van 40.000, gekocht in 2019 liggen 2,84% lager dan hetzelfde voertuig gekocht in 2018. Een voertuig uit 2028 is naar verwachting nog maar 0,09% goedkoper dan één uit 2027. Een voertuig gekocht in 2030 is zelfs enigszins duurder dan een exemplaar uit het jaar daarvoor. Dit wordt veroorzaakt doordat een voertuig relatief minder goedkoop wordt en door het effect van inflatie.

Figuur 3.7
Kost/km voor verschillende elektrische voertuigen.



De onderstaande figuur 3.8 laat voor dezelfde voertuigen als in bovenstaande figuur zien hoe de relatieve kostverdeling is van een voertuig dat in 2020 en hetzelfde voertuig dat in 2030 is aangeschaft. Het voertuig wordt relatief duurder, terwijl de prijs van een batterij sterk daalt. Doordat de absolute kosten dalen maar de onderhoudskosten per km gelijk blijven, stijgt het aandeel hiervan.

Figuur 3.8
Relatieve kostverdeling van voertuigen in 2020 en 2030 gekocht.



3.4 Laadpalen en -infra

Een uitgebalanceerd netwerk van laadpalen, verschillend in vermogen en locatie, vormt een essentieel onderdeel van goederenlogistiek gebaseerd op elektrische vrachtoerijnen. Dit geldt zeker gezien het feit dat de actieradius van elektrische voertuigen voorlopig nog behoorlijk lager ligt dan die van qua laadvermogen vergelijkbare benzine of dieselloerijnen. In deze paragraaf wordt eerst het onderscheid tussen publieke en private laadpalen uitgelegd (paragraaf 3.4.1), vervolgens komen de diverse typen laadpalen aan de orde (lichte en zware laadpalen, zie paragraaf 3.4.2). De resultaten van de TCO berekening worden getoond in paragraaf 3.4.3, waarna in paragraaf 3.4.4 enkele conclusies worden weergegeven. Bijlage 3.4.A. bevat relevante achtergrondinformatie over laadpaaltechniek en -gebruik. In de bijlagen bij 3.4 zijn verder de achterliggende kosten van laadpalen, diverse uitgangspunten en overwegingen, de toelichtingen op de TCO berekeningen en verdere achtergrondinformatie weergegeven over laadpaaltechniek en gebruik. Tevens worden enkele verwachtingen geschetst m.b.t. de ontwikkelingen voor de langere termijn.

Figuur 3.9
Fastned (50 kW).



3.4.1 Publieke en private laadpalen

Laadpalen kunnen worden ingedeeld naar gebruik: *privaat* of *publiek*. *Private* laadpalen zijn bedoeld voor eigen gebruik en staan op een (afgesloten) bedrijfsterrein of bij de gebruiker thuis of bij een leverpunt of klant. De *publieke* palen zijn door iedereen te gebruiken en staan op openbaar terrein.

Het verschil tussen *publieke* laadpalen en *private* laadpalen ligt vooral op het gebied van de kosten die met een installatie zijn gemoeid. Daar deze laadpalen in openbare c.q. *publieke* ruimte geplaatst worden, vereisen zij in veel gevallen extra vergunningen en verkeersbesluiten. Daarnaast zijn vaak aanzienlijke graafwerkzaamheden noodzakelijk daar een nieuwe netaansluiting nodig is.

Publieke laadoplossingen

De belangrijkste kenmerken en kostenposten van publieke palen zijn:

- Dit soort palen wordt door commerciële marktpartijen in de publieke ruimte geplaatst, soms na het winnen van een concessie bij een gemeente of soms in opdracht van een gemeente (in aanbesteding).
- In stedelijke omgeving zijn het voorbereiden van locaties, graafwerkzaamheden, verkeersbesluiten en omgevingsvergunningen belangrijke kostenposten.
- Voor het laden aan publieke palen wordt over het algemeen een vast verkooptarief per kWh berekend (vastgesteld door de gemeente⁸). Bij publiek toegankelijke snelladers (zoals bij Fastned) kan gekozen worden voor vast verkooptarief of een abonnementsmodel (abonnementskosten + kWh-tarief).

Tabel 3.10
Publieke laadpalen.

	AC10	AC20	FC50	HPC150	HPC350
Vermogen	11kW	22kW (11kW bij 2 laders)	50kW (25kW bij 2 laders)	150kW (75kW bij 2 laders)	350kW
Type	3 fase	3 fase	DC Snellader	DC Super snellader	DC Ultra snellader
Gebruik	Openbaar	Openbaar	Openbaar	Openbaar	Openbaar

Private laadoplossingen

Bij private laadoplossingen worden de laadpalen op particulier terrein geplaatst. Dit kan bij een woonhuis zijn, bij een bedrijf of een afgesloten bedrijventerrein. Omdat het niet openbaar toegankelijke locaties betreft, zijn er (meestal) geen extra vergunningen nodig voor de installatie van de laadpaal. In veel gevallen hoeft er tevens maar beperkt graafwerk uitgevoerd te worden. De private laadpalen worden normaliter aangesloten op bestaande netaansluiting. Een uitzondering betreft de zwaarste exemplaren. Voor deze laadoplossingen moet mogelijk een extra transformator moet worden geïnstalleerd of een netverzwaring plaatsvinden. Of deze kostbare aanpassingen nodig zijn, hangt van de lokale omstandigheden af zoals het al dan niet beschikbaar zijn van een aansluiting op het middenstroomnet.

Tabel 3.11
Private laadpalen.

	AC3,7	AC20	FC50	HPC150	HPC350
Vermogen	3,7kW	22kW (11kW bij 2 laders)	50kW (25kW bij 2 laders)	150kW	350kW
Type	1 fase Thuislader	3 fase Lader bedrijf	DC Snellader bedrijf	DC Super snellader bedrijf	DC Ultra snellader bedrijf
Locatie	Privéterrein	Bedrijfsterrein	Bedrijfsterrein	Bedrijfsterrein	Bedrijfsterrein

3.4.2 Vermogen laadpalen in relatie tot logistieke profielen

Afhankelijk van hun laadvermogen kunnen laadpalen ingedeeld worden in twee categorieën:

- **Lichte laadpalen met een laadvermogen tot 20kW.** Binnen deze onderscheiden we twee hoofdtypen: AC3,7 (3,7 kW), AC20 (22 kW). Deze laatste laadpaal wordt vaak met twee stekkers uitgerust. Dit resulteert dan in een vermogen van 11 kW bij gelijktijdig gebruik.
- **Zware laadpalen met een laadvermogen vanaf 50 kW.** Vooralsnog worden hierbinnen drie klassen onderscheiden: FC50 (50 kW), HPC150 (150 kW) en de HPC350 (350 kW). Zwaardere laadpalen zijn wel mogelijk maar vergen kostbare extra voorzieningen bijvoorbeeld met betrekking tot het elektriciteitsnet en het laadstation zelf.

⁷ De vier grote gemeenten in Nederland hebben het tarief vastgesteld op 28 eurocent/kWh (exclusief BTW). In andere gemeenten kan er ook een starttarief of connectietarief worden gehanteerd.

Van de totale set aan laadoplossingen zijn er 6 privaat en 4 openbaar. Bij de AC-oplossingen (AC3,7 tot met AC20) wordt geladen (en aangestuurd) via de lader in de auto. Bij DC oplossingen (FC50 tot met HPC350) zit de aansturing in het laadstation.

- **AC3,7kW (privaat):** dit zijn reguliere laadstations die bij EV gebruikers op de eigen oprit worden geïnstalleerd. Deze worden op de huisaansluiting op een aparte zekering geplaatst en met 1 fase wisselspanning. Om een bestelwagen met een capaciteit van 25 kWh op te laden moet ca. 8,5 uur worden geladen. Dit is veelal voldoende om 's nachts de batterij weer voldoende op te laden.
- **AC10/20 (privaat/publiek):** dit type laadstations worden toegepast voor openbare laadpunten; maar worden ook toegepast op eigen terrein van bedrijven. Relevant onderscheid tussen de AC10 en de AC20 is dat de netaansluitingskosten aanzienlijk verschillen (ca. € 300,- versus € 900,- per jaar). Met een vermogen van 20kW zou bovenstaande voorbeeld (bestelwagen met 25 kWh) binnen een uur weer tot 90% zijn opgeladen (bij AC10 is twee uur nodig). Veelal worden AC20 stations uitgerust met 2 stekkers. Als beide worden gebruikt, wordt de stroom gehalveerd en laadduur verdubbeld. De AC20 wordt dan feitelijk een AC10.

Deze laders kunnen ook thuis bij woningen worden geplaatst op een aparte groep; mits 3 fase aanwezig is (vooral in nieuwbouw; oudere huizen met name uitgerust met 1 fase x 25 tot 35A).

- **FC50 (privaat/publiek):** deze 50kW lader is vooralsnog de standaard bij huidige snellaadstations langs snelwegen (FC = fast charging). Naast publieke toepassingen, kan deze ook geleverd bij bedrijven (semi-publiek of privaat) - al is dat niet een target markt voor bedrijven als Fastned. Zowel AC als DC oplossingen zijn hier beschikbaar (Chademo, CCS Combo). Een bestelwagen zou met dit vermogen binnen een half uur weer 80-90% van zijn laadbehoefte (25kWh) kunnen voorzien.
- **HPC150 (privaat/publiek - High performance charging).** Dit is in principe eenzelfde apparaat als de DC50 maar dan met 3 maal zo veel vermogen (door de stroomsterkte te verdrievoudigen; spanning blijft gelijk). Deze standaard wordt momenteel uitgerold door onder andere Fastned. De eerste EV's die zo snel kunnen laden worden in de loop van 2019 verwacht. Deze zijn vooral publiek beschikbaar. Binnen 10 minuten kan tot 80-90% van 25kWh worden geladen.
- **HPC350 (privaat/publiek):** deze standaard wordt momenteel door een consortium van o.a. BMW, Audi, Shell ontwikkeld (Ionity). In theorie zou binnen 5 minuten 25 kWh kunnen zijn geladen (vergelijkbaar met regulier tanken van diesel). Ook worden dergelijke laadsystemen reeds toegepast in het Openbaar Vervoer bij het opladen van de batterijen van elektrische (stads-)bussen.

Grove toedeling van voertuigen naar type laadpalen

- **Bestelwagens:** maken vooral gebruik van laadoplossingen tot 50kW. Op termijn met grotere batterijvermogens mogelijk ook 150 en 350kW, in het kielzog van de personenvoertuigmarkt.
- **Vrachtwagens en bussen tot 10ton GVW:** ook deze zullen veelal gebruik maken van oplossingen tot 50kW. Wegens de grotere benodigde batterijpakketten zal hier mogelijk sneller de overgang naar 150-350kW oplossingen worden gemaakt.
- **Zwaardere vrachtvervoer (vanaf 10ton GVW):** zal veelal van snellere laadoplossingen gebruik maken (vanaf 150kW). Laadoplossingen tot 1MW zijn in ontwikkeling, maar nog beperkt geïmplementeerd en zijn vooralsnog niet meegenomen in deze studie.

3.4.3 TCO: Laadkosten voor verschillende laadoplossingen

De kosten van een laadpaal bestaan uit een vast gedeelte dat in principe onafhankelijk is van de mate van gebruik en variabele kosten die wel hiermee fluctueren. De vaste kosten bestaan uit investeringskosten zoals aankoop van de laadpalen en de installatie ervan, en de operationele kosten zoals servicekosten, netaansluitingskosten en verzekeringen. De variabele kosten bestaan voor het overgrote gedeelte uit de inkoop van elektriciteit. Hierbinnen hebben de belastingen een groot aandeel. Overigens, voor de kostenberekeningen is het belangrijk te melden dat het belastingaandeel sterk daalt naarmate het jaarlijkse elektriciteitsverbruik groter is.

Kostenelementen die bijdragen aan een realistische elektriciteitsprijs per kWh omvatten (i) hardware kosten, (ii) plaatsingskosten, (iii) operationele kosten, en (iv) elektriciteitskosten. Het vaststellen van het niveau van ieder van deze kostencategorieën gaat gepaard met aannames. In bijlage 3.4.B wordt hierop dieper ingegaan.

De algemene formule voor de berekening van de kostprijs per kWh is de variabele kosten per kWh plus de vaste kosten gedeeld door het jaartotaal in kWh. Om de laadkosten per kWh vast te kunnen stellen, is dus een schatting van de totale afzethoeveelheid per jaar voor de laadoplossing noodzakelijk.

Het toepassen van de in bijlage 3.4.C geschatte afzethoeveelheden levert vervolgens de (integrale) kostprijs per kWh op. De resultaten zijn weergegeven in de onderstaande tabel 3.12. Ook in deze tabellen is gebruik gemaakt van drie scenario's. Bij de kostprijsberekeningen is een aantal uitgangspunten gebruikt (zie bijlage 3.4.D).

Enige constatering zijn:

- Over het algemeen geldt dat een kWh geladen bij een publieke paal vanuit het perspectief van **de aanbieder**, tot bijna tweemaal zo duur is dan een kWh bij een private ('eigen') laadpaal.
- Voor **de aankoper** van een kWh kan een fors ander tarief gelden. Dit (commerciële) tarief kan veel hoger zijn dan het kostprijstarief of lager als er sprake is van subsidies.
- De kostprijs van een kWh ligt bij zwaardere laadpalen over het algemeen lager dan die van de lichtere uitvoeringen. Echter, de mate waarin de verwachte jaarlijks afgezette hoeveelheid kWh's ook gerealiseerd wordt, heeft hierop een sterke invloed. Als deze hoeveelheid niet wordt gehaald, dan loopt de kostprijs per kWh van zware laadpalen snel op.

De totale kosten van een laadpaal wordt uitgedrukt in een vast bedrag per jaar én een variabel bedrag per geleverde kWh. De TCO loopt voor de lichtste laadpaal (3,7 kW) van € 147,- per jaar en € 0,21 per kWh naar de hier onderscheiden zwaarste laadpaal (350 kW) bijna € 37.000,- per jaar en € 0,10 per kWh. De kostprijs per kWh loopt van € 0,14 (de AC20 bij privaat gebruik) tot € 0,42 (zie tabel 3.12 hieronder).

Tabel B.3.7 in bijlage 3.4.F toont de resulterende TCO van de verschillende typen laadpalen, en een voorbeeld van TCO verloop is weergegeven in figuur 3.13 hieronder. Bijlage 3.4.E toont nog diverse overwegingen bij de getoonde TCO berekening. De linkerkant van de tabel (TCO vast en variabel) is ook verder toegelicht in bijlage 3.4.F. De rechterkant (kostprijs bij gegeven jaarverbruik) is verder toegelicht in bijlage 3.4.G.

Tabel 3.12

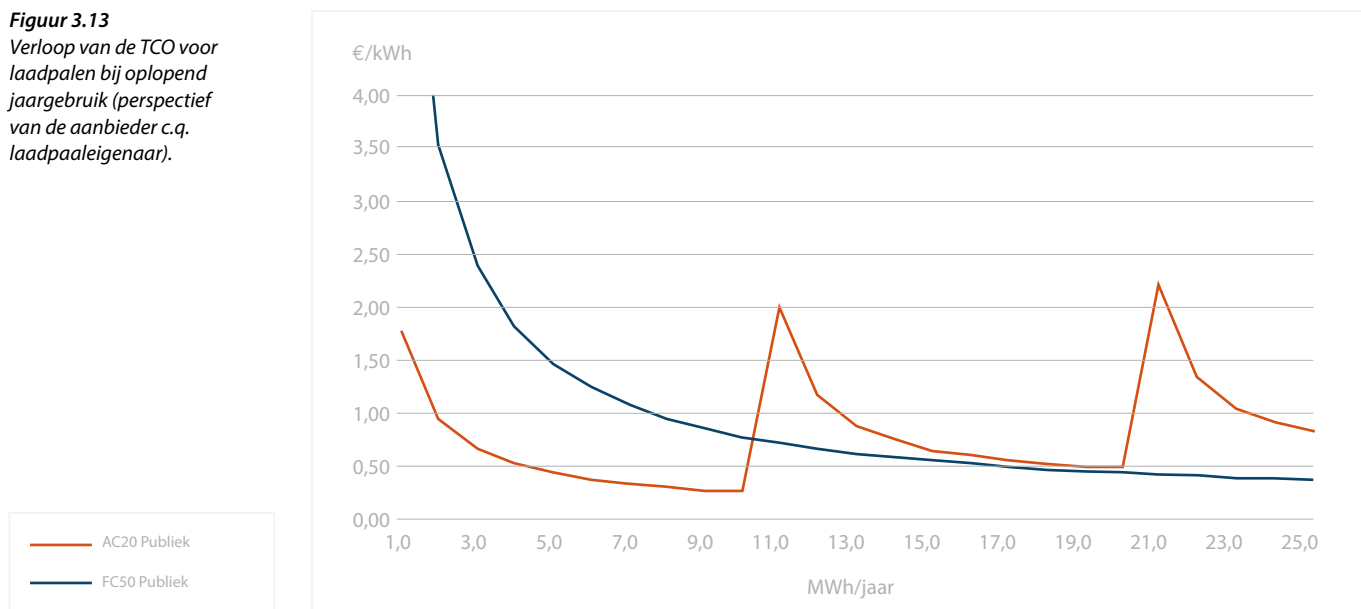
Overzicht van de TCO en de kostprijs per kWh bij een gegeven jaarverbruik.

* De publieke laadpalen hebben een door de lokale (Amsterdamse) overheid vastgesteld maximum tarief. Tussen haakjes is het kostprijstarief weergegeven.

TYPE LAADPAAL	TCO (VAST EN VARIABEL)		KOSTPRIJS BIJ GEGEVEN JAARVERBRUIK	
	VASTE KOSTEN PER JAAR €	VARIABLE KOSTEN PER KWH €	KOSTPRIJS PER KWH €	TOTAAL JAARVERBRUIK IN KWH
AC3,7 Thuis	147	0,21	0,22	7.500
AC10 Publiek*)	982	0,11	0,28 (0,31)	5.000
AC20 Publiek	1.677	0,11	0,28 (0,45)	5.000
AC20 Privaat	447	0,13	0,14	30.000
FC50 Publiek	6.838	0,11	0,37 (0,26)	45.000
FC50 Privaat	6.370	0,12	0,19	87.500
HPC150 Publiek	14.625	0,10	0,37 (0,26)	90.000
HPC150 Privaat	13.146	0,08	0,23	90.000
HPC350 Publiek	36.575	0,10	0,42 (0,30)	180.000
HPC350 Privaat	33.429	0,08	0,27	180.000

Figuur 3.13

Verloop van de TCO voor laadpalen bij oplopend jaargebruik (perspectief van de aanbieder c.q. laadpaaleigenaar).



Bijlage 3.4.H geeft tot slot nog een beeld van de ontwikkelingen die verwacht worden met betrekking tot laadpalen.

3.4.4 Conclusies

- Publiek laden kan veel duurder zijn dan privaat laden. Stel iemand is service monteur, rijdt per jaar 24.000 km, laadt per jaar 6.000 kWh op het publieke laadnetwerk: dan betaalt men ca. € 2.100,- per jaar aan laadkosten. Uitsluitend laden bij snelladers kan oplopen tot bijna € 3.200,- per jaar;
- Thuisladen is dan aanzienlijk goedkoper, waarbij je profiteert van de gunstige afschrijving op de investering van de laadpaal. Totale kosten per jaar bedragen dan ca. € 1.600,- (aanneمة dat de beschikbaarheid van het laadpunt gegarandeerd is);
- Eigen (bedrijfs-)terrein: op eigen terrein laden is nog een stap goedkoper. Zowel een reguliere lader (AC20) als een snellader (FC50/HPC150) drukken de kosten als hier dagelijks wordt geladen. Met lage energiekosten en energiebelasting en geen extra netaansluitingskosten, zijn de laadkosten de helft van publiek laden. Dit is per jaar een besparing tot € 1.000,- per voertuig. Deze besparing geldt echter alleen als de laadpaal op het bedrijfs-terrein voldoende⁹ gebruikt wordt. Dat wil zeggen: volgens de afzetprognose bijvoorbeeld uitdrukt in aantal werkdagen vermenigvuldigd met de bezettingsgraad. Hoe hoger het gebruik c.q. energievraag des te gunstiger wordt een zware laadpaal.
- Medegebruik voor laadpalen is zeer aan te bevelen. Bij hogere volumes neemt het belang van de investering snel af terwijl er een lagere inkooprijs van elektriciteit kan worden bedongen. Dit komt niet in de laatste plaats door de gunstige (lagere) belastingtarieven voor grootverbruikers.
- De vraag kan naar boven komen: is snelladen en supersnelladen met zware laadpalen (FC50, HPC150/350) een serieuze optie? Dit hangt van een aantal factoren af, zoals de noodzaak van een kort oponthoud, het laadvermogen van de batterij en de totale energievraag uitgedrukt in kWh per jaar. Dus: Hoe korter de gewenste laadtijd, hoe zwaarder de te laden batterij en hoe hoger de totale energievraag, des te gunstiger is de installatie van een zware laadpaal. Een ander punt is deze laadpalen (misschien is het beter te spreken van laadoplossingen) nog volop in ontwikkeling zijn, niet zo breed beschikbaar en daardoor mogelijk nog relatief duur.

⁹ 'Voldoende' wil hier zeggen: volgens de afzetprognose bijvoorbeeld uitdrukt in aantal werkdagen vermenigvuldigd met de bezettingsgraad.



4 LAADSTRATEGIEËN EN OPLAADPROFIELEN

Dit hoofdstuk geeft een samenvatting van de toelichting van de werking van het gebruikte wiskundige model (4.1) en de hoofdconclusies (4.2). In hoofdstuk 4.3 volgt dan de sensitiviteitsanalyse.

4.1 Rekenmodel optimaal laden

Met de in hoofdstuk 3 beschreven parameters als input, is een wiskundig model ontwikkeld om de laadstrategie van een vervoerder of wagenpark te optimaliseren. Veel factoren spelen een rol om tot een optimale laadstrategie te komen, waaronder ritduur, aantal stops, stopduur, type batterij en type voertuig.

Deze paragraaf beschrijft hoe de hiervoor beschreven input in het model wordt vertaald naar een optimale laadstrategie. Eerst wordt het doel van het model toegelicht (4.1.1), daarna de mogelijke laadscenario's (4.1.2) die als output uit het model kunnen komen. Vervolgens wordt besproken hoe de (complexe) input voor het model vertaald is naar inputparameters (4.1.3). Tevens wordt de werking van het model gedetailleerd toegelicht aan de hand van een optimalisatieformule (4.1.4). Tot slot volgt een samenvatting aan de hand van een Infographic (4.1.5).

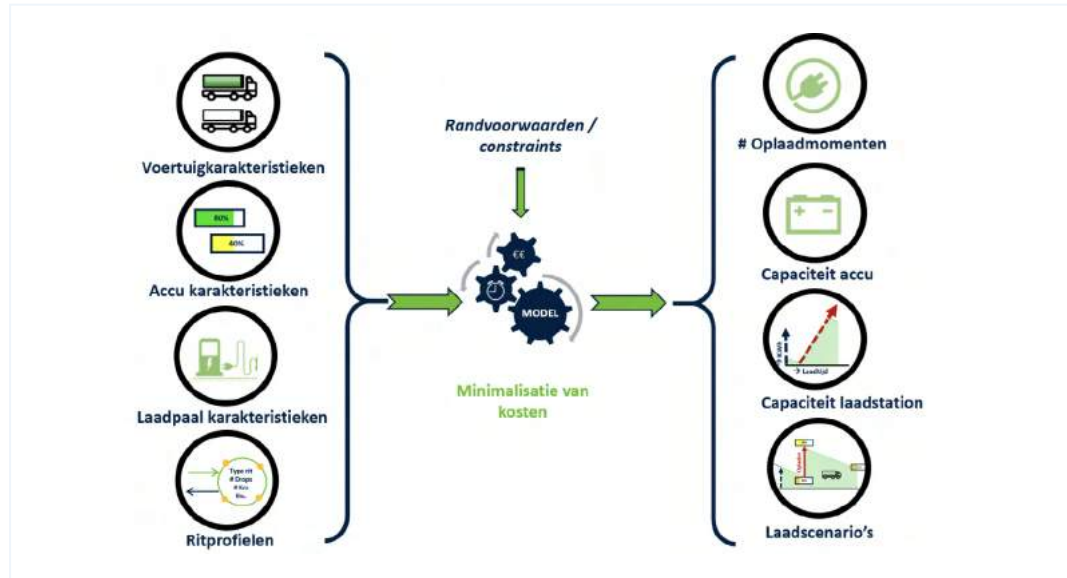
4.1.1 Doel rekenmodel

Het doel van het rekenmodel is om op basis van gedetailleerde ritprofielen uit de eerder omschreven sectoren (met informatie over ritlengte en -duur, aantal stops en duur) te komen tot een optimale laadstrategie voor een vervoerder of wagenpark. Deze laadstrategie optimaliseert de volgende zaken:

- 1 **Type batterij** in het voertuig.
- 2 **Type laadpaal** (capaciteit laadstation) waarbij geladen wordt.
- 3 **Locatie** (laadscenario) waarop geladen wordt en het **aantal oplaadmomenten**.

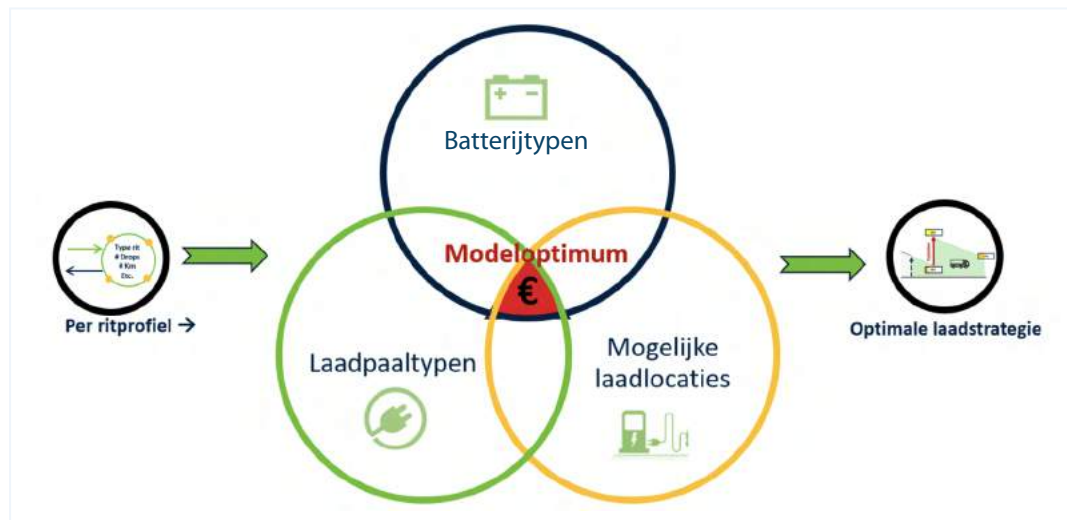
Onderstaande afbeelding (figuur 4.1) visualiseert deze beschrijving van het model. Door de inputparameters van het model te combineren met diverse randvoorwaarden (bijvoorbeeld: welke paal is compatibel met welk voertuig en bij welk adres mag wel/geen of welke laadpaal staan, etc.) is een model ontwikkeld wat rekening houdt met de parameters waarmee ook een bedrijf te maken krijgt. Het type voertuig wordt bepaald door de logistieke sector.

Figuur 4.1
Modeluitleg - deel 1.



Belangrijk te vermelden is dat het model op zodanige wijze is opgezet dat dit een optimalisatie betreft. Dit betekent dat zowel de kosten als de tijd kunnen worden geminimaliseerd. In dit project is gekozen voor een minimalisatie van de kosten. Ofwel: binnen de mogelijke opties voor batterijtypen, laadpaaltypen en laadlocaties, wordt een modeloptimum gezocht, waarbij de kosten het laagst zijn. Dat is gevisualiseerd in onderstaande afbeelding.

Figuur 4.2
Modeluitleg - deel 2.



Er is bewust voor gekozen om het model geschikt te maken voor het analyseren van gedetailleerde stopinformatie. Ofwel: het optimaliseren in het beschreven model vindt niet plaats op basis van een gemiddelde (of karakteristiek) ritprofiel, maar daadwerkelijk op basis van gedetailleerde stopinformatie. Op deze manier kan het model een beeld geven van de spreiding in de resultaten.

Een voorbeeld: stel, binnen een bepaalde sector, vinden lange en korte ritten plaats. Dan geeft het model niet de uitkomst dat altijd bijgeladen moet worden op het depot. Of dat altijd een bepaald laadtype moet worden gekozen. Het model zal per rit het optimum berekenen, en soms zelfs binnen een rit voor verschillende typen laadpalen kiezen of verschillende laadmethoden. Hiermee geeft het model een goed beeld van de spreiding in de resultaten.

De optimalisatie is gezien vanuit het perspectief van een logistiek dienstverlener of een verlader die een keuze maakt voor een laadprofiel. Ofwel, voor bijladen bij een publieke laadlocatie is de TCO van deze paal niet relevant maar wordt er gerekend met een commerciële laadprijs. Dat betekent concreet dat als een vrachtwagen in het model kiest voor bijladen bij een publieke laadpaal, er niet gerekend moet worden met de investeringskosten, maar met de kosten van het laden inclusief de marge die de exploitant neemt. Er wordt dus met de commerciële prijs gerekend.

4.1.2 Laadscenario's

De locatie waar geladen wordt is bepalend voor de logistiek dienstverlener om zijn rit met een elektrisch voertuig te kunnen maken, voor de tijdsduur van de rit en voor de kosten die elektrisch rijden met zich mee brengt. In het rekenmodel worden 3 scenario's overwogen:

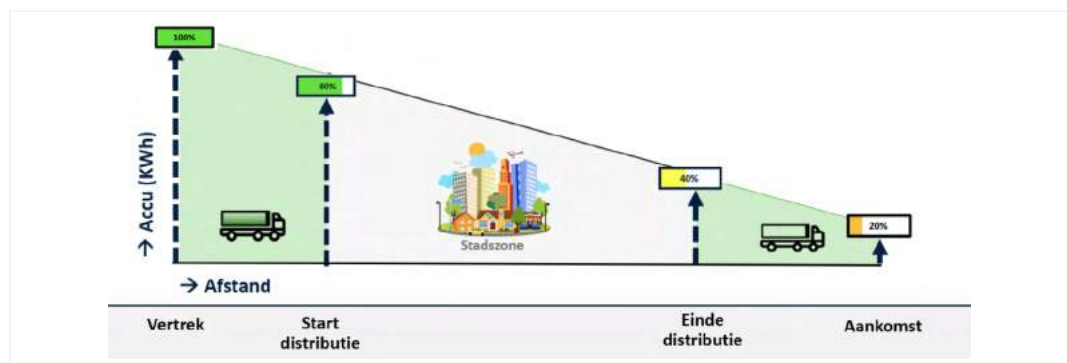
- **Scenario 1:** zonder bijladen.
- **Scenario 2:** extra laadstop.
- **Scenario 3:** laden bij de klant (afleveradres/stopadres)

Deze scenario's worden hieronder nader uitgelegd.

Uiteraard is het mogelijk dat een resultaat een combinatie van bovenstaande factoren betreft. Ofwel: een rit kan bijvoorbeeld bestaan uit zowel bijladen bij de klant als onderweg. Of een ritprofiel (set van meerdere ritten) kan soms kiezen voor een rit zonder bijladen (scenario 1) en soms voor ritten met bijladen (scenario 2 en 3). Onderstaande afbeeldingen visualiseren de betreffende laadscenario's.

Scenario 1: zonder bijladen: dit betekent dat de gekozen batterij genoeg capaciteit heeft, of de rit kort genoeg is, zodat onderweg niet bijgeladen hoeft te worden, maar wel op de standplaats. Dus op het depot of thuis.

Figuur 4.3
Scenario 1: zonder bijladen.



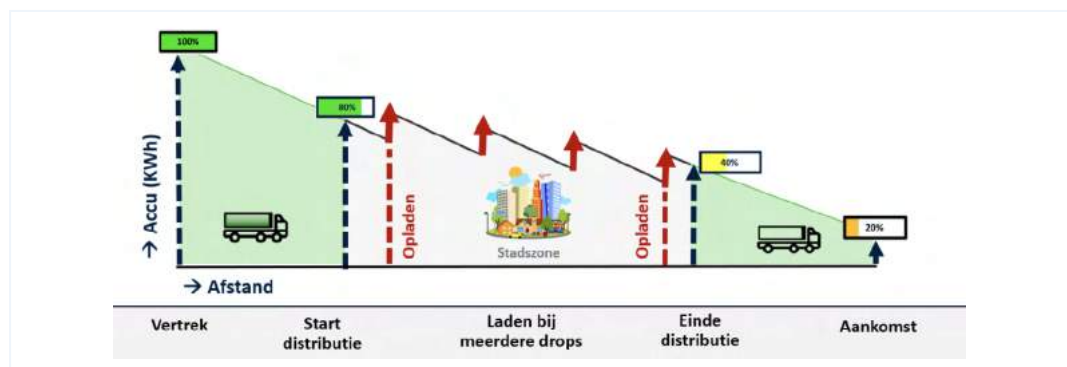
Scenario 2: extra laadstop: dit betekent dat de capaciteit van de batterij niet voldoende is om de rit uit te rijden, zodat bij een laadpaal bijgeladen moet worden, die onderweg staat (locatie = publieke laadpaal).

Figuur 4.4
Scenario 2: extra laadstop.



Scenario 3: laden bij 'de klant': dit betekent dat de batterij niet voldoende is om de rit uit te rijden, zodat bij een laadpaal bijgeladen moet worden die op locatie bij de klant staat (locatie = private laadpaal).

Figuur 4.5
Scenario 3: laden bij klant.



4.1.3 Input rekenmodel

De input voor het model bevat de volgende aspecten:

- **Voertuigkarakteristieken:** dit zijn kosten van voertuig, batterij en levensduur.
- **Laadpaal karakteristieken:** dit zijn de vaste en variabele kosten van de laadpaal, aangevuld met de capaciteit/laadsnelheid.
- **Batterijkarakteristieken:** dit zijn de kosten van de batterijen, compatibiliteit met laadpalen en karakteristieken van laadpalen.
- **Ritprofielen:** dit is de stop/rit informatie die in het model is geanalyseerd.

In de bijlage bij 4.1 is een uitgebreide weergave gegeven van bovenstaande aspecten, die gebaseerd is op de input uit hoofdstuk 3.

4.1.4 Werking model

Deze paragraaf bevat de uitgeschreven optimalisatieformule, die meer in detail weergeeft hoe er gerekend wordt. Het optimalisatiemodel minimaliseert de kosten. Dat betekent dat het model alle mogelijke combinaties van inputparameters zal afwegen, en de oplossing weergeeft die financieel het meest aantrekkelijk is (goedkoopste is).

Tabel 4.6
Optimalisatieformule.

MINIMALISATIE KOSTEN PER VOERTUIG PER DAG:	FORMULE	OPTIES/VARIANTEN
Kosten batterij +	$\frac{\text{Inkoopkosten van batterij} \times (\text{levensduur (kWh/laadcycli)})}{\text{kWh of laadcycli (rit)}}$	<ul style="list-style-type: none"> Batterijprijs (€) Laadcapaciteit (kWh) Levensduur (kWh en/of jaren) DoD van max. 80%
Kosten voertuig +	$\frac{\text{Inkoopkosten van vrachtwagen}}{\text{levensduur (operationele dagen)}}$	<ul style="list-style-type: none"> Voertuigprijs (€) Verbruik vrachtwagen (kWh/km) Levensduur (jaren)
Kosten chauffeur +	$\text{Uurtarief} \times \text{aantal uren}$	<ul style="list-style-type: none"> € 30/uur
Kosten bijladen snelweg +	$\text{kWh} \times \text{€ /kWh (alleen variabel)}$	<ul style="list-style-type: none"> Elektriciteitskosten (€ /kWh) Laadsnelheid (kW)
Kosten bijladen klant fixed +	$\frac{\text{Inkoopprijs laadpaal}}{\text{aantal laadmomenen levensduur} \times \text{laadmomenen van vrachtwagendag}}$	<ul style="list-style-type: none"> Inkooprijzen (€) Levensduur (jaar) Laadmomenen bij klant (#)
Kosten bijladen klant variabel +	$\text{kWh} \times \text{€ /kWh (alleen variabel)}$	<ul style="list-style-type: none"> Elektriciteitskosten (€ /kWh) Laadsnelheid (kW)
Kosten bijladen hub fixed +	$\frac{\text{Inkoopprijs laadpaal}}{\text{aantal laadmomenen levensduur} \times \text{laadmomenen van vrachtwagendag}}$	<ul style="list-style-type: none"> Inkooprijzen (€) Levensduur (jaar) Laadmomenen bij klant (#) Laadmomenen per dag = resultaat optimalisatie
Kosten bijladen hub variabel =	$\text{kWh} \times \text{€ /kWh (alleen variabel)}$	<ul style="list-style-type: none"> Elektriciteitskosten (€ /kWh) Laadsnelheid (kW)
Totaalkosten		

4.1.5 Voorbeeld/infographic

Onderstaande infographic (figuur 4.7) geeft een beeld van een optimalisatie. Hierbij is in Excel een berekening uitgevoerd ter illustratie van het wiskundige model, met beperkte input en een eenvoudige dataset. Linksboven is de werking van het model getoond, zoals eerder toegelicht.

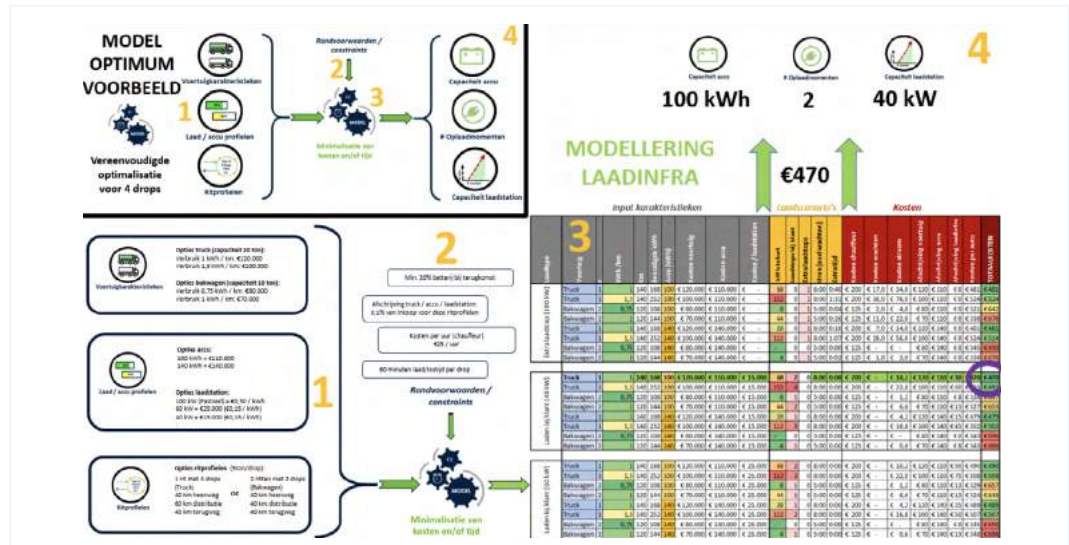
De nummers (in oranje) in de figuur behoren bij onderstaande omschrijvingen:

- 1 Input informatie (zie paragraaf 4.1.3).
- 2 Randvoorwaarden/constraints (zie einde paragraaf 4.1.3).
- 3 Model (zie optimalisatie in 4.1.4).
- 4 Resultaten (zie volgende paragraaf 4.2).

Figuur 4.7

Voorbeeld van berekening modeloptimum (vereenvoudigd)*.

Let op, deze Infographic is een toelichting op de werking van het model, de genoemde kosten zijn indicatief. Voor de werkelijke input en output wordt verwezen naar de informatie in paragraaf 4.1 en 4.2 van dit rapport.



Voor het weergegeven voorbeeld is een ritprofiel met vier stops geoptimaliseerd. Dit resulteert in 24 mogelijke combinaties (in werkelijkheid zal dit veel hoger liggen, omdat hier slechts een beperkt aantal batterijen of vrachtwagens in wordt meegenomen). Van deze 24 mogelijke combinaties is de paars omcirkelde regel het meest optimaal, resulterend (voor dit voorbeeld) in € 470,- als totaal kosten. Het resultaat geeft een voertuigtype (trekker/oplegger), de capaciteit van de batterij (100 kWh), het aantal oplaadmomenten (2) en de capaciteit van het laadstation weer (40 kW).

Voorbeeldroutes

Hieronder zijn drie routes weergegeven, met verschillende karakteristieken. Van deze routes worden de modelresultaten getoond.

Tabel 4.8

RIT	VOERTUIGTYPE	SECTOR	# STOPS	RIJ-AFSTAND
A	Grote bakwagen	Horeca	8	175
B	Grote bestelwagen	Service logistiek	23	240
C	Grote bakwagen	Retail - non food	14	123

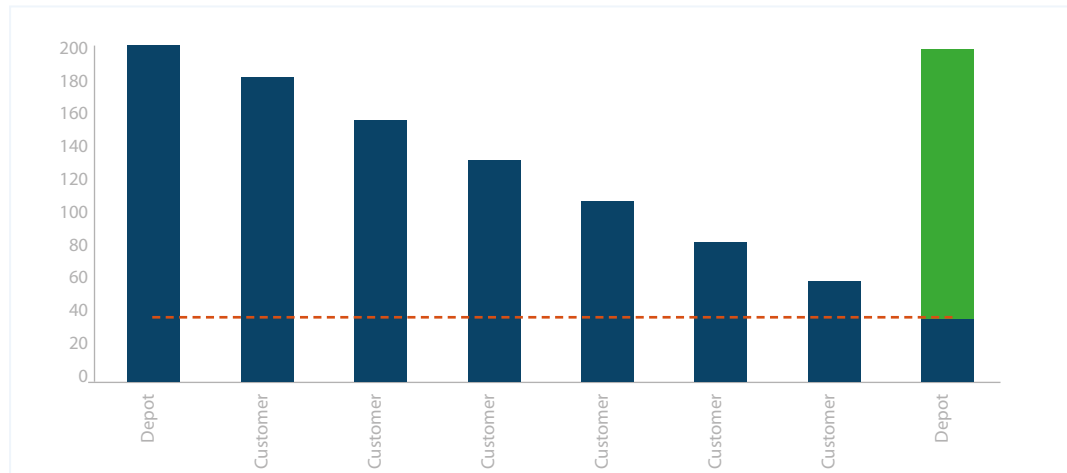
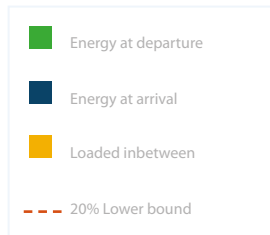
Tabel 4.9

RIT	BATTERIJ	# LAADSTOPS	LAADSCENARIO	LAADPAAL
A	Batterij_Gba_200	1	1. Bij depot	_AC20_Privaat
B	Batterij_GB_50	1	2. Onderweg	_FC50_Publiek
C	Batterij_Gba_120	2	3. Bij klant	_AC20_Privaat

LAADSTRATEGIEËN EN OPLAADPROFIELEN

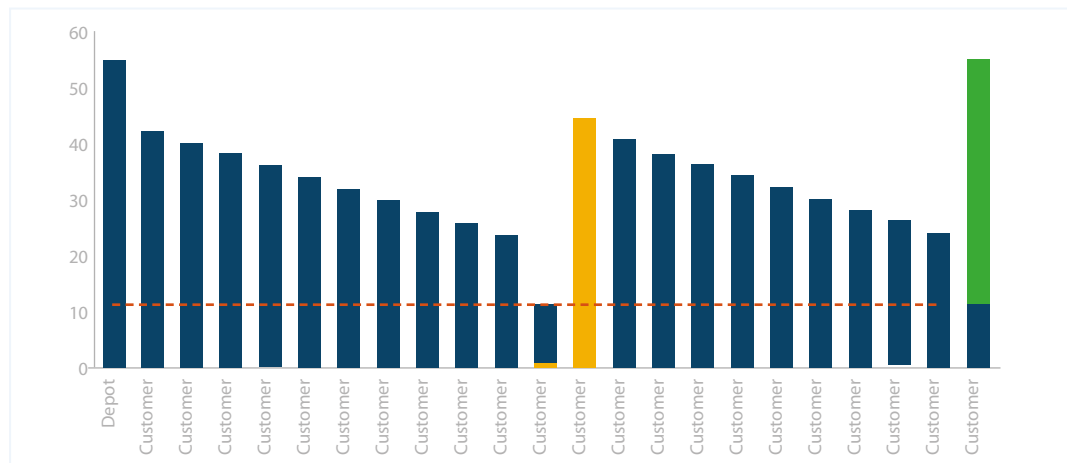
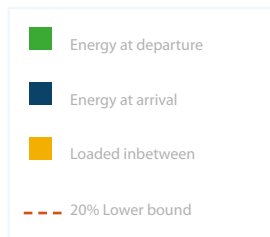
Horeca groothandel Bakker vertrekt in een grote bakwagen vanaf Amstelveen en rijdt dan een route langs 8 restaurants in de regio Amsterdam. Als hij na 175 km weer terugkomt op het depot in Amstelveen laadt hij bij Tussendoor is dat niet nodig

Grafiek 4.10
Output Rit A.



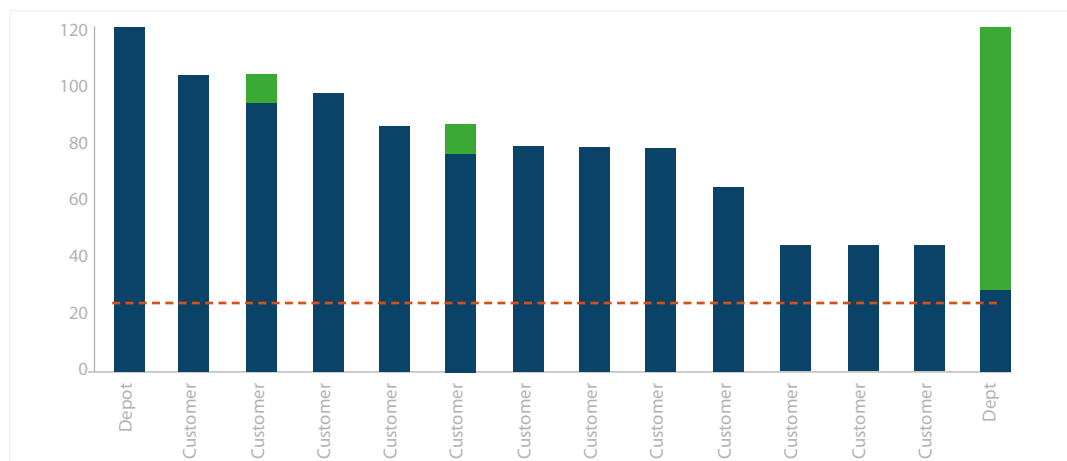
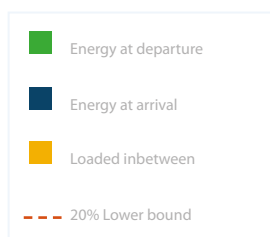
Service monteur Anton vertrekt 's ochtends vroeg en heeft een drukke dag. Op 23 stops heeft hij korte laadtijden, en geen gelegenheid bij te laden. Toch is zijn batterij rond de lunchpauze leeg. Daarom besluit hij langs de snelweg bij te laden terwijl hij zelf pauze houdt. Met de extra bijgeladen capaciteit kan hij het einde van de dag gemakkelijk halen en laadt hij weer bij op het depot.

Grafiek 4.11
Output Rit B.



Retail bedrijf W.C. Papier levert toiletpapier af op vele kantooradressen. De chauffeur haalt het net niet om het einde van de dag te halen zonder bijladen. Bij sommige kantoorpanden zijn echter door deze panden gefaciliteerde laadstations aanwezig. Door twee keer op zo'n station bij te laden (gewoon tijdens de lostijd) is er voldoende batterijcapaciteit aanwezig.

Grafiek 4.12
Output Rit C.



4.2 Resultaten en analyses

In het voor dit project ontwikkelde model zijn in totaal 48 ritprofielen geanalyseerd. Dit betrof 18 uitgebreide datasets, en 30 karakteristieke ritprofielen. De karakteristieke ritprofielen worden als kenmerkend voor de sector geacht (sectorspecifiek), of bevatten een samenvatting van data (bedrijfsspecifiek) van een specifiek bedrijf dat geen toestemming gaf voor het gebruik van hun stopinformatie in het model.









Om per sector en per voertuigtype eindconclusies te kunnen trekken, is aan de verschillende datasets een weging toegekend en door een expert panel zijn de resultaten vervolgens gevalideerd. Immers, niet iedere dataset is even representatief voor de sector. Daarnaast is het ook niet gewenst dat een dataset van een lange periode net zo zwaar meetelt als een dataset van een korte periode.

In bijlage 4.2.A is een weergave opgenomen van uitgangspunten en modelaannames bij het opgestelde model. Ook zijn daar de conclusies met betrekking tot laadinfrastructuur en batterijcapaciteiten weergegeven.

4.2.1 Detailresultaten en conclusies voertuigtype 'vrachtwagens'


Op basis van de resultaten en de review van het expertpanel zien we de volgende resultaten per sector voor vrachtwagens.

Tabel 4.13
Detailresultaten en conclusies voertuigtype 'vrachtwagens'.

	% LAADMOMENTEN				% KWH			
	THUIS	LANGS DE WEG (SNELLADEN)	DEPOT	KLANT	THUIS	LANGS DE WEG (SNELLADEN)	DEPOT	KLANT
	0	20	80	0	0	15	85	0
	0	20	60	20	0	5	80	15
	0	10	85	5	0	5	85	10
	0	10	75	15	0	5	85	10
	X	X	X	X	X	X	X	X
	0	20	60	20	0	5	75	20
	0	25	30	45	0	10	60	30
	X	X	X	X	X	X	X	X

Voor alle sectoren behalve retail non-food geldt, dat het grootste deel zal worden geladen op het depot, gedurende de nacht. Dit is de langste tijd dat een voertuig stil staat en kan opladen. Daarnaast is laden op het depot de goedkoopste optie. Daarnaast zijn er een aantal specifieke verschillen in oplaadstrategieën per sector te noemen. Deze zijn weergegeven in tabel 4.14, zie ook bijlage 4.2.B voor achterliggende data en verantwoording van bovenstaande resultaten.

Tabel 4.14
Detailresultaten en
conclusies voertuigtype
'vrachtwagens'.

SECTOR	CONCLUSIES
	Opladen bij de klant is voor afval niet mogelijk. Meeste zal op depot (bij)geladen worden. Bij onvoldoende batterijcapaciteit/ lange ritten zal langs de weg bijgeladen moeten worden. Analyse van CBS-gegevens leert dat circa de helft van afvalritten toch nog meer dan 100 km bevat. Dit betreft dus meer dan alleen het ophalen van vuilnis bij particulieren, en dus bijv. ook het afhalen van bedrijfsafval, kantoorafval, transport tussen regio's, etc.
	Bij bouw is het belangrijk om onderscheid te maken tussen de verschillende vormen van bouwtransport. Bij de leveringen op bouwplaatsen is vaak sprake van langere afstanden en relatief lange stoptijden. In die gevallen wordt bij de klant (dit is de bouwplaats) bijgeladen op een private laadpaal. Echter, in het geval dat de leveringen op andere (eenmalige) locaties zijn, is bijladen langs de weg waarschijnlijker. Te zien is dat dit relatief weinig kWh betreft, dit is alleen van toepassing in het geval dat bijladen bij de klant geen optie is of de stoptijd te kort is.
	Laden op depot gedurende de nacht is voor deze sector waarschijnlijk. Laden bij de klant is theoretisch wel mogelijk (zie ook retail non-food, waar dit waarschijnlijk ook zal gebeuren), maar omdat de bestemmingslocaties sterk wisselen, is het niet waarschijnlijk geacht dat hier ook overal bij de klant zal kunnen worden bijgeladen/er is niet altijd gelegenheid voor. Immers, er zal niet altijd op een dock gelost worden zoals dat bij Retail plaatsvindt. Daarom zal dat soms ook langs de weg gebeuren, wat betekent dat de ondernemer bereid moet zijn om extra tijd in de rit op te nemen voor stilstand tijdens laden. Bij locaties als hotels en grote kantoren is bijladen bij de klant wel waarschijnlijker, vandaar dat dit nog wel kan voorkomen.
	Omdat stoptijden relatief lang zijn is het kostentechnisch interessant om die stoptijd te benutten om te laden. De praktijk zal waarschijnlijk weerbarstiger zijn. Waar mogelijk zal dus worden bijgeladen bij de klant (dit kan ook op een openbaar losplein zijn met laadpalen), en indien de actieradius niet toereikend is, langs de weg.
	Het meeste zal geladen worden op het depot gedurende de nacht. Bijladen vindt plaats bij de klant en langs de weg. Belangrijk hier is het onderscheid tussen de leveringen met korte afstand (DC's dicht in de buurt van de grote steden, voornamelijk leverend aan supermarkten), waarbij nagenoeg 100% op depot zal worden geladen. Voor de ritten met langere afstand (brood, zuivel, groente, etc.) zal vaker bij de klant worden bijgeladen. Bij leveringen aan supermarkten bij een private paal aan het dock, bij overige leveringen (adressen die minder frequent worden bezocht) zal ook geladen worden bij publieke laadpalen langs de weg.
	Retail non-food is de sector waar bijladen bij de klant het meest waarschijnlijk (b)lijkt. De ritafstanden zijn relatief lang (vaak meer dan 100-200 km), waardoor de actieradius van de batterijen eenvoudigweg niet toereikend is. De stoptijden zijn relatief lang, op locaties die frequent worden bezocht, vandaar het hoge percentage bijladen bij de klant. Het restant zal onderweg worden bijgeladen, maar in kWh is dat nog relatief weinig. Belangrijke opmerking is wel dat niet op iedere loslocatie (in de praktijk) ook een laadpaal gerealiseerd zal kunnen worden. Dit vraagt inrichting van bijv. lospleinen met laadpalen bij winkelcentra. Daarnaast zal elektrisch laden ook voor de sector waarschijnlijk resulteren in een aanpassing van de grondvorm: het logistieke concept met logistieke ontkoppelpunten dicht bij steden.

4.2.2 Detailresultaten en conclusies voertuigtype 'bestelwagens'









Op basis van de resultaten en de review van het expertpanel zien we de volgende resultaten per sector voor bestelwagens:

Tabel 4.15

* Het bijladen op deze thuislocaties kan ook op de openbare weg gebeuren, bij publieke laadpalen ipv. private laadpalen.

** Bij deze sector zal in de toekomst een overweging plaatsvinden tussen het meenemen van de bestelwagen naar huis vs. het laten staan op depot. Dat kan invloed hebben op de verdeling tussen thuis en depotladen.








*** Bij de pakketbranche zal vooral gestimuleerd worden bij te laden op het depot.

	% LAADMOMENTEN				% KWH			
	THUIS	LANGS DE WEG (SNELLADEN)	DEPOT	KLANT	THUIS	LANGS DE WEG (SNELLADEN)	DEPOT	KLANT
	0	0	100	0	0	25	75	0
	70*	15*	0	15	75	10	0	15
	30**	5	55**	10	35	1	60	4
	0	0	100	0	0	0	100	0
	40***	20	40***	0	25	15	60	0
	0	0	100	0	0	0	100	0
	X	X	X	X	X	X	X	X
	70*	10*	20	0	80	10	10	0

Ook voor bestelwagens geldt dat het meeste zal worden geladen gedurende de nacht op de thuisbasis van het voertuig. In tegenstelling bij vrachtwagens, is de thuisbasis van het voertuig in sommige gevallen niet op een depot, maar in een woonwijk voor de deur van de eigenaar of chauffeur. Hier volgen de verschillen in laadprofielen per sector. Dit is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4.16

Detailresultaten en conclusies voertuigtype 'Bestelwagens'.

SECTOR	CONCLUSIES
	Voor deze ritten (denk aan gemeentereiniging) zal waarschijnlijk alleen op depot/vertreklocatie worden bijgeladen. De stoptijd is relatief kort bij klanten, en bijladen (indien het al nodig is) kan beter tussentijds op het depot plaatsvinden dan op de hub.
	Van de bestelwagens die in de bouwsector worden gebruikt, zullen de meesten gedurende de nacht opladen op de thuislocatie. Momenteel is de thuislocatie van bouwbussen nog op het huisadres van de chauffeur in een woonwijk.
	Bijladen op de thuis/depot locatie (locatie waar wordt 'overnacht' is het meest waarschijnlijk. Dit kan thuislocatie zijn (waarbij ook bijgeladen kan worden op publieke laadpalen i.p.v. private palen op thuislocatie zoals in model aangenomen). Bijladen langs de weg is niet heel waarschijnlijk, omdat dit relatief duur is ten opzichte van de andere beschikbare alternatieven. Bijladen bij de klant zal alleen gebeuren voor de ritten met langere afstanden waarbij de stoplocatie frequent voorkomt.
	Gezien de korte afstanden zullen deze ritten grotendeels op depot laden én bijladen. Immers, dit betreffen vooral leveringen binnen de stad (denk aan bakkers, leveranciers, etc. die leveren met bestelwagens).
	Er zal niet (bij)geladen worden bij de klant (ontvanger) vanwege de korte stoptijden. Gestimuleerd zal worden bij te laden op het depot gezien de lange stoptijd (laadtijd pakketten). Daarnaast, bij de lange afstand ritten dient bijgeladen te worden in de publieke ruimte.
	Voor deze sector zal, gezien de korte rijafstanden, nagenoeg alles op het depot geladen worden.
	Laden bij de klant is gezien de korte stoptijden of vanwege de vele wisselende adressen (ook bij particulieren) geen optie (vaak reparatie/ serviceonderhoud). Er zal veel thuis geladen worden, wat ook in de publieke ruimte zou kunnen plaatsvinden. Bijladen onderweg gebeurt relatief weinig, en vindt alleen plaats op de ritten met langere afstanden.

In het algemeen geldt: er wordt vaker gekozen wordt voor bijladen op depot vanwege de lagere kosten van elektriciteit. Een tweede belangrijk effect is dan de keuze tussen private laadpaal of publieke laadpaal. De eigenaar van de bestelwagen zal vaak geen eigen oprit of eigen laadpaal hebben - al is dit qua model/ financieel wel het meest voordelige vanwege de lagere kosten van de laadpaal en stroom. In het besproken model is er overigens expliciet vanuit gegaan dat het voertuig 's ochtends altijd met een volle batterij vertrekt, en dus 'thuis' laadt; onafhankelijk van de keuze tussen private en publieke laadpaal. Wanneer bij een publieke laadpaal geladen zal worden zal dit over het algemeen duurder zijn dan een paal 'op de oprit'.

Overall is te zien dat nog wel geregeld langs de weg wordt bijgeladen. Echter bleek tijdens diepgaande analyses dat de hoeveelheid kWh voor deze laadlocaties significant lager ligt dan op de andere locaties. In bijlage 4.2.B is een verantwoording opgenomen die de resultaten per geanalyseerde dataset is getoond. Hierin is ook de verantwoording opgenomen waarom deze op sommige punten afwijkt van de hiervoor toegelichte tabellen. In bijlage 4.2.C zijn de capaciteiten van laadstations en van batterijen verder weergegeven.

4.3 Gevoeligheidsanalyses

Voor een aantal voertuigen die gebruikt worden in diverse logistieke sectoren en waarvan in sectie 4.2 de optimale laadstrategie is geanalyseerd, wordt er een TCO-berekening opgesteld. Vervolgens worden de totale kosten in een aantal scenario's berekend. Dit maakt inzichtelijk wat de impact op de totale kosten is wanneer de elektriciteitsprijs bijvoorbeeld sneller stijgt of daalt dan verwacht. Onderstaande tabel geeft de waardes voor de verschillende voertuigen in het basisscenario en informatie over de andere scenario's waarbij er op verschillende parameters gevarieerd wordt.

Tabel 4.17
Scenario's voor de TCO.

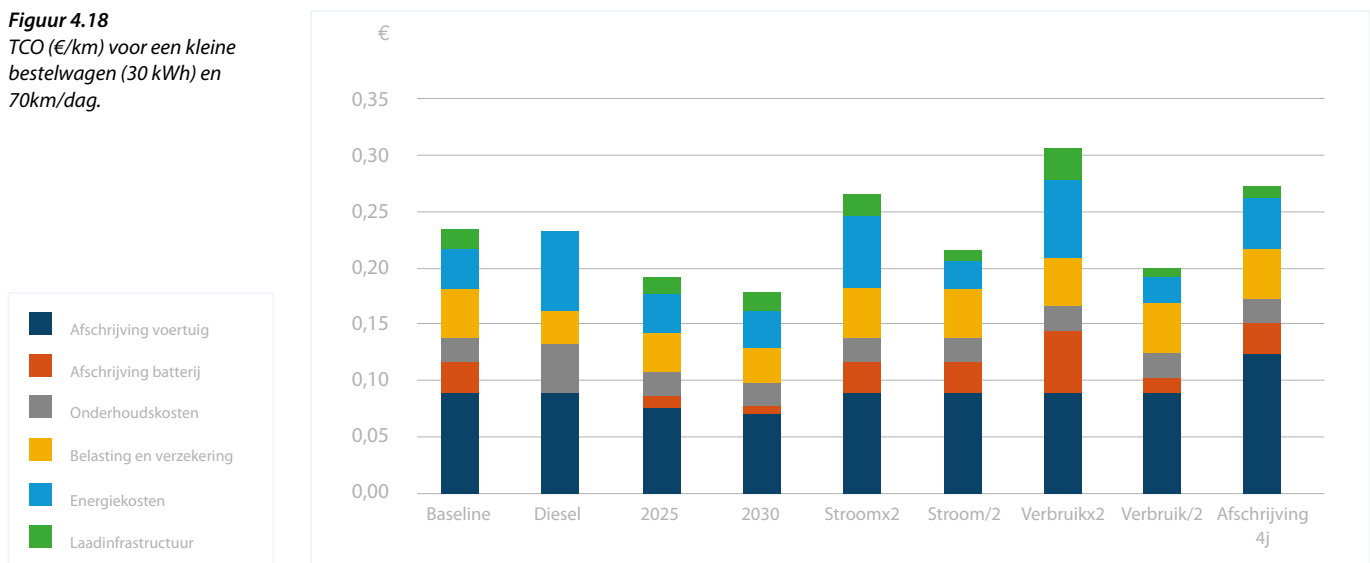
VOERTUIG	KLEINE BESTELWAGEN	MIDDELGROTE BESTELWAGEN	KLEINE BAKWAGEN	GROTE BAKWAGEN	TREKKER- OPLEGGER
SECTOR	SERVICE	FACILITAIR	RETAIL (NON-FOOD)	RETAIL	BOUW
Km/dag	70	100/198	169	152	156
Omvang batterij (kWh)	30	30/50	160	200	240
Dominante laadstrategie	Thuis/ Depot	Thuis/ Depot	Depot	Depot	Depot/ Klant/Publiek
TCO (€/km) baseline	0,23	0,22/0,16	0,73	0,92	1,33
Verbruik (kWh/km) baseline	0,229	0,298	0,769	0,909	1,75

Scenario 1 - Diesel	Een vergelijkbaar conventioneel dieselveertuig dat ook aan de functionele eisen kan voldoen.
Scenario 2 - 2025	De voertuig- en batterijkosten dalen naar verwachting naarmate aanbod en vraag toenemen. In dit scenario worden de kosten voor de aankoop van een voertuig in 2025 gebruikt (zie sectie 3.2). Daarnaast is de technologie verder ontwikkeld waardoor energiegebruik per voertuig lager en levensduur van de batterij langer is. Elektriciteitsprijs blijft gelijk. Verwachte kostontwikkeling van laadpalen en elektriciteit is buiten beschouwing gelaten.
Scenario 3 - 2030	De voertuig- en batterijkosten dalen naar verwachting naarmate aanbod en vraag toenemen. In dit scenario worden de kosten voor de aankoop van een voertuig in 2030 gebruikt (zie sectie 3.2). Daarnaast is de technologie verder ontwikkeld waardoor energiegebruik per voertuig lager en levensduur van de batterij langer is. Elektriciteitsprijs blijft gelijk. Verwachte kostontwikkeling van laadpalen en elektriciteit is buiten beschouwing gelaten.
Scenario 4 - Stroom x 2	De elektriciteitsprijs per kWh verdubbelt in dit scenario.
Scenario 5 - Stroom / 2	De elektriciteitsprijs per kWh halveert in dit scenario.
Scenario 6 - Verbruik x 2	Het energiegebruik voor ieder voertuig verdubbelt in dit scenario. Een hoger gebruik kan verschillende oorzaken hebben, waaronder congestie - wat vooral in steden veelvuldig voorkomt -, lage temperaturen, hoge beladingsgraad en gekoeld transport.
Scenario 7 - Verbruik / 2	Het energiegebruik per voertuig halveert in dit scenario.
Scenario 8 - Afschrijving 4 jaar	De gebruiksduur van het voertuig halveert naar 4 jaar. Hierna wordt het voertuig samen met de batterij verkocht.

4.3.1 TCO - Bestelwagens

Voor een kleine bestelwagen met een gemiddelde inzet van 70 km per dag, is een 30 kWh batterij voldoende. Er wordt voor het merendeel op het depot en thuis geladen met AC3,7 en AC20 laadpalen. Onderstaande figuur laat de kosten per km voor de verschillende scenario's zien.

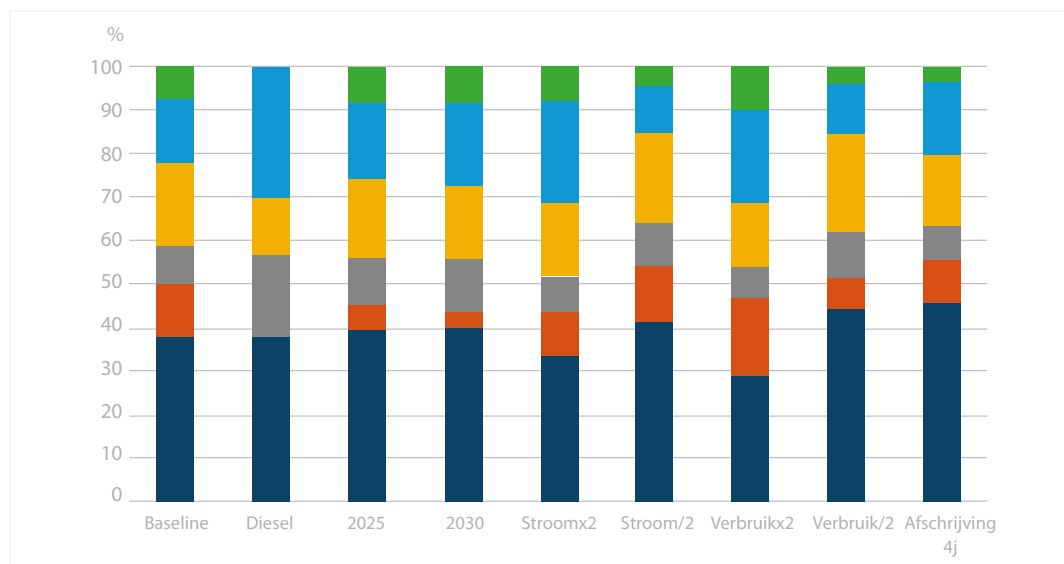
Figuur 4.18
TCO (€/km) voor een kleine bestelwagen (30 kWh) en 70km/dag.



De kosten per km komen in de baseline uit op € 0,23 per km (€ 16,40 per dag), waarbij met 50% de afschrijving van het voertuig (incl. 12% voor de batterij) de grootste kostenpost is. Bij dit jaarkilometrage is een diesel voertuig (internal combustion engine vehicle; ICEV) met € 0,23/km even duur. Het voertuig is goedkoper, maar heeft hogere kosten voor brandstof en onderhoud. Brandstof zorgt voor 30% van de kosten, terwijl dit voor elektriciteit slechts 15% bedraagt. De kosten per km dalen in 2025 en 2030 voor een 'battery electric vehicle' (BEV) tot respectievelijk € 0,19 en € 0,18 per km. De prijs van het voertuig en de batterij nemen naar verwachting sterk af. Hierdoor neemt ook de belasting en verzekering af.

Daarnaast worden batterijen efficiënter waardoor elektriciteitskosten enigszins afnemen. In een scenario waarin elektriciteit aanzienlijk duurder wordt, beslaan energiekosten 23% van de totale kosten. Verdubbeling van de energieconsumptie heeft de hoogste totale kosten tot gevolg¹⁰. Bij hoger verbruik nemen niet enkel de kosten voor opladen sterk toe maar ook voor de afschrijving van de batterij en de laadinfrastructuur. Vice versa leidt een hogere efficiëntie van batterijen en hierdoor een lagere energieconsumptie tot een afname van de afschrijvingskosten van de batterij, laadkosten en de laadinfrastructuur. Wanneer een voertuig in vier in plaats van in acht jaar wordt afgeschreven nemen de afschrijvingskosten van het voertuig sterk toe (46% van de totale kosten), maar blijven die voor een batterij gelijk.

Figuur 4.19
Relatieve verdeling van de kosten per scenario voor een kleine bestelwagen (30 kWh) en 70km/dag.



De TCO van een middelgrote bestelwagen met een 30 kWh batterij en een dagelijks kilometrage van 100 laat zien dat een ICEV € 0,02 goedkoper is dan de BEV. Ook hier zien we eenzelfde trend in de kosten: de TCO van een BEV daalt aanzienlijk in 2025 en 2030, scenario's met een hogere elektriciteitsprijs en een hoger verbruik hebben een grote impact op de TCO (figuur B.4.11 in de bijlage bij 4.3). Indien voor dezelfde (middelgrote) bestelwagen de km toenemen tot 198 per dag en hierdoor een 50 kWh batterij vereist is, zijn de BEV en ICEV met € 0,16/km even duur¹¹. Dit wordt grotendeels veroorzaakt doordat de gebruikskosten van de EV per kilometer laag zijn: elektriciteit is goedkoper dan diesel, uitgedrukt per kilometer. De meerprijs van de grotere batterij wordt door de besparing op de extra kilometers gecompenseerd (figuur B.4.12 in de bijlage bij 4.3).

¹⁰ Dit is een extreem scenario maar dient om de impact van deze parameter op de koststructuur weer te geven.

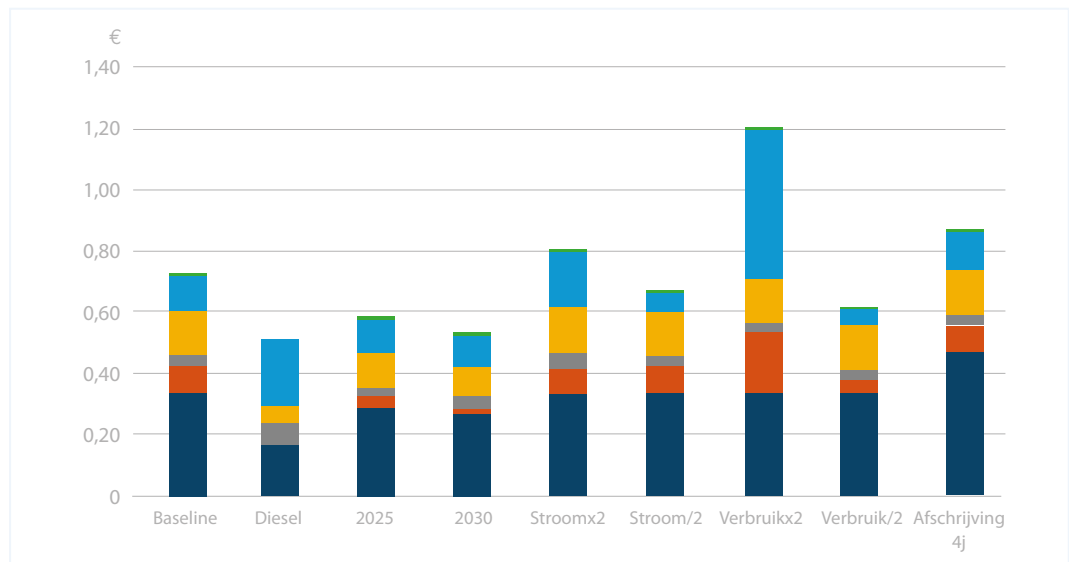
¹¹ Er is ondanks de hogere kilometrage ook uitgegaan van een restwaarde van 19% na 8 jaar. Dit zou eventueel 0% kunnen zijn door het hoge aantal km, waardoor de kost per km enigszins toeneemt. De verhouding tussen afschrijvingskosten voor een BEV en ICEV blijft echter gelijk.

4.3.2 Zware goederenvoertuigen

In tegenstelling tot bestelwagens zijn conventionele (diesel) bakwagens (12t) aanzienlijk goedkoper dan de elektrische variant. Het verschil per km bedraagt € 0,22 (€ 0,73 t.o.v. € 0,51). Dit komt voornamelijk door het feit dat OEM's elektrische vrachtwagens nog niet produceren, maar deze omgebouwd worden op basis van een dieselvrachtwagen en daardoor relatief duur zijn (zie 3.2). Daarnaast ligt de aanschafprijs hoger door de zwaardere batterij. Batterij en voertuig samen bedragen 59% van de kosten voor een BEV. Voor een ICEV is dit slechts 22%. Op basis van huidige prognoses lijken BEV's in deze categorie ook in 2025 en 2030 duurder te blijven (figuur B4.13).

Evenals bij andere voertuigen moet er opgemerkt worden dat in de aankoopprijs, subsidies voor BEV's en mogelijk hogere belasting voor ICEV's - momenteel en in de toekomst - niet zijn meegenomen. Ook is de prijsontwikkeling van vrachtwagens af-fabriek onzekerder dan voor bestelwagens. Figuur 4.20 laat ook zien dat overeenkomstig met bestelwagens, de onderhoudskosten voor diesel hoger zijn.

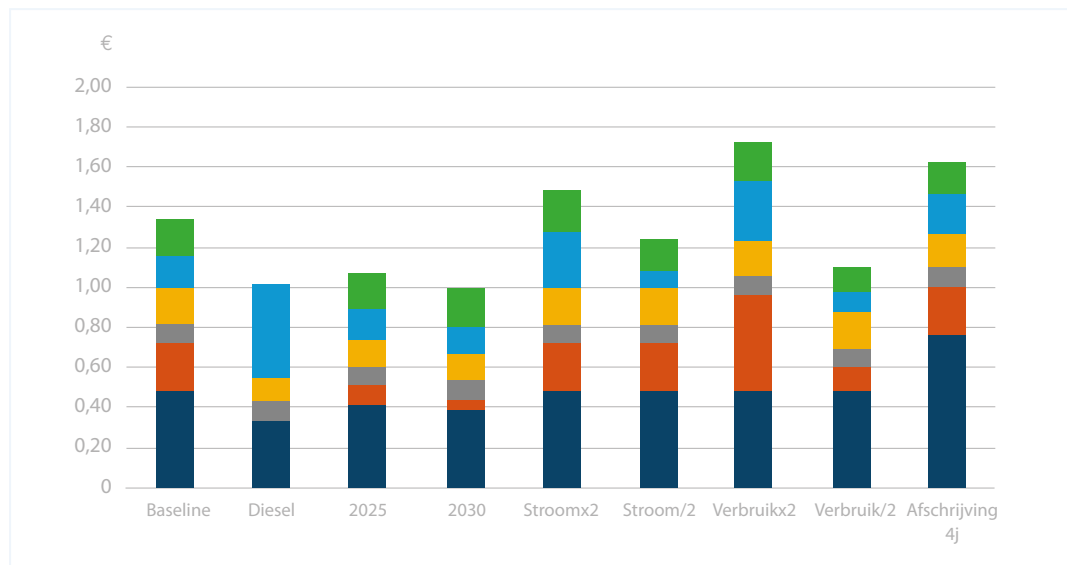
Figuur 4.20
TCO (€/km) voor een kleine bakwagen (160 kWh) en 169km/dag.



We zien eenzelfde verdeling van kosten voor een grotere bakwagen (19t) met een 200 kWh batterij (figuur 19 in de bijlage bij 4.3). Op basis van de huidige inschatting van kosten, is in tegenstelling tot een kleine bakwagen, een BEV in 2030 goedkoper dan een ICEV. Dit komt doordat de energiekosten voor een groter voertuig met hoger verbruik voor de BEV goedkoper zijn dan de diesel. Energiekosten voor een kleine bakwagen zijn € 0,12 voor de BEV en € 0,22 voor de diesel. Voor de grote bakwagen is dit respectievelijk € 0,12 en € 0,33 per kilometer. De kosten voor dieselvoertuigen stijgen dus relatief snel naarmate het voertuig groter wordt.

In navolging van bovenstaande zien we in de TCO van een trekker-oplegger eenzelfde verdeling van kosten (figuur 4.21). Wat hier echter opvalt zijn de kosten voor laadinfrastructuur die nagenoeg verwaarloosbaar zijn voor de bakwagens. Dit wordt veroorzaakt door het ander type laadpaal dat bij dit voertuig gebruikt wordt (zie paragraaf 3.4). Voor een trekker-oplegger in de gekozen logistieke sector is deze met 150 kW een stuk zwaarder en duurder dan een 20 kW paal. De inschatting van deze kosten is echter onzekerder en hangt af van twee factoren. Allereerst betreft dit de prijsontwikkeling van zwaardere laadpalen die pas recent op de markt zijn en waarvan het lastig is om in te schatten wat de kosten hiervan in de toekomst zijn. Ten tweede laat deze analyse de kosten zien van de dominante laadlocatie en -paal zoals berekend in sectie 4.2. Voor eenzelfde voertuig verandert dit mogelijk bij een ander ritprofiel.

Figuur 4.21
TCO (€/km) voor een
trekker-oplegger (240 kWh)
en 156km/dag.



4.3.3 Conclusies TCO

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de kosten per kilometer voor de verschillende voertuigen in de desbetreffende sectoren met bijbehorende km in deze analyse met onderscheid tussen een BEV (nu en in 2030) en een ICEV.

Tabel 4.22
Overzicht resultaten TCO
(€/km).

	KLEINE BESTELWAGEN	MIDDELGROTE BESTELWAGEN	KLEINE BAKWAGEN	GROTE BAKWAGEN	TREKKER- OPLEGGER
BEV - nu	0,23	0,22	0,73	0,92	1,33
ICEV - nu	0,23	0,20	0,51	0,72	1,02
BEV - 2030	0,18	0,16	0,53	0,69	1,00

Samenvattend leidt een nadere analyse van de totale kosten in een aantal scenario's tot de volgende conclusies:

- Voor alle voertuigen nemen de kosten voor een elektrisch goederenvoertuig naar verwachting sterk af tot 2030.
- Bij een vergelijking van een BEV en een ICEV zien we een aanzienlijk verschil in de totale kosten tussen enerzijds bestelwagens - waarbij beide voertuigtypes nagenoeg dezelfde kosten hebben - en anderzijds de zwaardere goederenvoertuigen.
- Bij een hoger aantal km is een grotere batterij een mogelijke oplossing. Bij conventionele ICEV bestelwagens nemen de operationele kosten (brandstof) snel toe met het aantal kilometers ten opzichte van een BEV. Dat kostenverschil is snel meer dan de hogere afschrijving van een duurdere batterij.
- Voor grotere voertuigen liggen de verwachte totale kosten van een BEV in 2030 op ongeveer hetzelfde niveau als voor een diesel. Deze analyse gaat er wel van uit dat belasting voor beide types voertuigen even hoog is en er geen fiscale voordelen voor een BEV zijn.
- De energiekosten per kilometer liggen voor een ICEV hoger dan voor een BEV. Bij een hoger kilometrage worden ICEV's hierdoor relatief snel duurder. In een stedelijke context met minder doorstroming en een lagere snelheid is er voor een BEV efficiëntiewinst (van energieverbruik) t.o.v. een ICEV welke voordeel heeft op buitenwegen met betere doorstroming en een hogere snelheid.
- Het aandeel van laadinfrastructuur in de TCO is in grote mate afhankelijk van twee factoren. Allereerst de laadlocatie; in de publieke ruimte laden zorgt voor hoge energiekosten en geen afschrijving van laadinfrastructuur omdat deze in de eerste verwerkt zitten. Ten tweede zijn zwaardere laadpalen (momenteel) zeer prijzig, maar is de prijsontwikkeling onzeker.
- Verdubbeling van de stroomprijs leidt tot hogere energiekosten, maar deze wordt niet twee keer zo hoog omdat elektriciteit snel goedkoper wordt bij een hoger totaalgebruik. Idem leidt een halvering van de stroomprijs tot lagere energiekosten, maar geen halvering in €/km.
- Verdubbeling van de energieconsumptie leidt tot hogere energiekosten en een snellere afschrijving van de batterij. Daarnaast worden de kosten voor laadinfrastructuur mogelijk hoger doordat er op het depot of thuis een zwaardere paal nodig is (bijv. van AC3,7 naar AC20).
- Een kortere afschrijvingsperiode leidt voor een BEV tot een hogere TCO omdat de afschrijvingskosten van voertuig en mogelijk ook de laadinfrastructuur hoger worden. De batterij wordt daarentegen in laadcycli afgeschreven.





5 RUIMTELIJKE SPREIDING LAADBEHOEFTE EN IMPACT OP LAADINFRA

In hoofdstuk 4 hebben we via het rekenmodel 'Optimaal laden' inzicht gegeven in de type locaties (depot, thuis etc.) waar voertuigen gaan laden, afhankelijk van het type voertuig (bestelwagen of vrachtwagen) en de sector waar deze voertuigen actief zijn (paragraaf 4.2). In dit hoofdstuk passen we deze uitkomsten toe op de voor de casestudy gedefinieerde ZE zone in Amsterdam (zie paragraaf 1.3.2) en geven we aan waar we verwachten dat er laadvraag ontstaat en wat de effecten hiervan zijn op het elektriciteitsnetwerk en de ruimte.

De eerste paragraaf (5.1) geeft een prognose van de totale energievraag die ontstaat bij voertuigen die de ZE zone aandoen wanneer deze elektrificeren. Ook wordt aangegeven wat dit betekent voor de laadbehoefte en het aantal laadmomenten binnen de COROP Groot-Amsterdam¹². Het uitgangspunt voor deze studie is dat 100% van het transport van en naar de ZE zone elektrisch wordt. De cijfers zijn gebaseerd op maatwerk data van CBS over bestel- en vrachtwagens die de milieuzone Amsterdam bezoeken. Het gebruik van de CBS data wordt toegelicht in de bijlagen 5.1.A en 5.1.B. In paragraaf 5.2 wordt aangegeven op welke locaties er een laadvraag verwacht kan worden. Hiervoor is de energiebehoefte ruimtelijk toegedeeld op postcode 4-niveau binnen COROP Groot-Amsterdam. Op basis van CBS data over standplaatsen en herkomst en bestemmingsdata (maatwerkdata), en op basis van herkomst-bestemmingsdata uit het VENOM verkeersmodel. De beschrijving van de data en de toedeling ervan is te vinden in de bijlage bij 5.2. Vervolgens wordt de impact op het elektriciteitsnet (5.3), het aantal benodigde laadpalen (5.4) en de impact op de ruimte (5.5) besproken. Tenslotte worden in paragraaf 5.6 de conclusies beschreven.

5.1 Laadbehoefte als gevolg van ZE zone

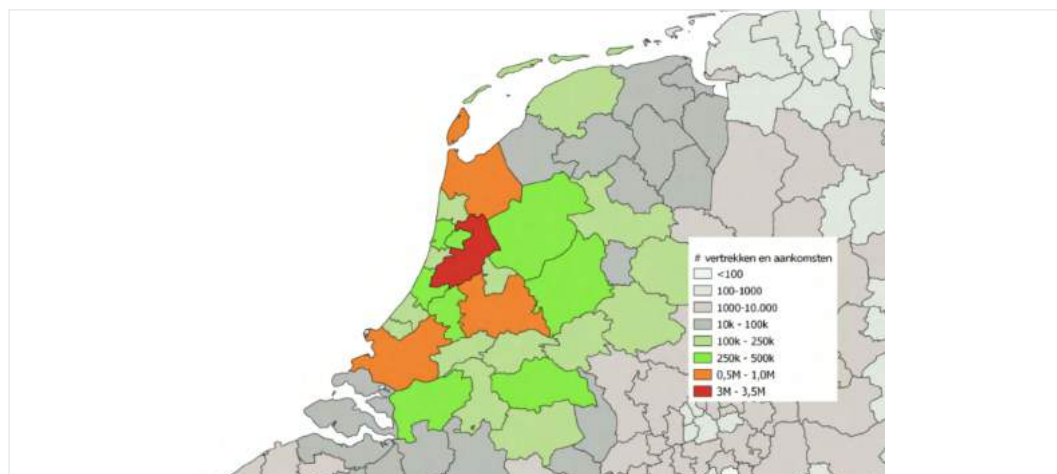
Vrachtwagens

In de gedefinieerde ZE zone (huidige milieuzone) komen momenteel naar schatting 4.700 vrachtwagens op regelmatige basis. Deze vrachtwagens hebben een jaarkilometrage van ongeveer 70.000 km per jaar en rijden bij elkaar dus 325,5 miljoen kilometer. Deze kilometers zijn niet alleen van ritten van en naar de ZE zone, maar ook van ritten naar andere locaties. Een groot deel van herkomst en bestemmingen valt echter binnen de COROP Groot-Amsterdam (35%) of aangrenzende COROPs. Figuur 5.1 geeft een overzicht van de herkomst en bestemmingslocaties van de ritten die voertuigen hebben gemaakt gedurende een jaar (bron CBS, zie bijlage bij 5.1).

¹² Onder COROP Groot-Amsterdam vallen de gemeenten: Aalsmeer, Amstelveen, Amsterdam, Beemster, Diemen, Edam-Volendam, Haarlemmermeer, Landsmeer, Oostzaan, Ouder-Amstel, Purmerend, Uithoorn, Waterland. Bron: CBS.

Figuur 5.1

Aantal vertrekken en aankomsten per jaar naar COROP gebied van voertuigen die in milieuzone komen.



Totale jaarlijkse laadvraag van vrachtwagens

Wanneer al deze ritten elektrisch uitgevoerd worden resulteert dit in een totale energievraag van 470,8 miljoen kWh per jaar. In tabel 5.1 wordt in de eerste kolom een overzicht gegeven van de jaarlijkse energievraag per sector. De totale laadbehoefte per sector is vervolgens op basis van de resultaten uit paragraaf 4.2 toegedeeld aan de verschillende type locaties waar naar verwachting geladen worden: tijdens de rit langs de weg (snelladen), bij het bedrijf op het depot en op de aankomstbestemming bij de klant. Omdat chauffeurs een vrachtwagen over het algemeen niet mee naar huis nemen, zal er geen laadvraag van vrachtwagens zijn op het huisadres in de woonwijken. Tabel 5.2 laat zien dat voor het totaal van de sectoren, de laadvraag van vrachtwagens voornamelijk op depot (78% van de laadvraag) wordt verwacht (voor achtergrond van de cijfers zie bijlage bij 5.1).

Tabel 5.2

Verwachte laadbehoefte als gevolg van ZE zone van elektrische vrachtwagens naar type locatie.

	TOTAAL (MWH/ JAAR)	THUIS (MWH/ JAAR)	LANGS DE WEG (SNELLADEN) (MWH/ JAAR)	DEPOT (MWH/ JAAR)	KLANT (MWH/ JAAR)
	14.617	-	2.193	12.425	-
	141.761	-	7.088	113.409	21.264
	39.329	-	1.966	33.430	3.933
	125.076	-	6.254	106.315	12.508
	-	-	-	-	-
	78.453	-	3.923	58.840	15.691
	62.848	-	6.285	37.709	18.854
	8.694	-	435	6.955	1.304
Totaal	470.778	-	28.143	369.081	73.554
Aandeel totaal	100%	0%	6%	78%	16%

Laadvraag van vrachtwagens binnen COROP Groot-Amsterdam

Tabel 5.3 geeft aan welk deel van de totale energiebehoefte van de ZE zone bezoekende vrachtwagens naar verwachting tot laadvraag binnen de COROP Groot-Amsterdam leidt. De laadvraag op depot in Groot-Amsterdam is bepaald op basis van het aandeel vrachtwagens met een standplaats binnen de COROP Groot-Amsterdam¹³. De laadvraag bij de klant en langs de weg is bepaald op basis van het aandeel vertrek- en aankomstlocaties binnen de COROP Groot-Amsterdam. De resulterende laadvraag per jaar is gegeven in tabel 5.3.

Tabel 5.3
Toedeling laadbehoefte van vrachtwagens per type locatie aan COROP Groot-Amsterdam.

	TOTALE LAADBEHOEFTE (MWH/ JAAR)	AANDEEL IN GROOT-AMSTERDAM (%)	LAADVRAAG IN GROOT-AMSTERDAM (MWH/ JAAR)
Langs de weg (snelladen)	9.850	35 ^a	3.448
Depot	87.434	24 ^b	20.713
Klant	25.381	35 ^c	8.758
Totaal	122.665	-	32.919

^a Aandeel vertrek en aankomstlocaties in COROP Groot-Amsterdam.

^b Aandeel standplaatsen van voertuigen in COROP Groot-Amsterdam.

^c Er is uitgegaan van 260 actieve dagen per jaar.

Laadmomenten in COROP Groot-Amsterdam

Het aantal laadmomenten is bepaald door de totale laadvraag te delen op de laadbehoefte per laadmoment. De laadvraag per laadmoment volgt uit het model 'optimaal laden' (paragraaf 4.2) en is weergegeven tabel 5.4, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar type laadlocatie.

Voor laden op depot is onderscheid gemaakt tussen laden overdag en 's nachts. Uit het model blijkt dat 82% van de energievraag op depot 's nachts is met een gemiddelde laadvraag van 238 kWh. De overige energie vraag is overdag met een gemiddelde laadvraag van 87 kWh per laadmoment. Gewogen gemiddeld komt dit neer op een gemiddelde laadvraag per laadmoment van 181 kWh.

Tabel 5.4
Laadbehoefte per laadmoment vrachtwagens naar type locatie en tijdstip.

LAADBEHOEFTE PER LAADMOMENT (KWH)	GEMIDDELD	OVERDAG	'S NACHTS
Vrachtwagen op depot	181	87	238
Vrachtwagen bij klant	124	-	-
Vrachtwagen langs de weg (snelladen)	54	-	-

De laadvraag en het aantal laadmomenten per dag berekend op basis van bovenstaande cijfers is weergegeven in tabel 5.5.

Tabel 5.5
Laadvraag vrachtwagens en aantal laadmomenten per dag.

	ENERGIEVRAAG PER DAG (MWH) ^a	AANTAL LAADMOMENTEN
Langs de weg (snelladen)	38	698
Depot	335	1.848
Klant	97	(1157/691) ^b
Totaal	470	3.330

^a De energievraag per dag is berekend, uitgaande van 260 actieve dagen per jaar.

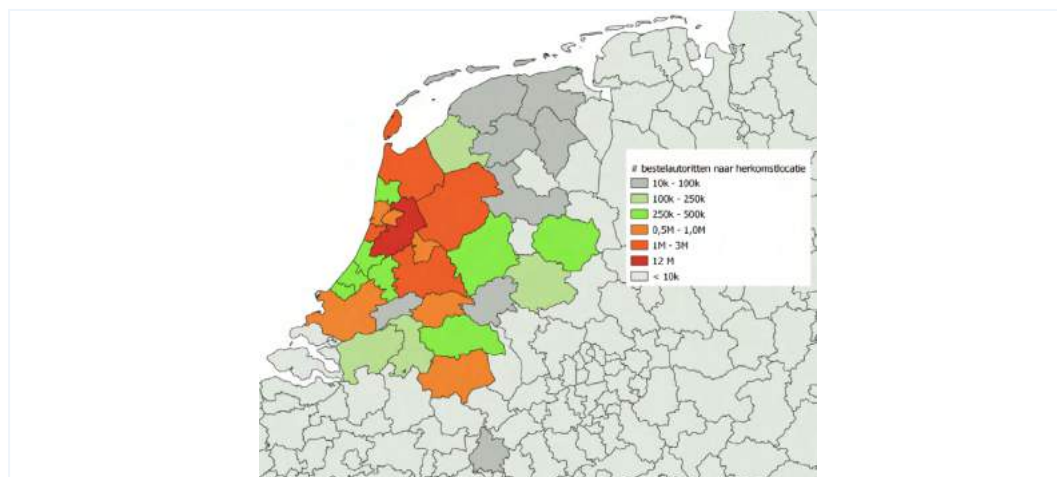
^b Verdeling laadmomenten over nacht en dag (nacht/dag).

¹³ Impliciet is hiermee aangenomen dat de vrachtauto's met een standplaats in Groot-Amsterdam een gelijk jaarkilometrage hebben als de totale voertuigen die de milieuzone bezoeken.

Bestelwagens

In de gedefinieerde ZE zone (huidige milieuzone) komen momenteel jaarlijks 30.000 tot 40.000 bestelwagens, we aannemen dat 30.000 de milieuzone op regelmatige basis bezoeken en vervangen zullen worden door een elektrische bestelauto. Deze 30.000 bestelwagens hebben een gemiddeld jaarkilometrage van 46.000 km per jaar en rijden bij elkaar 1,4 miljard kilometer per jaar (bron CBS, zie bijlage). Het jaarkilometrage van de bestelwagens die in Amsterdam actief zijn is relatief hoog ten opzichte van het gemiddelde jaarkilometrage van circa 26.000 km voor bestelwagens. (Nader onderzoek is nodig om te achterhalen wat hier de reden van is). De 1,4 miljard kilometers zijn niet alleen van ritten van en naar de ZE zone, maar ook van ritten met start- en eindpunten op heel andere locaties. Figuur 5.6 geeft het aantal bestelwagenritten per jaar naar standplaats van de bestelwagen (bron CBS, zie bijlage bij 5.1). Een groot deel van de bestelwagens heeft zijn standplaats in COROP Groot-Amsterdam (48%) en de meeste anderen komen uit de aangrenzende COROP's, en de regio's Rotterdam en Eindhoven.










Figuur 5.6
Aantal vertrekken per jaar naar COROP gebied van bestelwagens die in ZE zone komen.



Totale jaarlijkse laadvraag van bestelwagens

Wanneer al deze ritten met elektrische bestelwagens uitgevoerd worden, resulteert dit in een totale energievraag van 493 miljoen kWh per jaar. In tabel 5.7 wordt in de eerste kolom een overzicht gegeven van de jaarlijkse laadbehoefte per sector. De totale laadbehoefte per sector is vervolgens op basis van de resultaten uit paragraaf 5.2 toegedeeld aan de verschillende type locaties waar naar verwachting geladen gaat worden: op het thuisadres van de chauffeur in een woonwijk, langs de weg (publieke laadpaal en snelladen), op depot en op de aankomstbestemming bij de klant. Tabel 5.7 laat zien dat voor het totaal van de sectoren, de laadvraag van bestelwagens voornamelijk op depot of thuis (90% van de laadvraag) wordt verwacht (voor achtergrond van de cijfers zie bijlage bij 5.1).

Tabel 5.7
 Verwachte laadbehoefte
 (MWh/ jaar) elektrische
 bestelwagens naar type locatie
 als gevolg van ZE zone.










	TOTAAL (MWH/ JAAR)	THUIS (MWH/ JAAR)	LANGS DE WEG (SNELLADEN) (MWH/ JAAR)	DEPOT (MWH/ JAAR)	KLANT (MWH/ JAAR)
	1.484	-	371	1.113	-
	113.782	85.337	11.378	-	17.067
	134.938	47.228	1.349	80.963	5.398
	15.065	-	-	15.065	-
	19.418	4.854	2.913	11.651	-
	33.932	-	-	33.932	-
	29.359	-	-	29.359	-
	31.271	25.017	3.127	3.127	-
	15.969	14.372	1.597	-	-
Totaal	395.218	176.808	20.735	175.209	22.465
Aandeel totaal	100%	45%	5%	44%	6%

Laadvraag van bestelwagens binnen COROP Groot-Amsterdam

De laadvraag van bestelwagens wordt primair verwacht op de thuislocatie of op het depot oftewel: op de standplaats van de bestelwagen. Om de laadvraag in Groot-Amsterdam te bepalen is daarom uitgegaan van bestelwagens die de milieuzone bezoeken met een standplaats in Groot-Amsterdam. Van de 30.000 bestelwagens die de milieuzone bezoeken zijn er ongeveer 14.300 met een standplaats in Groot-Amsterdam (bron: CBS). Het gemiddelde jaarkilometrage van deze voertuigen is lager dan van het totaal aan bestelwagens dat Amsterdam bezoekt, namelijk 33.600 km per jaar (i.p.v. 46.000). Daarmee is ook de laadvraag per voertuig lager.

In tabel 5.8 is de totale laadvraag van de voertuigen met een standplaats in Groot-Amsterdam weergegeven en de verdeling naar type locatie. De laadbehoefte thuis of op depot leidt voor deze voertuigen logischerwijs tot laadvraag in Groot-Amsterdam. De laadbehoefte langs de weg en bij de klant hoeft niet binnen de COROP tot laadvraag te leiden. Vanuit CBS-data is echter bekend dat 70% van de plaatsen die bezocht wordt door voertuigen vanuit de COROP Groot-Amsterdam ook in COROP-Groot-Amsterdam ligt. Het is dus aannemelijk dat ook 70% van de laadbehoefte van deze bestelwagens langs de weg en bij de klant tot laadvraag in de COROP leidt. Aangenomen is dat de overige 30% laadbehoefte die buiten de COROP tot laadvraag leidt, gelijk is aan de laadvraag binnen de COROP van de 17.300 voertuigen met een standplaats elders. Tabel 5.8 geeft een inschatting van de laadvraag door toedoen van een ZE zone naar type locatie in de COROP Groot-Amsterdam.

Tabel 5.8
Verwachte laadvraag elektrische bestelwagens in COROP Groot-Amsterdam als gevolg van ZE zone.

	TOTAAL (MWH/ JAAR)	THUIS (MWH/ JAAR)	LANGS DE WEG (SNELLADEN) (MWH/ JAAR)	DEPOT (MWH/ JAAR)	KLANT (MWH/ JAAR)
	204	-	51	153	-
	28.377	21.283	2.838	-	4.257
	38.607	13.513	386	23.164	1.544
	6.255	-	-	6.255	-
	7.626	1.907	1.144	4.576	-
	12.108	-	-	12.108	-
	10.956	-	-	10.956	-
	14.113	11.291	1.411	1.411	-
	6.923	6.231	692	-	-
Totaal	125.170	54.223	6.522	58.623	5.801

Laadmomenten van bestelwagens in COROP Groot-Amsterdam

Net als voor de vrachtwagens is het aantal laadmomenten bepaald door de totale laadvraag te delen op de laadbehoefte per laadmoment. De laadvraag per laadmoment volgt uit het model 'optimaal laden' (paragraaf 4.2) en is weergegeven in tabel 5.9, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar type laadlocatie. Voor laden op depot en thuis is onderscheid gemaakt tussen laden overdag en 's nachts. Uit de resultaten van het model valt op te maken dat circa 50% van de laadvraag op depot 's nachts is met een gemiddelde laadbehoefte van 21 kWh. De overige laadvraag is overdag met een gemiddelde laadbehoefte van 9 kWh per laadmoment. Gewogen gemiddeld komt dit neer op een gemiddelde laadvraag per laadmoment van 12 kWh. De laadvraag thuis is voor 98% 's nachts met een gemiddelde laadvraag van 19 kWh per laadmoment. Overdag is dit 2 kWh per laadmoment, waarmee het gemiddelde uitkomt op 17 kWh per laadmoment.

Tabel 5.9
Laadbehoefte per laadmoment bestelwagens naar type locatie en tijdstip.

LAADBEHOEFTE PER LAADMOMENT (KWH)	GEMIDDELD	OVERDAG	'S NACHTS
Bestelwagen op depot	12	9	21
Bestelwagen bij klant	11		
Bestelwagen thuis	17	2	19
Bestelwagen langs de weg (snelladen)	9		

De laadvraag en het aantal laadmomenten per dag is weergegeven in tabel 5.10. Voor laden langs de weg is het de inschatting dat de helft van de bestelwagens bij publieke laadpalen zal gaan opladen en de andere helft bij snellaadstations. De laadbehoefte per laadmoment aan publieke laadpalen is gelijk veronderstelt aan laden bij de klant.

Tabel 5.10
Laadvraag en aantal laadmomenten van bestelwagens per dag.

^a De energievraag per dag is berekend, uitgaande van 260 actieve dagen per jaar.

^b Verdeling laadmomenten over nacht en dag (nacht/dag).

	ENERGIEVRAAG PER DAG (MWH) ^a	AANTAL LAADMOMENTEN	
Langs de weg (snelladen)	13	1.449	
Langs de weg (publiek)	13	1.131	
Thuis	208	12.294	(11.481/813) ^b
Depot	225	18.444	(5.295/13.149) ^b
Klant	22	2.012	
Totaal	480	35.329	

Totaal vracht- en bestelwagens

Tabel 5.11 geeft voor bestel- als vrachtwagens die actief zijn in de ZE zone een overzicht van de totale laadbehoefte per jaar (866 GWh/jaar) en de laadvraag per jaar (totaal 248 GWh/jaar) binnen de COROP Groot-Amsterdam. Ongeveer 30% van de laadvraag van bestelwagens en vrachtwagens die elektrisch worden vanwege de ZE zone slaat neer in de COROP Groot-Amsterdam. De totale laadvraag in Groot-Amsterdam van 248 GWh per jaar staat gelijk aan 2 tot 3% van de totale jaarlijkse elektriciteitsvraag in COROP Groot-Amsterdam die wordt voorzien richting 2025 en 2030 en 4% van de groei die wordt voorzien in de elektriciteitsvraag in de periode 2020-2030¹⁴.

Tabel 5.11

Overzicht jaarlijkse laadbehoefte en jaarlijkse laadvraag binnen COROP Groot-Amsterdam naar type locatie van voertuigen actief in ZE zone.

	TOTALE LAADVRAAG	THUIS	LANGS DE WEG	DEPOT	KLANT
Jaarlijkse laadbehoefte (GWh/ jaar)					
Bestelwagens	395	177	21	175	22
Vrachtwagens	471	-	28	369	74
Totaal	866	177	49	544	96
Jaarlijkse laadvraag binnen COROP Groot-Amsterdam (GWh/ jaar)					
Bestelwagens	125	54	6,5	59	5,8
Vrachtwagens	123	-	9,9	87	25,4
Totaal	248	54	16,4	146	31,2

Tabel 5.12 geeft de laadvraag in COROP Groot-Amsterdam per dag weer (totaal 950 MWh/dag) en daarbij het aantal laadmomenten per dag (totaal 38.659/ dag). In totaal worden er bijna 40.000 laadmomenten per dag verwacht, waarvan meer dan 90% voor rekening van bestelwagens en meer dan de helft op depot is.

Tabel 5.12

Overzicht laadvraag en laadmomenten per dag van voertuigen actief in ZE zone binnen COROP-Groot-Amsterdam naar type locatie.

* Uitgaande van 260 actieve dagen per jaar.

	TOTALE LAADVRAAG	THUIS	LANGS DE WEG	DEPOT	KLANT
Laadvraag per dag (MWh/ dag)*					
Bestelwagens	480	208	25	225	22
Vrachtwagens	470	-	38	335	97
Totaal	950	208	63	560	120
Aantal Laadmomenten per dag (#/ dag)*					
Bestelwagens	35.329	12.294	2.579	18.444	2.012
Vrachtwagens	3.330	-	698	1.848	784
Totaal	38.659	12.294	3.277	20.292	2.795

¹⁴ De totale vraag is ca. 7,5 TWh in 2020 en 13 TWh in 2030, Rapportage systeemstudie energie-infrastructuur Noord-Holland 2020-2050, CE Delft 2019

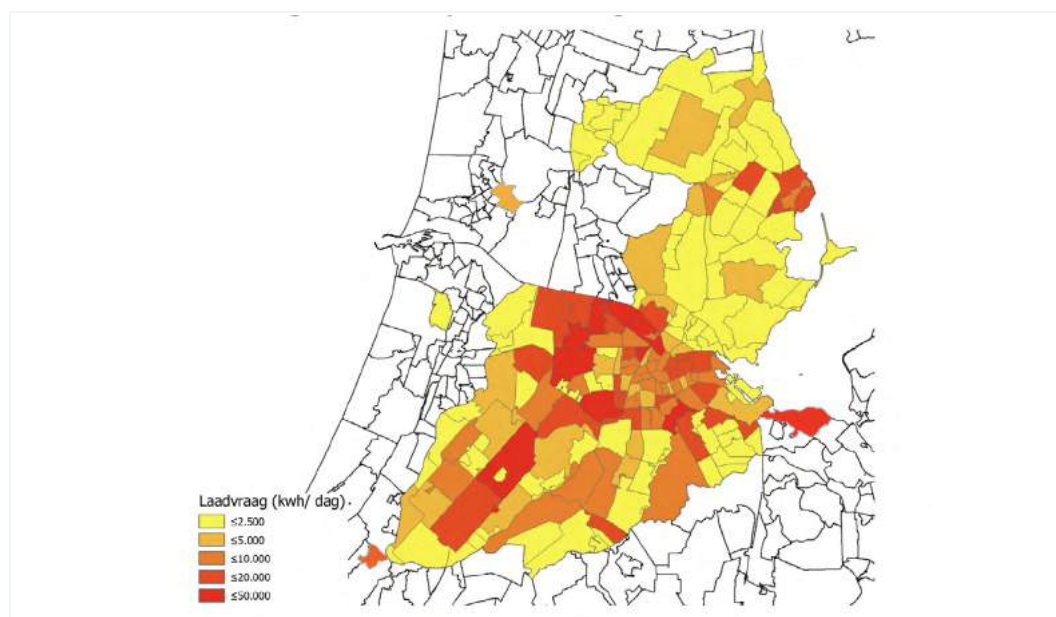
5.2 Ruimtelijke spreiding laadbehoefte in Groot-Amsterdam

De laadvraag per type locatie is ruimtelijk verdeeld naar postcode-4 gebieden (zie bijlage bij 5.2 voor details). De methode van toedeling van de laadvraag aan postcode-4 gebieden verschilt per type locatie:

- De laadvraag op depot en thuis is toegedeeld op basis van standplaats en registratiegegevens van vracht- en bestelwagens die de ZE zone bezoeken.
- De laadvraag bij de klant is toegedeeld op basis van herkomst-bestemmingsrelaties uit het VENOM verkeersmodel.
- Voor de snellaadstations langs de route, zijn een vijftal strategische locaties gekozen langs de toegangswegen richting Amsterdam bij bestaande tankstations en parkeerfaciliteiten, waarbij de totale laadvraag bij snellaadstations is verdeeld op basis van de verkeersintensiteiten van verkeer van en naar de ZE zone volgens het VENOM verkeersmodel over de desbetreffende aanrijroute.

Het resultaat van de toedeling is weergegeven in de kaart in figuur 5.13, met daarin per postcode-4 gebied een overzicht van de dagelijkse laadvraag in de COROP Groot-Amsterdam. De gekleurde locaties net buiten de COROP Groot-Amsterdam betreffen de postcode-4 gebieden van de gekozen locaties voor snellaadstations.

Figuur 5.13
Heatmap van dagelijkse laadvraag.



De figuur toont dat relatief veel laadvraag te verwachten is in het havengebied, Amsterdam-west en bedrijventerreinen aan de rand van Amsterdam. Het betreft hier vooral veel laden op depot van vracht en bestelwagens. Verder wordt er veel laadvraag verwacht in met name Hoofddorp en Edam-Volendam. Behalve laden op de depot betreft het hier ook veel thuisladen van bestelwagens.

Buiten COROP Groot-Amsterdam zijn er nog een aantal locaties waar de laadvraag voor laden op depot relatief groot is en in een aantal gevallen groter dan voor postcodegebieden binnen COROP Groot-Amsterdam. Het betreft de depots van een aantal grote transport-ondernemingen.

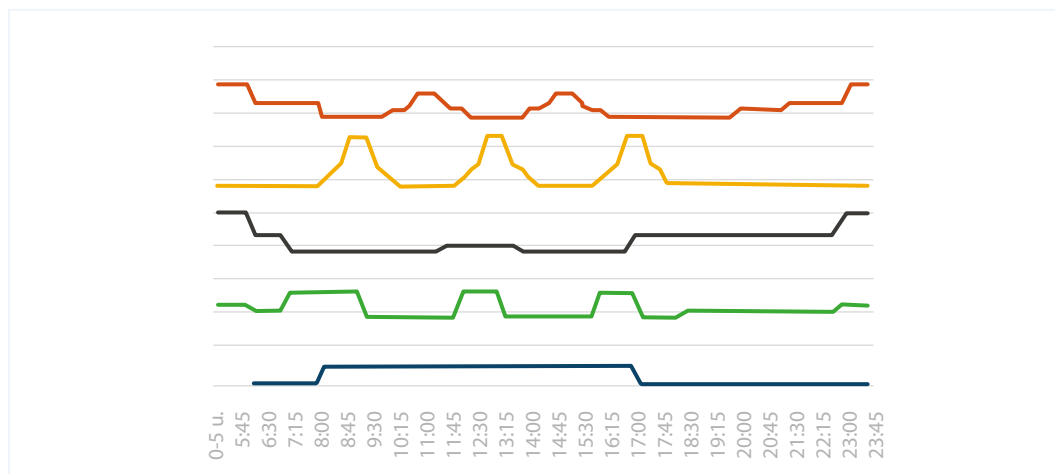
5.3 Impact laadvraag op elektriciteitsnetwerk

De impact van de laadvraag in de COROP Groot-Amsterdam op het energienetwerk, wordt bepaald door de toename in vermogensvraag die dit oplevert op de piekmomenten gedurende het jaar. Om de vermogensvraag van de elektrische voertuigen te bepalen is de totale laadvraag per dag omgezet naar de vermogensvraag (kW) gedurende de dag. Hiertoe zijn per type laadvraag laadprofielen toegepast zoals weergegeven in figuur 5.14 per postcode 4-gebied. Voor laden langs de weg van bestelwagens bij publieke laadpalen in de woonwijken is aangenomen dat dit gelijk is aan het profiel van laden bij de klant. Per type laadvraag wordt een korte toelichting gegeven:

- **Bestelwagen bij klant (en langs de weg, publieke laadpaal):** Aangenomen is dat de laadvraag zich verdeelt over de dag van 8.00 tot 17.00u. Bestelwagens die laden bij de klant zijn voornamelijk actief in de bouw en in de sector facilitair, waarbij de bestelwagens langere tijd stilstaat bij de klant.
- **Bestelwagen op depot:** Een klein deel van de bestelwagens laadt 's nachts op depot. De laadvraag 's nachts is gelijk verdeeld over de periode 18.30u.-7.00u, waarbij we aannemen dat dit mogelijk is door het toepassen van slim laden¹⁵ en dat ondernemers hier voor zullen kiezen om de vermogensvraag, en daarmee kosten voor laden, te beperken. Verder is aangenomen dat op depot wordt bijgeladen, 's ochtends bij aanvang van het werk (wanneer bijv. het werk wordt verdeeld) en tijdens pauzemomenten gedurende de dag. De totale laadvraag overdag is verdeeld over 3 momenten gedurende de dag over een totale tijdsduur van 4:45 uur.
- **Bestelwagen thuis (publieke laadpaal):** bestelwagens laden thuis hoofzakelijk 's nachts in de periode 17.00u.-7.00u., waarbij we aannemen dat de laadvraag in de periode 23.00u.-6.00u. maximaal is. Aanname is dat gebruik wordt gemaakt van slim laden en de laadvraag gelijk verdeeld wordt over de nacht.
- **Vrachtwagen bij klant:** aangenomen is dat vrachtwagens 's ochtends vertrekken tussen 6.00u. en 8.00u. Ongeveer 2 uur later (8.00u.-10.00u.) zijn ze dan bij de klant. Er is uitgegaan van een ritcyclus van ongeveer 4 uur, zodat er 4 en 8 uur later weer laadmomenten zijn bij de klant. De laadvraag per dag is verdeeld over 3 periodes van 2 uur gedurende de dag. Voor het bepalen van de maximale vermogensvraag overdag is aangenomen dat bij elke 6 laadmomenten op een locatie, gelijktijdige laadmomenten gaan plaatsvinden en de vermogensvraag met 150kW toeneemt. Voor een locatie met 19 laadmomenten per dag wordt dus uitgegaan van een vermogensvraag van 600 kW op piekmomenten. Voor de vermogensvraag per laadmoment is uitgegaan van 150 kW op basis van het model optimaal laden.
- **Vrachtwagen op depot:** op depot is 82% van de laadvraag 's nachts, waarbij is aangenomen dat dit tussen 20.00u. en 8.00u. is met een optimum tussen 23.00u. en 6.00u. Ook hier nemen we aan dat ondernemers zullen kiezen voor en vorm van slim laden om zo de vermogensvraag te spreiden over de nacht en de laadkosten te beperken. Overdag zijn er laadmomenten met tussenpozen van 4 uur na vertek. Voor het bepalen van de maximale vermogensvraag overdag is aangenomen dat bij elke 5 laadmomenten op een locatie, gelijktijdige laadmomenten gaan plaatsvinden en de vermogensvraag met 150kW toeneemt.
- **Bestelwagens en vrachtwagens op snellaadstations:** aangenomen is dat dat de laadvraag zich gelijkelijk verdeelt tussen 9.00u. en 21.00u. (niet weergegeven in grafiek).

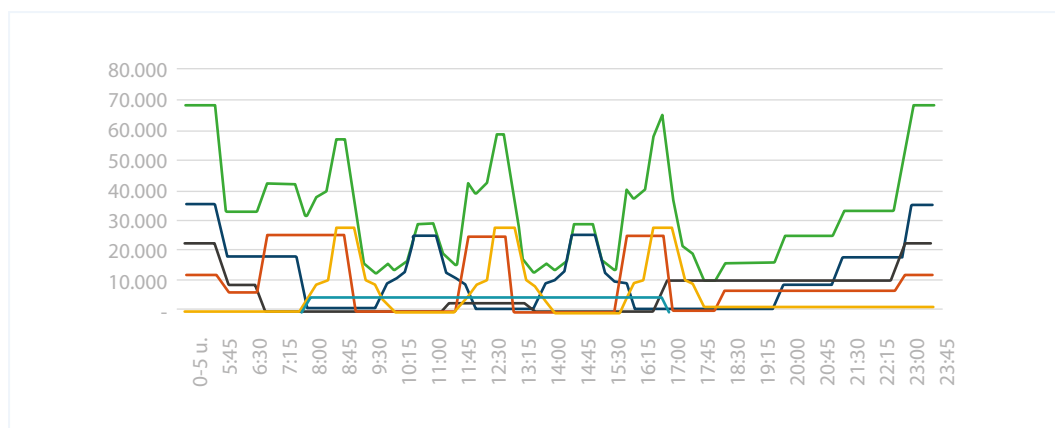
¹⁵ Waarbij slim/ uitgesteld laden er voor zorgt dat de laadvraag zich gedurende de nacht verdeeld.

Figuur 5.14
 Toegepaste laadprofielen
 voor verschillende type
 laadvraag en voertuig.
 * VA = vrachtauto.
 BA = bestelauto.



Op basis van bovenstaande profielen is per postcode 4 de vermogensvraag gedurende de dag bepaald. Dit leidt binnen COROP Groot-Amsterdam tot een maximale vermogensvraag 2600 kW op een locatie. De maximale vermogens zijn over het algemeen 's nachts en een enkele keer rond 8.00/8.45uur en om 17.00uur. Deze pieken zijn ook te herkennen in de totale vermogensvraag in de COROP Groot-Amsterdam (figuur 5.15).

Figuur 5.15
 Totale vermogensvraag
 gedurende de dag door laden
 voertuigen ZE zone.



Belasting van het elektriciteitsnetwerk

De vermogensvraag per postcode-4 gebied is voorgelegd aan Liander, de netwerkbeheerder in Amsterdam. Liander heeft onderzocht wat de impact is van deze vermogensvraag op de onderstations in de gemeente Amsterdam. De impact blijkt in relatieve termen zeer beperkt. Op de piekmomenten van bestaande vermogensvraag gedurende het jaar (huidige situatie) is de toename door laadvraag in vermogen bij 25 van de 26 onderstations kleiner dan 0,25%. In 2030 is dit naar verwachting slechts 0.17%. Bij één van de onderstations, in het havengebied, is de impact iets groter, namelijk 1,5% ten opzichte van de huidige vermogensvraag en 0,6% in 2030. Wanneer het laden van bestelwagens in de woonwijk niet slim gebeurt, maar gelijktijdig tussen 17.00u. en 20.00u. 's avonds, zal dit tot een laadvraag leiden die gemiddeld genomen een factor 2,6 maal hoger is rond 17.00u. (Zie bijlage bij 5.3).

Waarschijnlijk is de impact op de onderstations (met ca. 0,65% op 25 van de 26 onderstation) nog steeds beperkt, maar zou in een enkel geval (Havengebied) kunnen oplopen tot enkele procenten (4%, uitgaande van de gemiddelde factor van 2,6). Het is dus zeker van belang om slim laden toe te passen om de impact op het net te beperken. Dit geldt zowel voor de ondernemers (qua kosten voor de aansluiting) als voor de netwerkbeheerder.

Conclusie op basis van bovenstaande analyse is dat de impact van de totale laadvraag op de capaciteit van het netwerk en de onderstations niet opzienbarend groot is in vergelijking met zowel de huidige vraag als de te verwachten extra vraag. Voor de netwerkbeheerder betekent dit dat de een ZE Zone de grote uitdagingen die er liggen om het elektriciteitsnetwerk toekomstbestendig te maken niet substantieel doen toenemen. Voor gemeenten is het echter wel van belang om slim laden van bestelwagens te faciliteren, om grote pieken in de laadvraag te voorkomen.

Realiseren van aansluitingen

Dat de gemiddelde toename in vermogensvraag door toedoen van de ZE zone in relatieve zin beperkt is, betekent niet dat het benodigde laadinfrastructuur altijd eenvoudig gerealiseerd kan worden.

Voor aansluitingen onder de 10 MVA hebben netbeheerders een wettelijke aansluittermijn van 18 weken. Door de grote groei van het aantal aanvragen voor aansluiting en een tekort aan technisch personeel wordt het echter steeds ingewikkelder om aan de planning te voldoen. Voor aansluitingen onder de 2 MW zal over het algemeen de aanwezige laag- en of midden-spanningsinfrastructuur worden ingezet. Aansluitingen met een vermogensvraag van boven de 2 MW worden via een rechtstreekse aansluiting op een onderstation gerealiseerd. De extra investeringen voor aansluitingen boven de 2 MW bedragen voor de ondernemer circa 200.000¹⁶. Of een aansluiting op het onderstation gerealiseerd kan worden zonder transportbeperking¹⁷ hangt af van of er nog capaciteit (MW) beschikbaar is en of er nog velden (aansluitingsmogelijkheid op onderstation) beschikbaar zijn. Indien er niet voldoende vrije velden beschikbaar zijn dan kunnen doorlooptijden voor velduitbreiding oplopen tussen 1-3 jaar, afhankelijk van de situatie. Daarnaast zijn er nog de bijkomende kosten voor deze aansluiting waarmee rekening gehouden moet worden. Indien er niet voldoende vermogenscapaciteit aanwezig is op een onderstation, dan kunnen doorlooptijden voor netuitbreiding oplopen tussen de 3-8 jaar, afhankelijk van de situatie.

Uit de analyse blijkt dat er 9 postcode-4 gebieden zijn waarbij de totale vermogensvraag boven de 2 MW komt. Binnen deze gebieden zijn er naar verwachting in ieder geval 3 adressen waar de totale laadvraag (ca 2,5 MW) boven de 2 MW uitkomt. Zoals eerder beschreven zijn er ook buiten de COROP enkele locaties met een grote laadvraag vanwege de ZE zone, waar de vermogensvraag 's-nacht op 5-7 MW wordt ingeschat.

In het algemeen is het aan te bevelen om vroegtijdig contact op te nemen met de netbeheerder. Deze kan de meest actuele en accurate inschatting geven over beschikbaarheid, kosten en doorlooptijd.

¹⁶ www.liander.nl/grootzakelijk/factuur/tarieven?ref=18681.

¹⁷ *Beperking op het te leveren vermogen.*

5.4 Aantal laadpunten en laadpalen

In deze paragraaf hebben we een inschatting gemaakt van het aantal laadpalen. Omdat het aantal laadpalen mede afhangt van het aantal (gebruikte) laadpunten per laadpaal, is ook het aantal laadpunten bepaald. Het aantal laadpunten is niet afhankelijk van aannames over tegelijkertijd gebruik door voertuigen van een laadpaal. Het aantal laadpunten en laadpalen is ingeschat afhankelijk van de type laadvraag.

Voor het laden van bestelwagens 'voor de voordeur' is aangenomen dat voor elke bestelwagen, die 's nachts laadt, een laadpunt aan een publieke laadpaal nodig is. Het aantal bestelwagens dat overdag thuis laadt veroorzaakt geen extra vraag naar laadpunten. De veronderstelling is dat bestelwagens die door de gebruiker mee naar huis worden genomen geen mogelijkheid hebben om thuis op eigen terrein te laden en dat hier dus publieke laadpalen voor nodig zijn. Het aantal benodigde laadpunten is gelijk aan het aantal laadmomenten 's nachts (= aantal voertuigen dat laadt), wat neerkomt op 11.481 laadpunten (zie tabel 5.10). Als we uitgaan van laadpalen van 20 kW met 2 aansluitingen, waar gemiddeld 1,5 voertuigen gebruik van maken, dan zijn er in totaal 7.654 laadpalen nodig (zie tabel 5.16).

Voor bestel- en vrachtwagens op depot is het aantal laadpunten ook gelijk aan het aantal laadmomenten 's nachts. Voor bestelwagens zijn dit er 5.295 en voor vrachtwagens 1.157. Voor de laadpalen gaan we uit van 150 kW palen voor vrachtwagens en 20 kW palen voor bestelwagens¹⁸.

Het aantal laadpalen is afhankelijk van het aantal laadpunten per laadpaal. Op depot zou kunnen worden gekozen voor meerdere laadpunten per laadpaal, zodat 's nachts meerdere voertuigen op een laadpaal kunnen worden aangesloten en het vermogen van de laadpaal kan worden ingezet om gedurende de nacht in de laadvraag van meerdere voertuigen te voorzien (via slim laden). Overdag kan het vermogen van de laadpaal dan volledig worden benut om één voertuig snel bij te kunnen laden. Een ondernemer kan ook kiezen voor twee laadpunten per laadpaal en via een slim laadtoepassing voor een gespreide vermogensvraag op de laadpalen gedurende de nacht. In dit geval zullen er meer laadpalen nodig zijn. Het minimum aantal benodigde laadpalen op depot is daarom bepaald door per gebied de maximale vermogensvraag te delen door het vermogen van de gemiddelde laadpaal¹⁹. Hiermee wordt voor de piekmomenten berekend hoeveel laadpalen er minimaal nodig zijn om aan de vermogensvraag te voldoen. Het maximum aantal laadpalen op depot gaat uit van 2 laadpunten per laadpaal. Voor vrachtwagens levert dit een range op van 235-579 laadpalen en voor bestelwagens van 1.715-2.648 laadpalen op depot (zie tabel 5.16).

Voor bestel- en vrachtwagens bij de klant en langs de weg nemen we aan dat het aantal benodigde laadpunten en laadpalen aan elkaar gelijk is. De aanname is dat gedurende de dag de voertuigen gebruik zullen willen maken van het maximale vermogen van de laadpaal, om zo snel mogelijk te kunnen laden en dat er dus maar één laadpunt per laadpaal benut zal worden.

¹⁸ Op basis van de resultaten uit rekenmodel 'optimaal laden'.

¹⁹ De berekening voor vrachtwagens is op kleinere gebieden dan postcode 4 uitgevoerd waar slecht enkele locaties met vrachtwagens en benodigde laadpalen zijn. Daardoor geef deze methode een goede benadering voor het minimum aantal laadpalen. Het aantal laadpalen is daarbij altijd naar boven afgerond. Dit compenseert ervoor dat er meerdere locaties zijn waarover de laadvraag is verdeeld. Voor het aantal laadpalen voor bestelwagens op depot is een opslag met factor 1,3 gemaakt om te compenseren voor het feit dat laadvraag op verschillende locaties binnen een postcode gebied niet door één laadpaal kan worden ingevuld.

Het aantal laadpunten en laadpalen is in dit geval berekend door per gebied de maximale vermogensvraag te delen door het vermogen van de gemiddelde laadpaal. Dit resulteert in het aantal voertuigen dat maximaal gelijktijdig aan het laden is. Bij de klant gaan we uit van 20 kW (bestelwagens) en 150 kW laadpalen (vrachtwagens). Bij de snellaadstation van 50 kW (bestelwagens) en 350 kW (vrachtwagens) laadpalen²⁰.



Tabel 5.16 geeft de resultaten van het totaal verwachte aantal laadmomenten en laadpalen per type locatie. Ook is aangegeven van welk type laadpaal is uitgegaan bij de berekening. Voor laden van vrachtwagens op depot en bij de klant is dus uitgegaan van de 150 kW paal. Uit het model optimaal laden blijkt namelijk dat op depot en bij de klant 80% van de laadvraag wordt ingevuld door 150kW palen (15% door 350 kW palen en 5% door 50 kW palen). Voor bestelwagens op de pot en bij de klant is de 20 kW laadpaal het meest optimaal (in 80-90% van de gevallen). Voor snelladen blijkt de 350kW laadpaal voor vrachtwagens en de 50 kW laadpaal voor bestelwagens het meest optimaal.

De benodigde laadpalen voor bestelwagens die overdag laden bij publieke laadpalen leidt naar verwachting niet tot extra benodigde laadpalen. In veel gevallen is de bezettingsgraad van publieke laadpunten overdag lager dan 's nachts - omdat deze door bewoners met name wordt gebruikt om 's nachts te laden.

Tabel 5.16

Verwachte laadvraag, laadmomenten en aantal benodigde laadpalen voor vracht- en bestelwagens in Groot Amsterdam als gevolg van ZE zone.

* Voor de publieke laadpalen en laadpunten langs de weg is aangenomen dat het geen extra behoefte betreft. Deze zijn dus niet meegenomen in de totalen.

	AANTAL LAADPUNTEN	AANTAL LAADPALEN	TYPE LAADPAAL (TYPISCH)
	Langs de weg (snelladen)	10	350 kW
	Depot	1157	150 kW
	Klant	183	150 kW
	Totaal	1350	418-772
	Langs de weg (snelladen)	28	50 kW
	Langs de weg (publiek)*	(292)	20 kW
	Thuis (publieke laadpalen in de wijk)	11.481	7.654
	Depot	5.295	1.715-2.648
	Klant	326	20 kW
	Totaal	17.130*	9.723-10.656*

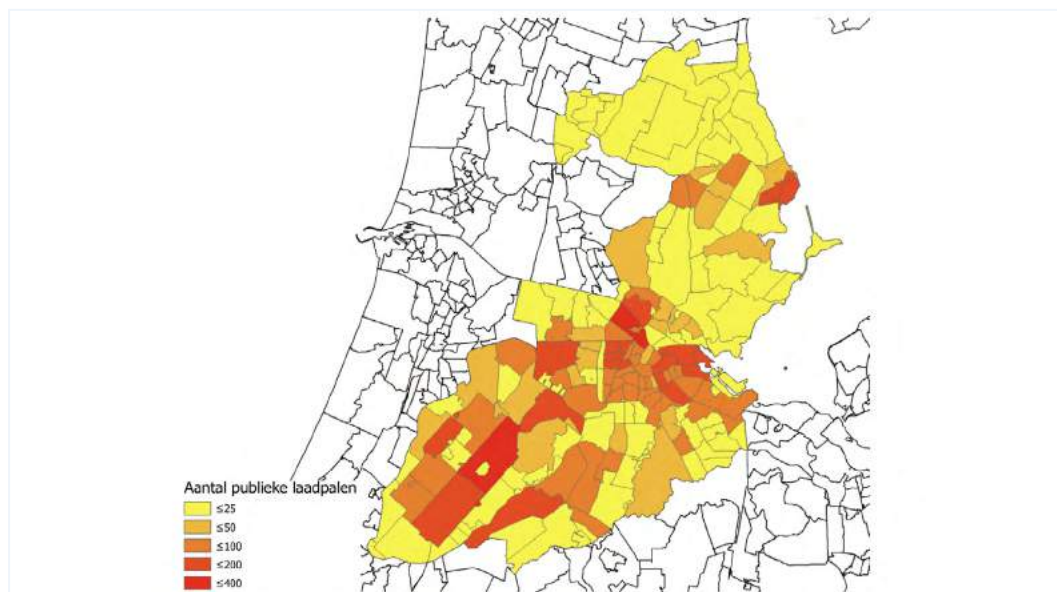
De meeste laadpunten en laadpalen worden verwacht voor het 's nachts opladen van bestelwagens in woonwijken. Het aantal benodigde laadpunten voor bestelwagens is tweemaal zo hoog als het huidige aantal laadpunten in COROP Groot-Amsterdam²¹. Het betreft met name bestelwagens in de bouw en facilitaire sector. De ruimtelijke verdeling van de publieke laadpalen in de woonwijken is weergegeven in figuur 5.17. Er zijn naar verwachting veel publieke laadpalen nodig in Stadsdeel Westerpark, in Hoofddorp en in Volendam. Dit kan mogelijk komen doordat hier veel bestelwagengebruikers uit de bouw- of facilitaire sector wonen²².

²⁰ Op basis van de resultaten uit rekenmodel 'optimaal laden'.

²¹ 5.703 laadpunten in okt 2018 volgens www.livinglabsmartcharging.nl/nl/laadinfrastructuur/ranglijst-laadinfrastructuur-nederlandse-gemeenten.

²² Om dit met feiten te kunnen onderbouwen zou vervolgonderzoek nodig zijn.

Figuur 5.17
Aantal publieke laadpalen
naar postcode -4.



5.5 Impact laadvraag op de ruimte

In paragraaf 5.1 is de behoefte aan het aantal laadpalen en elektriciteit omschreven per postcode 4 gebied. In deze paragraaf komen verschillende ruimtelijke aspecten en impact van uitbreiding het elektriciteitsnet en van publieke en private laadinfrastructuur aan bod. Hiertoe is o.a. een praktisch format opgesteld, gericht op de aanpak van laadinfrastructuur op logistieke hotspots en bedrijventerreinen. Zie ook paragraaf 6.2 en de bijlage bij 6.2.

Ruimte voor publieke infrastructuur

Er zijn vier vormen van publieke laadpunten te onderscheiden: (i) bij de klant in de binnenstad, (ii) langs de aanrijroutes langs het hoofdwegenet, (iii) op (tijdelijke) bouwlocaties binnen de ring A10 en (iv) op de thuisbasis in de woonwijken. Zoals in de voorgaande paragraaf duidelijk wordt, zal volgens het model de grootste vraag naar publieke laadpalen gaan ontstaan in de woonwijken.

Doorgaans worden publieke laadpunten gecreëerd op bestaande parkeerplaatsen in de binnenstad, in woonwijken of parkeerterreinen of bestaande benzinestations langs de hoofdwegen. Dit betekent dat in de toekomst een druk kan komen te staan op de bestaande parkeer capaciteit en een toenemende druk op los- en laadlocaties, wat in het binnenstedelijk gebied momenteel al een opgave is. In sommige gevallen kan in binnensteden, langs aanrijroutes of op bedrijventerreinen een specifiek laadplein worden ingericht waar op grotere schaal efficiënt kan worden geladen. Dit vraagt dan om goede ruimtelijke inpassing.

Een ander aandachtspunt is dat gemeentes bij uitbreidingsplannen voor laadinfrastructuur gebruik maken van voorspelmodellen. In de spreidingsmodellen (in welke buurten wordt laadvraag verwacht) is de factor 'inkomen' momenteel de dominante voorspeller. Voor de logistieke sector zullen naar verwachting andere factoren dominant zijn, en moeten spreidingsmodellen worden aangepast. Hierbij zullen publieke laadpunten voor de logistiek naar verwachting in andere buurten komen.

Ruimte voor private laadinfrastructuur

In de voorgaande paragraaf wordt duidelijk dat de grootste elektriciteitsvraag zal ontstaan op het depot van een bedrijf, deze zijn veelal gelegen op bedrijventerreinen. Hiervoor is private laadinfrastructuur nodig. De ontwikkeling van laadpunten op private gronden bij bedrijfslocaties of op bedrijventerreinen (privaat gebied) kent twee formats: een private grondeigenaar ontwikkelt laadpunten (al dan niet op aanvraag van het hurende bedrijf) of een private exploitant (voorbeelden van dergelijke aanbieders zijn Allego, Greenflux en New Motion) huurt grond op het bedrijventerrein en realiseert en exploiteert daar een publiek toegankelijk oplaadstation. In het eerste geval kunnen bestaande parkeerplaatsen op de bedrijfslocatie worden gebruikt en is er geen extra ruimte nodig, de ruimtelijke impact (voor de grondeigenaar of huurder) lijkt daardoor minimaal. In het tweede geval zal er specifieke ruimte worden moeten gehuurd om nieuwe ruimte te creëren voor oplaadpunten.

Ruimtelijke impact bij uitbreiding van het elektriciteitsnetwerk

De toename van laadinfrastructuur kan gepaard gaan met een noodzakelijke aanpassingen of uitbreiding van het elektriciteitsnetwerk mits de vraag boven de 2MW uit komt of er onvoldoende capaciteit is op onderstations, zoals in paragraaf 5.3 omschreven. Een rechtstreekse aansluiting op een onderstation of uitbreiding van de capaciteit of velden of middenspanningsnetwerk vraagt om extra ruimte zowel onder- als bovengronds, bijvoorbeeld voor extra kabels, transformatiehuizen en toepassing van systemen die zorgen voor de nodige elektriciteitsverdeling bij een grote toename van laadpalen in een beperkt gebied (denk aan een toename van laadpalen in een straat/woonwijk).

5.6 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de uitkomsten van de analyses uit de voorgaande paragrafen van dit hoofdstuk, hebben we de volgende belangrijkste conclusies getrokken.

5.6.1 Effecten van een ZE zone Amsterdam op stadsdistributie en de elektriciteitsvraag

Door een ZE zone ter grootte van de huidige milieuzone van Amsterdam, zouden er volgens onze berekeningen ongeveer 30.000 bestelwagens (goed voor 1,7 miljard km per jaar) en 4.700 vrachtwagens (welke 325,5 miljoen km per jaar afleggen) zero emissie moeten worden om nog de zone in te mogen.

Wanneer dit aantal voertuigen wordt vervangen voor EV's, levert dit een elektriciteitsvraag binnen Groot-Amsterdam van in het totaal 248 GWh per jaar. De elektriciteitsvraag vanuit bestelwagens wordt berekend op 125 GWh per jaar en vanuit elektrische vrachtwagens wordt een vraag voorzien van 123 GWh per jaar. De totale laadvraag van bestelwagens is nagenoeg gelijk aan die van vrachtwagens, doordat het aantal elektrische bestelwagens vanwege de ZE zone ruim zes keer zo groot is.

5.6.2 Effecten op het elektriciteitsnetwerk

De totale energievraag in Groot-Amsterdam van 248 GWh per jaar staat gelijk aan 2-3% van de totale elektriciteitsvraag in COROP Groot-Amsterdam die wordt voorzien richting 2025 en 2030. De laadvraag zal in beperkte mate (ca 4%) bijdragen aan de verwachte groei in elektriciteitsvraag in de periode 2020 - 2030 in COROP Groot-Amsterdam.

Naast enkele bedrijventerreinen met een grote laadbehoefte, verspreidt de elektriciteitsvraag en de vraag naar het aantal laadpalen zich over de regio (mits er geen regulering komt vanuit een overheidspartij voor zogenoemde Cityhubs). Voor de netwerkbeheerder worden daarbij geen grote problemen met de netcapaciteit voorzien, bovenop de al bestaande uitdagingen van toenemende netbelasting. De partijen die een aansluiting voor laadinfrastructuur willen, moeten er echter wel rekening mee houden dat, afhankelijk van de omstandigheden, de realisatie van een aansluiting enkele maanden tot enkele jaren kan duren afhankelijk van de situatie. Aansluitingen onder de 2MW zullen normaal gesproken binnen enkele maanden worden gerealiseerd. Voor aansluitingen boven de 2MW, die direct op een onderstation worden aangesloten kan het, bij onvoldoende capaciteit op het onderstation, veel langer duren. Het is van belang dat, met name ondernemers die een grote aansluiting nodig hebben, tijdig contact zoeken met de netwerkbeheerder.

Met name voor het laden 's nachts in de woonwijken en op depot is het van belang om de laadvraag te verspreiden via slim laden, om zo de belasting op het net beperkt te houden. Voor publieke laadpalen kan slim laden worden gefaciliteerd door gemeenten (bijvoorbeeld bij aanbestedingen als randvoorwaarde).

Onderzoeksaanbevelingen

Op basis van de uitkomsten kunnen we concluderen dat er geen grootschalige knelpunten lijken te ontstaan. Er zijn nog een aantal punten die nader onderzocht kunnen worden om de mogelijke impact nog beter in kaart te brengen:

- Om de impact op het net te onderzoeken zijn we in deze analyse uitgegaan van laadprofielen waar 's nachts gebruik gemaakt wordt van 'slim laden'. Dit geldt voor bestelwagens die 's nachts laden op publieke laadpalen en voor voertuigen op depot. Zonder slim laden kunnen er pieken in vermogensvraag op gaan treden, naar verwachting tussen 5 uur en 8 uur 's avonds. De effecten van niet Slim laden zijn in deze studie niet uitgebreid onderzocht. De impact op het net van alternatieve laadscenario's zou in een vervolgstudie verder onderzocht kunnen worden.
- Een ander punt van aandacht is dat de realiteit kan afwijken van de aannames die gedaan zijn over de laadmomenten overdag zoals omschreven in paragraaf 5.3. Hierdoor kan potentiële piekbelasting over het hoofd worden gezien. Tegelijk biedt Slim laden dan weer de gelegenheid om laadvraag uit te smeren naar gunstiger tijdstippen, waardoor de piekmomenten die wel op basis van de aannames geïdentificeerd zijn, kunnen worden gemitigeerd. Een aanbeveling bij vervolgonderzoek zou zijn te werken met meer gedetailleerde laadprofielen uit de praktijk en realistische slim laden strategieën hierin mee te nemen. Ook hiervoor kunnen meer verschillende scenario's van laadprofielen worden onderzocht.
- De huidige analyse richt zich op een ZE zone in Amsterdam en de effecten hiervan binnen de COROP Groot-Amsterdam. Er zijn echter ook plannen voor andere ZE zones. Als er meerdere ZE zones komen in Nederland en in de regio, zal dit effect hebben op de laadbehoefte en de impact op het net in de COROP Groot-Amsterdam. Ook de grootte van de zones heeft invloed op de effecten. In het recent verschenen 'Actieplan Schone Lucht' geeft de gemeente Amsterdam aan de zone mogelijk te willen uitbreiden. Een indicatie van de effecten van de zonegrootte is weergegeven in de bijlagen (bijlage bij 5.6).

5.6.3 Locaties waar veel of specifieke laadvraag te verwachten valt

In totaal worden er bijna 40.000 laadmomenten per dag verwacht, waarvan meer dan 90% voor rekening van bestelwagens en meer dan de helft op depot is. In algemene zin ontstaat op bedrijfslocaties en depots (veelal op bedrijventerreinen) de grootste laadvraag (78% vanuit vrachtwagens en 44% vanuit bestelwagens), verspreid over de nacht wanneer voertuigen stilstaan. Hiervoor zijn zo'n 235-559 laadpalen nodig van 150 kW (vrachtwagens) en 1.715-2.648 laadpalen van 20kW (voor bestelwagens).

Het grootste aantal laadpalen is echter nodig voor bestelwagens die 's nachts in de woonwijken parkeren. Volgens de modeluitkomsten moeten hier ongeveer 11.481 laadpunten beschikbaar zijn voor laden van bestelwagens gedurende de nacht. Dit zijn er tweemaal zoveel als dat er nu in COROP Groot-Amsterdam aanwezig zijn. Ook de vraag naar laadpalen voor personenwagens neemt in de woonwijken toe, maar mogelijk zijn het hele andere wijken waar door de bestelwagen laadvraag gaat ontstaan. Een laadsysteem in woonwijken vraagt bij voorkeur om slimme laadsystemen, een goede ruimtelijke inpassing en inpassing in het parkeerbeleid.

De analyse van ruimtelijke spreiding toont dat relatief veel laadvraag te verwachten is in het havengebied, Amsterdam-west en bedrijventerreinen aan de rand van Amsterdam. Het betreft hier vooral veel laden op depot van vracht- en bestelwagens. Verder wordt er veel laadvraag verwacht in met name Hoofddorp en Edam-Volendam, mogelijk doordat de bouwsector daar sterk vertegenwoordigd is. Behalve laden op de depot betreft het hier ook veel thuis laden van bestelwagens.

De plaatsing van extra laadpalen en elektriciteitscapaciteit zal de meeste ruimtelijke impact hebben in het binnenstedelijk gebied en in woonwijken, waar de druk op de ruimte al groot is en de ruimtelijke inpassing om esthetische oplossingen vraagt. Een oplossing die in meerdere steden momenteel wordt uitgerold is het clusteren van publieke laadpunten tot laadpleinen. Voordelen zijn onder andere dat laadpleinen minder rommelig zijn in het straatbeeld, hogere kans op beschikbaarheid voor gebruikers en verdelen van periodieke aansluitkosten over meerdere palen (betere marge). Met name in steden met hoge dichtheid aan laadpalen is dit een alternatief waarbij het nadeel van langere loopafstanden beperkt blijft. Een strategie van ruimtelijk faciliteren van laadinfrastructuur op enkele strategische hotspot-locaties kan zeer van nut zijn.

Voor aansluitingen boven de 2MW is een aparte aansluiting op een onderstation nodig. Er zijn in de COROP slechts enkele locaties op bedrijventerreinen waar een dergelijke laadvraag wordt verwacht. De verwachting is dat op bedrijventerreinen voor dergelijke functies en capaciteitsuitbreidingen, gemakkelijker de nodige ruimte te vinden is dan bijvoorbeeld in binnenstedelijk gebied.



6 AANBEVELINGEN VOOR STAKEHOLDERS

Op basis van de in dit rapport weergegeven werkwijze, resultaten en conclusies, bevat dit hoofdstuk concrete aanbevelingen voor de verschillende stakeholders welke direct of indirect betrokken zijn bij stedelijke logistiek.

6.1 Beroepsvervoerders en eigen vervoerders

De effecten van de invoering van een ZE zone die autoluw is gaan verder dan de aanschaf van een ander voertuig. Concreet gaat het om '5x slimmer' worden: het slim kiezen van een voertuig, slim rijden, slim laden, slim energiediensten inkopen en ook het slim plannen van de ritten. Het trainen van personeel en experimenteren (met bijv. verschillende laadstrategieën) is aan te raden.

De aanbevelingen voor deze stakeholders zijn ingedeeld in algemene aanbevelingen, en aanbevelingen specifiek voor beroepsvervoer en eigen vervoer.

Vervoerders - algemeen

- De investeringskosten voor de aanschaf van elektrische bestelwagens zijn, afhankelijk van de omvang van de batterij, nu ongeveer 40% hoger dan de conventionele voertuigen. Een deel van deze meerkosten kunnen worden terugverdiend door de lagere operationele kosten. Hoewel de prijs naar verwachting snel daalt bij massaproductie van bestelwagens en af-fabriek elektrische vrachtwagens, sluiten logistieke dienstverleners niet uit dat elektrisch vervoer door de extra investeringen en bijkomende kosten voorlopig duurder zal zijn dan vervoer met dieselveertuigen. Dat vraagt om een dialoog met de opdrachtgevers.
- In de transportplanning zal het combineren van rustperiodes van een chauffeur met laadmomenten belangrijk worden. Daardoor kunnen extra operationele kosten (arbeidskosten en omrijkilometers) worden vermeden.
- Het verbruik per km kan sterk variëren met de buitentemperatuur, snelheid, bandenspanning en gewicht. In de winter vraagt een accu extra vermogen om zichzelf op temperatuur te brengen en te houden. Dit heeft zoveel invloed op de range dat transportplanningen daar rekening mee moeten gaan houden. Het is aan te bevelen om chauffeurs te trainen in het omgaan met elektrische voertuigen.
- Voor de MRA geldt dat het aantal aanrij kilometers voor de meeste sectoren relatief kort is. Daardoor kan het merendeel van de voertuigen (vrachtwagens en bestelwagens) op een depot worden geladen. Deze optie is bovendien het goedkoopst en het best in te passen in het logistieke proces. Vermoedelijk geldt dat ook voor andere urbane regio's.
- Qua kosten en logistieke inpassing gaat de voorkeur vaak uit naar een grotere batterij die volgeladen kan worden op het depot. Hierdoor is het relatief kostbare (kWh prijs, loon) onderweg bijladen minder vaak nodig.

- Op depots waar veel vrachtwagens 's nachts staan opgesteld is een vorm van smart charging aan te bevelen ten einde de energievraag zo goed mogelijk te verdelen en pieken te voorkomen en de grootte van de aansluiting (en dus kosten) te beperken.
- Het is van belang om tijdig in contact te treden met de netbeheerder over de aansluiting die ze in de toekomst nodig denken te hebben om zo tijdig inzicht te krijgen in doorlooptijd en kosten. De doorlooptijd voor het realiseren van een aansluiting kan variëren van enkele maanden tot enkele jaren afhankelijk van de situatie.
- Elektrisch gaan vervoeren is het juiste moment om na te denken over andere logistieke concepten, zoals concepten waar lading wordt ontkoppeld (denk aan een hub aan de rand van een stad).

Beroepsvervoer

- Bedrijven in het beroepsgoederenvervoer kunnen overwegen om, eventueel samen met 'buurbedrijven', een eigen zware laadpaal aan te schaffen c.q. laadplein aan te leggen. Immers, hoe hoger het verbruik ligt, des te lager de kostprijs per kWh zal zijn.
- Behoudens kort bijladen is het gebruik maken van openbare laadpalen niet aan te bevelen wegens de hoge commerciële kostprijs per kWh.
- Optimaal inzetten van BEV's is een leerproces. Als de resultaten binnen de sector gedeeld worden versneld dat de overgang.
- Vervang niet zomaar één op één dieselbestelwagens en -vrachtwagens door BEV's met dezelfde capaciteit. Zelfs binnen een bedrijf is het belangrijk een gedifferentieerde aanpak te hanteren. Omdat de prijs van BEV's naar verwachting snel daalt tot 2030, is het aan te bevelen om een voertuigvloot geleidelijk te vervangen en niet in een relatief korte periode.
- Gezien de (nog lage) actieradius van BEV's is in een aantal logistieke sectoren met relatief lange afstanden een andere ritplanning nodig. Dit kan eventueel ook consequenties hebben voor het logistieke proces, bijvoorbeeld een shift naar kleinere auto's met een meer frequente inzet.

Eigen vervoer

- Hoewel het vervoer van goederen belangrijk is voor deze bedrijven, is dit niet de hoofdactiviteit. Anders dan bij het beroepsvervoer heeft transportoptimalisatie dan ook niet (altijd) de hoogste prioriteit. Het goed evalueren van de vervanging van een dieselveertuig en/of de keuze voor al dan niet thuisladen, kan leiden tot de keuze van een BEV met andere specificaties.
- Het is nuttig goed na te denken over het logistieke proces waarbinnen de voertuigen worden ingezet. Vragen zoals: Is mijn huidige vrachtoertuig niet over-gedimensioneerd? Kan ik op transportgebied niet beter samenwerken met mijn burens? Moet ik het transport niet uitbesteden aan het beroepsvervoer?
- Voor een bepaalde groep eigenaren van bestelwagens vraagt de aanschaf van een nieuwe elektrisch bestelwagen mogelijk een te grote investering en is er nog te weinig aanbod van goedkopere 2e hands elektrische voertuigen. Daar is ondersteuning voor nodig.

6.2 Overheden

De overheid speelt een belangrijke rol bij:

- Lange termijn strategie voor keuze van laadinfra locaties.
- Versterken en faciliteren van laadinfra, ook in woonwijken en op bedrijventerreinen met depots.
- Doorstroming verkeer, ITS en beschikbaarheid laad- en losplekken.
- Creëren van incentives/subsidies voor gebruik, beschikbaarstelling, tariefstelling en facilitering van laadoplossingen.
- Eisen stellen aan (semi)publieke laadinfrastructuur ten aanzien van onder andere tariefstelling, slim laden mogelijkheden, interoperabiliteit en datadelen met oog op monitoring en optimalisatie.

Het verzamelen van de basisdata en het berekenen van de verwachte laadvraag bij instellen van een ZE zone volgens de methode die in dit rapport is neergelegd is de basis om goed beleid te ontwikkelen, en om het juiste gesprek daarover met de andere stakeholders te kunnen hebben.

Met dat inzicht zijn concrete plannen te ontwikkelen, zoals:

- Beschikbaar stellen of laten stellen van publieke laadinfrastructuur op de locaties die voor goederenvervoer noodzakelijk zijn. Zo kan er een behoorlijke hoeveelheid laadvraag in de woonwijken kan komen van bestelwagens. Dit zal waarschijnlijk in andere wijken tot een snelle toename van de laadvraag leiden dan voor personenauto's.
- Stimuleren van ontwikkeling van private laadinfrastructuur (zie bijlage bij 6.2 voor handvaten op bedrijventerreinen).
- Eventuele subsidieregeling voor aanschafkosten of elektriciteitsprijzen.
- Met de netbeheerder een integraal plan maken voor de vraag naar elektriciteit en netvereisten in de toekomst, en op basis daarvan planologisch de ruimte beschikbaar houden voor de net-infrastructuur van de toekomst.
- Het plaatsen van laadinfra als omgevingseis bij bouwprojecten opnemen.
- Bij het instellen van een ZE zone voor distributieverkeer is het verstandig maatregelen in te voeren die voorkomen dat oude diesel personenauto's het alternatief worden voor bestelwagens. Een milieuzone voor personenauto's (zoals in Den Haag is voorgenomen) is daarvoor een mogelijke maatregel.

6.3 Verladers, ontvangers en vastgoedbeheerders

Verladers, ontvangers en vastgoedbeheerders hebben te maken met bestelwagens en vrachtwagens van dienstverleners of eigen vervoer, die in opdracht van henzelf of derden een vitale functie vervullen. Om het logistieke proces met BEV-voertuigen in een ZE zone goed te laten verlopen spelen ze een belangrijke faciliterende rol, onder andere door andere logistieke concepten mogelijk te maken, en laadinfra te plaatsen.

Grotere verladers en ontvangers

- Faciliteer laadpalen voor vervoerders en ga het gesprek aan over benodigde aantallen, capaciteit en locatie van de laadpalen (bijv. bij het leverpunt).
- Grote bedrijven hebben over het algemeen meer mogelijkheden om actief te streven naar ZE vervoer, bijvoorbeeld bij de selectie van een beroepsvervoerder. Meer proactief kan een bedrijf overwegen vervoerbedrijven met bewezen duurzame agenda's te belonen.
- Bij grote bedrijven en zeker die welke over eigen distributiecentra beschikken, wordt veel geladen en gelost. Snelladen op dat moment kan veel verschil maken, wat een laadinfrastructuur met hoge capaciteit vraagt. Een hoge capaciteit met bijbehorende investeringen vraagt om een hoge bezetting per snellader tot acceptabele kWh prijzen te komen. Een planmatige opbouw is nodig om vraag en aanbod te matchen.

Kleinere verladers en ontvangers

- Kleinere partijen hebben ieder voor zich maar weinig invloed op het logistiek proces. Zij kunnen wel actief kiezen voor ZE vervoerders.
- Samenwerking kan leiden tot meer invloed op het logistieke proces. Ook biedt dit mogelijkheden om bijvoorbeeld het aantal ritten te optimaliseren c.q. beperken.

6.4 Voertuig- en batterijbouwers

De vraag naar elektrische voertuigen overstijgt op dit moment het aanbod. Er is echter niet alleen behoefte aan meer voertuigen met lagere aanschafprijzen maar ook slimmere voertuigen en robuuste laadinfrastructuur.

Aandacht is nodig voor:

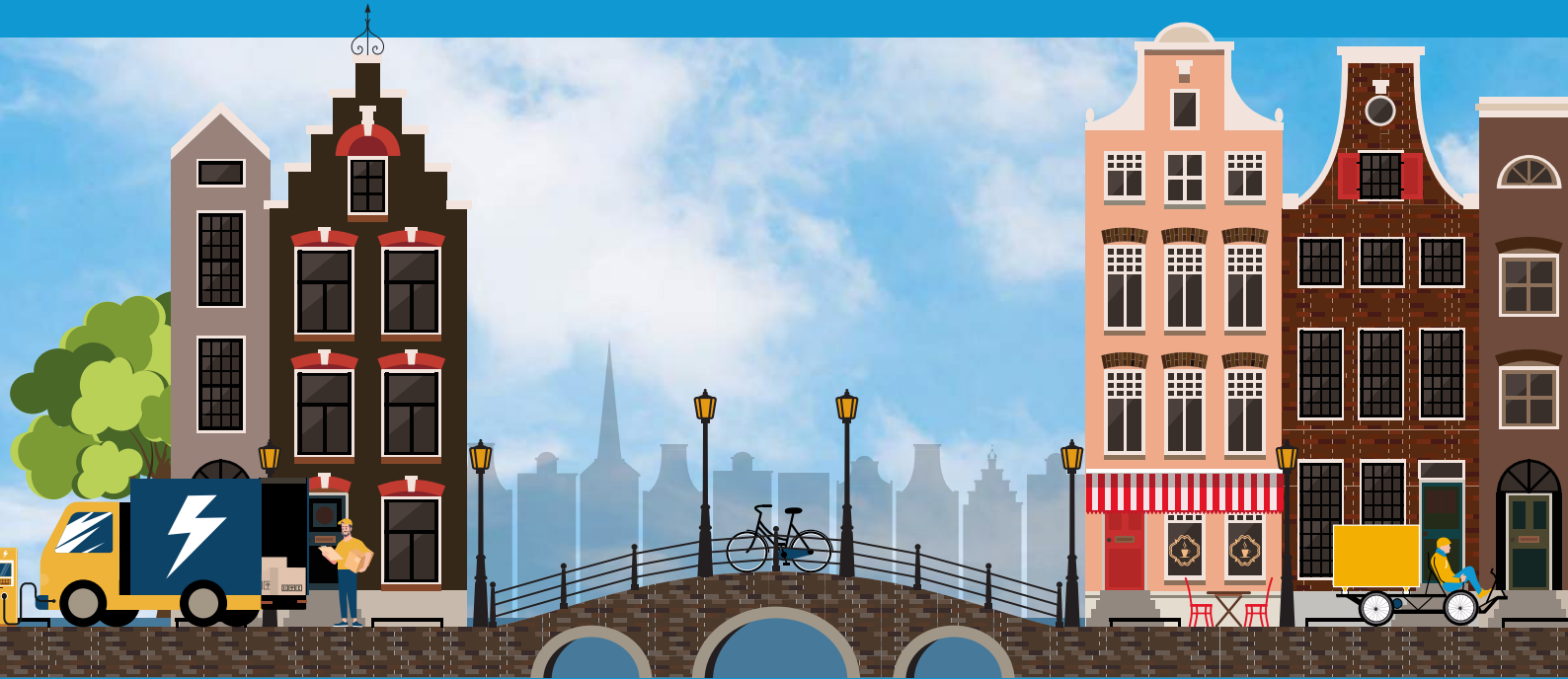
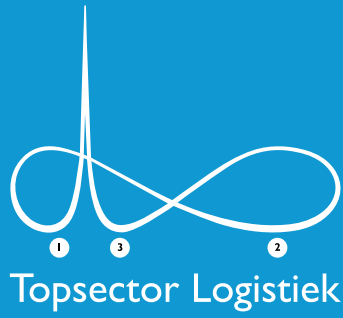
- Robuuste laadinfrastructuur die past bij het veeleisende logistieke proces, waar voorspelbaarheid en betrouwbaarheid essentieel zijn. Smart Charging is een grote wens.
- Diagnose mogelijkheden en configuratie mogelijkheden op afstand van zowel laadinfrastructuur, voertuig, als de combinatie.
- Voorspelbaarheid van het verbruik en de range onder wisselende omstandigheden (gewicht, temperatuur, etc.) is noodzakelijk voor een betrouwbaar proces. Die gegevens zijn nodig voor de ritplanningssystemen. Dat vraagt om samenwerking met leveranciers van TMS- en ritplanningssystemen.
- Een bestendige strategie over de keuzes voor on-board AC-DC omzetter, versus externe DC laders. Als de externe laad-infrastructuur anders ingericht is (bijv. mikkend op goedkopere 44 kWh AC laadpalen) dan dat wat de OEM's in auto's bouwen (bijv. mikkend op externe DC-laders) geeft dat voor vervoerders veel problemen.

6.5 Laadinfra aanbieders

Voor een goede (economische) afweging van de aanschaf van een ICE-voertuig of een BEV zijn betrouwbare gegevens over de kosten van laadpalen nodig. De TCO van een laadpaal maakt, in de vorm van een kostprijs per kWh, immers een belangrijk deel uit van de TCO van een BEV.

- Voor vervoerders is het uitdagend om gegevens met een voldoende hardheid over de totale kosten (investering, installatie, onderhoud etc.) te verzamelen van vooral de zwaardere laadpalen. Dat maakt aankoopbeslissingen lastig.
- Ook over de bijkomende kosten is weinig informatie voorhanden, zoals: aankoop grond, noodzakelijke vergunningen, eventuele netverzwaringen. Bijkomende uitdaging is dat deze kosten vaak per situatie kunnen verschillen. Dit betekent dat de hoogte van de kosten afhankelijk is van de situatie ter plaatse. Aankoop van grond zal in het centrum van de stad sowieso duurder zijn dan in het buitengebied. Ook het feit dat de laadpaal op bedrijfsterrein of in de openbare ruimte geplaatst wordt, heeft grote invloed op de TCO.
- Er liggen kansen voor private aanbieders van snellaadstations om specifieke laadoplossingen voor logistieke dienstverleners aan te bieden. Dit betreft vooral aangepaste aansluitingen (minimaal 150 kW), hogere stations voor vrachtwagens, een juiste verspreiding van laadinfrastructuur voor de logistieke sector als ook ontwikkelen van grootverbruikscontracten.
- Om kosten te spreiden is het delen van laadinfrastructuur interessant. In de publieke ruimte zou dit door middel van een online reserveringssysteem kunnen gebeuren. Goederen-voertuigen zouden bijvoorbeeld 's nachts bij bushaltes kunnen laden. Het delen van de voertuigen zelf is ook interessant.

- Bubeck, S., Tomaschek, J., & Fahl, U. (2016).** Perspectives of electric mobility: Total cost of ownership of electric vehicles in Germany. *Transport Policy*, 50, 63-77.
- Connekt (2017).** *Gebruikers en inzet van bestelwagens in Nederland*. Delft: Connekt.
- Connekt (2018).** *Elektrische bestelwagens in Nederland - Marktontwikkelingen 2017-2025*. # TNO 2018 P10518
- Den Boer, E., Kok, R., Ploos van Amstel, W., Quak, H., & Wagter, H. (2017).** Annual Outlook City Logistics 2017.
- EC, 2018.** *Verordening van het Europees parlement en de raad tot vaststelling van CO₂-emissie-normen voor nieuwe zware bedrijfsvoertuigen*, Brussel: European Commission (EC).
- Fischer, M., Werber, M., & Schwartz, P. V. (2009).** Batteries: Higher energy density than gasoline? *Energy policy*, 37(7), 2639-2641.
- Green Deal (2019).** *Het Nieuwe Draaien; Samenvatting Green Deal 203*. [Online]
- GreenbergTraurig (2019).** Zero-emission zone voor stadslogistiek; juridische Handreiking, Amsterdam: GreenbergTraurig.
- ICCT (2019).** Co₂-emission standards for passenger cars and light-commercial Vehicles in the european union, sl: ICCT.
- Klimaatakkoord. (2019, juli 15).** Klimaatakkoord. Opgehaald van www.klimaatakkoord.nl/: www.klimaatakkoord.nl/klimaatakkoord
- Krause, J., Small, M. J., Haas, A., & Jaeger, C. C. (2016).** An expert-based bayesian assessment of 2030 German new vehicle CO₂-emissions and related costs. *Transport Policy*, 52, 197-208.
- Lebeau, P. (2016).** Towards the electrification of city logistics. Vrije Universiteit Brussel, Brussel.
- Liimatainen, H., van Vliet, O., & Aplyn, D. (2019).** The potential of electric trucks - An international commodity-level analysis. *Applied energy*, 236, 804-814.
- Meszler, D., Lutsey, N., & Delgado, O. (2015).** Cost effectiveness of advanced efficiency technologies for long-haul tractor-trailers in the 2020-2030 time frame. *White Paper*.
- Schücking, M., Jochem, P., Fichtner, W., Wollersheim, O., & Stella, K. (2017).** Charging strategies for economic operations of electric vehicles in commercial applications. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 51, 173-189.
- TLN. (2019).** Nieuws. Opgehaald van Vrijstellingsregeling C-rijbewijs elektrische bestelwagens in mei van start: www.tln.nl/actueel/nieuws/Paginas/vrijstellingsregeling-crijbewijs-elektrische-bestelwagens-mei-van-start.asp
- T&E (2019).** EU target to cut truck CO₂ and boost zero-emission truck sales must only be the start.
- TNO (2018).** Nederlandse wagenparksamenstelling 2017, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- TNO (2018).** Assessments with respect to the EU HDV CO₂-legislation. # TNO 2018 P10214.



Bijlagen

Bij de rapportage
Laadinfrastructuur voor elektrische
voertuigen in stadslogistiek

Laadinfrastructuur

Zodra elektrisch transport in de stedelijke distributie in de aankomende jaren substantieel toeneemt, dan is een uitbreiding van de huidige laadinfrastructuur in de aankomende jaren nodig. Dit geldt voor zowel private oplaadpunten (denk aan laadpunten op de thuisbasis van bedrijven en bij kantoorgebouwen en supermarkten) als publieke laadpalen (langs aanrijroutes, in de binnenstad en in woonwijken voor bestelwagens). Naast de nodige investeringen in laadinfrastructuur, vraagt dit om een goede ruimtelijke inpassing en een strategie om de laadcapaciteit op het aanbod te laten aansluiten. Het beleid voor ruimtelijke ordening en reglementair beleid van overheden kunnen ervoor zorgen dat de ontwikkeling van de nodige infrastructuur versnelt (of juist vertraagt).

Gemeenten en provincies

Gemeenten kunnen een belangrijke rol spelen in de ontwikkeling van openbare laadinfrastructuur in de publieke ruimte door te faciliteren met aanwijzing van ruimte en de aanleg. Provincies kunnen op regionaal niveau de ontwikkeling van laadinfrastructuur met het ruimtelijk omgevingsbeleid faciliteren.

Ruimtelijke sturing

In toenemende mate zijn er zogenaamde ruimtelijke vlekkenplannen in ontwikkeling bij (met name grote) gemeenten, waarin beoogde uitbreidingen van laadpunten staan aangegeven, die door de gemeenten worden voorzien. Onder andere de gemeente Arnhem werkt met een dergelijke vlekkenkaart²⁴. De ambitie is dat deze in één keer bestuurlijk kunnen worden geaccordeerd, zodat veel sneller kan worden overgegaan tot plaatsing van laadpunten. Per stad bestaan er nog verschillen in invulling, in sommige gevallen zelfs binnen de verschillende stadsdelen die ook hun eigen bestuurlijke verantwoordelijkheid hebben. In Amsterdam is er momenteel niet in het bijzonder ruimte gereserveerd voor laadpunten in het ruimtelijk plan, maar bij de gemeente en binnen de stadsdelen zijn wel vlekkenplannen in ontwikkeling.

Den Haag geeft aan dat ze in nieuwbouwwijken (Vroondaal) de laadlocaties wel meteen intekenen. Ook voor de logistiek is nagedacht over de potentiële laadvraag ten gevolge van een ZE zone. Voor zware vrachtwagens wordt echter geen vraag verwacht naar openbare laadlocaties in de stad. De meeste voertuigen gaan naar verwachting laden op depot. Een laadpaal voor zware voertuigen in de stad, die slechts op enkele momenten gedurende de dag benut wordt is bovendien veel te duur. Mogelijk is het voor bestelwagens wel interessant om enkele laadpalen in de stad op strategische locaties te plaatsen, daar waar meerdere bestelwagens behoefte hebben om bij te laden. Hierbij moet echter worden bedacht dat een laadpaal op meer dan 100 meter van de bestemmingslocatie al niet meer interessant is.

Randvoorwaarden

Vaak faciliteren gemeenten publieke laadinfrastructuur op aanvraag, binnen bepaalde randvoorwaarden. Voorwaarden die gesteld worden zijn veelal dat:

- De aanvrager geen mogelijkheid heeft om op eigen terrein te parkeren en te laden;
- Er geen laadpunten in de buurt gevestigd mogen zitten, meestal binnen een straal van 200 tot 300 meter;
- De behoefte gedemonstreerd moet worden en dat de locatie geen frictie veroorzaakt binnen het parkeerbeleid²⁵.

²⁴ www.nklnederland.nl/kennisloket/artikelen/iii-aanvraag-en-realiseringsproces.

²⁵ www.nklnederland.nl/kennisloket/artikelen/2-richtlijnen-voor-het-toekennen-van-laadpunten.

BIJLAGE BIJ 2.1 LAADINFRASTRUCTUUR EN OVERHEDEN

Ook wordt er vaak de voorkeur gegeven aan plaatsing van oplaadpunten op zichtlocaties (voor een positieve beïnvloeding) en op locaties met twee beschikbare parkeerplekken, voor algemeen gebruik bestemd. In gevallen leggen gemeenten de verantwoordelijkheid van plaatsing, beheer en inrichting van de laadpunten bij de beheerder neer en nemen de realisatie van parkeerplaatsen en beheer voor eigen rekening. Het aantal laadpunten en de locatie ervan volgt het aantal voertuigen. Een dergelijk beleid wordt ook gevoerd door de gemeente Amsterdam. Den Haag geeft aan dat het in deze gemeente niet mogelijk is om een verlengde huisaansluiting te realiseren. Dit zal namelijk tot claimgedrag leiden van de parkeerplaats. Ook zijn stekkers over de stoep niet toegestaan, omdat de gemeente verantwoordelijk is voor de veiligheid in de openbare ruimte. Niet in alle gemeenten is dit zo duidelijk geregeld. Bij een toename van laadvraag aan huis door bestelwagens (en personen-auto's) kan dit echter wel een belangrijk punt worden.

Vergunningen

Voor oplaadpunten in het publieke domein geven gemeenten doorgaans op aanvraag van een burger of de leverancier van laadinfrastructuur een omgevingsvergunning af en stellen zij (twee) bestaande parkeerplaatsen ter beschikking (binnen het parkeerbeleid en met een verkeersbesluit), waarbij de gemeente de verantwoordelijkheid neemt voor het beheer van de parkeerplaatsen en de leverancier voor het beheer van het oplaadpunt. Oplaadpunten die op privaat terrein worden ontwikkeld behoeven geen vergunning. Het proces voor de aanvraag van een laadpaal in het publieke domein ziet er volgens onderstaand figuur B2.1 als volgt uit²⁶:

Figuur B2.1
Proces aanvraag oplaadpunt
publieke domein.



Exploitatie van laadpalen

De exploitatie van laadinfrastructuur wordt door sommige steden uitbesteed aan marktpartijen, zoals in Rotterdam en Utrecht. In andere steden, zoals in Den Haag, doet de gemeente dit zelf.

De G4 proberen in te zetten op een maximale beschikbaarheid van data over beschikbaarheid van de laadpaal. In het ontwerp-klimaatakkoord wordt ook voorgesteld dat uiterlijk 1 augustus 2019 alle serviceproviders en alle laadpaalexploitanten de statische en dynamische basisinformatie delen over alle (semi-)publieke laadpalen met een centraal nationaal toegangspunt voor data over laadpunten (National Access Point, NAP)⁴. Deze basisinformatie wordt ook onderling gedeeld. De basisinformatie omvat in ieder geval data over de locatie en de beschikbaarheid van de laadpunten en de prijzen van het laden.

Rijksoverheid

Belangrijke rollen van de Rijksoverheid zijn het uitzetten van een koers en langetermijnvisie op het toekomstig EV-netwerk en beleid rondom de ontwikkeling van hoofdweginfrastructuur. Via de Greendeal Elektrisch Vervoer brengen Rijk en stakeholders verschillende beleidsinzet samen²⁷.

Ten behoeve van de ontwikkeling van publiek toegankelijke snellaadpunten door private partijen langs het hoofdwegennet, zijn door het Rijk aanpassingen gemaakt in het voorzieningenbeleid en in de vergunningsvoorwaarde van deze oplaadpunten is opgenomen dat deze interoperabel (en dus publiek toegankelijk) moeten zijn²⁸.

²⁶ www.nklnederland.nl/kennisloket/artikelen/iii-aanvraag-en-realisatieproces.

²⁷ www.greendeals.nl/sites/default/files/uploads/2016/04/GD198-Elektrisch-Rijden-2016-2020.pdf.

²⁸ *Visie op de laadinfrastructuur voor elektrisch vervoer, Ministerie van economische Zaken 2016.*

Buitenland

Laadinfrastructuur in de publieke ruimte is in Stockholm voor zowel personenwagens als goederenvoertuigen toegankelijk. Voor goederenvoertuigen wordt gekeken naar het installeren van laadinfrastructuur op laad- en losplekken, maar dit is nog niet geconcretiseerd. In Oslo is 58% van de auto's elektrisch. Alle laadinfrastructuur is van de stad. Voor snelladers zijn er partnerschappen met private operatoren. Investerings worden gedeeld. Dit geldt niet voor privégrond. Initiatieven die voor personenauto's werken, zijn niet altijd toepasbaar op goederenvoertuigen (bijv. BTW).

Tot op heden is in Brussel en Londen geen specifiek beleid voor laadinfrastructuur voor goederenvoertuigen. In Londen wordt ervan uit gegaan dat vervoerders - met name met bestelwagens - op het depot of thuis laden. Infrastructuur moet van 'de markt' komen. Recent is het besef gekomen dat het ontbreken van laadinfrastructuur de groei van elektrische goederenvoertuigen remt. Het algemene beleid van de stad is dat zware goederenvoertuigen de binnenstad niet in komen. Er wordt daarom gekeken naar snellaad infrastructuur aan de rand van Londen, langs de snelweg, in combinatie met consolidatiecentra en hubs op strategische locaties. Deze worden ook wel 'laadhubs' genoemd. Momenteel zijn er voor personenwagens diverse laadstations in de stad (2000 7kW laders in de stad). Het is echter nog onduidelijk of deze ook voor goederenvoertuigen gebruikt gaan worden. De aanbevolen laadstrategie voor de wijken is vastgelegd in strategische documenten en bestaat uit 3 types laders (niet specifiek voor logistiek): laadinfrastructuur in woonwijken voor lichtere voertuigen (personenwagens en bestelwagens; 3 kW en 7 kW), om gebruik van publieke ruimte te verkleinen wordt er ook gekeken naar lantaarnpaalladen; snellaadpunten (700 in 2020), specifiek voor taxi's, 'private hire drivers' en goederenvoertuigen; en 'bestemmingslaadpunten' voor gelegenheidsgebruik voor korte tijd (o.a. bij hotels, vliegvelden, supermarkten). In Brussel is er voor tien jaar een concessie aan Pitpoint verleend voor het installeren en uitbaten van laadinfrastructuur. Eén van de voorwaarden is een maximum kWh-prijs.

In Madrid koopt de gemeente snellaadinfrastructuur voor een aantal locaties. Er worden hiervoor overeenkomsten afgesloten met transportbedrijven om deze vrij te gebruiken voor 4 tot 8 jaar. De bedrijven zijn vervolgens verantwoordelijk voor het onderhoud. Als een bedrijf de infrastructuur niet meer gebruikt, neemt de gemeente het onderhoud over. Eén van de eerste laadstations voor goederenvoertuigen is geïnstalleerd bij een markt (MercaMadrid). Bedrijven hebben hier kleine depots en kunnen gebruikmaken van laadinfrastructuur. Daarnaast sluit de gemeente overeenkomsten met benzinstations af om snellaadpalen te installeren.

BIJLAGE BIJ 3.1 SEGMENT SPECIFIEKE RITPROFIELEN

Naam segment	Horeca	Retail food
Korte omschrijving	Grote leveringen aan horeca	Grote leveringen food aan retail
Sectoren	Horeca	Retail food
Bronnen	Data 256 ritten van 2 bedrijven	Data 127 ritten door 2 bedrijven
Omschrijving	<p>De leveringen vanuit groothandels naar Horeca worden met grote geconditioneerde vrachtwagens uitgevoerd. De aanrijkilometers voor de leveringen zijn beperkt. Leveringen vinden vooral plaats door groothandels (of logistiek dienstverlener) binnen de gemeente of binnen de regio.</p> <p>De ritten worden gepland volgens een milk run, waarbij meerdere leveringen per rit worden uitgevoerd. Gemiddeld vinden er 7 - 8 leveringen per rit plaats. Door de milk run zijn de ritten relatief lang, tot 175 km per rit.</p> <p>De dropdichtheid (afstand tussen leveringsadressen) is in de binnensteden hoog, maar deze wordt snel lager wanneer er ook leveringen in de regio plaatsvinden.</p>	<p>De leveringen van versproducten aan de Retail worden met grote geconditioneerde vrachtwagens (city trailers) uitgevoerd. Vers-DC's van de supermarkten zijn in de regio gevestigd, waardoor de aanrijkilometers in dit segment beperkt zijn.</p> <p>De versleveringen aan de Retail hebben een groot volume. Per rit wordt 1 (max 2) winkels bevoorrad. In de praktijk worden dus vooral punt-punt ritten gepland tussen DC en de supermarkt. De gemiddelde ritafstand is 55 kilometer en de totale duur van een rit is 3:30 uur. Een vrachtwagen in dit segment voert per dag 2 a 3 ritten uit.</p> <p>Per levering worden gemiddeld 30-40 rolcontainers geleverd. Tegelijk vinden retouren plaats van afval en fust. Een vrachtwagen staat daardoor meer dan 30 minuten bij het afleveradres.</p>
Voertuig		
Type voertuig	Zware vrachtwagen, bakwagen (<18 ton)	Trekker-oplegger (< 40 ton)
Geconditioneerd (Ja/Nee)	Ja	Ja
Extra voorzieningen	Laadklep	Laadklep
Ritkenmerken		
Type rit	Milk run	Punt-punt
Routerring	Vaste adressen	Vaste adressen
Ritafstand - Lokaal/regionaal	130 km	55 km
Ritafstand - Nationaal	Nvt	Nvt
Ritduur	7 uur	3,5 uur
Aantal ritten per dag	1 rit	2 – 3 rit
Kenmerken levering		
Aantal stops per rit	8 stops	1 – 2 stops
Interstop afstand	10 km	Nvt
Duur van de stops	Korte stop (< 30 minuten)	Lange stop (> 30 minuten)

BIJLAGE BIJ 3.1 SEGMENT SPECIFIEKE RITPROFIELEN

Naam segment	Grote leveringen non-food	Kleine leveringen geconditioneerd
Korte omschrijving	Grote leveringen aan enkel adres	Kleine leveringen geconditioneerd aan meerdere adressen
Sectoren	Retail non-food, General cargo	Horeca, Retail food, Pharma/medic
Bronnen	Data 24 ritten van 1 bedrijven	2 interviews/enquête en data 20 ritten van 1 bedrijf
Omschrijving	<p>De grote leveringen van non-food producten zijn kenmerkend voor de Retail sector. Deze leveringen worden met grote vrachtwagens uitgevoerd. Door de locaties van de DC's zijn de ritten in dit segment zowel regionaal als nationaal. Ritafstanden variëren van 120 tot 240 km. In de praktijk worden vooral punt-punt ritten gepland tussen DC en de winkels. Een vrachtwagen in dit segment kan per dag gemiddeld regionale 2 ritten uitvoeren.</p> <p>Per levering worden gemiddeld 45 - 50 rolcontainers geleverd. Een vrachtwagen staat daardoor meer dan 30 minuten bij het afleveradres.</p>	<p>De kleine leveringen van geconditioneerde goederen worden uitgevoerd met bestelwagens en/of lichte vrachtwagens. De belangrijkste sector in dit segment is de horeca, maar ook farmaceutische producten zijn in dit segment vertegenwoordigd. De leveringen aan de horeca en foodservice zijn vooral lokaal. Leveranciers hebben een voorraadlocatie rondom Amsterdam. Leveringen van farmaceutische producten kunnen ook nationaal zijn, waardoor aan- en afrijkilometers veel groter zijn.</p> <p>Voor beide sectoren geldt dat er meerdere adressen via een milk run worden beleverd. De gemiddelde ritafstand voor lokale leveringen is 50 km, de totale duur van een rit is 3:30 uur en per rit worden 8 -10 leveringen uitgevoerd. Een voertuig kan per dag 2 ritten uitvoeren. Ritafstanden van nationale ritten zijn veel groter (gem. 250 km). Er worden meer drops per rit uitgevoerd (15) en de ritten zijn langer. De duur van de stops zijn kort (< 30 minuten).</p>
Voertuig		
Type voertuig	Trekker-oplegger (< 40 ton)	Grote bestelwagen/Lichte vrachtwagen
Geconditioneerd (Ja/Nee)	Nee	Geconditioneerd
Extra voorzieningen	Laadklep	Nvt
Ritkenmerken		
Type rit	Milk run	Milk run
Routerring	Vaste adressen	Vaste adressen
Ritafstand - Lokaal/regionaal	120 km	55 km
Ritafstand - Nationaal	240 km	250 km
Ritduur	3,5 - 7 uur	3,5 - 8 uur
Aantal ritten per dag	1 -2 ritten	2 - 3 ritten
Kenmerken levering		
Aantal stops per rit	7 stops	8 stops
Interstop afstand	10 -20 km	5 km
Duur van de stops	Lange stop (> 30 minuten)	Stop&Go, Korte stop (< 30 minuten)

BIJLAGE BIJ 3.1 SEGMENT SPECIFIEKE RITPROFIELEN

Naam segment	Kleine leveringen non-food	Service Logistiek
Korte omschrijving	Kleine leveringen droge zendingen	Uitvoering van reparaties op incidentele adressen
Sectoren	Retail non-food, post & pakket B2B, facilitaire inkoop	Bouw, Service logistiek
Bronnen	3 interviews/enquête	3 interviews/enquête en data 50 ritten door 2 bedrijven
Omschrijving	<p>In dit segment vinden kleine leveringen aan bedrijven plaats. Dit segment bestaat uit de sectoren Retail en facilitaire inkoop. Voor de leveringen in dit segment worden hoofdzakelijk grotere bestelwagens en lichte vrachtwagens ingezet.</p> <p>De ritten zijn gepland volgens een milk run vanuit een regionale of lokale voorraadlocatie. De gemiddelde ritafstand is 120 km (variërend van 100 - 240 km). Er wordt een hoge dropdichtheid gerealiseerd, maar er worden ook relatief veel stops uitgevoerd (gemiddeld 20 per rit) De ritduur kan variëren tussen 3:30 - 5 uur. Een voertuig kan per dag 2 ritten uitvoeren.</p> <p>De duur van de stops zijn kort (< 30 minuten).</p>	<p>In dit segment vinden vooral (kleine) werkzaamheden op locatie plaats, denk daarbij aan installatie van apparatuur of reparaties. Hier worden veel bestelwagens ingezet (tot 3,5 ton).</p> <p>In dit segment kom je een grote variatie tegen in de rit kenmerken. De werkzaamheden vinden op incidentele locaties plaats. De ritten kunnen dus lokaal, regionaal en nationaal van aard zijn. Ritafstanden kunnen oplopen tot maximaal 280 km (heen en terug).</p> <p>Ook het aantal stops kan sterk variëren, afhankelijk van de werkafspraken. In de bouw kan een monteur de hele dag op een locatie werkzaam zijn, terwijl andere service monteurs maximaal 12 stops hebben. De totale duur van een rit beslaat normaal een hele werkdag. Voor dit segment is de verblijftijd op de werklocatie relatief lang.</p>
Voertuig		
Type voertuig	Grote bestelwagen / Kleine bakwagen	Kleine/grote bestelwagen
Geconditioneerd (Ja/Nee)	Nee	Nee
Extra voorzieningen	Kleine bakwagen uitgerust met laadklep	Nvt
Ritkenmerken		
Type rit	Milk run	Milk run
Routerring	Vaste route	Incidentele adressen
Ritafstand - Lokaal/regionaal	100 km	45 km
Ritafstand - Nationaal	240 km	120 km
Ritduur	3,5 - 5 uur	7 - 9 uur
Aantal ritten per dag	1 - 2 ritten	1 - 2 ritten
Kenmerken levering		
Aantal stops per rit	20 stops	8 - 10 stops
Interstop afstand	2 - 5 km	5 km
Duur van de stops	Stop&Go, Korte stop (< 30 minuten)	Lange stop (> 30 minuten)

BIJLAGE BIJ 3.1 SEGMENT SPECIFIEKE RITPROFIELEN

Naam segment	Kleine leveringen aan huis	Afvalinzameling
Korte omschrijving	Kleine leveringen aan huis	Collecteren van afval bij bedrijven en huishoudens
Sectoren	Horeca, foodservice, post & pakket B2C	Afvalverwerking
Bronnen	2 interviews/enquête en 1300+ ritten door 1 bedrijven	1 interviews/enquête
Omschrijving	<p>Dit segment bestaat uit post en pakket bezorging, en leveringen van food services en boodschappen aan huis. Hier worden hoofdzakelijk grote en kleine bestelwagens ingezet (tot 3,5 ton).</p> <p>De ritten zijn gepland volgens een milk run vanuit een regionaal of lokaal depot. De gemiddelde ritafstand is 150 km, variërend van 80 - 225 km. De lange, nationale, ritten worden vooral gemaakt voor leveringen van speciale producten, zoals witgoed, bruingoed of meubelen. Deze leveringen worden vanuit een centrale voorraadlocatie (NDC) uitgevoerd.</p> <p>De werkdag van de chauffeur is vaak maatgevend voor het aantal stops. De ritduur loopt op tot 7 - 8 uur. Daarin kunnen tot meer dan 100 leveringen worden uitgevoerd. De stops per levering zijn kort (stop&go of < 30 minuten).</p>	<p>Voor afvalinzameling worden grote vrachtwagens (vuilniswagens) en lichte voertuigen met opbouw (< 3,5 ton). De grote vuilniswagens worden gebruikt voor het ophalen van huisvuil en bedrijfsafval. De lichtere voertuigen worden ingezet voor het legen van vuilnisbakken aan de straat.</p> <p>De ritten zijn lokaal en worden gepland volgens een vast route (milk run). De gemiddelde ritafstand is 40 - 50 km en de duur van de rit is 4 uur. De beperkende factoren voor de ritlengte is het volume van het voertuig en de werktijden van de werknemers. Een voertuig kan 2 keer per dag worden ingezet.</p>
Voertuig		
Type voertuig	Kleine/grote bestelwagen	Vuilniswagens
Geconditioneerd (Ja/Nee)	Nee	Nee
Extra voorzieningen	Nvt	Kraak/perswagen of kraan
Ritkenmerken		
Type rit	Milk run	Milk run
Routerring	Incidentele adressen	Vaste route
Ritafstand - Lokaal/regionaal	80 km	45 km
Ritafstand - Nationaal	225 km	Nvt
Ritduur	6 - 8 uur	4 uur
Aantal ritten per dag	1 - 2 ritten	2 ritten
Kenmerken levering		
Aantal stops per rit	80 stops	Nnb
Interstop afstand	2 km	Nnb
Duur van de stops	Stop&Go, Korte stop (< 30 minuten)	Stop&Go, Korte stop (< 30 minuten)

Op het depot van de vervoerder

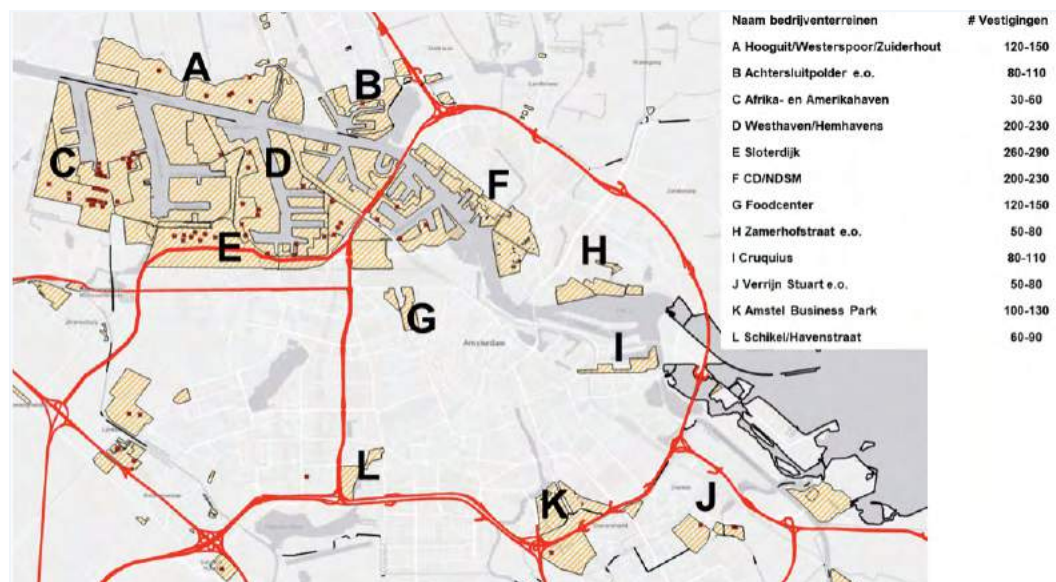
Dit zijn de locaties waar de voertuigen gestald worden tijdens de uren dat zij niet voor transport worden ingezet. Denk aan bedrijven met grote hoeveelheden voertuigen zoals (bouw) groothandels, magazijnen en logistieke dienstverleners en DC's.

De locaties zijn over het algemeen gelegen op bedrijventerreinen, zowel in de randen van het stedelijk gebied en verspreid in de MRA-regio (voor regionale leveranciers, groothandels en distributiebedrijven). Een deel van de logistieke bewegingen naar de MRA betreft ook nationale ritten en komen van buiten de MRA. De locaties van distributiecentra en bedrijventerreinen waar meerdere magazijnen en groothandels gevestigd zitten spelen een belangrijke rol, omdat deze relatief grote volumestromen (en vervoersbewegingen) genereren, zowel inkomend als uitgaand.

Logistieke bedrijventerreinen

Rondom de ring van de A10 zijn een aantal logistieke bedrijventerreinen gelegen. Deze strategische locaties zijn goed bereikbaar voor leveranciers en hebben een korte rijafstand naar het centrum van de stad. Figuur B2.2 geeft een overzicht van de logistieke bedrijventerreinen rondom Amsterdam. Op deze terreinen zijn handel, logistiek en distributiecentra goed vertegenwoordigd. Per terrein is het huidige aantal bedrijfsvestigingen weer gegeven. Bij elektrificatie van de wagenparken van deze bedrijven, kan er een grote toename van vraag naar laadinfrastructuur worden verwacht. Op deze locaties 's nachts worden geladen. Vanwege de beschikbare ruimte op de terreinen en de strategische ligging, bieden de logistieke bedrijventerreinen ook kansen voor de exploitatie van openbare laadpleinen. Hier kunnen dan verschillende logistieke partijen gebruik van maken om tussentijds de batterij bij te laden.

Figuur B2.2
Strategisch gelegen
logistieke bedrijventerreinen
langs Rijkswegen²⁹.



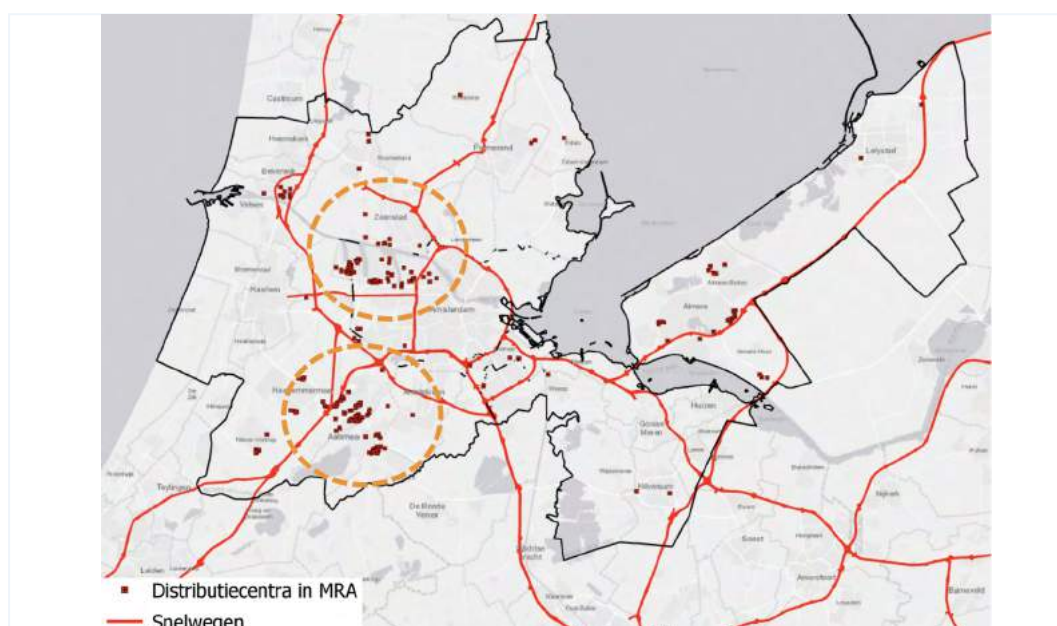
³⁰ Ministerie I&M, bewerking BCI 2019.

DC's in de MRA

In figuur B2.3 wordt een overzicht getoond van de distributiecentra in de MRA-regio. Vanuit de DC's zullen ook grote transportstromen richting het stadscentrum van Amsterdam vertrekken. De DC's zijn verspreid over de gehele regio, met concentraties ten zuidwesten en noordwesten van Amsterdam en gelegen nabij snelwegen. Ze zijn veelal gelegen buiten het stedelijke gebied waardoor ook deze locaties ruimte kan bieden voor particuliere laadpunten of openbare laadpleinen.

Bij elektrificatie van de wagenparken van de DC's kan opladen in de nacht een belangrijk onderdeel worden van de laadstrategie. De locaties bieden ook de mogelijkheid voor kort opladen van elektrische voertuigen van andere logistieke dienstverleners die lading komen brengen of halen. Ligt een DC verder weg van de eindbestemming in de binnenstad, dan zou er tijdens de rit kort bijgeladen moeten worden langs de aanrijroute.

Figuur B2.3
Overzicht DC locaties in de
Metropoolregio Amsterdam³⁰



Langs de hoofdroute naar de regio

Voor de lange, nationale, ritten van en naar de MRA lopen de aanrijroutes via het hoofdwegennet. Deze ritten starten vanaf een DC of productielocatie elders in het land en er worden veelal grotere vrachtwagens voor ingezet met een hoge energiebehoefte. Indien de batterijcapaciteit van deze voertuigen onvoldoende is om de afstand te overbruggen, zal er onderweg bijgeladen moeten worden. Dit gebeurt langs de aanrijroute op tankstations, verzorgingsplaatsen (parkeerterreinen) en Logistieke Ontkoppelpunten (LOPs)³¹.

Bij verzorgingsplaatsen wordt onderscheid gemaakt tussen de openbare verzorgingsplaatsen -deze zijn in eigendom van Rijkswaterstaat- en commerciële verzorgingsplaatsen, onder andere te vinden in de Haven van Amsterdam of op Schiphol.

³⁰ Bron: Ministerie I&M, bewerking BCI 2019.

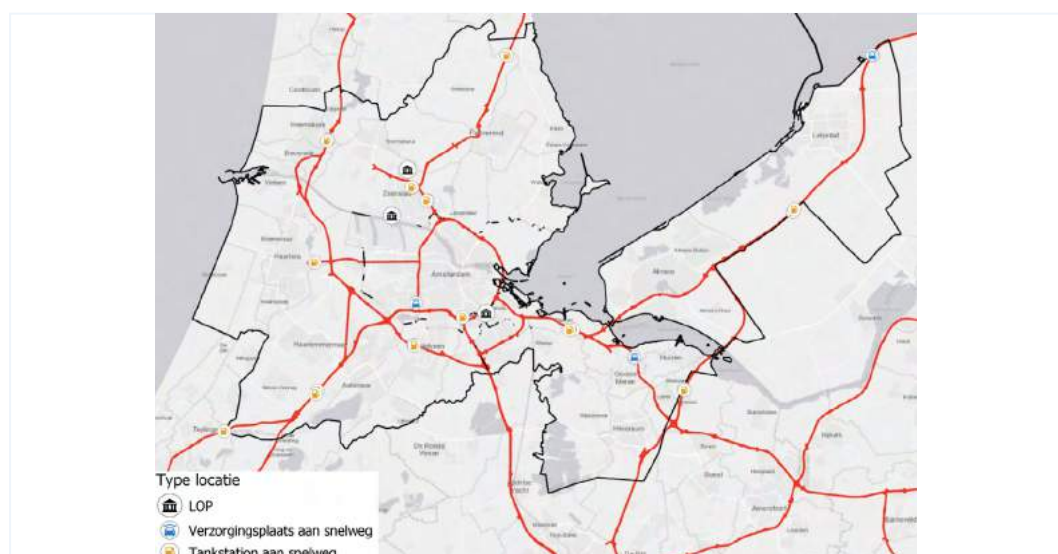
³¹ Voor een toelichting, zie: www.truckbreak.nl.

BIJLAGE BIJ 3.2 LOGISTIEKE HOTSPOTS

In sommige gevallen is bijladen bij een thuisbasis van een vervoerder een optie, wanneer deze langs de aanrijroute gelegen is. Een voorbeeld van een dergelijk ritprofiel is te vinden in de bouwsector. Hier wordt met grote voertuigen vanaf de industriële productielocaties gelegen in het hele land, direct gereden naar groothandels en bouwmarkten (veelal op bedrijventerreinen rond de ring A10) of naar bouwsites in de binnenstad van Amsterdam. Het gaat hier om langere ritten. Tussentijds kan worden (snel)geladen langs aanrijroute.

De onderstaande figuur B2.4 geeft een overzicht van de aanrijroutes en de nabijgelegen verzorgingsplaatsen, tankstations en LOPs. Als aanrijroutes zijn de Rijkswegen aangehouden die aantakken op de ring-A10 rond Amsterdam.

Figuur B2.4
Openbare verzorgings-
plaatsen, tankstations en LOPs
langs het hoofdwegenet³².



Bij losadressen en bestemmingslocaties in de stad

Tijdens het lossen bij de afleveradressen in de binnenstad van Amsterdam, wordt het voertuig voor langere of kortere periode geparkeerd. Tijdens deze stops kan de batterij worden bijgeladen, maar dat zal vooral interessant zijn voor de langere stops (meer dan 30 minuten) en als de loslocatie daar gelegenheid toe geeft.

Veel losadressen vallen binnen de sectoren retail, horeca, groothandels, grotere kantoorlocaties en op bouwlocaties. Als loslocatie definiëren wij drie subcategorieën, die hieronder worden beschreven:

1. Openbare loslocaties, horeca- en winkelconcentraties

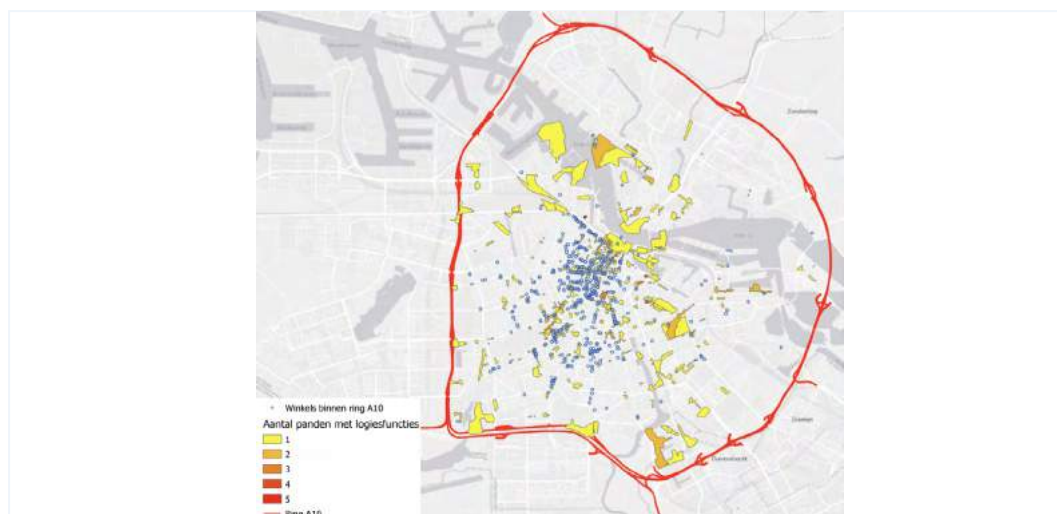
Horeca- en winkels zijn in concentraties gevestigd in de binnenstad en worden op frequente basis van nieuwe voorraad voorzien. Distributievoertuigen beleveren deze sectoren veelal per adres, maar bij concentraties zou ook de beleving van meerdere vestigingen via een openbare loslocatie kunnen plaatsvinden³³. Op deze openbare locaties zou dan gedurende de lostijd elektrisch kunnen worden geladen. Een voorbeeld is de horeca bevoorrading waarbij de servicegroothandel meerdere cafés en restaurants op hetzelfde plein of deel van de straat belevt. Deze casus is onder andere in Utrecht en Maastricht gebruikt voor een aparte stroomvoorziening van het koelaggregaat. In de huidige praktijk parkeren leveranciers meestal nog voor de deur van de horecagelegenheden en winkels.

³² Bron: Truckbreak.nl, Directlease.nl, bewerking BCI 2019.

³³ In de toekomst worden dit binnen autoluw gebied mogelijk zogenaamde servicestroken voor touringcars, taxi's en logistieke distributie.

Figuur B2.5 toont een overzicht van horeca- en winkelconcentraties. Er is een hoge dichtheid van winkels en horecagelegenheden (logies) in centrum, in ring daarbuiten neemt dichtheid en concentratie af. Horeca komt meer voor buiten het centrum en kent een bredere spreiding.

Figuur B2.5
Openbare locaties bij horeca en winkelconcentraties³⁴.



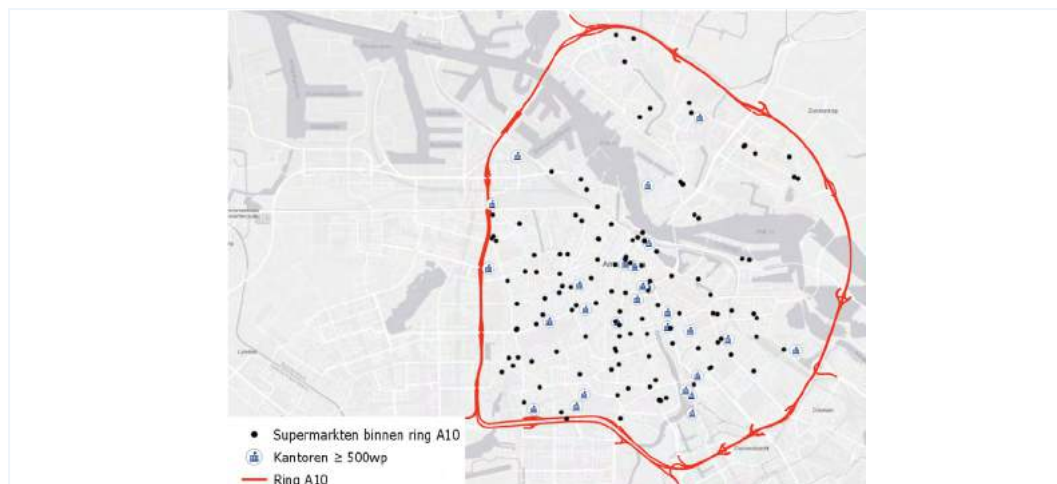
2. Supermarkten en grote kantoren

Grotere supermarkten met een laaddock³⁵ bieden een kans voor elektrische vrachtwagens om tijdens de lostijd op te laden. Het gaat hier om ritten waarbij een volledige vrachtwagen wordt gelost bij een grote afnemer. Deze komen voor in de Retail, bijvoorbeeld bij een filiaal van een supermarkt of grootwinkelbedrijf.

Grote kantoorlocaties met 500+ medewerkers zijn veelal bestemmingslocaties voor pakketdiensten, bestelwagens of monteurs. Deze locaties hebben ruimte voor laadpleinen voor opladen van het eigen wagenpark en ook de bezoekers kunnen hier (kort) opladen gedurende de bezoektijd.

Een overzicht van supermarkten en grote kantoren is te zien in figuur B2.6. Deze toont een gelijkmatige spreiding van supermarkten over de stad. Het noordelijk deel van de A10 kent relatief weinig supermarkten. Grootschalige kantoren liggen verspreid over de stad, maar met een grote concentratie op de Zuid-as, het zuidelijk deel van A10-zone.

Figuur B2.6
Supermarkten en grote kantoren.



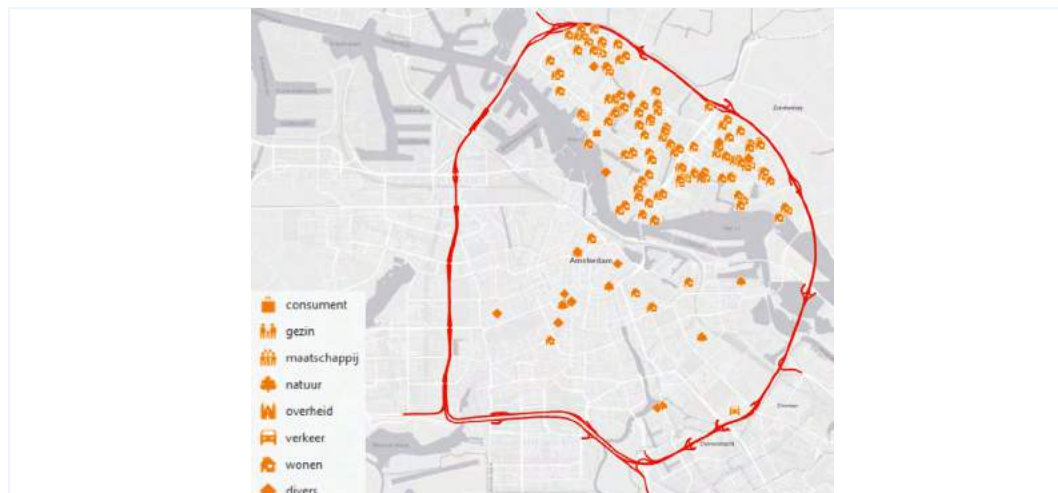
³⁴ Bron: KvK, LISA, dataportaal gemeente Amsterdam, maatwerk en bewerking BCI 2019.

³⁵ Voor het lossen en laden van een oplegger is maximaal 30 tot 45 minuten nodig.

3. Bouwlocaties 2030

Voor de aankomende jaren richting 2030 zijn er reeds een aantal gemeentelijke vergunningen afgegeven voor nieuwbouw. Deze worden getoond in figuur B2.7. Hieruit zijn de aankomende bouwlocaties te herleiden. Op deze bouwlocaties kunnen elektrische bouwvoertuigen worden opgeladen. De bouwlocaties transformeren na afronding in woonwijken, die toch al een energiebehoefte hebben waarvoor de netbeheerder het elektriciteitsnetwerk moet verzwaren, een mogelijk kansrijke strategie is om dit al aan te leggen voordat de bouwlocatie ontstaat.

Figuur B2.7³⁶
Bouwlocaties.



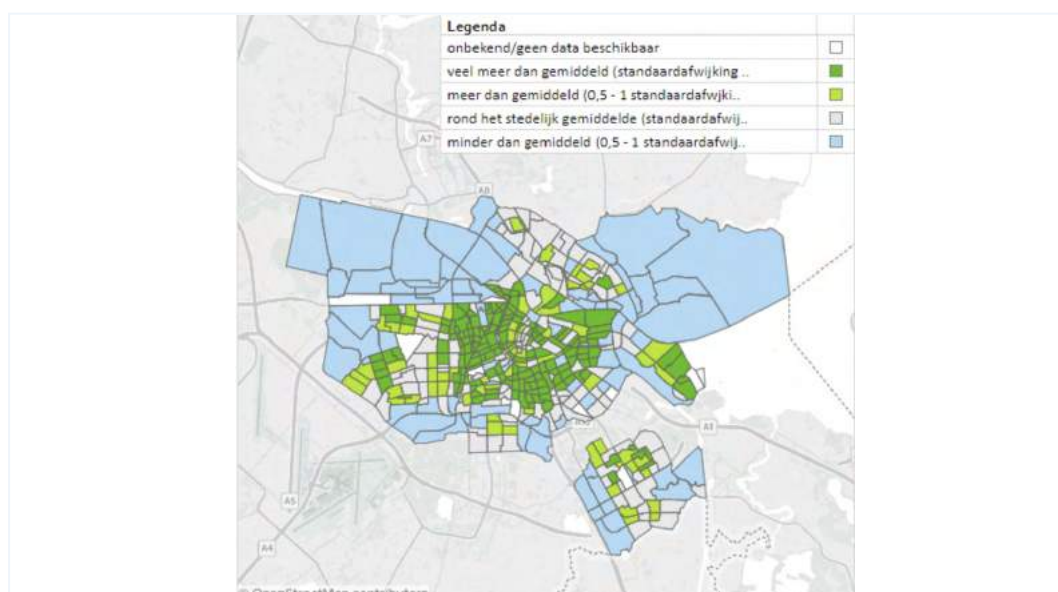
In woonwijken

Binnen sectoren zoals de pakketdiensten en de bouw en onderhoud, zijn medewerkers of ZZP'ers actief die de dienstwagen in de eigen woonwijk parkeren en daar's nachts (lang) elektrisch kunnen laden (let op: niet in alle gevallen is dit personeel woonachtig in de wijken van Amsterdam). Daarnaast zijn woonwijken bestemmingsverkeer voor pakketdiensten, bestelwagens en services zoals monteurs.

In figuur B2.8 staat de woondichtheid binnen de stad Amsterdam weergegeven: hoe groter de concentratie aan inwoners, hoe groter de vraag naar elektrische laadinfrastructuur zal zijn voor zowel personenvoertuigen als voertuigen voor zakelijke dienstverlening.

Figuur B2.8
Concentratie van inwoners.

*Indicator: Bevolkingsdichtheid
Bron: Afd. basisinformatie/OIS
Peildatum: 1 januari (verschijnt 1x per jaar)
Code in BBGA: BEVDICHT
Definitie: Aantal bewoners per vierkante kilometer land.
De peildatum van het aantal bewoners is 1 januari van het peiljaar, de peildatum van de oppervlakte is 1 januari van het peiljaar -1.*



Bijlage 3.4.A Wat u moet weten over: laadpaaltechniek en -gebruik

Voor een goed begrip van de uitdagingen die een (groot) netwerk van elektrische laadpunten met zich mee brengt, is een globaal beeld van de gebruikte techniek onvermijdelijk.

AC-DC

Batterijen kunnen uitsluitend opgeladen worden met gelijkstroom (DC, Direct Current). Het openbare (230 Volts) elektriciteitsnet maakt echter gebruik van wisselstroom (AC, Alternating Current). De lichte oplaadpalen (tot en met 20 kW) zijn allemaal in wisselstroom uitvoering. Om wisselstroom om te zetten in gelijkstroom is een gelijkrichter (converter) nodig. Deze gelijkrichter is (meestal) vast gemonteerd in het voertuig. Een los exemplaar kan tot wel € 8.000,- kosten. Voor de laadpalen met een capaciteit vanaf 50 kW moet in de regel gebruik gemaakt worden van gelijkstroom.

Het leveren van hogere vermogens vereist meer stroomsterkte en leidt daarmee tot meer weerstand bij een gelijke kabeldoorsnede. Hogere weerstand leidt onder meer tot oplopende temperaturen in de laadkabel. Om dit te voorkomen worden dikkere kabels, hogere voltages toegepast en/of koelsystemen toegepast. De connectoren (stekkers) die bij systemen tot ca. 150kW worden toegepast, zijn echter niet geschikt voor hogere vermogens. Voertuigen die van beide systemen gebruik wil maken, zullen dan ook moeten worden uitgerust met beide type connectoren.

Op dit ogenblik bestaan er drie veel gebruikte systemen voor wat betreft elektrisch laden, te weten:

- CHAdeMO is de handelsnaam van een snellaadsysteem voor batterijen van elektrische voertuigen met een capaciteit tot maximaal 62,5kW bij 500V en 125A (direct current), door middel van een speciale elektrische connector. Een nieuwe versie (CHAdeMO 2.0) is geschikt voor maximaal 400kW bij 1000 V en 400A DC. Er zijn initiatieven om dit systeem tot een industriële standaard te maken (als onderdeel van IEC 62196).
- Combined Charging System (CCS) heeft betrekking op het laden van elektrische voertuigen met maximaal 350 kW (stekkertype Combo 2). Sinds 2014 eist de Europese Unie het gebruik van Combo 2 connectors binnen Europese oplaadnetwerken.
- Tesla Supercharger is een 480-volt DC fast-charging station gebouwd door Tesla Inc. en bedoeld voor al hun volledig elektrische voertuigen. Iedere Supercharger heeft een connector met een maximum vermogen van 135 kW (DC).

Figuur B3.1
Verschillende connectoren.



van links naar rechts:
CHAdeMO
(IEC 62196 configuration AA, DC),
IEC 62196 combo2 (DC only),
IEC 62196 type 2 (AC).

Laadvermogens klassen

Voor elektrische goederenvervoer beperken we ons in dit geval tot laadpalen met oplaadvermogens tot 350kW. Wel wordt verwacht dat op korte termijn (binnen 3 jaar) de bovengrens van de vermogens snel opgetrokken gaat worden. Zeker met het beschikbaar komen van zwaardere vrachtwagens (met batterijen van 350 kW en meer) zal hieraan een behoefte ontstaan. Een eenvoudige rekensom leert immer dat een vrachtwagen uitgerust met een batterij van 350 kW met een 350 kW-laadpaal in één uur met 350 kWh opgeladen kan worden (in de praktijk duurt dit echter langer). Bij een realistisch gemiddeld verbruik van 1 kWh per kilometer kan dan vervolgens maximaal 350 kilometer gereden worden. Echter, daar het optimale gebruik van batterijen ligt tussen de 20 en 80% van de batterijcapaciteit, ligt de feitelijke actieradius op zo'n 210 kilometer.

Laadoplossingen worden in de markt vaak opgedeeld naar vermogensklasse. Voor personen-voertuigen, bestelwagens en (lichte) vrachtwagens kan dit variëren van 3,7kW (1-fase thuislader), 10-20kW (veel publieke laders), 50-150kW (huidige snellaadstandaarden) tot toekomstige standaarden van ca. 350kW (Ionomy netwerk³⁷). Voor zwaarder vrachtvervoer begint oplaadvermogen bij ca. 350kW, maar kan eventueel oplopen tot 800kW-1MW (Tesla Semi³⁸). Internationaal wordt getracht om te komen tot een standaardindeling van laadpalen naar vermogensklasse, bijvoorbeeld via het Charin-initiatief³⁹.

Laadsnelheid

De laadsnelheid van een batterij is van meerdere factoren afhankelijk, waaronder de capaciteit c.q. laadsnelheid van de laadpaal en die van de batterij zelf.

Maar, zoals gebruikelijk wordt er niet de hele tijd zo snel geladen. Als het batterijpakket leeg is of vol begint te raken neemt de laadsnelheid af (zie figuur B3.2). Dat deert mogelijk niet, want opladen van volstrekt 'plat' naar helemaal vol is iets dat in de praktijk amper zal c.q. mag gebeuren (in verband met degradatie van de batterij). De optimale gebruikscyclus van een batterij ligt tussen 20% en 80% van de laadcapaciteit. Zowel het gebruiken van een batterij beneden de 20% capaciteit als boven de 80% is schadelijk en heeft een sterk negatief effect op de levensduur van de batterij. Bij lange ritten is daarom beter voor de batterij om net wat vaker te stoppen in plaats van deze helemaal leeg te rijden.

Figuur B3.2



³⁷ <https://ionomy.eu/>.

³⁸ www.tesla.com/nl_NL/semi?redirect=no.

³⁹ www.charinev.org/.

Bijlage 3.4.B TCO-Berekeningen

In tabel B3.3 zijn de kosten en de calculatiegrondslag weergegeven voor de AC3,7 en de AC 20kW laadpalen. De lichtste laadpaal wordt in principe uitsluitend op een thuislocatie geplaatst. De AC20 wordt zowel thuis als in de openbare ruimte ('publiek') geplaatst vaak uitgerust met 2 stekkers. Hierdoor is het feitelijk laadvermogen 11 kW, bij gelijktijdig gebruik. Daarnaast worden veel AC20 laadpalen op bedrijfsterreinen neergezet. Sommige kostenposten zijn voor bepaalde laadpaaltypen niet relevant. De post is dan op nihil gezet.

Tabel B3.3
Overzicht van de TCO van
'lichte' laadpalen.

TYPE AANDUIDING		FC50	FC50	HPC150	HPC150	HPC350	HPC350
GEBRUIKSTYPERING		PUBLIEK	PRIVAAT	PUBLIEK	PRIVAAT	PUBLIEK	PRIVAAT
Plaatsing							
Inkoopprijs paal	eenmalig	25.000	25.000	55.000	55.000	140.000	140.000
Locatiebepaling, engineering	eenmalig	2.625	1.250	5.500	8.250	14.000	21.000
Civiele werken/ plaatsing	eenmalig	3.125	2.750	3.875	2.750	6.000	7.000
Aansluitkosten netbeheerder	eenmalig	750	0	2.250	0	11.250	0
Totaal	eenmalig	31.500	29.000	66.625	66.000	171.250	168.000
Afschrijvingstermijn	jaar	10	10	10	10	10	10
Totaal	per jaar	3.150	2.900	6.663	6.600	17.125	16.800
Operationele kosten							
Kosten netaansluiting	per jaar	1.196	978	2.419	1.003	4.966	2.145
Communicatiekosten	per jaar	0	0	0	0	0	0
Verzekeringspremie (schade)	per jaar	997	997	2.217	2.217	5.794	5.794
Onderhoud/repatrie	per jaar	1.495	1.495	3.326	3.326	8.690	8.690
Service bij problemen	per jaar	0	0	0	0	0	0
Totaal	per jaar	3.688	3.470	7.963	6.546	19.450	16.629
Financiële kosten							
Vergoeding leverancier	€/kWh	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Energiebelasting	€/kWh	0,05	0,06	0,04	0,02	0,04	0,02
Totaal (excl. btw)	€/kWh	0,11	0,12	0,10	0,08	0,10	0,08
Totale kosten	'vast' per jaar	6.838	6.370	14.625	13.146	36.575	33.429
en	'variabel' per kWh	0,11	0,12	0,10	0,08	0,10	0,08

Tabel B3.4 geeft een overzicht van de kosten van de 'zware' laadpalen. Deze betreffen de FC50, de HPC150 en de HPC350. Bij beschouwing van de gegevens moet in gedachte worden gehouden dat deze laadpalen voor een deel pas aan de vooravond van een bredere uitrol staan. Betrouwbare, vrij beschikbare informatie over kosten is dan ook maar beperkt voorhanden. Ook bij de zware laadpalen c.q. laadoplossingen kan een onderscheid gemaakt worden tussen laadpunten in de openbare ruimte en op afgesloten (bedrijfs-)terreinen. Bij de kostengegevens moet overigens opgemerkt worden dat (de kosten van) eventueel noodzakelijke netwerkverzwaringen, zoals transformatoren, niet in het overzicht zijn meegenomen.

BIJLAGE BIJ 3.4 LAADPALEN EN -INFRA

Tabel B3.4
Overzicht van de TCO van
'zware' laadpalen.

TYPE AANDUIDING GEBRUIKSTYPERING		AC3,7 THUIS	AC10 PUBLIEK	AC20 PUBLIEK	AC20 PRIVAAT
Plaatsing					
Inkoopprijs paal	eenmalig	949	2.200	2.200	2.200
Locatiebepaling, engineering, projectmanagement	eenmalig	270	580	580	270
Civiele werken/plaatsing	eenmalig	0	350	350	350
Aansluitkosten netbeheerder	eenmalig	0	690	690	0
Totaal	eenmalig	1.219	3.820	3.820	2.820
Afschrijvingstermijn	jaar	10	10	10	10
Totaal	per jaar	122	382	382	282
Operationele kosten					
Periodieke kosten netaansluiting	per jaar	0	305	1.000	0
Communicatiekosten	per jaar	13	30	30	30
Verzekeringspremie (schade)	per jaar	0	10	10	10
Onderhoud/repatrie	per jaar	13	230	230	100
Service bij gebruikersproblemen	per jaar	0	25	25	25
Totaal	per jaar	25	600	1.295	165
Financiële kosten					
Vergoeding leverancier (inkoop)	€/kWh	0,08	0,06	0,06	0,07
Energiebelasting	€/kWh	0,13	0,05	0,05	0,06
Totaal (excl. btw)	€/kWh	0,21	0,11	0,11	0,13
Totale kosten	'vast' per jaar	147	982	1.677	447
en	'variabel' per kWh	0,21	0,11	0,11	0,13

Hardware kosten: de prijs voor het laadstation zelf

- Voor thuisladers (AC3,7) en publieke laders tot 20kW worden de prijzen gepubliceerd en biedt de kostenbenchmark van het NKL een goede referentie⁴⁰. Prijzen variëren van € 900,- (thuisladers) tot € 2.200,- (AC10-20).
- Prijzen voor snelladers zijn diffuser en moeilijker te achterhalen, veelal omdat dit nog een kleine markt is (zeker de 150+kW laadstations). Daar komt bij dat marktpartijen veelal investeren in een netwerk, waarbij aanschafkosten van de laadpaal niet noodzakelijk de daadwerkelijke hardware-kosten omvatten. Op basis van offertes, interviews en literatuur worden prijzen aangehouden van ca. € 25.000,- (FC50) tot € 140.000,- (HPC350).
- Afschrijvingstermijn: De investeringskosten moeten in de vorm van afschrijvingskosten verdeeld worden over het verwachte aantal jaar dat de hardware gebruikt zal gaan worden. Echter, gezien de 'nieuwheid' van deze apparatuur, is er nog maar weinig verifieerbare data beschikbaar. Voor zover nu bekend zal de afschrijvingsstermijn tussen 10 en 15 jaar liggen. Echter, gezien de snelle ontwikkelingen op het gebied van laadtechniek, lijkt de kortere afschrijvingsperiode van 10 jaar meer voor de hand te liggen. In de calculaties is daarom gerekend met dit laatste getal, d.w.z. een economische levensduur van 10 jaar.

⁴⁰ www.nkl.nl/projecten/resultaten/benchmark-2016-kostenanalyse-laadinfrastructuur/.

Plaatsingskosten

Deze (eenmalige) kostenpost geldt vooral voor publieke laad- en snellaad stations, en omvat onder andere locatiebepaling, inrichting parkeervak (in steden), kosten netbeheerder, plaatsingskosten aannemer.

- Plaatsingskosten speelt vooral bij publieke laadstations (waar locatie moet worden bepaald en vergunning moet worden afgegeven door gemeenten) en snellaadstations in openbare ruimte. Met name (i) netaansluitingskosten door netbeheerder en (ii) plaatsingskosten door een aannemer kunnen de prijs voor een laadstation aanzienlijk verhogen (of meer dan verdubbelen in geval van publieke palen AC10-20).
- Plaatsingskosten bij bedrijventerreinen zijn aanzienlijk lager, deels omdat veelal noodzaak van graafwerkzaamheden ontbreekt (laadpunten waar mogelijk aan de muur geplaatst), geen extra netwerkaansluiting nodig is. Alleen bij veel laadpunten of 'zware' laadpalen zou een verzwaring noodzakelijk kunnen zijn.
- Voor thuisladers (ook voor uitvoeringen die gemonteerd worden 'aan de muur') komen alleen de aannemerskosten van de installatie bovenop de aanschaf van een laadpunt.

In de TCO-berekeningen is voor een aantal plaatsingskosten een gemiddelde meegenomen. Het betreft hierbij vooral de inpassingskosten van snelle laders. Dit soort laders wordt namelijk stelselmatig met een aantal bij elkaar geplaatst en dan is er maar één aansluiting c.q. voeding nodig. De werkelijke kosten zijn dus afhankelijk van het aantal palen dat geplaatst wordt. Daarnaast worden de specifieke inpassingskosten onderscheiden, zoals het soms noodzakelijke bekabelen van de afstand tot een onderstation, etc. Hiervoor wordt in de praktijk iedere keer weer een nieuwe situatie-afhankelijke calculatie gemaakt. Daarnaast is het plaatsen van palen 'in de polder' vele malen goedkoper dan in het centrum van Amsterdam.

Operationele kosten

Deze terugkerende kosten omvatten onder andere periodieke kosten voor de netaansluiting (aan netbeheerder), onderhoudskosten, verzekering en service bij disfunctioneren.

- Voor publieke palen (AC10-20) zijn de jaarlijkse netaansluitingskosten het meest belangrijk. Het grootste verschil tussen AC10 en AC20 laders is dat de AC10 een 3x25A aansluiting nodig heeft (kosten 300-500 Euro; afhankelijk van de netbeheerder). De AC20 laadpaal maakt een zwaardere 3x35A aansluiting noodzakelijk (kosten 800-1200 euro). Daarnaast zijn er periodieke kosten ten aanzien van onderhoud, communicatie (data), storingen en service en verzekering⁴¹.
- Voor op privaat terrein geplaatste palen ontbreekt een aantal van deze kosten. Bij lage vermogens kan zonder extra hulpmiddelen direct op de huidige netaansluiting worden aangesloten, zodat jaarlijkse kosten voor de netbeheerder niet stijgen. Bij thuisladers zit de prijs van verzekering en onderhoud veelal bij de aanschafprijs inbegrepen. Wel kan vaak een backoffice abonnement worden afgesloten voor inzicht in gebruik, afrekening met werkgever en in sommige gevallen ook slimme laadsturing.
- Over de operationele kosten bij snelladers en laadpalen van meer dan 150 kW is relatief weinig bekend. Dit heeft meerdere oorzaken zoals commerciële belangen (FC50) en het nog maar beperkte aantal (HPC150 en HPC350). Netaansluitingskosten zullen ten opzichte van de 'lichte' laadpalen hoger zijn (indicatieve prijzen zijn beschikbaar bij netbeheerders). Stijgende aansluitingskosten gelden vooral wanneer er snelladers worden bijgeplaatst en het netwerk zwaar(-der) wordt belast. Dit kan leiden tot het noodzakelijk inbouwen van buffersystemen om pieken in het elektriciteitsverbruik op te vangen. Gegeven de onzekerheden is in de kostenberekeningen van laadpalen gewerkt met ranges.

⁴¹ www.nklnederland.nl/projecten/resultaten/benchmark-2016-kostenanalyse-laadinfrastructuur/.

Energiekosten

Dit zijn de kosten die aan de energieleverancier worden betaald voor de levering van elektriciteit. De variabele kosten binnen de TCO bestaan voornamelijk uit deze inkoop van elektriciteit (incl. belastingen).

- Voor thuisladers gaan we uit van € 0,21 per kWh (waarvan ca. € 0,13 energiebelasting).
- Voor laders op eigen terrein geldt het energietarief dat het logistieke bedrijf betaalt. Omdat het vaak over grootgebruikers gaat, zijn deze energiekosten en energiebelasting⁴² aanzienlijk lager dan kleingebruikers. We gaan uit van € 0,11 per kWh voor AC10-20.
- De inkoopprijs van elektriciteit voor de FC50-HPC150/350 is sterk afhankelijk van de omvang van het grootverbruik. Bij een verbruik van 100 MWh per laadpaal per jaar, daalt de prijs tot ongeveer € 0,08 per kWh. Let wel, de commerciële prijs voor een kWh bij publieke laadpalen kan zowel hoger zijn (langs snelwegen) als lager zijn (het verplichte maximum tarief in Amsterdam) dan de (bruto) inkoopprijs.

Bijlage 3.4.C Afzethoeveelheid per type laadpaal

Vooraf voor de zware laadpalen is (rechtstreekse) informatie hierover hooguit fragmentarisch voorhanden. Als bottom line hebben we gekozen om een realistische totale afzethoeveelheid per type laadpaal te schatten door het aantal gebruiksdagen te vermenigvuldigen met het geschatte aantal kWh per oplaadbeurt. Daarbij zijn drie scenario's onderscheiden, laag, midden en hoog. Deze gegevens zijn mede gebaseerd op meetgegevens per laadpaal.

In de onderstaande paragrafen wordt dieper ingegaan op de schattingen van de jaarlijkse afzethoeveelheden per scenario. In tabel B3.5 en tabel B3.6 zijn de jaarlijkse hoeveelheden weergegeven die gebruikt zijn voor de schattingen van de kostprijs per kWh.

Tabel B3.5
Geschatte afzethoeveelheden per type lichte laadpaal en voor drie scenario's.

	TYPE AANDUIDING GEBRUIKSTYPERING	AC3,7	AC10	AC20	AC20
		THUIS	PUBLIEK	PUBLIEK	PRIVAAT
Laag scenario	kWh/jaar	3.000	4.000	4.000	12.000
Midden	kWh/jaar	7.500	5.000	5.000	30.000
Hoog	kWh/jaar	12.000	6.000	6.000	48.000

Tabel B3.6
Geschatte afzethoeveelheden per type zware laadpaal en voor drie scenario's.

	TYPE AANDUIDING GEBRUIKSTYPERING	FC50	FC50	HPC150	HPC150	HPC350	HPC350
		PUBLIEK	PRIVAAT	PUBLIEK	PRIVAAT	PUBLIEK	PRIVAAT
Laag scenario	kWh/jaar	30.000	35.000	60.000	60.000	120.000	120.000
Midden	kWh/jaar	45.000	87.500	90.000	90.000	180.000	180.000
Hoog	kWh/jaar	60.000	140.000	120.000	120.000	240.000	240.000

⁴² Energiebelasting varieert van 9,8 cent/kWh (kleingebruiker), 5,3 cent/kWh (openbare laadpalen en aansluitingen van 10.000-50.000kWh) tot 1,4cent/kWh (50.000-10.000.000kWh) en 0,5cent/kWh (10.000.000kWh+). www.nuon.nl/grootzakelijk/klantenservice/belasting-subsidies/tarieven-energiebelasting/.

Bijlage 3.4.D Uitgangspunten bij de tariefberekeningen

Thuislader (AC3,7)

Een thuislader, die op eigen oprit staat, wordt in principe alleen door de logistiek ondernemer gebruikt. Hoeveel elektriciteit wordt gebruikt is sterk afhankelijk van het rijgedrag. Rekening houdend met één laadsessie per dag (nacht) en het opladen met resp. 10 ('laag'), 25 ('midden') en 40 ('hoog') kWh en 300 'werkdagen' (inclusief privégebruik) wordt in het 'midden' scenario jaarlijks 7.500 kWh afgenomen. De totale laadkosten zijn dan ca. € 0,22/kWh. Bij een minder intensief gebruik zal dat kunnen oplopen tot ca. € 0,25 per kWh.

Publiek laden (AC10-20)

Bij publiek laden zijn laadkosten gereguleerd door de vergunning verlenende gemeente. Zo zijn prijzen in de G4 steden vastgesteld op € 0,33 per kWh incl. BTW⁴³ d.w.z. € 0,28 excl. BTW. Bij publieke laadpunten in minder gereguleerde steden (waar de gemeente bijvoorbeeld geen financiële bijdrage aan de plaatsing van laadpunten doet), kunnen prijzen hoger uitvallen⁴⁴. Zo worden in gevallen starttarieven (tot € 0,61 per transactie) of uurtarieven (tot € 0,35 per kWh) gerekend⁴⁵. Ook kunnen service providers met hun pas nog marges doorrekenen (bovenop de prijs die aan de paal wordt gevraagd). Hierdoor kunnen prijzen (aanzienlijk) hoger uitvallen. We gaan uit dat logistiek ondernemers hierin slim mee om kunnen gaan; en dat zij maximaal € 0,33 per kWh (willen) betalen.

Laadpunt op eigen terrein (AC20)

De optie voor veel bedrijven is een laadpaal op eigen terrein te plaatsen met vermogen van 11-22kW (AC10-20). Hoeveel elektriciteit per laadpaal wordt afgenomen, is afhankelijk van kilometrage van de voertuigen, hoe frequent ze op eigen terrein laden, en of meerdere voertuigen er gebruik van kunnen maken. We gaan er van uit dat elk laadpunt 2 stekkers heeft en dat per stekker 1 voertuig dagelijks kan worden geladen (en dat deze de rest van de dag onderweg is). Kilometrage is dan dominant in jaarlijkse afname, variërend van 12.000 tot 48.000 kWh per jaar. Dit vertaalt zich in laadkosten van € 0,14 tot € 0,17 per kWh. Dit is aanzienlijk goedkoper dan thuis laden (en tot 2 keer goedkoper dan publiek laden).

Snelladen (FC50, publiek)

Publiek gebruik: De aannames over afnames zijn gebaseerd op Amsterdamse data snelladers (250-400 kWh per dag). Deze cijfers zijn door taxi's veel hoger en mogelijk niet (geheel) representatief voor het gebruik van dergelijke laadpalen. Met andere woorden: Dit zijn bovengrenzen. De indruk bestaat dat zelfs een ondergrens van 120 kWh per dag op dit moment best optimistisch genoemd mag worden. Afhankelijk van de mate van gebruik variëren van 25 voor grootverbruikers met een abonnement tot meer dan 50 cent voor incidentele klanten.

Snelladen (FC50, privaat)

Het zelf plaatsen van een snellader op eigen terrein heeft voordelen voor logistieke bedrijven waarbij niet alleen 's nachts maar ook overdag bijgeladen moet worden (denk aan taxi-bedrijven) dan wel waarbij bestelwagen/vrachtwagens regelmatig terugkeren op eigen terrein (bijvoorbeeld om bestellingen op te halen). Snelheid is dan belangrijk en het bijladen van de batterij mag dan niet beperkend zijn voor de operatie.

⁴³ Het is bekend dat de business case voor exploitanten in veel gevallen niet positief uitkomt bij deze prijs. Om een lage prijs te kunnen garanderen voor bewoners, dragen gemeente bij aan de prijs.

⁴⁴ www.idolaad.nl/gedeelde-content/blogs/robert-van-den-hoed/2016/varierende-kosten-om-te-laden-1-appels-en-peren.html?origin=3XGWbXwVSI08xqssUpoN9g

⁴⁵ www.idolaad.nl/gedeelde-content/blogs/rick-wolbertus/2016/laadtarieven.html?origin=3XGWbXwVSI08xqssUpoN9g

Bijlage 3.4.E Overwegingen bij TCO berekening

Om kosten van laden mee te nemen als keuzecriterium is een TCO berekening opgesteld voor laadpalen (TCO-laadpaal). Het belangrijkste resultaat is de kostprijs per kWh van een bepaald type laadpaal. Dit getal wordt vervolgens afgezet tegen de tarieven per kWh die commerciële aanbieders rekenen. Hoge energiekosten van specifieke laadoplossingen kunnen ondernemers doen besluiten op andere manieren elektriciteit te laden, of te investeren in eigen laadinfrastructuur.

De beschreven 10 laadoplossingen worden gebruikt om de TCO van laadpalen vast te stellen. De totale kosten van een laadpaal bestaan uit jaarlijkse kosten (afschrijving op de investering en operationele kosten) en uit de inkoop van elektriciteit. Het eindresultaat is een overzicht per type laadpaal van de vaste kosten per jaar en de variabele kosten per kWh. In tabel B3.7 zijn de samengevatte resultaten weergegeven. Wel zijn er bij deze berekeningen een aantal kanttekeningen te maken welke in de volgende paragrafen aan de orde zullen komen.

De prijs die de gebruiker betaalt per kWh is grofweg (i) de elektriciteitsprijs die de gebruiker betaalt aan de energieleverancier, en (ii) de vaste kosten zoals de afschrijving op het laadpunt (inclusief installatie). Voor (het kostprijstarief van) private laadpalen moet een TCO-berekening worden uitgevoerd. Er is een range aan bedrijven die dergelijke laadoplossingen biedt (o.a. EV Box, Alfen, Allego, ABB).

Het ligt voor de hand te veronderstellen dat laden op een thuislaadpaal een andere (elektriciteits-)prijs zal hebben dan laden bij een openbare (c.q. publieke) snellader. Maar hoe die kosten zich tot elkaar verhouden is niet transparant. Informatie hierover wordt, logischerwijze, ook maar mondjesmaat gecommuniceerd door commerciële leveranciers. Voor logistieke bedrijven of ondernemers is het dan ook de vraag, met het oog op de TCO van een elektrisch voertuig, waar de batterij het beste kan worden opgeladen. En dus ook of geïnvesteerd zou moeten worden in een laadvoorziening thuis of op het werk. En zo ja, welk laadpaalvermogen dan wenselijk is.

Bijlage 3.4.F TCO vast en variabel

Tabel B3.7
De TCO van laadpalen

TYPE LAADPAAL	VASTE KOSTEN PER JAAR (€)		VARIABELE KOSTEN PER KWH* (€)	
Private laadpalen				
AC3,7 Thuisladen	147,-	(131 / 163)**	0,21	(0,20 / 0,21)
AC20 Lader bedrijf	447,-	(438 / 456)	0,13	(0,11 / 0,15)
FC50 Snellader bedrijf	6.370,-	(5.400 / 7.340)	0,12	(0,11 / 0,13)
HPC150 Super snellader bedrijf	13.146,-	(11.500 / 15.600)	0,08	(0,07 / 0,09)
HPC350 Ultra snellader bedrijf	33.429,-	(31.500 / 35.500)	0,08	(0,07 / 0,09)
Openbare laadpalen				
AC10	982,-	(887 / 1.077)	0,11	(0,10 / 0,12)
AC20	1.677,-	(1.500 / 1.850)	0,11	(0,10 / 0,12)
FC50 Snellader	6.838,-	(5.750 / 7.925)	0,11	(0,10 / 0,12)
HPC150 Super snellader	14.625,-	(12.650 / 16.600)	0,10	(0,08 / 0,11)
HPC350 Ultra snellader	36.575,-	(32.200 / 40.950)	0,10	(0,08 / 0,11)

* De prijs per kWh is sterk gerelateerd aan het totale verbruik per jaar. Voor de bepaling van het hier vermelde tarief is uitgegaan van een gemiddeld gebruik van de betreffende laadpaal. Zie tevens bijlage 3.4.C: tabel 26.1 en 26.2.

** Vooral bij de vaste kosten is de spreiding in de verkregen gegevens (de 'inputcijfers') vrij groot. Dit heeft vooral te maken met de nog maar recent op gang komende ontwikkelingen op het gebied van (zwaardere) laadpalen. Daarom is binnen de resultaten van de onderscheiden laadoplossingen tevens de spreiding in het resultaat weergegeven.

3.4.G Kostprijs bij gegeven jaarverbruik

Tabel B3.8

Overzicht van de kostprijs per kWh voor de gebruiker van 'lichte' laadpalen

	TYPE AANDUIDING	AC3,7	AC10	AC20	AC20
	GEBRUIKSTYPERING	THUIS	PUBLIEK')	PUBLIEK')	PRIVAAT
Laag scenario	euro/kWh	0,25	0,33 (0,36)	0,33 (0,53)	0,17
Midden	euro/kWh	0,22	0,28 (0,31)	0,28 (0,45)	0,14
Hoog	euro/kWh	0,22	0,28 (0,27)	0,28 (0,39)	0,14

) Voor dit type laadpaal wordt door de gebruiker een door de lokale overheid (gemeente Amsterdam) voorgeschreven vast tarief betaald (het maximum verkooptarief). Tussen haakjes is het TCO-kostprijsstarief vermeld. Als de kostprijs boven de verkoopprijs ligt, is subsidie nodig voor een positieve business case van de aanbieder.

Tabel B3.9

Overzicht van de kostprijs per kWh voor de gebruiker van 'zware' laadpalen.

	TYPE AANDUIDING	FC50	FC50	HPC150	HPC150	HPC350	HPC350
	GEBRUIKSTYPERING	PUBLIEK')	PRIVAAT	PUBLIEK')	PRIVAAT	PUBLIEK')	PRIVAAT
Laag scenario	euro/kWh	0,50 (0,34)	0,30	0,50 (0,34)	0,30	0,59 (0,40)	0,36
Midden	euro/kWh	0,37 (0,26)	0,19	0,37 (0,26)	0,23	0,42 (0,30)	0,27
Hoog	euro/kWh	0,25 (0,23)	0,17	0,24 (0,22)	0,19	0,27 (0,25)	0,22

) Voor dit type laadpaal wordt door de gebruiker een door de overheid voorgeschreven vast tarief betaald (het maximum verkooptarief). Tussen haakjes is het TCO-kostprijsstarief vermeld.

Bijlage 3.4.H. Ontwikkelingen laadpalen

De ontwikkelingen met betrekking tot elektrisch rijden gaan erg snel. Ook de grote fabrikanten van de 'klassieke' brandstofvoertuigen zijn (vrijwel) allemaal op één of andere manier bezig met elektrische voertuigen. Niet alleen neemt daardoor het aantal aangeboden voertuigen toe, ook op het gebied van de batterijtechniek worden flinke sprongen gemaakt. Dit alles maakt het echter wel lastig om een beeld te schetsen van de komende 10 jaar. Een paar ontwikkelingen worden hieronder aangestipt.

Elektriciteit: kostprijs, belastingen

De belangrijkste variabele kosten van een elektrisch voertuig zijn de energiekosten oftewel: het aantal benodigde kWh vermenigvuldigd met de kostprijs per kWh. Het lijkt een open deur dat een voertuig uitgerust met een grotere batterij hogere energiekosten heeft dan een voertuig met een kleinere batterij. In de praktijk ligt dat niet zo eenvoudig omdat de kostprijs van een kWh nogal varieert met de totale afnamehoeveelheid. Deze prijs loopt van ruim 20 eurocent voor een kleinverbruiker tot ongeveer € 0,075 voor een grootverbruiker (zie tabel B3.10). Ook een schets maken van de toekomstige prijsontwikkeling is niet eenvoudig omdat er meerdere factoren onderscheiden kunnen worden deels met op de prijs tegenstrijdige effecten.

BIJLAGE BIJ 3.4 LAADPALEN EN -INFRA

Deze factoren zijn (zie tevens tabel B3.10):

- **Leveringsprijs**

Dit is de 'kale' elektriciteitsprijs die de leverancier in rekening brengt. Deze prijs bestaat voornamelijk uit een vergoeding voor het opwekken van de elektriciteit en het transport ervan. Deze prijs ligt nu op ongeveer € 0,06 per kWh en op basis van een trendanalyse kan deze dalen naar bijna € 0,04 per kWh in 2030;

- **Energiebelasting en opslag duurzame energie**

In 2018 bedroeg het totaal voor deze belasting en opslag ruim 10,5 eurocent per kWh voor kleinverbruikers tegen 0,2 eurocent voor grootverbruikers. Hoe deze kostenpost zich naar de toekomst toe zal gaan ontwikkelen, is afhankelijk van het overheidsbeleid op dit punt. Om hierover betrouwbare uitspraken te doen over toekomstige ontwikkelingen is erg lastig. Wel is duidelijk dat als er (veel) minder fossiele brandstoffen gebruikt gaan worden, de overheid hierdoor een belangrijke inkomstenbron kwijtraakt t.w. de brandstofaccijns. Dit zal ze willen c.q. moeten compenseren;

- **BTW tarief**

Over het totale bedrag per kWh wordt 21% BTW geheven. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat dit tarief de komende jaren ongewijzigd zal blijven. Op dit ogenblik betaalt een kleinverbruiker bijna 3,5 eurocent BTW per kWh en een grootverbruiker ongeveer 1,3 eurocent.

Tabel B3.10

Overzicht van de kostprijs per kWh naar verbruikscategorie (status per november 2018)⁴⁶.

	PARTICULIER			ZAKELIJK	
	0 t/m 10 MWh	10 t/m 50 MWh	50 t/m 10.000 MWh	>10.000 MWh	>10.000 MWh
Leveringsprijs	0,06000	0,06000	0,06000	0,06000	0,06000
Energiebelasting	0,10458	0,05274	0,01305	0,00116	0,00057
Opslag duurzame energie	0,00100	0,00100	0,00100	0,00100	0,00100
Totaal excl. BTW	0,16558	0,11374	0,07405	0,06216	0,06157
Totaal incl. BTW	0,20035	0,13763	0,08960	0,07521	0,07450

Stimuleren inzet elektrische voertuigen

Bij gelijke uitrusting zal de komende jaren een elektrisch vrachtoertuig een hogere kilometerprijs hebben dan een dieselluitvoering. Om de inzet van elektrische vrachtoertuigen te stimuleren, is een aantal instrumenten voorhanden.

Een eerste mogelijkheid betreft het verlagen van de kostprijs bijvoorbeeld door het verstrekken van investeringssubsidies. Echter om het kostprijsverschil voor een lichte vrachtwagen op te heffen, kan het benodigde bedrag oplopen tot € 15.000,- per jaar. Als ook de kosten van aanleg en onderhoud van laadinfrastructuur moet worden meegenomen, dan kan dit bedrag oplopen tot € 35.000,-⁴⁷ per jaar.

Een andere optie is het instellen van toegangsbeperkingen voor niet-elektrische voertuigen. Een totaalverbod kan ook, maar dan zal de klant een 10 tot 20% hoger transporttarief moeten betalen. Dit is namelijk het kostprijsverschil tussen een elektrische en een dieselluitvoering van een lichte vrachtwagen.

⁴⁶ CBS StatLine - Aardgas en elektriciteit, gemiddelde prijzen voor eindverbruikers

⁴⁷ Panteia, 2018

Technische beperking

Zonder de pretentie te hebben hierin volledig te (kunnen) zijn, willen we toch een gebruiksbeperking de revue laten passeren. Een belangrijke bottleneck is de laadsnelheid. Een 10kW laadpaal kan bijvoorbeeld in één uur maximaal 10 kWh laden. Voor zwaardere batterijen loopt de laadtijd dan al snel onacceptabel op. Ondanks de relatief lage laadprijs per kWh van zo'n laadpaal, zal dan toch niet voor deze laadoplossing gekozen worden. Aan de andere kant gaan zware (en daarmee: snelle) laadpalen gepaard met hoge investeringskosten. Als zulke palen niet voldoende gebruikt worden, dan lopen de (toegerekende eenmalige en operationele) kosten per kWh heel snel op.

In figuur 3.13 is het verloop van de TCO-kostencurves van twee publieke laadpalen weergegeven. Dit alles gezien vanuit het perspectief van de aanbieder van de oplaadfaciliteit en staat daarmee feitelijk los van de gehanteerde verkoopprijs van een kWh. Duidelijk zichtbaar is dat bij kleinere jaarlijkse verbruikshoeveelheden de lichtere AC20 laadpaal goedkoper is dan de zwaardere FC50. Echter, vanaf ongeveer 10 MWh is een tweede lichtere laadpaal nodig om aan de energievraag te kunnen voldoen. Hierbij zijn er bepaalde kostenreductie effecten meegenomen. Immers, verwacht mag worden dat een deel van de plaatsingskosten van de tweede installatie zullen vervallen zoals de aansluitingskosten aan het elektriciteitsnet.

BIJLAGE BIJ 4.1 MODEL INPUT

Voertuigkarakteristieken

De gedetailleerde informatie met betrekking tot voertuig en motor karakteristieken is eerder in dit rapport toegelicht (zie hst. 3.3). Voor het model zijn echter niet alle daar genoemde kosten relevant. Van belang zijn namelijk alleen het verbruik (kWh/km) en de investeringskosten. De tabel die dient als input van het model wordt hieronder getoond. Hierin is rekening gehouden met nieuwprijs, restwaarde, etc. Ofwel: de getoonde 'investment' is een netto prijs, waarbij 'inkoop-verkoop' al is verwerkt.

Tabel B4.1

MOTOR TYPE	COMPATIBLE TRUCKTYPE	CONSUMPTION (KWH/KM)	INVESTMENT (€)	LIFETIME (YRS)
Motor Type 1	Kleine bestelwagen	0,23	14.954	8,00
Motor Type 2	Medium bestelwagen	0,30	16.282	8,00
Motor Type 3	Grote bestelwagen	0,37	23.455	8,00
Motor Type 4	Kleine bakwagen	0,77	162.000	8,00
Motor Type 5	Grote bakwagen	0,91	202.500	8,00
Motor Type 6	Vrachtwagen trailer	1,75	243.000	8,00

Laadpaal karakteristieken

Gedetailleerde informatie met betrekking tot laadpalen is eerder in dit rapport toegelicht (zie hst. 3.4). Bij de laadpalen is een onderscheid gemaakt tussen publieke en private laadpalen. Immers, het perspectief is vanuit een logistiek dienstverlener of verlader. Deze zal bij een publieke laadpaal een variabele prijs betalen, per kWh. Bij een private laadpaal dient er een investering gedaan te worden (door verlader, klant of in samenwerking met verlader/dienstverlener/klant). Dit betreft vaste kosten, waarnaast er ook variabele kosten zijn (de kosten voor de stroom (€/kWh)). In onderstaande tabel worden beide weergegeven.

Tabel B4.2

TYPE LAADPAAL	POWER	LIFETIME	INVESTMENT (€)	OPERATIONAL PER YEAR (€)	COST PER KWH (€)
AC3,7_Privaat	3,7	10	1.219	25	0,21
AC10_Publiek	10				0,33
AC20_Publiek	20				0,34
AC20_Privaat	20	10	2.820	165	0,13
FC50_Publiek	50				0,50
FC50_Privaat	50	10	29.000	3.470	0,12
HPC150_Publiek	150				0,50
HPC150_privaat	150	10	66.000	6.546	0,08
HPC350_Publiek	350				0,59
HPC350_privaat	350	10	168.000	16.629	0,08

Batterijkarakteristieken

Naast kosten voor het voertuig en voor het bijladen, zijn er uiteraard ook de kosten voor de batterij die in de vrachtwagen of bestelwagen zit. Dit betreft afschrijvingskosten. Echter, afschrijving van een batterij is een complexe zaak. Immers, de batterij heeft een zekere levensduur (in jaren), maar ook een levensduur in het aantal laadcycli. In dit project is ervoor gekozen de batterij af te schrijven op een afweging van het aantal laadcycli en het aantal jaren: In eerste instantie is de prijs per kWh berekend o.b.v. afschrijving van het aantal laadcycli. Vervolgens is berekend hoeveel jaar de levensduur van de batterij dan wordt. Is die levensduur (o.b.v. aantal laadcycli) langer dan de beoogde levensduur (in jaren), dan is de afschrijving o.b.v. het aantal jaren leidend. Zo niet, is de afschrijving o.b.v. het aantal laadcycli leidend.

Tabel B4.3

BATTERIJ TYPE	COMPATIBLE VRACHTWAGENTYPE	ENERGY CAPACITY	INVESTMENT (€ / KWH)	LIFETIME # CYCLI	LIFETIME (YRS)	% TO LOAD PER CYCLE
_KB_30	Kleine bestelwagen	30	287,96	3000	8	70
_KB_40	Kleine bestelwagen	40	287,96	3000	8	70
_KB_50	Kleine bestelwagen	50	287,96	3000	8	70
_MB_30	Medium bestelwagen	30	287,96	3000	8	70
_MB_40	Medium bestelwagen	40	287,96	3000	8	70
_MB_50	Medium bestelwagen	50	287,96	3000	8	70
_GB_41	Grote bestelwagen	41	287,96	3000	8	70
_GB_50	Grote bestelwagen	55	287,96	3000	8	70
_Kba_80	Kleine bakwagen	80	287,96	3000	8	70
_Kba_120	Kleine bakwagen	120	287,96	3000	8	70
_Kba_160	Kleine bakwagen	160	287,96	3000	8	70
_Gba_120	Grote bakwagen	120	287,96	3000	8	70
_Gba_200	Grote bakwagen	200	287,96	3000	8	70
_Gba_240	Grote bakwagen	240	287,96	3000	8	70
_TT_170	Vrachtwagen trailer	170	287,96	3000	8	70
_TT_240	Vrachtwagen trailer	240	287,96	3000	8	70
_TT_320	Vrachtwagen trailer	320	287,96	3000	8	70

Ritprofielen

Zoals eerder toegelicht, bestaan de ritprofielen uit gedetailleerde informatie: vele ritten, met vele stops, zodat het model ook een spreiding kan weergeven in de output van het model. Deze informatie is verzameld in een voor gedefinieerd format, waarbij iedere regel één stop bevat, dat de volgende kolommen bevat:

- **Vehicle ID:** unieke identifier voor een voertuig op een specifieke dag ('voertuigdag').
- **Vehicle type:** type zoals bovenstaand toegelicht: bestelwagen, bakwagen en/of vrachtwagen trailer inclusief behorende grootte (klein/medium/groot).
- **Datum:** dag waarop rit plaatsvond.
- **Tijdstip:** tijdstip waarom levering plaatsvond.
- **Route/trip ID:** unieke identifier voor een rit. Eén voertuig kan dus meerdere ritten op één dag doen.
- **Herkomst:** omschrijving herkomst, liefst aangevuld met postcode.
- **Bestemming:** omschrijving bestemming, liefst aangevuld met postcode.
- **Rijafstand:** afstand van vorige stop tot betreffende stop.
- **Laadtijd totale rit:** totale tijd rit (indien van toepassing).
- **Rijtijd:** tijd tot betreffende stop.
- **Stoptijd:** lostijd en/of stoptijd.

BIJLAGE BIJ 4.1 MODEL INPUT

In totaal zijn er ca. 20 uitgebreide datasets in het model geanalyseerd, waarvan onderstaand een overzicht is weergegeven.

Overige input

Naast de beschreven input zijn nog drie andere zaken van belang:

Tabel B4.4
Compatibiliteit laadpalen/
voertuigen.

TYPE LAADPAAL	KLEINE BESTELWAGEN	MEDIUM BESTELWAGEN	GROTE BESTELWAGEN	KLEINE BAKWAGEN	GROTE BAKWAGEN	VRACHT- WAGEN TRAILER
AC3,7_Privaat	1	1	1			
AC10_Publiek	1	1	1	1		
AC20_Publiek	1	1	1	1	1	
AC20_Privaat	1	1	1	1	1	
FC50_Publiek	1	1	1	1	1	1
FC50_Privaat	1	1	1	1	1	1
HPC150_Publiek				1	1	1
HPC150_privaat				1	1	1
HPC350_Publiek					1	1
HPC350_privaat					1	1

NB Laden langs de kant van de weg (Third Party) is niet opgenomen in dit overzicht, omdat daar in het model geen afschrijvingskosten voor in rekening worden gebracht.

Tabel B4.5
Aantal laadmomenten per
type locatie (per dag).

SECTOR	THUISADRES	DEPOT/HUB	KLANTADRES
	0	3	0
	0-1*	3	5**
	0-1*	3	1**
	0	3	1
	0	3	1**
	0	3	1
	0	3	1**
	0-1*	3	0

* Afhankelijk of bestelwagen mee naar huis wordt genomen of niet.

** Bij particuliere adressen is dit op 0 gezet.

Bijlage 4.2.A Uitgangspunten en modelaannames

Hieronder is een lijst met opmerkingen opgenomen die dient als 'bijsluiters' bij het model. Per punt is ook de implicatie benoemd:

- 1 Thuis laden vs depot laden: zoals bij de resultaten al opgenomen, wordt er onderscheid gemaakt in het laden op thuislocatie (1 voertuig per dag) en laden op depot (aannee 3 voertuigen per dag per laadpaal). Bij meerdere datasets die gebruikt zijn in het model is het onderscheid tussen thuis laden en depot laden niet duidelijk geweest, waardoor een inschatting van de meest waarschijnlijke variant is gemaakt.
- 2 De optimalisatie vindt plaats per voertuigdag. Dat betekent dat niet gekeken wordt over meerdere dagen heen per vehicle ID. Reden is dat voor meerdere datasets niet het kenteken of het voertuig ID beschikbaar was.
- 3 Plannings- en overheadkosten zijn niet meegenomen in het model.
- 4 Energie ten bate van bouwkransen is niet meegenomen voor sector bouw.
- 5 Energie koel/vries auto's is niet meegenomen voor sector retail.
- 6 De invloed van de laad/los klep op het verbruik is niet meegenomen in het model.
- 7 Toepasbaarheid van model voor andere steden is groot. Echter, met betrekking tot kostparameters kan er wel verschil in zitten. Zo is voor Amsterdam subsidie beschikbaar die de elektriciteitskosten maximaliseert voor publieke laadpalen. Uiteraard beïnvloedt een dergelijke parameter de modelresultaten.
- 8 Bij food retail zijn niet alle transportstromen onderdeel van de geanalyseerde datasets (vers en brood ontbreekt).
- 9 Model is operationeel: werkelijkheid kan andere risico-overwegingen geven of andere uitkomsten bij investeringsbeslissingen.
- 10 Omrij-km's en omrij-tijd (voor laden op publieke palen) zijn niet meegenomen in het model.
- 11 Model veronderstelt gelijkblijvend ritprofiel ten opzichte van huidige situatie.
- 12 Rente/bank convenanten die anders kunnen zijn bij hogere investeringen (met name bij elektrische vrachtwagens) zijn niet meegenomen als effect in het model.
- 13 Bestelwagens: particulier transport en huurtransport is niet geanalyseerd.
- 14 Privaat transport: het aantal laadmomenten per dag op een private paal (klantlocatie) beïnvloedt de modelresultaten. Ofwel: meer privaat laden leidt tot lagere kosten, wat weer leidt tot nog lagere kosten etc. Ofwel: er treedt een versterkend effect op, waar in het model aannames en validatieslagen voor gedaan zijn om dit te ondervangen.
- 15 Optimalisatie gebeurt op basis van modelkosten met de nodige uitgangspunten en op basis van de rit. In de praktijk zal ondernemer kiezen voor flexibiliteit; je investeert in voertuigen voor 8 jaar, niet voor korte termijn.
- 16 Investerings in laadinfra bij winkels: veel onzekerheid over hoogte investeringen, waarschijnlijkheid dat dit ook werkelijk zal gebeuren, etc.

Bijlage 4.2.B Details model output

Hieronder zijn per ritprofiel de resultaten weergegeven. De bedrijfsnamen zijn hierbij uiteraard geanonimiseerd. De lichtrood gemarkeerde datasets zijn datasets met bestelwagens, de overige betreffen datasets met data van vrachtwagens.

BIJLAGE BIJ 4.2 MODELRESULTATEN

Tabel B4.6

Percentage van laad-
momenten per dataset.

NAAM DATASET	# TRUCK/ DAGEN	SUM OF# STOPS	GEM. AFSTAND	% HOME	% PUBLIC	% DEPOT	% CUSTOMER
Detail ritprofiel 1	2	28	336	0	36	64	0
Detail ritprofiel 2	19	161	82	56	3	0	41
Detail ritprofiel 3	23	221	142	35	2	47	16
Detail ritprofiel 4	10	66	58	67	7	27	0
Detail ritprofiel 5	17	137	148	0	16	39	45
Detail ritprofiel 6	26	273	323	0	16	12	72
Detail ritprofiel 7	30	580	138	0	32	68	0
Detail ritprofiel 8	2194	11189	329	0	31	30	39
Detail ritprofiel 9	70	844	145	0	7	78	16
Detail ritprofiel 10	23	198	153	0	4	93	4
Detail ritprofiel 11	916	7703	97	71	9	20	0
Detail ritprofiel 12	551	4330	98	67	19	13	0
Detail ritprofiel 13	60	1652	149	0	32	68	0
Detail ritprofiel 14	25	301	339	0	26	21	52
Detail ritprofiel 15	20	2726	259	0	76	24	0
Detail ritprofiel 16	411	1423	281	0	30	39	31
Detail ritprofiel 17	28730	141420	219	0	25	61	14
Detail ritprofiel 18	274	2718	140	0	13	38	49
Karakteristiek 1	1	8	130	0	0	25	75
Karakteristiek 2	1	5	140	0	0	100	0
Karakteristiek 3	1	7	240	0	25	25	50
Karakteristiek 4	1	19	80	0	0	100	0
Karakteristiek 5	1	62	120	0	50	50	0
Karakteristiek 6	1	103	160	0	75	25	0
Karakteristiek 7	1	8	45	0	0	100	0
Karakteristiek 8	1	12	150	0	67	33	0
Karakteristiek 9	1	12	25	0	0	100	0
Karakteristiek 10	1	14	100	0	0	100	0
Karakteristiek 11	1	8	175	0	0	100	0
Karakteristiek 12	1	7	100	0	0	100	0
Karakteristiek 13	1	5	50	0	0	100	0
Karakteristiek 14	1	7	240	0	25	25	50
Karakteristiek 15	1	19	90	0	0	100	0
Karakteristiek 16	1	42	100	0	0	100	0
Karakteristiek 17	1	12	86	0	0	100	0
Karakteristiek 18	1	102	45	0	0	100	0
Karakteristiek 19	1	17	160	0	50	50	0
Karakteristiek 20	1	27	80	0	0	100	0
Karakteristiek 21	1	82	120	0	50	50	0
Karakteristiek 22	1	9	225	0	67	33	0
Karakteristiek 23	1	7	30	0	0	100	0
Karakteristiek 24	1	10	100	0	0	100	0
Karakteristiek 25	1	13	180	0	75	25	0
Karakteristiek 26	1	23	240	0	67	33	0
Karakteristiek 27	1	3	140	0	50	50	0
Karakteristiek 28	1	4	80	0	0	100	0
Karakteristiek 29	1	8	160	0	0	33	67
Karakteristiek 30	1	22	240	0	67	33	0









BIJLAGE BIJ 4.2 MODELRESULTATEN

Tabel B4.7
Percentage van kWh per dataset.

RITPROFIELEN	# TRUCK/ DAGEN	SUM OF# STOPS	AVERAGE OF TOTAL DISTANCE	% KWH HOME	% KWH PUBLIC	% KWH DEPOT	% KWH CUSTOMER
Detail ritprofiel 1	2	28	336	0	36	64	0
Detail ritprofiel 2	19	161	82	49	0	0	51
Detail ritprofiel 3	23	221	142	52	0	41	7
Detail ritprofiel 4	10	66	58	91	0	9	0
Detail ritprofiel 5	17	137	148	0	3	84	13
Detail ritprofiel 6	26	273	323	0	26	58	16
Detail ritprofiel 7	30	580	138	0	5	95	0
Detail ritprofiel 8	2194	11189	329	0	14	54	33
Detail ritprofiel 9	70	844	145	0	1	88	11
Detail ritprofiel 10	23	198	153	0	0	99	1
Detail ritprofiel 11	916	7703	97	83	7	11	0
Detail ritprofiel 12	551	4330	98	80	11	9	0
Detail ritprofiel 13	60	1652	149	0	2	98	0
Detail ritprofiel 14	25	301	339	0	9	42	48
Detail ritprofiel 15	20	2726	259	0	48	52	0
Detail ritprofiel 16	411	1423	281	0	11	52	37
Detail ritprofiel 17	8730	141420	219	0	11	77	12
Detail ritprofiel 18	274	2718	140	0	13	67	20
Karakteristiek 1	1	8	130	0	0	79	21
Karakteristiek 2	1	5	140	0	0	100	0
Karakteristiek 3	1	7	240	0	6	40	54
Karakteristiek 4	1	19	80	0	0	100	0
Karakteristiek 5	1	62	120	0	1	99	0
Karakteristiek 6	1	103	160	0	26	74	0
Karakteristiek 7	1	8	45	0	0	100	0
Karakteristiek 8	1	12	150	0	21	79	0
Karakteristiek 9	1	12	25	0	0	100	0
Karakteristiek 10	1	14	100	0	0	100	0
Karakteristiek 11	1	8	175	0	0	100	0
Karakteristiek 12	1	7	100	0	0	100	0
Karakteristiek 13	1	5	50	0	0	100	0
Karakteristiek 14	1	7	240	0	6	40	54
Karakteristiek 15	1	19	90	0	0	100	0
Karakteristiek 16	1	42	100	0	0	100	0
Karakteristiek 17	1	12	86	0	0	100	0
Karakteristiek 18	1	102	45	0	0	100	0
Karakteristiek 19	1	17	160	0	26	74	0
Karakteristiek 20	1	27	80	0	0	100	0
Karakteristiek 21	1	82	120	0	1	99	0
Karakteristiek 22	1	9	225	0	26	74	0
Karakteristiek 23	1	7	30	0	0	100	0
Karakteristiek 24	1	10	100	0	0	100	0
Karakteristiek 25	1	13	180	0	34	66	0
Karakteristiek 26	1	23	240	0	50	50	0
Karakteristiek 27	1	3	140	0	0	100	0
Karakteristiek 28	1	4	80	0	0	100	0
Karakteristiek 29	1	8	160	0	0	72	28
Karakteristiek 30	1	22	240	0	31	69	0

Verantwoording voor verschillen tussen eindconclusies en tabellen

Vrachtwagens

-  Omdat er slechts 1 dataset is geanalyseerd, die ten opzichte van de sector relatief lange ritafstanden had, is het percentage laden op depot licht verhoogd tov laden langs de openbare weg.
-  Voor bouw zijn de modelresultaten nagenoeg overgenomen, omdat de 3 geanalyseerde datasets representatief voor de sector worden geacht.
-  Voor facilitair is slechts 1 (karakteristiek) ritprofiel geanalyseerd. Bij gebrek aan representatieve datasets is daarom het vergelijk met retail non-food) gemaakt. Laden bij de klant is wel minder waarschijnlijk geacht dan bij retail non-food, maar verder zijn de sectoren qua routeduur/ ritkarakteristieken vergelijkbaar.
-  De modelresultaten tonen aan dat er relatief vaak bijgeladen zal worden bij de klant. De verwachting is dat dit, vanwege het lossen in publieke ruimte, niet altijd zal resulteren in de investering in een laadpaal. Daarom is het percentage opladen bij de klant verlaagt ten opzichte van de modelresultaten.
-  Er is weliswaar een karakteristiek ritprofiel geanalyseerd voor deze sector, maar deze ritten zullen voornamelijk met bestelwagens worden uitgevoerd, vandaar dat deze niet in het resultaat worden meegenomen.
-  Voor retail food zijn de resultaten van de 3 uitgebreide datasets nagenoeg overgenomen, omdat deze representatief voor de sector worden geacht;
-  Voor retail non-food zijn de resultaten van de 3 uitgebreide datasets nagenoeg overgenomen, omdat deze representatief voor de sector worden geacht;
-  Er is weliswaar een karakteristiek ritprofiel geanalyseerd voor deze sector, maar deze ritten zullen voornamelijk met bestelwagens worden uitgevoerd, vandaar dat deze niet in het resultaat worden meegenomen.

Bestelwagens

-  Hier zijn de modelresultaten aangepast. Zoals te zien kiest het model ook voor bijladen langs de kant van de weg. Dit is echter vanwege het feit dat het model er niet voor kan kiezen de stoptijd op het depot te verlengen, wat voor deze sector wel waarschijnlijk wordt geacht.
-  Vanuit de data is helaas niet altijd duidelijk of het busje mee naar huis wordt genomen of niet. Wel tonen de resultaten aan dat ca. 70% op de vertreklocatie wordt geladen, wat is overgenomen in de resultatentabel. De resultaten voor publiek laden en bij de klant zijn wel overgenomen uit het model - zij het gemiddeld.
-  Hier is in het model vaak voor thuisladen gekozen, omdat in de datasets relatief vaak de bus naar huis mee wordt genomen. Echter, zoals aangegeven bij de comments (**)) zal een heroverweging van wel/niet meenemen van de bus naar huis vaker resulteren in bijladen op het depot.
-  De modelresultaten zijn hier letterlijk overgenomen.
-  Modelresultaten zijn vergelijkbaar met wat hier getoond wordt. Er is 1 van de 6 datasets niet meegenomen omdat daar bijladen bij de klant wel mogelijk was, wat niet representatief is voor deze sector. Tevens is het aantal laadmomenten op herkomst (thuis vs depot) aangepast, omdat in het model thuisladen niet in deze specifieke datasets was opgenomen als mogelijkheid.
-  Voor retail food is voor bestelwagens geen data meegenomen in het model. Gezien de korte afstanden is echter gekozen voor 100% laden op depot.
-  Retail non-food: niet van toepassing
-  Eén van de geanalyseerde datasets (Service1) is als representatief geacht voor deze sector. Deze getallen zijn nagenoeg gelijk overgenomen in de resultatentabel.

Bijlage 4.2.C Laadpaaltypes en batterijtypes

Onderstaande tabel toont het aantal laadmomenten voor de verschillende laadpalen.

De volgende conclusies zijn te trekken:

- Op openbare laadlocaties wordt vaak gekozen voor snelladen op publieke laadpaal locaties. Dit kan ermee te maken hebben dat de gemeente Amsterdam de kosten hiervoor heeft gemaximaliseerd.
- De 'lichtere' laadpalen worden met name op thuislocaties gekozen.
- De laadpaal met 150 kW capaciteit wordt veel gekozen op de depot en klantlocaties.

Tabel B4.8
Aantal laadmomenten voor de verschillende laadpalen in%.

LAADPALEN	CUSTOMER	DEPOT	HOME	THIRD PARTY
_AC3,7_Privaat	0	0	41	0
_AC20_Privaat	1	2	59	0
_FC50_Privaat	5	9	0	0
_FC50_Publiek	0	0	0	10
_HPC150_Privaat	86	80	0	0
_HPC150_Publiek	0	0	0	1
_HPC350P_Privaat	6	9	0	0
_HPC350_Publiek	0	0	0	89

Capaciteit batterij

Onderstaande tabel toont de gekozen batterijen (in percentages) voor alle data die in het model is gegaan. Dit geeft een goed beeld van de spreiding over de batterij typen. De volgende conclusies zijn te trekken:

- De verschillen zijn groot binnen de geanalyseerde datasets. Het is lastig principe uitspraken te doen die voor een bepaald voertuigtype.
- Te zien is dat eigenlijk alle beschikbare batterijtypen gekozen worden. Het is dus niet zo dat altijd de grootst of kleinst beschikbare batterij gekozen zal worden.

Tabel B4.9
Capaciteit batterij in %.

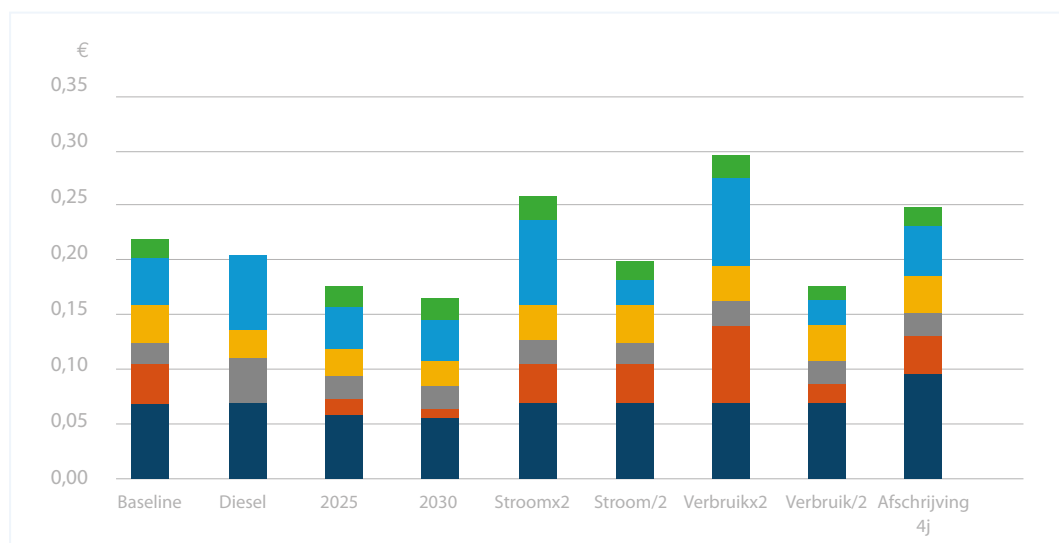
BATTERIJTYPE	KLEINE	MEDIUM	GROTE	KLEINE	GROTE	VRACHTWAGEN TRAILER
	BESTELWAGEN	BESTELWAGEN	BESTELWAGEN	BAKWAGEN	BAKWAGEN	
_GB_41	0	0	27	0	0	0
_GB_50	0	0	73	0	0	0
_Gba_120	0	0	0	0	60	0
_Gba_200	0	0	0	0	21	0
_Gba_240	0	0	0	0	19	0
_KB_30	79	0	0	0	0	0
_KB_40	10	0	0	0	0	0
_KB_50	12	0	0	0	0	0
_Kba_120	0	0	0	35	0	0
_Kba_160	0	0	0	47	0	0
_Kba_80	0	0	0	19	0	0
_MB_30	0	58	0	0	0	0
_MB_40	0	11	0	0	0	0
_MB_50	0	30	0	0	0	0
_TT_170	0	0	0	0	0	6
_TT_240	0	0	0	0	0	14
_TT_320	0	0	0	0	0	81

BIJLAGE BIJ 4.3 GEVOELIGHEIDSANALYSES

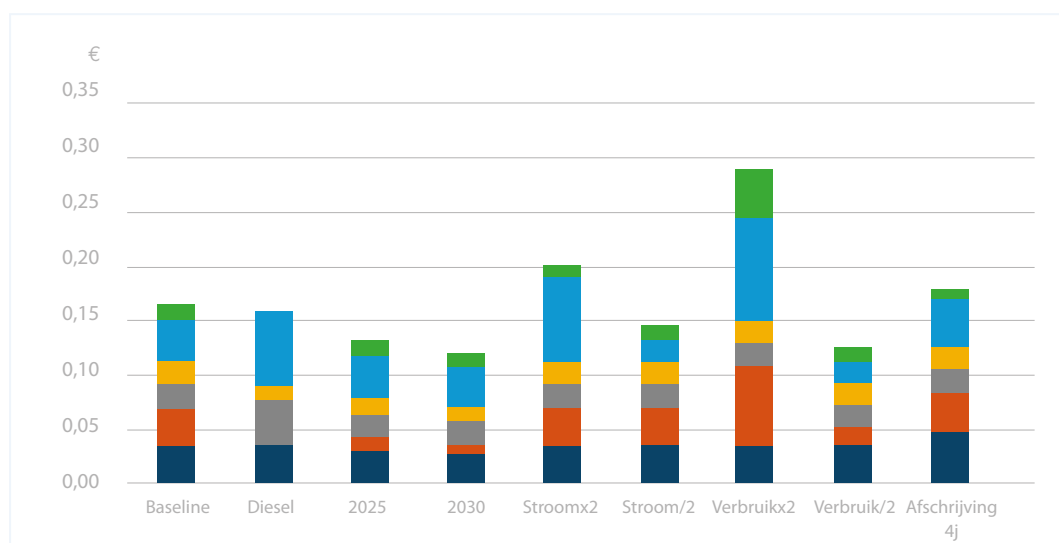
Tabel B4.10
Inputparameters
dieselveertuigen

	VOERTUIG	BASISPRIJS VOERTUIG 2018 ~	BRANDSTOF- KOSTEN (€/KM) ⁴⁸	ONDERHOUDS- KOSTEN (€/KM) ⁴⁹	BELASTING EN VERZEKERING
N1	Kleine bestelwagen	18.500	0,07	0,04	3,5% van de aankoopprijs. Geen differentiatie in fiscaal beleid t.o.v. BEV.
	Middel bestelwagen	20.000	0,07	0,04	
	Grote bestelwagen	40.000	0,11	0,04	
N2	Kleine bakwagen (12t)	80.000	0,22	0,08	
N3	Grote bakwagen (19t)	100.000	0,33	0,09	
	Trekker-oplegger (37t)	150.000	0,47	0,11	

Figuur B4.11
TCO (€/km) voor een
middelgrote bestelwagen
(30 kWh) en 100km/dag.



Figuur B4.12
TCO (€/km) voor een
middelgrote bestelwagen
(50 kWh) en 198km/dag.

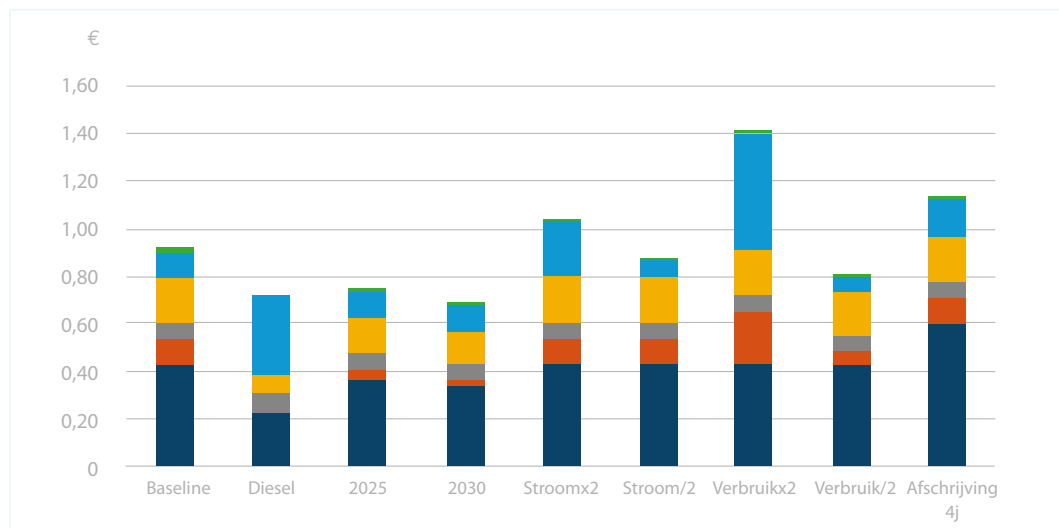


⁴⁸ Op basis van verbruik per voertuigtype op een stedelijke weg (TNO, 2018) en een dieselprijs van € 1,23/liter. Er is geen rekening gehouden met een lagere brandstofprijs bij grote inkoop.

⁴⁹ Onderhoudskosten per km voor een ICEV op basis van AFLEET (2018) en Lebeau (2016).

BIJLAGE BIJ 4.3 GEVOELIGHEIDSANALYSES

Figuur B.4.13
TCO (€/km) voor een grote
bakwagen (200 kWh) en
152km/dag.



Bijlage 5.1.A Data achtergrond ZE zone vrachtwagens









Om een inschatting te maken van de laadvraag door toedoen van een ZE zone in Amsterdam gelijk aan de huidige milieuzone Amsterdam zijn bij CBS maatwerk data opgevraagd.

Het CBS voert jaarlijks een enquête uit onder vrachtvervoerders over herkomstbestemming relaties en ladinggegevens. Voor ongeveer een kwart van de vrachtwagens worden jaarlijks data aangeleverd, voor minimaal een week. CBS heeft technieken om deze data vervolgens op te hogen naar jaartotalen voor heel Nederland, waarbij rekening wordt gehouden met de vertegenwoordiging in de enquête van data naar verschillende kenmerken, zoals branches, bedrijfsgrootte, locatie etc.

Voor het huidige onderzoek zijn er vanuit CBS maatwerkdata geleverd voor het opgehoogd aantal voertuigen dat is aangetroffen in de Milieuzone Amsterdam. Voor het totaal van deze voertuigen zijn kilometers en aantal ritten geleverd naar herkomst en eindbestemming van de rit op NUTS 3 niveau, waarbij is aangegeven of tijdens de rit al dan niet de milieuzone is bezocht. Daarbij is een onderverdeling gegeven naar type lading (NST klasse), type voertuig en branche (SBI-1).

Op basis van de NST klassen zijn de gegevens toegeedeeld aan de sectoren die in deze studie worden onderscheiden volgens de conversie matrix in tabel B5.1.

Tabel B5.1
Conversietabel NST klassen
naar sectoren.

NST klasse								
Afval/sec grondstoffen	100							
Chem. producten	0	33	33	33				
Containers/post/groupage	0	10	10	30		10	40	
Ertsen/mineralen	0	100						
Fossiele brandstoffen	0							100
Grondstoffen (hout/ metaal/leer) en prod.	0	100						
Landbouw/voedingsmiddelen	0			50		50		
Machines/transportmiddelen	0	35	35	20			10	

Aan de onderscheiden voertuigen zijn de Elektriciteitsgebruikcijfers uit tabel B5.2 toegekend. Deze zijn gebaseerd op de cijfers voor een trekker oplegger, grote bakwagen en kleine bakwagen uit hoofdstuk 3.3. Voor voertuigen met een installatie (koeling, kraan etc.) is een opslag factor van 1,17 toegepast.

Tabel B5.2
Elektriciteitsgebruik cijfers
per voertuigtype.

TYPE VOERTUIG	KWH /KM	TYPE VOERTUIG	KWH /KM
Asfaltkipper	0,91	Reinigingswagen	1,06
Bergingsvoertuig	0,91	Tankwagen	0,91
Betonmolen	1,06	Trekker	1,75
Geconditioneerd voertuig	1,06	Veewagen	0,91
Gesloten wagen	0,91	Voor vervoer voertuigen	0,91
Kipper	0,91	Voor verwisselbare opbouw	0,91
Kolkenzuiger	1,06	Vuilniswagen	1,06
Open wagen	0,91		

Voor de voertuigen uit de milieuzone is los van de hierboven beschreven data door CBS ook data geleverd over de standplaats op postcode 4 niveau (Hierbij is dus geen link met de andere kenmerken). Deze data is gebruikt om te bepalen hoeveel voertuigen een standplaats in COROP Groot-Amsterdam hebben en om de geografische verdeling van het laden op depot te maken (zie bijlage bij 5.2).

Bijlage 5.1.B Data achtergrond ZE zone bestelwagens

Om een inschatting te maken van de laadvraag door toedoen van een ZE zone in Amsterdam gelijk aan de huidige milieuzone Amsterdam zijn bij CBS maatwerk data opgevraagd. Het CBS voert jaarlijks een enquête uit onder bestelwagen-eigenaren over herkomstbestemming relaties en ladinggegevens. In de enquête worden per jaar de data van 3 dagen verzameld. CBS heeft technieken om deze data vervolgens op te hogen naar jaartotalen voor heel Nederland, waarbij rekening wordt gehouden met de vertegenwoordiging in de enquête van data naar verschillende kenmerken, zoals branches, bedrijfsgrootte, locatie etc.










Voor de bestelwagens is niet exact bekend of ze de milieuzone hebben bezocht, maar wel of ze Amsterdam hebben bezocht. Voor het huidige onderzoek zijn er vanuit CBS maatwerkdata geleverd voor het opgehoogd aantal voertuigen dat in de gemeente Amsterdam actief is (37.425). Op basis van kenteken onderzoek is bekend dat er ca 30.000 bestelwagens de milieuzone van Amsterdam regelmatig bezoeken. De analyses op basis van de CBS data zijn daarom geschaald met een factor $30.000 / 37.425$.

Voor de voertuigen uit de CBS data zijn aantallen, kilometers en aantal ritten geleverd. Daarbij is een onderverdeling gegeven naar type lading (NST klasse), naar branche (SBI-2) en standplaats (op COROP detail niveau).

Op basis van de SBI-2 zijn de gegevens toegedeeld aan de sectoren die in deze studie worden onderscheiden volgens de conversie matrix in tabel B5.3.

BIJLAGE BIJ 5.1 DATA ACHTERGROND ZE ZONE

Tabel B5.3
Conversie matrix SBI branche
naar sector.

									
43 Gespecialiseerde bouw	100								
Particulieren									100
47 Detailhandel (niet in auto's)						50	50		
41 Algemene bouw en projectontwikkeling	100								
46 Groothandel en handelsbemiddeling			0			40	40	20	
53 Post en koeriers					100				
45 Autohandel en -reparatie								100	
81 Schoonmaakbedrijven, hoveniers e.d.			100						
56 Eet- en drinkgelegenheden				100					
90 Kunst								100	
49 Vervoer over land	25				50	25			
01 Landbouw						100			
84 Openbaar bestuur en overheidsdiensten				100					
86 Gezondheidszorg				100					
73 Reclamewezen en marktonderzoek			100						
70 Holdings en managementadviesbureaus			100						
74 Design, fotografie, vertaalbureaus								100	
52 Opslag, dienstverlening voor vervoer	25				50	25			
33 Reparatie en installatie van machines			100						
31 Meubelindustrie			100						
68 Verhuur en handel van onroerend goed			100						
71 Architecten-, ingenieursbureaus e.d.			100						
82 Overige zakelijke dienstverlening			100						
96 Overige persoonlijke dienstverlening			100						
59 Film- en tv-productie; geluidsopname			100						
42 Grond-, water- en wegenbouw	100								
51 Vervoer door de lucht			100						
25 Metaalproductenindustrie	100								
64 Bankwezen			100						
93 Sport en recreatie			100						
85 Onderwijs			100						
10 Voedingmiddelenindustrie						100			
77 Verhuur van roerende goederen			100						
78 Uitzendbureaus en arbeidsbemiddeling			100						
95 Reparatie van consumentenartikelen								100	
32 Overige industrie	100								
62 IT-dienstverlening								100	
80 Beveiligings- en opsporingsdiensten			100						
88 Welzijnszorg zonder overnachting				100					
37 Afvalwaterinzameling en -behandeling	100								
87 Verpleging en zorg met overnachting				100					
18 Grafische industrie								100	
69 Juridische diensten en administratie			100						
16 Houtindustrie	100								
28 Machine-industrie								100	
55 Logiesverstrekking				100					
23 Bouwmaterialenindustrie	50						50		
50 Vervoer over water			100						
61 Telecommunicatie								100	
38 Afvalbehandeling en recycling	100								
27 Elektrische apparatenindustrie							50	50	
94 Ideële, belangen-, hobbyverenigingen							100		
30 Overige transportmiddelenindustrie							100		
39 Sanering en overig afvalbeheer	100								
79 Reisbureaus, reisorganisatie en -info			100						
91 Bibliotheken, musea en natuurbehoud			100						
13 Textielindustrie							100		
75 Veterinaire dienstverlening				100					
14 Kledingindustrie							100		
72 Research				100					
58 Uitgeverijen							100		
66 Overige financiële dienstverlening				100					
29 Auto- en aanhangwagenindustrie							100		
22 Rubber- en kunststofproductindustrie	100								
26 Elektrotechnische industrie	100								
11 Drankenindustrie						100			
20 Chemische industrie	100								
92 Loterijen en kansspelen			100						
63 Diensten op het gebied van informatie			100						
35 Energiebedrijven								100	
24 Basismetaalindustrie	100								
03 Visserij						100%			
60 Radio- en televisieomroepen			100						
17 Papierindustrie			50				50		
65 Verzekeraars en pensioenfondsen			100						
08 Delfstoffenwinning (geen olie en gas)	100								
15 Leer- en schoenenindustrie							100		
02 Bosbouw	100								
21 Farmaceutische industrie			100						

BIJLAGE BIJ 5.1 DATA ACHTERGROND ZE ZONE

Op basis van de Elektriciteitsgebruikcijfers uit hoofdstuk 3 voor de bestelwagens (tabel B5.4) is een gebruikscijfer per sector berekend op basis van het aandeel kleine, middelgrote en grote bestelwagens per sector (Connekt, 2017). Voor alle sectoren blijkt het gemiddelde uit te komen op ongeveer € 0,28 kWh/km.

Tabel B5.4
Energiegebruik.

TYPE BESTELWAGEN	KWH/ KM
Kleine bestelwagen	0,229
Middelgrote bestelwagen	0,298
Grote bestelwagen	0,37

Laadvraag op depot en thuis

De laadvraag op depot is verdeeld op basis van standplaats en registratie gegevens van de voertuigen. Voor vrachtwagens is gebruik gemaakt van een bestand waarin vanuit de enquête van CBS de standplaats is opgegeven. Vanuit registratiegegevens is deze vergeleken met de bijbehorende postcode-4. Wanneer de gemeente van de opgegeven standplaats overeenkomt met de postcode-4 is aangenomen dat de postcode-4 registratie gelijk is aan de standplaats. Voor 84% van de overtuigen was dit het geval. De totale laadvraag op depot is over deze postcodes verdeeld. Dit betekent dat de 16 % aan laadvraag waarvoor de postcode onbekend is, is verdeeld over de bekende postcodes.

Om de laadvraag van bestelwagens thuis en op depot geografisch te kunnen verdelen is gebruik gemaakt van een CBS data set met het aantal voertuigen per postcode-4 gebied en branche kenmerk (SBI 2) voor bestelwagens in de COROP Groot-Amsterdam. De relatieve verdeling per branche van bestelwagens naar postcode-4 is gebruikt om de laadvraag thuis en op depot per branche (SBI-2) te verdelen over de postcode-4 gebieden.

Omdat registraties vaak niet overeenkomen met de standplaats, met name wanneer het een groot aantal registraties op een locatie betreft, is voorafgaand aan de bovenstaande bewerking eerst een check gedaan op locaties met het grootste aantal bestelwagens. Indien het waarschijnlijk is dat het een leasemaatschappij, hoofdkantoor, of bijvoorbeeld een verhuurbedrijf betreft zijn de bestelwagens herverdeeld naar de overige locaties.

Laadvraag bij klant

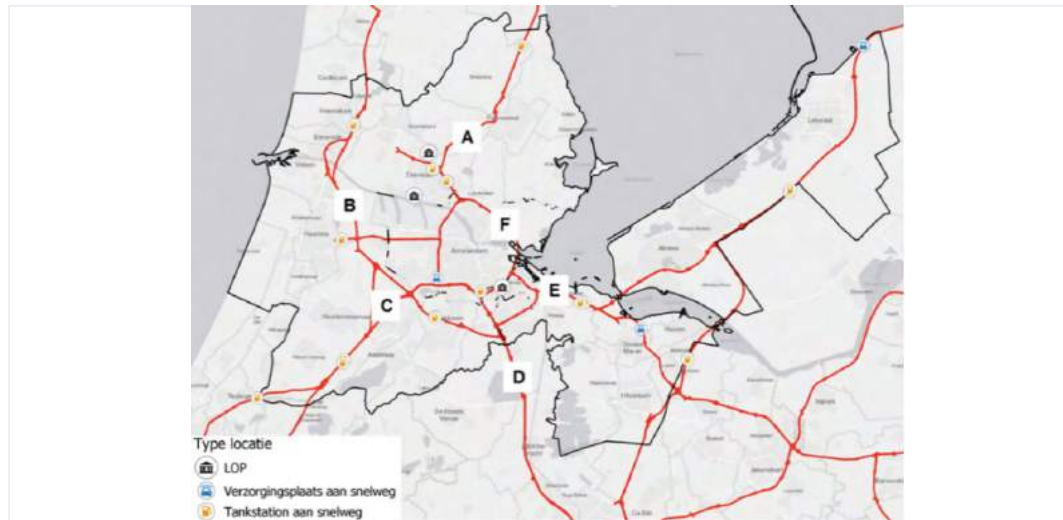
De laadvraag bij de klant is op basis van herkomst-bestemmingsrelaties uit de vrachtmatrix van het VENOM verkeersmodel, het verkeersmodel van de vervoersregio Amsterdam, verdeeld. De vrachtmatrix heeft in principe betrekking op voertuigen langer dan 5,6 meter. Dit zijn voornamelijk vrachtwagens, maar voor een belangrijk deel ook grote bestelwagens. Vanuit de CBS data is het aantal vrachtwagen-aankomsten in de ZE zone Amsterdam gesteld op ongeveer 400.000, waarbij een gemiddelde laadvraag in de ZE zone ontstaat van € 5,6 mln kWh/ jaar⁵⁰. Deze laadvraag is verdeel naar locatie op basis van de verdeling van aankomsten in de ZE zone uit het verkeersmodel. De overige laadvraag bij de klant is verdeeld op basis van het aantal aankomsten en vertrekken buiten de ZE zone dat een H-B-relatie heeft met de ZE zone. Voor bestelwagens is de totale laadvraag bij de klant (die zeer beperkt is) gebaseerd op de relatieve verdeling van de laadvraag per postcode van de vrachtwagens.

Laadvraag langs de weg

Voor de totale laadvraag langs de weg is voor vrachtwagens aangenomen dat deze op snellaadstation zal plaatsvinden. Voor bestelwagens is aangenomen dat de helft in de woonwijken/bedrijventerreinen is en de andere helft op snellaadstation. De laadvraag van bestelwagens in woonwijken is verdeeld zoals de laadvraag bij de klant. Voor de laadvraag bij snellaadstation is aangenomen dat deze langs de aanrijroutes richting Amsterdam komen te liggen op locaties zoals de huidige tankstation, verzorgings- of overnachtingsplaatsen (zie hoofdstuk 3). De laadvraag is over de aanrijroutes verdeeld op basis van de verdeling van de verkeersstromen die van en naar de ZE zone gaan. Dit is gedaan met behulp van de mobiliteitsscan (www.mobiliteitsscan.nl/mobscan), waarin de vrachtwagenmatrix van het VENOM model is geladen. De verdeling over de routes is weergegeven in tabel 27.

⁵⁰ Gemiddeld 14 kWh per stop voor zowel de stops waar wel en niet geladen wordt.

Figuur B5.5
Aanrijroutes en mogelijke
plaatsen voor snellaadstations.



Tabel B5.6
Verdeling verkeersintensiteit
van en naar ZE zone over
aanrijroutes.

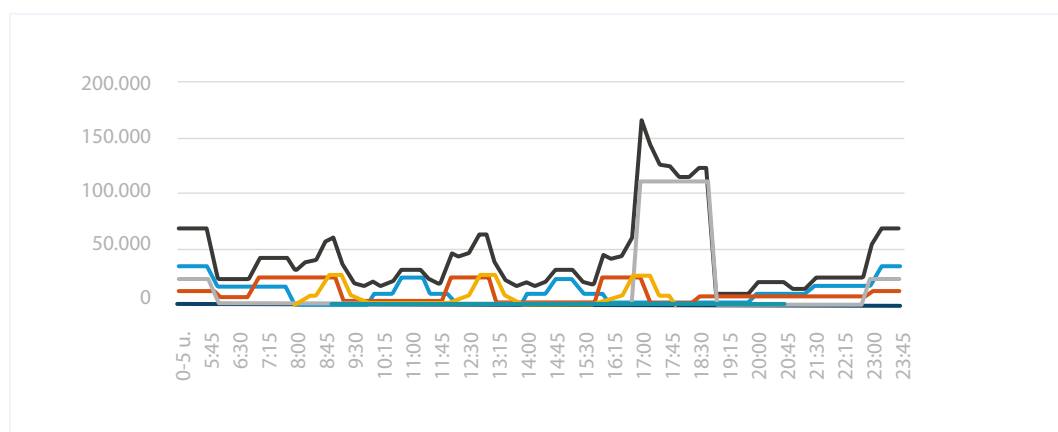
	AANDEEL IN TOTALE LAADVRAAG (%)
A	10
B	10
C	21
D	19
E	41

BIJLAGE BIJ 5.3 EFFECT VAN NIET SLIM LADEN IN DE WOONWIJK

In de analyse is aangenomen dat er over het algemeen slim wordt geladen waarbij de laadvraag gedurende de beschikbare tijd zo veel mogelijk wordt verdeeld. Voor laden aan publieke laadpalen is het nog niet helemaal vanzelfsprekend dat dit op een slimme manier zal gebeuren. Voor laden op depot, waar de ondernemers de laadstrategie zelf bepalen, lijkt dit veel vanzelfsprekender.

Figuur B5.7 geeft weer wat het effect op de vermogensvraag is wanneer alle bestelwagens vanaf 17.00 in een periode van 3 uur opladen. De vermogensvraag om 17.00u. wordt hiermee factor 2,6 hoger dan in het basisscenario. Het is dus van belang een slimme laadstrategie toe te passen om de vermogensvraag te beperken. De impact op de onderstations zal echter ook met een 2,6 maal hogere vermogensvraag beperkt blijven.

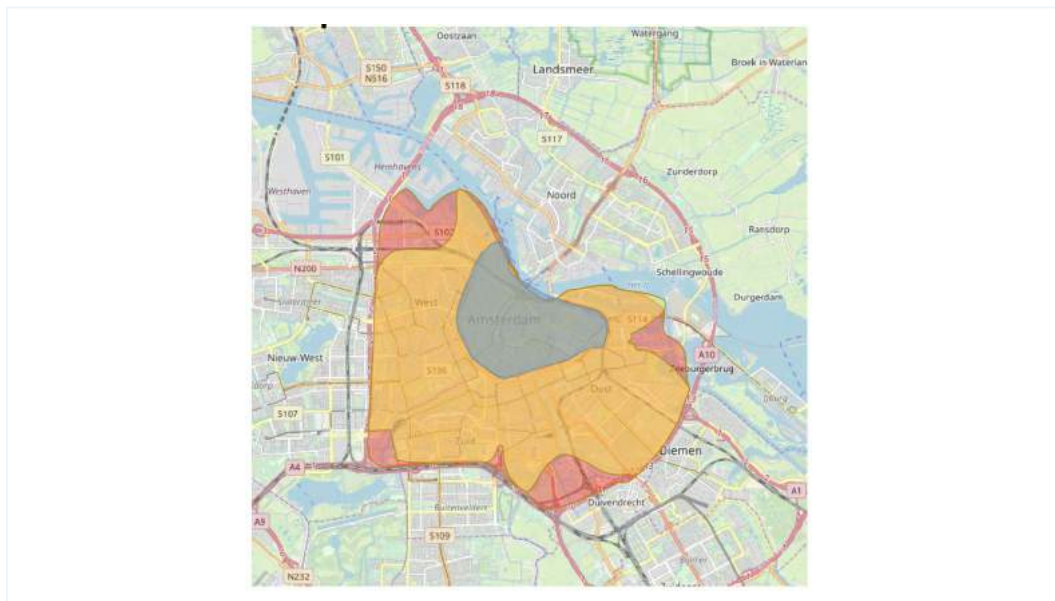
Figuur B5.7
Vermogensvraag in COROP
Groot-Amsterdam bij
gelijktijdig laden bestelwagens
om 17.00u.



Met behulp van de Mobiliteitsscan zijn de HB matrices uit het VENOM geanalyseerd. Er is onderzocht wat het effect is van de grootte van de ZE zone op het aantal voertuigbewegingen dat elektrisch moet worden. De vrachtdata uit het VENOM betreft voertuigen langer dan 5,6 meter, wat in de praktijk betekent dat het vrachtauto's en deels (ca. 30-40%) grote bestelauto's betreft. Om het effect van de zonegrootte te illustreren zijn drie scenario's voor de zone gedefinieerd zoals weergegeven in figuur: B5.8

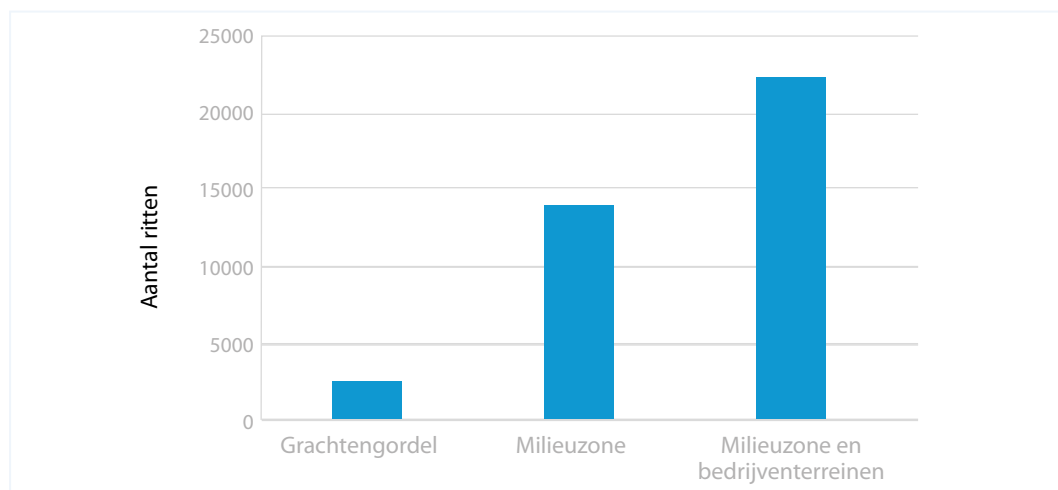
- Zone Grachtengordel (blauw)
- Zone Huidige milieuzone (geel+grijs)
- Amsterdam centrum binnen ring A10 (geel+rood+grijs)

Figuur B5.8



De rode gebieden betreffen bedrijventerreinen die op dit moment zijn uitgesloten van de milieuzone. Met de Mobiliteitsscan is een ZE zone gesimuleerd door de bovengenoemde gebieden volledig af te sluiten. In de Mobiliteitsscan is er dan een reductie van het aantal ritten te zien ten opzichte van het aantal ritten dat normaliter zou plaatsvinden. De reductie betreft de ritten die normaliter naar, van of binnen in de ZE zone zouden plaatsvinden en die zero emissie dienen te worden. Het aantal ritten dat wordt beïnvloed door de Zero emissiezone is in figuur B5.9 voor de drie scenario's weergegeven.

Figuur B5.9
Aantal ritten beïnvloed door ZE zone, afhankelijk van grootte zone.



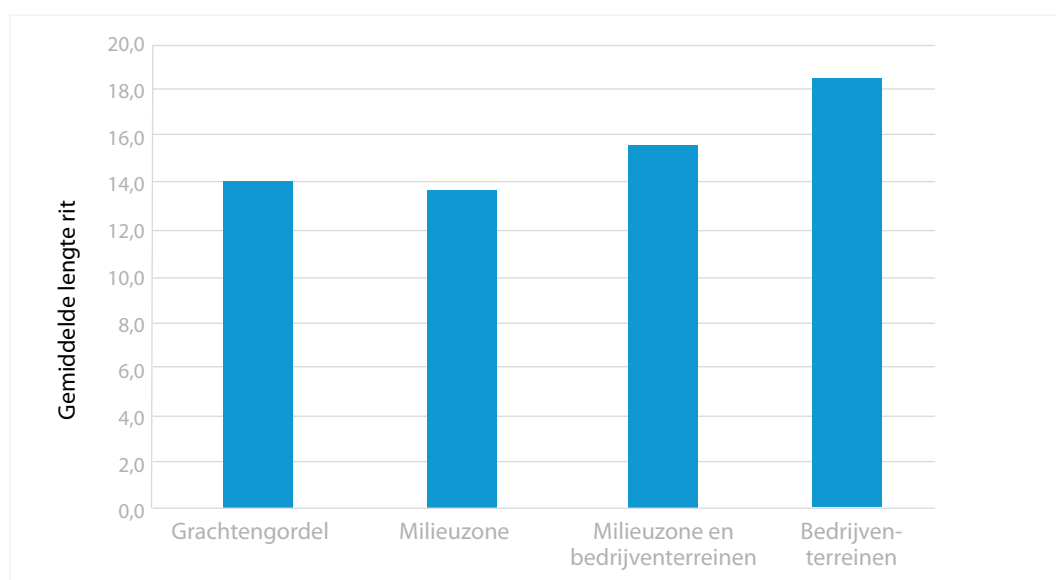
Wanneer de ZE zone zich beperkt tot de grachtengordel is te zien dat relatief weinig ritten geraakt worden hierdoor. In het geval van een ZE zone ter grootte van de milieuzone zijn dit er aanzienlijk meer (factor 5). Wanneer ook de bedrijventerreinen worden opgenomen in de ZE zone is er een verdere toename te zien (factor 1,6 to.v. milieuzone). De grootte van de zone is dus van groot belang op het aantal ritten dat geraakt wordt.

Bij de 60% extra ritten van en naar de ZE zone, die worden geraakt wanneer ook de bedrijventerreinen worden opgenomen in de ZE zone, zijn naar schatting 15-20% extra voertuigen betrokken (schatting op basis van CBS data).

Afstanden

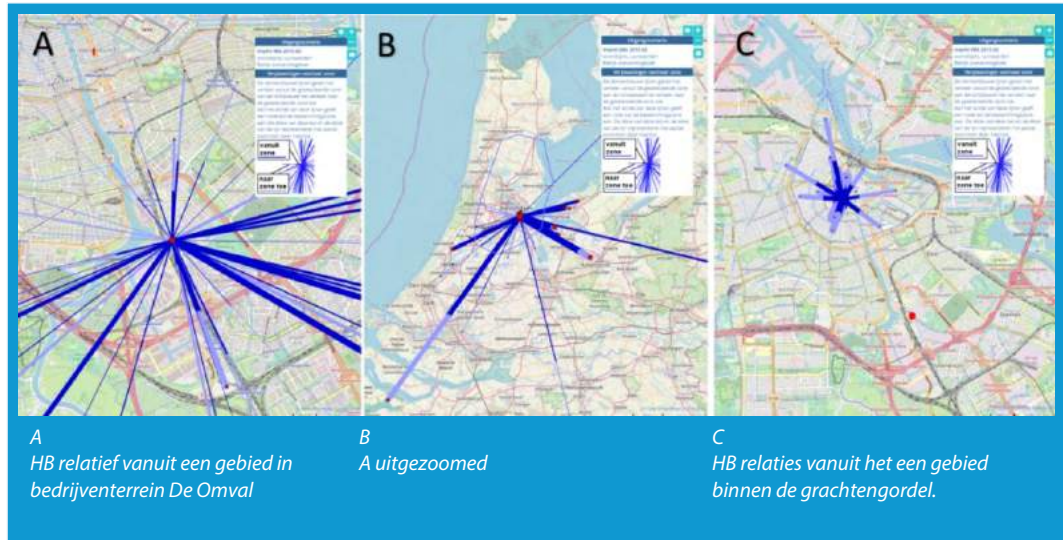
Wanneer de ZE zone ook de industriegebieden omvat heeft dit bovendien ook effect op ritten met een relatief hogere ritlengte (afstand tussen herkomst en bestemming in dit geval). In figuur B5.10 is te zien dat de ritlengte tussen zone 'grachtengordel' en 'huidige milieuzone' ongeveer gelijk is (ca 14km). Voor de grootste variant neemt dit toe tot 15,5 km. Dit komt door de ritten van en naar de bedrijventerreinen die gemiddeld 18 km zijn.

Figuur B5.10
Gemiddelde lengte rit per zone-grootte.



De gemiddelde afstand van 15,5 km bestaat echter uit een aantal zeer lange ritten, zoals geïllustreerd in figuur B5.11. Figuur B5.11 laat de HB relatief zien vanuit een gebied in zaken-centrum Omval (A en B) en van een locatie in het centrum. Vanuit het bedrijventerrein zijn relatief veel ritten aanwezig met een bestemming of herkomst van >20km. In de afweging voor de afbakening van een ZE emissiezone is het belangrijk hiermee rekening te houden (zoals in Amsterdam ook gedaan is voor de milieuzone). Het meenemen van deze bedrijventerreinen in een Zero emissiezone maakt de uitdaging om alle ritten in de zone zero-emissie uit te voeren veel groter. Tegelijk zal natuurlijk het effect ook veel groter zijn.

Figuur B5.11



Format voor aanpak van laadinfrastructuur op logistieke hotspots en bedrijventerreinen

Bij introductie van ZE-zones zal het aantal elektrische wagenparken voor stedelijke distributie toenemen, en daarmee ook de vraag naar elektriciteit en laadinfrastructuur. De locaties van bedrijfsvestigingen en depots op bedrijventerreinen zijn belangrijke locaties voor elektrisch laden. Dit format biedt handvaten om aan de slag te gaan met een plan voor ontwikkeling van laadinfrastructuur op deze logistieke hotspots en bedrijventerreinen.

Een plan voor een terrein kan worden gemaakt in 7 stappen:



Voor de eerste vier stappen volgt een handleiding. Uitwerking van de eerste stap wordt geïllustreerd met een concreet voorbeeld.

Stap 1: Inventarisatie kenmerken terrein, logistieke bedrijven en laadinfrastructuur

Kenmerken bedrijventerrein

Informatievraag

Type terrein
 Oppervlakte
 Aantal bedrijven
 # en locatie parkeerplaatsen
 # en locatie publieke laadpalen, capaciteit en exploitant
 # en locatie private laadpalen, capaciteit en exploitant

Bezettingsgraad publieke laadpalen

Mogelijke bron

- IBIS
- IBIS
- IBIS/KvK
- Gemeente
- www.chargepoints.com e.a.
- Interview ondernemersvereniging /parkmanagement
- Laadpaalexploitant



Kenmerken bedrijven

Informatievraag

Branche
 Logistiek segment factor
 Wagenpark trucks / vaste locatie voertuigen

Wagenpark bestelauto's / vaste locatie voertuigen

Volume aanvoer (#ritten)

Parkeergelegenheid op eigen terrein
 Inzetpatroon eigen wagenpark
 Nachtlocatie eigen wagenpark
 (bdt / huisadres chauffeur / elders)
 Toekomstplannen inzet elektrisch vervoer

Mogelijke bron

- KvK
- KvK
- NIWO vergunningen
- RDW
- Tellingen
- Enquête/interview
- NIWO vergunningen
- RDW
- Tellingen
- Enquête/interview
- Kentallen
- Enquête/interview bedrijven
- Googlemaps/Enquête/interview
- Enquête/interview bedrijven
- Enquête/interview bedrijven
- Enquête/interview bedrijven



Kenmerken stroomnet

Informatievraag

Huidige capaciteit
 Huidig gebruik
 Uitbreidingsplannen
 Knelpunten op het bedrijventerrein

Mogelijke bron

- Netwerkbeheerder
- Netwerkbeheerder
- Netwerkbeheerder
- Netwerkbeheerder



Plannen stakeholders

Informatievraag

Plannen stakeholders
 Ruimtelijke en infrastructurele ontwikkeling
 Vestiging bedrijven/ acquisitiestrategie
 Ontwikkelingen bij bedrijven

Mogelijke bron

- Bestemmingsplan
- Gemeente/ondernemersvereniging
- Enquête/interview bedrijven



Stap 2: Verwachtingen laadbehoefte 2019-2022 op basis van huidige kenmerken

Activiteiten

Uitwerken korte termijn ontwikkeling behoefte naar elektrische laadsystemen

Onderzoeksmethode

- Benutten analysetools Connekt project (TCO-model en EVEC) om de volgende aspecten in beeld te brengen
- ❖ Omvang wagenpark BEV, onderverdeeld naar de klassen volgens indeling hoofdrapport (aanvullen). Waar mogelijk dit specificeren naar de bedrijven / logistieke segmenten die op het terrein zijn gevestigd;
 - ❖ Analyse ritprofielen zittende bedrijven
 - ❖ Prognose korte termijn ontwikkeling elektrificatie bestaand wagenpark en bestaande bedrijven;
 - ❖ Behoeft aan publieke en private laadpunten op het terrein, onderverdeeld naar typeaanduiding en gebruikstype (zie tabel 2)
 - ❖ Totale benodigde capaciteit voor gebruik van de laadinfrastructuur

Invultabel inschatting benodigde laadinfrastructuur logistieke hotspot

Type aanduiding	Gebruikstypering	Aantal	Benodigde capaciteit
AC3,7	Thuis		
AC22	Thuis		
AC22	Privaat		
FC50	Privaat		
HPC150	Privaat		
FC50	Publiek		
HPC350	Privaat		
AC22	Publiek		
HPC150	Publiek		
HPC350	Publiek		

Stap 3: Ruimtelijke gevolgen laadbehoefte 2019-2022

Activiteiten

Uitwerken ruimtelijke consequenties van de benodigde infra aan de hand van de prognose van publieke en private laadpunten voor 2022

- ❖ Analyse mogelijkheden in bestemmingsplan voor
 - Locaties laadpunten
 - Parkeerplaatsen bij laadpunten
 - Veiligheid en beveiliging
- ❖ Overzicht benodigde aanpassingen in bestemmingsplan en/of verkeersplan en opstellen van een uitvoeringsplan
- ❖ Stroomlijning werkwijze met betrokken stakeholders / parallel trekken van ruimtelijke procedures en aanbesteding faciliteiten

Stap 4: Uitwerking scenario's voor 2025 en 2030

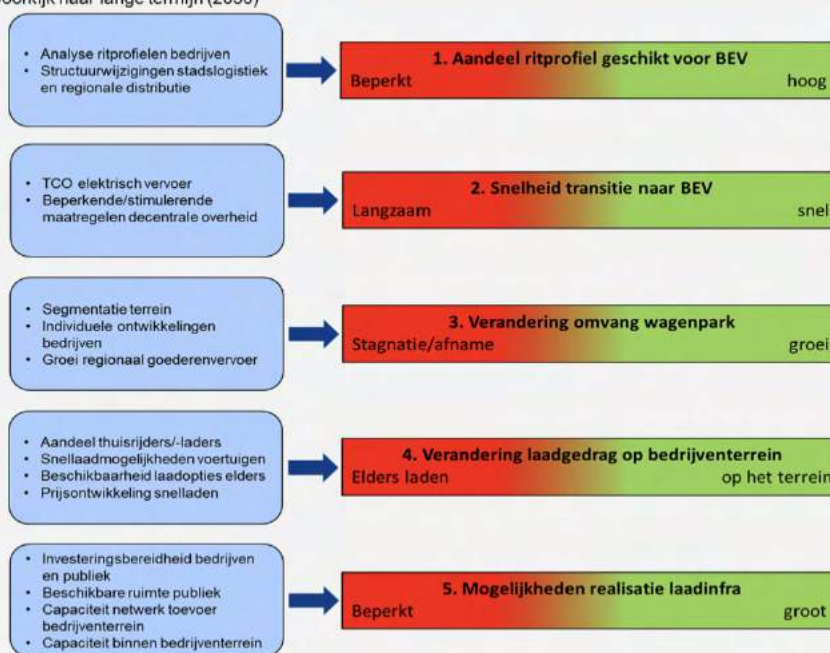
Toelichting

Het gebruik van scenario's geeft inzicht in het tempo waarmee de behoefte naar laadinfrastructuur toe neemt en de mogelijke toekomstige spreiding van de behoefte aan laadinfrastructuur. Belangrijke kenmerken van de scenario's zijn vastgelegd in figuur 2, bijvoorbeeld:

- ❖ Verandering in ritprofielen onder invloed van logistieke structuurwijzigingen
- ❖ Snelheid van transitie naar elektrisch vervoer bij de bedrijven op het bedrijventerrein;
- ❖ Ontwikkeling van de vervoersomvang die de bedrijven op het terrein genereren;
- ❖ Kenmerken van laadgedrag van logistieke bedrijven onder invloed van kostenontwikkelingen en technische ontwikkelingen;
- ❖ Mogelijkheden om de laadinfrastructuur op het terrein te ontwikkelen.

De resultaten van de scenario's leiden tot een prognose van de laadbehoefte op het terrein voor:

- ❖ Middellange termijn (2025)
- ❖ Doorkijk naar lange termijn (2030)



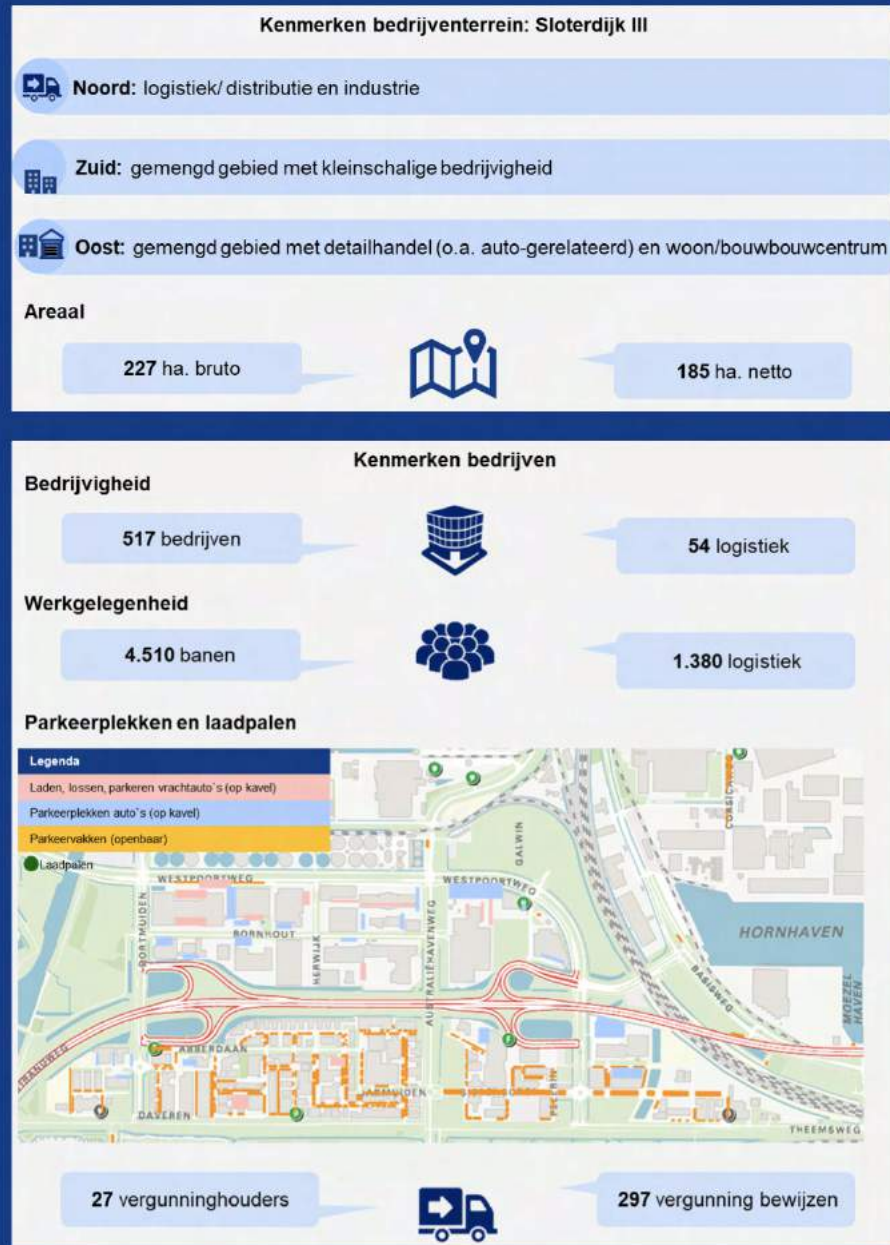
Activiteiten

- ❖ Verzamelen data als input voor de 5 bouwstenen van de scenario's (zie figuur 2)
- ❖ Analyse data en vertaling naar kentallen ten behoeve van scenario's
- ❖ Aanpassen standaardscenario's aan kenmerken van het terrein, de bedrijven en de infrastructuur
- ❖ Uitwerken effecten van de scenario's op KPI's (blok 2)

Aanpak

- ❖ Interviews bedrijven en decentrale overheden
- ❖ Deskresearch uit diverse bronnen en resultaten blok 1
- ❖ Benutten analysetools Connekt project (TCO-model en EVEC)

Een concreet voorbeeld van een uitwerking van stap 1 ter illustratie



Enquête inventarisatie laadinfrastructuur logistieke bedrijven

<p>Bedrijfsgegevens</p> <p>Naam bedrijf _____ Adres _____ Plaats _____ Contactpersoon _____</p>	<p>9. Heeft u plannen om te investeren in elektrische voertuigen op deze vestiging?</p> <p><input type="checkbox"/> Nee, <input type="checkbox"/> Weet niet, <input type="checkbox"/> Ja, namelijk:</p> <p>Binnenkort (2019-2020)</p> <p>Aantal elektrische voertuigen</p> <p>_____ Personen auto's _____ Bestelauto's (tot 3,5 ton) _____ Lichte vrachtauto's (3,5-7,5 ton) _____ Vrachtauto's (7,5-18 ton) _____ Trekker-oplegger of vrachtauto met aanhanger (boven 18 ton)</p> <p>Op langere termijn (2021-2025)</p> <p>Aantal elektrische voertuigen</p> <p>_____ Personen auto's _____ Bestelauto's (tot 3,5 ton) _____ Lichte vrachtauto's (3,5-7,5 ton) _____ Vrachtauto's (7,5-18 ton) _____ Trekker-oplegger of vrachtauto met aanhanger (boven 18 ton)</p>				
<p>Kenmerken van uw bedrijf</p> <p>1. In welke van onderstaande categorieën valt deze vestiging van uw bedrijf in te delen?</p> <p><input type="checkbox"/> Weet niet <input type="checkbox"/> Retailer (retailketen) <input type="checkbox"/> Groothandel <input type="checkbox"/> Beroepsbeoefenaar <input type="checkbox"/> Overig, namelijk _____</p>	<p>10. Heeft u 1 of meerdere laadpalen voor elektrische auto's op uw eigen terrein? (dus niet op de openbare weg)</p> <p><input type="checkbox"/> Nee, ga verder naar vraag 13 <input type="checkbox"/> Ja, ga verder met vraag 11</p>				
<p>Logistieke activiteiten op deze vestiging</p> <p>2. Wat is het werkgebied van deze vestiging?*</p> <p><input type="checkbox"/> Weet niet <input type="checkbox"/> Binnenstad Amsterdam <input type="checkbox"/> Geheel Amsterdam <input type="checkbox"/> Regio Amsterdam /Noord-Holland/ Gooi/ Zuid-Holland <input type="checkbox"/> Geheel Nederland <input type="checkbox"/> Internationaal</p> <p><small>*Toelichting: Meerdere antwoorden zijn mogelijk</small></p> <p>3. Hoeveel leveringen krijgt u per dag van derden?</p> <p>Aantal keer per dag _____ x</p> <p>4. Heeft u parkeerplekken op uw eigen terrein?</p> <p><input type="checkbox"/> Nee <input type="checkbox"/> Ja, namelijk _____</p> <table border="0"> <tr> <td>o Voor personen- of bestelauto's</td> <td style="text-align: right;">Aantal parkeerplekken</td> </tr> <tr> <td>o Voor vrachtauto's</td> <td style="text-align: right;">_____</td> </tr> </table>	o Voor personen- of bestelauto's	Aantal parkeerplekken	o Voor vrachtauto's	_____	<p>11. Welk type laadpunten (en hoeveel) heeft u nu in gebruik op uw eigen terrein?</p> <p><input type="checkbox"/> Thuisaansluiting met lage capaciteit (wallbox of standaard laadpaal) _____ Aantal laadpunten _____</p> <p><input type="checkbox"/> Laadaansluiting met hoge capaciteit (> 22 Kw) voor bestel- of vrachtauto's _____</p> <p>12. Mogen leveranciers en/of klanten gebruik maken van de laadpalen op uw terrein?</p> <p><input type="checkbox"/> Nee <input type="checkbox"/> Ja</p> <p>13. Heeft u plannen om op deze vestiging te investeren in laadmogelijkheden voor elektrische voertuigen?</p> <p><input type="checkbox"/> Weet niet, ga verder met vraag 16 <input type="checkbox"/> Nee, ga verder met vraag 16 <input type="checkbox"/> Ja, ga verder met vraag 14</p> <p>14. Zo ja, wanneer wilt u investeren in laadmogelijkheden voor elektrische voertuigen?</p> <p><input type="checkbox"/> Binnenkort (2019 of 2020) <input type="checkbox"/> Op langere termijn (2021-2025)</p> <p>15. Zo ja, wat voor laadpunten wilt u installeren op deze vestiging?****</p> <p><input type="checkbox"/> Weet niet <input type="checkbox"/> 3x25 ampère (standaard huisaansluiting) <input type="checkbox"/> 3x50 tot 3x80 ampère (kleinzakelijke aansluiting) <input type="checkbox"/> Meer dan 3x80 ampère (grootverbruikaansluiting)</p> <p>Gecontracteerd vermogen: _____ kWh per jaar</p> <p><small>****Toelichting stroomaansluiting: zie https://www.liander.nl/nlx/b/aansluitingen of factuur energieleverancier. Toelichting gecontracteerd vermogen: zie https://www.liander.nl/procedure/ansluitingen/wijzigingen/gecontracteerd-transporthvermogen-elektrisch</small></p>
o Voor personen- of bestelauto's	Aantal parkeerplekken				
o Voor vrachtauto's	_____				
<p>Kenmerken van het logistieke wagenpark van deze vestiging</p> <p>5. Zijn er personen-, bestel- of vrachtauto's op deze vestiging gestationeerd?***</p> <p><input type="checkbox"/> Nee <input type="checkbox"/> Ja, namelijk</p> <ul style="list-style-type: none"> o _____ Personen auto's o _____ Bestelauto's (tot 3,5 ton) o _____ Lichte vrachtauto's (3,5-7,5 ton) o _____ Vrachtauto's (7,5-18 ton) o _____ Trekker-oplegger of vrachtauto met aanhanger (boven 18 ton) <p><small>***Toelichting: a. u. b. per soort het aantal voertuigen dat op vast op deze vestiging is gestationeerd invullen</small></p> <p>6. Zo ja, nemen chauffeurs van deze vestiging de bestel- of vrachtauto's 's nachts mee naar hun woonadres?****</p> <p><input type="checkbox"/> Ja, _____ Bestelauto's (tot 3,5 ton) <input type="checkbox"/> Ja, _____ Lichte vrachtauto's (3,5-7,5 ton) <input type="checkbox"/> Ja, _____ Vrachtauto's (7,5-18 ton) <input type="checkbox"/> Ja, _____ Trekker-oplegger of vrachtauto met aanhanger (boven 18 ton)</p> <p><small>****Toelichting: a. u. b. per soort het aantal voertuigen dat 's nachts meegeeft naar thuisadres chauffeur invullen</small></p> <p>7. Heeft u op dit moment elektrische voertuigen op deze vestiging?</p> <p><input type="checkbox"/> Ja, ga verder met vraag 8 <input type="checkbox"/> Nee, ga verder met vraag 9</p> <p>8. Hoeveel volledig elektrische voertuigen zijn op deze vestiging gestationeerd?</p> <p><input type="checkbox"/> _____ Personen auto's <input type="checkbox"/> _____ Bestelauto's (tot 3,5 ton) <input type="checkbox"/> _____ Lichte vrachtauto's (3,5-7,5 ton) <input type="checkbox"/> _____ Vrachtauto's (7,5-18 ton) <input type="checkbox"/> _____ Trekker-oplegger of vrachtauto met</p>	<p>17. Hoeveel stroom verbruikt u per maand of per jaar u op deze vestiging?</p> <p><input type="checkbox"/> Weet niet <input type="checkbox"/> Of, _____ kWh per maand <input type="checkbox"/> Of, _____ kWh per jaar</p>				

Voorbeeld voor uitwerking enquête inventarisatie laadinfrastructuur logistieke bedrijven

<p>Bedrijfsgegevens</p> <p>Naam Bedrijf Post NL </p> <p>Adres Australiehavenweg 100</p> <p>Plaats Amsterdam</p>	
<p>Kenmerken bedrijf</p> <p>Type bedrijf Post </p>	<p>Opladen elektrische voertuigen</p> <p>Aantal laadpalen op eigen terrein aanwezig ❖ 0</p>
<p>Logistieke activiteiten op vestiging</p> <p>Werkgebied</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Geheel Amsterdam ❖ Regio Amsterdam ❖ Noord-Holland ❖ Gooi ❖ Zuid-Holland <p>Aantal leveringen van derden per dag ❖ 0</p> <p>Parkeerplekken op eigen terrein</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ 300 voor personen- of bestelauto's ❖ 45 voor vrachtauto's 	<p>Plannen voor investering in laadpalen</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Lange termijn (2021 – 2025) <p>Investerings in</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Circa 30 laadaansluiting met hoge capaciteit (> 22 kW) voor bestel- of vrachtauto's
<p>Kenmerken logistiek wagenpark op vestiging</p> <p>Stationering voertuigen op vestiging</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ 47 bestelauto's ❖ 4 vrachtauto's ❖ 38 trekker-opperlegger of vrachtauto's met aanhanger  <p>Bestel- of vrachtauto's blijven 's nachts op vestiging</p> <p>Momenteel geen elektrische voertuigen op vestiging</p> <p>Plannen voor investering</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Op langere termijn (2021 – 2025) ❖ Circa 10-30 elektrische auto's 	<p>Huidige stroomaansluiting op vestiging:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Meer dan 3x80 ampère (grootverbruikaansluiting) <p>Gecontracteerd vermogen</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Onbekend <p>Stroomverbruik per jaar of maand</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Onbekend 



**Laadinfrastructuur voor elektrische
voertuigen in stadslogistiek**

Uitgevoerd in opdracht van Connekt
Juli 2019

Auteurs

Buck Consultants International

Marije Groen
Gerard Vos
Kees Verweij

CE Delft

Matthijs Otten
Eric Tol

Connekt

Herman Wagter

Districon

Wim de Goffau
Wouter Nering Bogel
Ronald Schoo

HvA

Walther Ploos van Amstel
Susanne Balm
Robert van den Hoed

Panteia

Aad van den Engel
Manfred Kindt

TNO

Bram Kin
Nina Nesterova
Hans Quak