Rapport

Onderzoek effecten en kosten uitbreiding milieuzone Arnhem

Klant: Gemeente Arnhem

Referentie: T&PBF3831R001F0.1

Versie: 0.1/Finale versie

Datum: 29 juni 2017

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Transport & Planning
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Onderzoek effecten en kosten uitbreiding milieuzone Arnhem

Ondertitel:
Referentie: T&PBF3831R001F0.1
Versie: 0.1/Finale versie
Datum: 29 juni 2017
Projectnaam: Effecten en kosten uitbreiding milieuzone Arnhem
Projectnummer: BF3831
Auteur(s): Tijmen van de Poll, Sander Teeuwisse, Lara Haxe, Erik Regterschot

Opgesteld door: Tijmen van de Poll

Gecontroleerd door: Sander Teeuwisse

Datum/Initialen:

Goedgekeurd door:

Datum/Initialen:

Classificatie
Projectgerelateerd

Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

1 Context en doel onderzoek 1

1.1 Aanleiding en doel 1

1.2 Uitbreidingsvarianten 2

1.3 Aanpak 3

1.4 Leeswijzer 3

2 Onderzoeksaanpak 4

2.1 Stap 1: in beeld brengen wagenpark 4

2.2 Stap 2: berekenen effecten luchtkwaliteit 5

2.3 Stap 3: berekenen kosten 6

3 Beschouwde maatregelvarianten 8

3.1 Definitie van voertuigcategorieën 8

3.2 Te weren voertuigen en vervangingsgedrag 8

3.3 Overtreding en ontheffing 10

3.4 Uitstralingseffecten en omrijbewegingen 10

4 Berekende effecten 11

4.1 Effecten op totale verkeersuitstoot 11

4.2 Effecten op totale concentraties 12

4.3 Discussie 14

5 Kosten 14

6 Conclusies 16

7 Leemten in kennis en onzekerheden 17

8 Bronvermelding 18

Tabellen

Tabel 1. Beschouwde maatregelen. 9

Tabel 2. Kosten maatregelen. 15

Figuren

Figuur 1. Ligging milieuzone vrachtauto's Arnhem. 1
Figuur 2. Locatie kentekenonderzoek. 4
Figuur 3. Categorisering brom- en snorfietsen. 8
Figuur 4. Effecten van varianten op totale verkeersuitstoot 2020. 11
Figuur 5. Effecten van varianten personen- en bestelauto's op totale jaargemiddelde concentraties 2020. 13

Bijlagen

Rapport
A1 Bijlage: resultaten wagenparkscan en kentekenonderzoek
A2 Bijlage: uitgangspunten effectberekeningen
A3 Bijlage: kostenraming
A4 Bijlage: aantallen te weren voertuigen

1 Context en doel onderzoek

1.1 Aanleiding en doel

Ter verbetering van de luchtkwaliteit in de binnenstad, heeft de gemeente Arnhem sinds 1 juli 2014 – net als in 12 andere plaatsen in Nederland – een milieuzone voor vrachtverkeer ingesteld. Dit betekent dat vrachtauto´s binnen de Europese emissienormen Euro 0 tot en met III de milieuzone het stadscentrum van Arnhem niet in mogen. De ligging van de milieuzone is weergegeven in figuur 1.

Figuur 1. Ligging milieuzone vrachtauto's Arnhem.

Sinds 1 mei 2017 vindt met camera's verscherpt toezicht plaats op naleving van de milieuzone. Vanuit gezondheidsperspectief wil de gemeente verkennen wat de mogelijkheden zijn om met een uitbreiding van de milieuzone de luchtkwaliteit verder te verbeteren. Met een uitbreiding van de milieuzone wordt hier een uitbreiding van de toelatingseisen bedoeld en niet een fysieke uitbreiding van de bestaande zone. Daartoe heeft de gemeente Royal HaskoningDHV gevraagd om een onderzoek uit te voeren naar de luchtkwaliteiteffecten en kosten van verschillende uitbreidingsvarianten van de huidige milieuzone. Het betreft uitbreiding naar het weren van personen- en bestelauto's en brom- en snorfietsen. Milieuzones voor personenauto's zijn er tot nu toe in Utrecht en Rotterdam en voor bestelauto's in Utrecht, Rotterdam en Amsterdam. Met ingang van 1 januari 2018 gaat er in Amsterdam een milieuzone voor brom- en snorfietsen in[1].

Verder heeft de gemeente Arnhem de laatste jaren met andere overheden binnen het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) samengewerkt aan het verbeteren van de luchtkwaliteit.

[1] *Tegelijkertijd voert Amsterdam dan een milieuzone voor taxi's, autobussen en touringcars in.*

Dat heeft er aan bijgedragen dat er in Arnhem in de huidige situatie, met uitzondering van enkele delen van de Eusebiusbuitensingel, wordt voldaan de wettelijke grenswaarden voor stikstofdioxide (NO_2) en fijn stof (PM_{10}). Ondanks dat bijna overal aan de wettelijke grenswaarden wordt voldaan, kan blootstelling aan deze stoffen ook bij de huidige concentratieniveaus in Nederland nog steeds leiden tot gezondheidsschade vanwege bijvoorbeeld long-, hart en vaataandoeningen en longkanker (Brunekreef, Holgate, 2002). Circa 1% van de spoedopnamen voor long-, hart- en vaataandoeningen in Nederland is het gevolg van kortdurende blootstelling aan fijn stof (CBS, PBL, Wageningen UR, 2015). Epidemiologisch onderzoek heeft geen gegevens opgeleverd waaronder geen gezondheidseffecten optreden (CBS, PBL, Wageningen UR, 2012). De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) stelt dan ook dat er geen PM_{10} concentratie bestaat waarbij er geen negatief effect op de gezondheid is (WHO, 2014). De WHO heeft voor PM_{10} en $PM_{2,5}$ gezondheidsrichtlijnen vastgesteld die strenger zijn dan de wettelijke grenswaarden zoals opgenomen in de Wet milieubeheer. De huidige concentratieniveaus voor PM_{10} en $PM_{2,5}$ zijn in Arnhem (net als in andere grote steden) op grond van de NSL-Monitoringstool hoger dan de gezondheidsrichtlijnen van de WHO.

Het doel van dit onderzoek is het vanuit gezondheidsperspectief in beeld brengen van de luchtkwaliteiteffecten en kosten van uitbreiding van de Arnhemse milieuzone naar personen- en bestelauto's en brom- en snorfietsen.

De resultaten van dit onderzoek geven een robuuste inschatting van de effecten en kosten van de beschouwde maatregelen conform de gehanteerde uitgangspunten en aannames. Effecten en kosten zullen wijzigen al naar gelang er uitgangspunten en aannames wijzigen. Eventuele verdere uitwerking van deze maatregelen in een implementatiefase vraagt om afstemming met belangenpartijen, draagvlak en een goede timing. Onder invloed van politieke, maatschappelijke en luchtkwaliteittechnische discussie zullen maatregelen – indien gewenst – verder vorm moeten krijgen.

1.2 Uitbreidingsvarianten

In het onderzoek zijn de volgende uitbreidingsvarianten beschouwd:

1. Milieuzone personenauto's:
    a. Weren dieselvoertuigen met Datum Eerste Toelating van voor 2000 (Euro 2 en ouder),
    b. Weren dieselvoertuigen met Datum Eerste Toelating van voor 2004 (Euro 3 en ouder).
2. Milieuzone bestelauto's:
    a. Weren dieselvoertuigen met Datum Eerste Toelating van voor 2000 (Euro 2 en ouder),
    b. Weren dieselvoertuigen met Datum Eerste Toelating van voor 2004 (Euro 3 en ouder).
3. Milieuzone brom- en snorfietsen:
    a. Weren voertuigen met Datum Eerste Toelating van voor 2011.

In de varianten zijn ontheffingsmogelijkheden meegenomen.

1.3 Aanpak

Het onderzoek is in onderstaande 3 stappen uitgevoerd.

Stap 1: In beeld brengen samenstelling actuele wagenpark
Een belangrijke bepalende factor voor de effecten van een milieuzone is de samenstelling van het actuele wagenpark naar jaartal en Euroklasse. Er is daarom een kentekenonderzoek uitgevoerd om de samenstelling vast te stellen voor personen- en bestelauto's en voor brom- en snorfietsen (intensiteiten, voertuigtypen, Euroklassen, Datum Eerste Toelating).

Stap 2: berekenen effecten op emissies en luchtkwaliteit
Per uitbreidingsvariant is op vier representatieve locaties binnen de milieuzone het effect op de emissies stikstofoxiden (NO_x), fijn stof (PM_{10}, $PM_{2,5}$, EC) berekend. Voor brom- en snorfietsen zijn aanvullend ook koolwaterstoffen (VOS[2], waaronder benzeen) en ultra fijn stof (UFP[3]) beschouwd. Voor personen- en bestelauto's zijn aanvullend ook de effecten op concentraties stikstofdioxide (NO_2) en fijn stof (PM_{10}, $PM_{2,5}$, EC) langs de weg berekend op basis van de NSL-Rekentool. Uit eerder onderzoek is bekend dat de bijdrage van brom- en snorfietsen aan de concentraties NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$ en EC langs wegen beperkt is (Eijk et al, 2016). De bijdrage van brom- en snorfietsen aan de totale concentraties langs wegen is daarom niet berekend.

Stap 3: Berekenen kosten
Per variant zijn de kosten berekend, op basis van een onderscheid gemeentelijke kosten (eenmalige investeringskosten en jaarlijkse operationele kosten) en maatschappelijke kosten (vervangingskosten voor gebruikers van voertuigen die in de milieuzone geweerd worden).

1.4 Leeswijzer

Hoe het onderzoek naar de effecten van uitbreiding van de milieuzone Arnhem is aangepakt staat beschreven in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 gaat vervolgens in op de varianten die in het onderzoek zijn onderzocht, dus welke voertuigen worden geweerd en op welke manier dit is meegenomen in de effectberekeningen. De effectberekeningen op de uitstoot door het wegverkeer en het effect op de luchtkwaliteit (voor de varianten die betrekking hebben op personenauto's en bestelauto's) staan toegelicht in hoofdstuk 4. Aan de verschillende varianten hangen verschillende prijskaartjes. Welke kosten met welke varianten samenhangen staat toegelicht in hoofdstuk 5. De afsluitende hoofdstukken (6 en 7) beschrijven achtereenvolgens de conclusies en leemten in kennis.

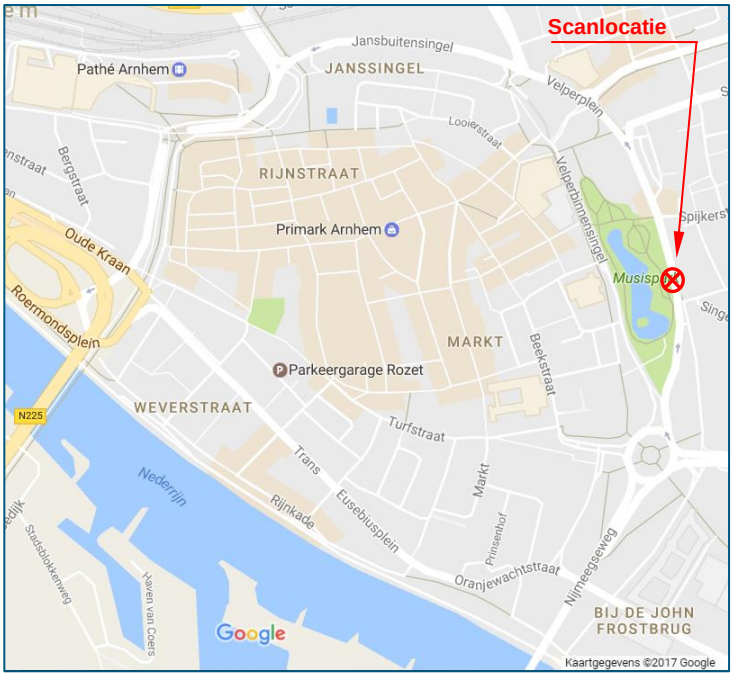
[2] *Vluchtige organische koolwaterstoffen*
[3] *Ultra fine particles*

2 Onderzoeksaanpak

2.1 Stap 1: in beeld brengen wagenpark

Kentekenonderzoek
Om inzicht te krijgen in de samenstelling van het wagenpark binnen de milieuzone naar voertuigtypen, Euroklassen en Datum Eerste Toelating is een kentekenonderzoek uitgevoerd. Gedurende een etmaal zijn met vier camera's de kentekens van het relevante passerende verkeer op de Velperbuitensingel geregistreerd (zie figuur 2): personen-, bestelauto's en bromfietsen op de rijbaan en snorfietsen op het fietspad. Op deze locatie rijdt het verkeer in één richting verdeeld over twee rijstroken en een fietspad.

Figuur 2. Locatie kentekenonderzoek.



Data RDW
Van de geregistreerde kentekens is bij RDW data opgevraagd met betrekking tot Datum Eerste Toelating en de registratielocatie. Voor personen- en bestelauto's zijn de gegevens over Euroklasse en het bouwjaar van het voertuig direct door het RDW geleverd. Brom- en snorfietsen worden sinds 2005 bij het RDW geregistreerd en er is niet geregistreerd of het om twee- of viertaktvoertuigen gaat. Dat geeft daardoor niet een compleet beeld van het volledige brom- en snorfietsenpark. Voor brom- en snorfietsen is daarom een inschatting gemaakt van opbouw naar Euroklassen en twee- en viertakt op basis van onderzoek van TNO (Eijk et al, 2016).

Verkeersintensiteiten
De verkeersintensiteiten van personen- en bestelauto's (aantal voertuigen dat per weekdaggemiddeld etmaal over een bepaald wegvak rijdt) zijn ontleend aan de gegevens zoals opgenomen in de NSL-Monitoringstool. Per rekenlocatie is de wegvakspecifieke verkeersintensiteit gehanteerd, de onderverdeling in Euroklassen is generiek op alle rekenlocaties toegepast. Voor brom- en snorfietsen zijn de intensiteiten ontleend aan de wagenparkscan.

In bijlage A1 zijn de resultaten van de wagenparkscan en het kentekenonderzoek opgenomen.

2.2 Stap 2: berekenen effecten luchtkwaliteit

Voor alle maatregelvarianten (personenauto's, bestelauto's, brom- en snorfietsen) is voor vier locaties berekend wat de reductie is in directe uitstoot van stikstofoxiden, fijn stof (PM_{10}, $PM_{2,5}$) en roetdeeltjes (elementair koolstof, EC). Daartoe is eerst bepaald wat de uitstoot zonder de betreffende maatregel is en vervolgens wat de uitstoot is mét maatregelvariant. De emissies zijn gebaseerd op de bovenstaand beschreven intensiteiten en samenstelling van het wagenpark en de emissies per voertuig (gram uitstoot per verreden kilometer) (Klein et al., 2016, zie ook bijlage A2). Voor de vermindering in emissies is per maatregelvariant het 'vervangingsgedrag' ingeschat. Dit vervangingsgedrag houdt in naar welk type voertuig een voertuiggebruiker wat betreft Euroklasse overstapt in de situatie dat zijn/haar huidige voertuig geweerd wordt. In hoofdstuk 3 is dit vervangingsgedrag verder beschreven.
Voor brom- en snorfietsen is aanvullend de emissiereducties van vluchtige aromatische koolwaterstoffen (VOC, waaronder benzeen) en ultra fijn stof (UFP) berekend.

Onderscheid fijn stof: PM_{10}, $PM_{2,5}$, ultra fijn stof, roet
Fijnstof bevat deeltjes die verschillen in grootte, samenstelling en schadelijkheid. PM_{10} betreft de deeltjes die kleiner zijn dan 10 micrometer (µm) en $PM_{2,5}$ de deeltjes kleiner dan 2,5 micrometer en ultra fijn stof deeltjes kleiner dan 0,1 micrometer (in feite $PM_{0,1}$).
Roet is de term voor stofdeeltjes die vrijkomen bij (onvolledige) verbranding van koolstofhoudende brandstoffen als benzine, diesel, gas, kolen en hout. Het behoort tot de kleinste stofdeeltjes, maar kan qua omvang groter zijn dan ultrafijnstof en is daardoor niet per definitie hetzelfde als ultrafijnstof. Roet bevat alleen deeltjes die vrijkomen bij verbranding van koolstofhouden stoffen, terwijl ultra fijn stof ook deeltjes bevat die in de lucht komen bij slijtage van metalen onderdelen. Elementair koolstof (EC) is een maat voor het aandeel roetdeeltjes in fijn stof.
In zijn algemeenheid geldt: hoe kleiner de stofdeeltjes, hoe schadelijker het is voor de gezondheid. Kleinere deeltjes kunnen dieper in de longen doordringen en via het bloed in andere vitale organen. Roetdeeltjes worden daardoor tot de meeste schadelijke stofdeeltjes gerekend.
Voor PM_{10} en $PM_{2,5}$ gelden wettelijke grenswaarden die voortvloeien uit de Europese richtlijn voor luchtkwaliteit. De grenswaarden zijn in Nederland opgenomen in de Wet milieubeheer. De grenswaarden zijn geïmplementeerd ter bescherming van de volksgezondheid. Tegelijkertijd geldt dat ook bij concentraties lager dan de grenswaarden negatieve gezondheidseffecten op kunnen treden. Epidemiologisch onderzoek heeft geen gegevens opgeleverd om een drempelwaarde vast te stellen waaronder geen gezondheidseffecten optreden (CBS, PBL, Wageningen UR, 2012). De WHO heeft gezondheidsrichtlijnen voor PM_{10} en $PM_{2,5}$ vastgesteld waarvan de waarden lager zijn dan de wettelijke Europese normen. Op dit moment zijn er geen wettelijke grenswaarden of richtlijnen voor ultrafijnstof of EC. Wel gelden er emissie-eisen (Euronormen) om vervuiling door motorvoertuigen te beperken.

Voor de maatregelvarianten voor personen- en bestelauto's is ter hoogte van vier onderzoekslocaties[4] aanvullend het effect op de concentraties NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$ en EC berekend. Zoals in paragraaf 2.2 aangegeven is de bijdrage van brommers en snorfietsen hieraan niet meegenomen. Deze bijdrage is namelijk verwaarloosbaar. De concentratieberekening is uitgevoerd met de NSL-Rekentool, het officiële rekeninstrument binnen het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL). De NSL-Rekentool bevat de wettelijke rekenmethodiek voor binnenstedelijke situaties conform de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 (standaardrekenmethode 1) en de officiële emissiefactoren voor wegverkeer (lichte, middelzware en zware motorvoertuigen) en achtergrondconcentraties. Voor het berekenen van de emissies door brom- en snorfietsen zijn de emissiefactoren zoals opgenomen in het

[4] *Het betreft hier vier locaties langs de wegen die de afbakening van de milieuzone aangeven. Op elk van de windrichtingen is een locatie geselecteerd. Op deze manier is een representatief beeld van de effecten verkregen.*

TNO rapport “Brommers in de stedelijke leefomgeving, Statusrapport” (Eijk et al, 2016). Ook de verdeling 2-takt/4-takt en opsplitsing naar Euro-klasse zijn overgenomen uit het genoemde TNO rapport, zie verder bijlage A2.

Alle berekeningen zijn uitgevoerd voor het jaar 2020.

Emissienormen versus werkelijke uitstoot in de praktijk
Het recente ‘dieselgate’ heeft aan het licht gebracht dat bepaalde typen dieselauto’s in de praktijk aanzienlijk meer stikstofoxiden (NO_x) uitstoten dan zou mogen worden verwacht op basis van emissienormen en typekeuringstesten. Door TNO is dat ook voor de Nederlandse situatie geconstateerd (TNO, 2016). Het gaat om auto’s die op de markt verkrijgbaar zijn en op de weg rijden.
In dit rapport zijn emissies en concentraties voor het toekomstige jaar 2020 bepaald. Wat betreft prognoses voor toekomstige jaren speelt dat voorafgaand aan de introductie van een nieuwe emissienorm (Euroklasse), voor die nieuwste autotypen de emissie nog niet in de praktijk gemeten worden. Het gaat om voertuigen die nog weinig tot niet op de markt verkrijgbaar zijn en nog niet op de weg rijden. Er moeten daarom inschattingen gemaakt worden van de te verwachten emissies. Dat doet TNO in eerste instantie op basis van ervaringscijfers, expertinschattingen, literatuur en eventueel metingen aan prototypen. Zo gauw de nieuwe emissienorm van kracht is en voertuigen op de markt komen, voert TNO emissietesten uit op verschillende voertuigen. Op basis van deze meetresultaten worden de te hanteren emissiefactoren berekend. Hierdoor zijn emissiefactoren voor verschillende Euroklassen door de jaren heen gewijzigd en bijgesteld op basis van meest recente inzichten (TNO, 2016). Dit kan ook de komende jaren optreden als betreffende nieuwste autotypen (op dit moment Euro 6) in de praktijk meer uitstoten dan vooraf door TNO voorzien. Bij de nieuwste vrachtwagens (Euro VI) blijken de praktijkemissiefactoren goed overeen te komen met de emissienormen. Dit is mede het gevolg van een andere manier van testen die veel meer aansluit bij de praktijksituaties dan voorheen.
Ook voor brom- en snorfietsen zijn op Europees uitstootnormen (‘limietwaarden’) vastgesteld. Door TNO zijn diverse onderzoeken uitgevoerd waarbij op basis van metingen in beeld is gebracht wat de werkelijke uitstoot is in de praktijk en hoe zich dat verhoudt tot de wettelijke normen. Daarbij zijn ook effecten gemeten van aanpassingen aan brom- en snorfietsen, zoals bijvoorbeeld reductie van de constructiesnelheid van een bromfiets tot snorfiets en snelheidsverhoging (‘opvoeren’). Uit de onderzoeken blijkt dat de onderzochte nieuwe bromfietsen in originele staat in de praktijk niet voldoen aan de Europese emissienormen en dat het begrenzen van een bromfiets tot snorfiets een negatief effect op de uitstoot heeft (Verbeek, 2015). De emissiewaarden en berekende effecten wat betreft brom- en snorfietsen in dit onderzoek, zijn gebaseerd op praktijkgerelateerde emissiefactoren die hoger zijn dan de emissienormen.

2.3 Stap 3: berekenen kosten

De kosten zijn op basis van ervaringscijfers vanuit de situatie in Utrecht en Amsterdam op hoofdlijnen berekend, aan de hand van een onderscheid in gemeentelijke kosten en maatschappelijke kosten.

1. Gemeentelijke kosten
   Hierbij is onderscheid gemaakt in eenmalige investeringskosten en jaarlijkse operationele kosten, aan de hand van de volgende kostencomponenten:
   - projectmanagement;
   - handhaving (camera’s, boa’s, software);
   - ontheffingenververlening;
   - communicatie;
   - bebording (incl. vooraankondiging);

- juridische voorbereiding.

2. Maatschappelijke kosten

   De maatschappelijke kosten zijn bepaald aan de hand van:

   - Bepalen aantal getroffenen (voertuigeigenaren die de zone niet meer in mogen).
   - Schadebedrag per getroffene (varieert tussen bestel/personen/brom- en snorfietsen).

   Een vermenigvuldiging van deze twee grootheden geeft inzicht in de totale maatschappelijke kosten.

3 Beschouwde maatregelvarianten

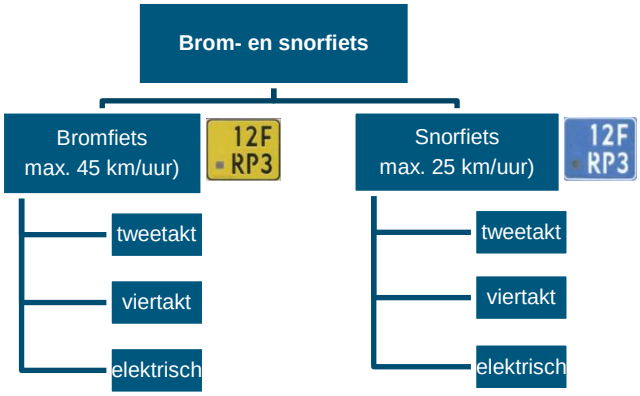
3.1 Definitie van voertuigcategorieën

Personenauto's
Dit betreffen auto's voor het vervoer van maximaal 8 personen (excl. bestuurder).

Bestelauto's
Dit zijn voertuigen ingericht voor het vervoer van goederen, met een laadruimte met een vaste, vlakke laadvloer zonder zitplaatsen en een maximummassa van 3.500 kg.

Brom- en snorfietsen
Brom- en snorfietsen worden conform de Nederlandse wet onderscheiden op basis van de maximale constructiesnelheid. Voor bromfietsen is dat 45 km/uur (gele kentekenplaat), voor snorfietsen 25 km/uur (blauwe kentekenplaat). De toegestane snelheid is voor snorfietsen overal 25 km/uur. Voor brommers is dat op de rijbaan 45 km/uur, op het fiets- en bromfietspad buiten de bebouwde kom is dat 40 km/uur.
Om gebruik te maken van een bromfiets is een (brommer)rijbewijs nodig, het dragen van een helm is verplicht. Dat geldt beide niet voor een snorfiets. Binnen de bebouwde kom mag met een bromfiets niet op het fietspad gereden worden, met een snorfiets wel[5].
Motortechnisch zijn brom- en snorfietsen met een verbrandingsmotor tegenwoordig bijna altijd identiek. Ze zijn voorzien van een tweetakt- of viertaktmotor en hebben een cilinderinhoud van maximaal 50 cc. Veelgebruikte termen als 'brommers' en 'scooters' komen in de wet niet voor. Met 'brommers' wordt veelal gedoeld op bromfietsen. De term 'scooter' is een aanduiding van uiterlijke kenmerken van een voertuig (Verbeek, 2015).

Figuur 3. Categorisering brom- en snorfietsen.



3.2 Te weren voertuigen en vervangingsgedrag

De beschouwde maatregelvarianten betreffen het weren van verschillende typen voertuigen binnen het gebied van de huidige milieuzone voor vrachtverkeer. Voertuigbezitters binnen de te weren categorie zullen over moeten stappen op een nieuwer, schoner voertuig of op een andere vervoerswijze (bijvoorbeeld OV of fiets). In tabel 1 zijn de beschouwde maatregelen en te weren voertuigen en het gehanteerde vervangingsgedrag opgenomen. De aandelen te weren voertuigen zijn bepaald op basis van de wagenparkscan en kentekenonderzoek (zie bijlage A1).

[5] *Op onverplichte fietspaden (blauw rechthoekig bord met witte tekst 'Fietspad') geldt een verbod voor zowel brom- als snorfietsen.*

Tabel 1. Beschouwde maatregelen.

Categorie	Te weren voertuigen	Vervangingsgedrag geweerde voertuigen	Gebied
1. Personenauto's	a. dieselvoertuigen met Datum Eerste Toelating vóór 1-1-2000 (Euro 2 en ouder)	• 1/3 deel over naar schonere diesel, gelijkelijk verdeeld over 3 opvolgende hogere (schonere) Euroklassen • 2/3 deel over naar schonere benzine, gelijkelijk verdeeld over 3 opvolgende hogere (schonere) euroklassen	Huidige milieuzone vracht
	b. dieselvoertuigen met Datum Eerste Toelating vóór 1-1-2004 (Euro 3 en ouder)	• 1/3 deel over naar schonere diesel, gelijkelijk verdeeld over 3 opvolgende hogere (schonere) Euroklassen; • 2/3 deel over naar schonere benzine, gelijkelijk verdeeld over 3 opvolgende hogere (schonere) euroklassen	Huidige milieuzone vracht
2. Bestelauto's	a. dieselvoertuigen met Datum Eerste Toelating vóór 2000 (Euro 2 en ouder)	over naar schonere diesel, gelijkelijk verdeeld over 3 opvolgende hogere (schonere) Euroklassen	Huidige milieuzone vracht
	b. dieselvoertuigen met Datum Eerste Toelating vóór 2004 (Euro 3 en ouder)	over naar schonere diesel, gelijkelijk verdeeld over 3 opvolgende hogere (schonere) Euroklassen	Huidige milieuzone vracht
3. Brom- en snorfietsen	Twee- en viertaktvoertuigen vóór 1-1-2011	over naar viertakt Euro 2	Huidige milieuzone vracht

Voor personenauto's is de variant (1a) waarbij dieselvoertuigen van vóór 1-1-2000 worden geweerd gebaseerd op de huidige milieuzones voor personenauto's in Utrecht en Rotterdam. Hetzelfde geldt voor dezelfde variant voor bestelauto's (1b), met daarbij de aanvulling dat die variant naast Utrecht en Rotterdam ook in Amsterdam is ingevoerd.

Voor brom- en snorfietsen is de beschouwde variant gebaseerd op de milieuzone voor brom- en snorfietsen in Amsterdam, die per 1-1-2018 ingaat. De maatregel voorziet in het weren van twee- en viertakt brom- en snorfietsen die ouder zijn dan 1 januari 2011. Reden om een algemeen jaartal te hanteren is het feit dat onderscheid tussen twee- en viertakt niet is geregistreerd. Onderzoek van TNO (Eijk et al, 2016) laat zien dat het aandeel van tweetakt brom- en snorfietsen 2011 drastisch gedaald is. Dat is een aanwijzing dat er sinds 2011 nauwelijks nog tweetaktmotoren zijn aangeschaft, dan wel in gebruik genomen. Daarmee is 1 januari 2011 een logisch ijkpunt om als grens aan te nemen, omdat dan in ieder geval de groep meest vervuilende brom- en snorfietsen geweerd wordt. Vanuit het oogpunt van eenduidigheid en praktische uitvoerbaarheid en handhaafbaarheid is het wenselijk om 1 januari 2011 als algemene grens aan te houden voor zowel tweetakt- als viertaktvoertuigen.

Landelijke ontwikkeling verkoopverbod vervuilende brom- en snorfietsen
De staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu laat momenteel de uitvoerbaarheid onderzoeken van een landelijke regeling voor een verbod per 1 januari 2018 op verkoop van brom- en snorfietsen uit Euroklasse 2 en 3 waarvan het emissiecertificaat is verlopen[6]. Een dergelijke regeling voorkomt een toename van uitstoot door brom- en snorfietsen uit de genoemde klassen, maar heeft geen effect op uitstoot door brom- en snorfietsen die al op de weg rijden – bestaande voertuigen in bezit van eigenaren mogen blijven rijden.

[6] *https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2017/05/11/brom-en-snorfietsen*

3.3 Overtreding en ontheffing

Voor personen- en bestelauto's wordt er vanuit gegaan dat 95% van de te weren voertuigen geweerd wordt. Voor de resterende 5% is aangenomen dat ze in de milieuzone blijven rijden, hetzij vanwege overtreding, hetzij vanwege ontheffing. Mogelijkheden voor ontheffing kunnen zijn vanwege lichamelijke handicaps aangepaste voertuigen, oldtimers (personenauto's van meer dan 40 jaar oud), financiële draagvlak van bedrijven (bestelauto's) of overige bijzondere situaties.

Voor brom- en snorfietsen wordt er vanuit gegaan dat 90% van de te weren voertuigen geweerd wordt. Voor de resterende 10% is aangenomen dat ze in de milieuzone blijven rijden, hetzij vanwege overtreding, hetzij vanwege ontheffing.

Aanleiding voor een ontheffing kan zijn vanwege lichamelijke handicaps aangepaste voertuigen en oldtimers (personenauto's). Mogelijkheden voor ontheffing kunnen zijn lichamelijke handicap, oldtimers (voertuigen ouder dan 30 jaar). Omdat viertaktvoertuigen (brommers/snorfietsen) van na 2005 nog relatief nieuw zijn, adviseren we vanuit het oogpunt van proportionaliteit om de groep minst vervuilende voertuigen vrij te stellen van het rijverbod binnen de milieuzone. Hierbij zou aangesloten kunnen worden bij het ´Amsterdamse model´. Daar is met de RAI en BOVAG afgesproken dat viertakt brom- en snorfietsen van tussen 2008 en 2011 in aanmerking komen voor een ontheffing. Deze ontheffing kan op dezelfde wijze worden verstrekt als dat gaat gebeuren in de gemeente Amsterdam. Op basis van een keuring door een erkende dealer wordt vastgesteld of het voertuig een viertakt betreft. Vervolgens wordt op basis van dit feit de ontheffing aangevraagd. Het ligt voor de hand om ook ontheffingsmogelijkheid te bieden aan personen die op basis van een medische verklaring kunnen aantonen dat ze afhankelijk zijn van de brom- of snorfiets.

Daarnaast kan de ontheffingsmogelijkheid worden geboden aan eigenaren die kunnen aantonen (bijvoorbeeld bij een daartoe gerechtigde dealer) dat de uitstoot van hun brom- of snorfiets van voor 2008 gelijk of beter is dan een viertakt-voertuig van na 1-1-2008.

3.4 Uitstralingseffecten en omrijbewegingen

De maatregeleffecten zijn berekend in de milieuzone. De milieuzone zal ook een uitstralingseffect buiten de milieuzone, doordat verkeer met een herkomst of bestemming binnen de milieuzone schoner wordt. Daar waar dit aan de milieuzone gerelateerde verkeer buiten de milieuzone rijdt, zullen er ook effecten optreden (minder uitstoot). Deze uitstralingseffecten zijn niet in dit onderzoek meegenomen. Daarmee geven de resultaten van dit onderzoek geografisch gezien een minimaal mogelijk effect.

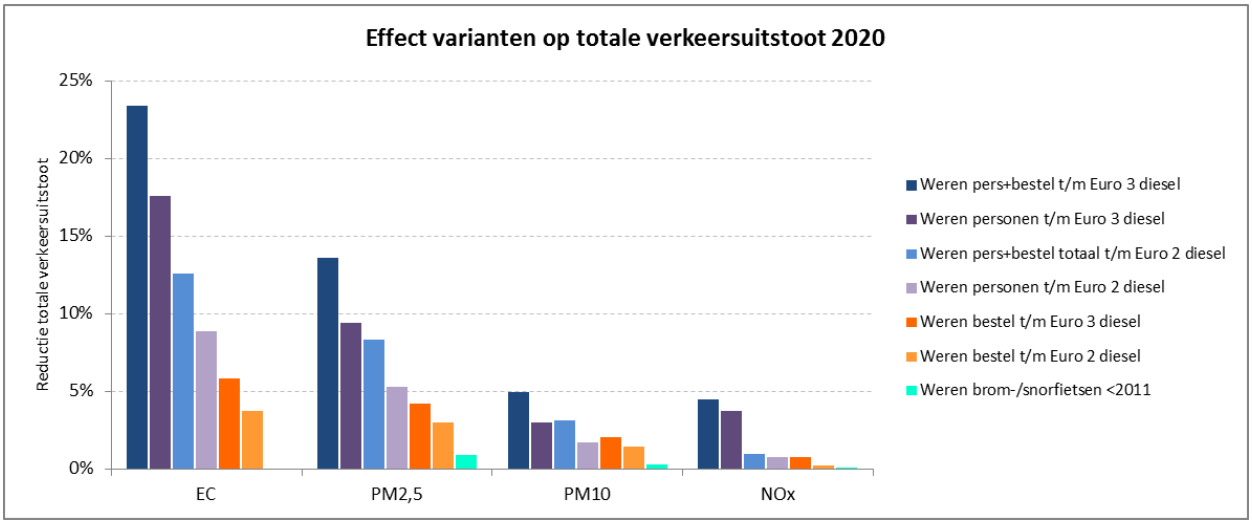
Vanwege een milieuzone kunnen er in beginsel omrijbewegingen optreden door verkeer dat de milieuzone mijdt (doorgaand verkeer, zonder herkomst of bestemming binnen de milieuzone). Daardoor kan toename van uitstoot ontstaan op routes buiten de milieuzone. Vanwege de ligging van de milieuzone in Arnhem, ingesnoerd door het spoor aan de noordzijde en de Rijn aan de zuidzijd en omdat dat de stadsring met de Velperbuitensingel, Jansbuitensingel, Nieuwe Plein, Weerdjesstraat, Eusebiusplein deel uitmaakt van de milieuzone, is de mogelijkheid voor een omrijroute beperkt. In dit onderzoek is er daarom vanuit gegaan dat er geen sprake is van omrijbewegingen.

4 Berekende effecten

4.1 Effecten op totale verkeersuitstoot

In figuur 4 zijn de effecten weergegeven van de varianten op de totale uitstoot van al het wegverkeer (personenauto's, bestelauto's, vrachtauto's, bussen, brom- en snorfietsen). Het betreft de gemiddelde reductie (%) van de uitstoot zoals berekend op de 4 onderzoekslocaties voor het jaar 2020.

Figuur 4. Effecten van varianten op totale verkeersuitstoot 2020.



Figuur 4 laat het volgende zien:

- De grootste reducties doen zich voor op de EC-uitstoot (maximaal 23,4% reductie), gevolgd door $PM_{2,5}$ (maximaal 13,6% reductie). De effecten op PM_{10} en NO_x zijn het geringst. Dit geldt overigens niet voor brom- en snorfietsen, daar zijn de effecten op EC verwaarloosbaar (zie onder, laatste bullet). Dat de grootste reducties op de directe uitstoot zich (met uitzondering van brom- en snorfietsen) voor doen op EC en $PM_{2,5}$ wordt veroorzaakt doordat de te weren oudere diesels substantieel meer uitstoot van EC veroorzaken dan nieuwere voertuigen waarvan een groter aantal is uitgerust met (af-fabriek) roetfilters.
- Het weren van zowel personen- als bestelauto's tot en met Euro 3 diesel geeft de grootste reducties: bijna 25% EC, bijna 15% voor $PM_{2,5}$ en voor PM_{10} en NO_x elk ongeveer 5%. Dit wordt veroorzaakt doordat hiermee de grootste groep meest vervuilende dieselvoertuigen wordt geweerd. Het weren van alleen personenauto's tot en met Euro 3 diesel geeft ook forse reducties EC (17,5%) en $PM_{2,5}$ (bijna 10%), evenals het weren van zowel personen- als bestelauto's tot en met Euro 2 (EC 12,5%, $PM_{2,5}$ 8,5%).
- Voor de varianten waarin alleen bestelauto's worden geweerd zijn de effecten duidelijk geringer, doordat het een kleinere doelgroep betreft dan de te weren personenauto's (in omvang grofweg 2/3 ten opzichte van personenauto's).
- Het weren van brom-/snorfietsen van voor 1-1-2011 levert als onderdeel van de totale verkeersuitstoot ten aanzien van EC, PM_{10}, $PM_{2.5}$ en NOx geringe tot verwaarloosbare effecten op. Dit wordt vooral veroorzaakt doordat op de onderzochte locaties het aantal brom- en snorfietsen grofweg 1% van het totaal aantal voertuigen (auto's, vrachtauto's) bedraagt. Een enkele brom-/snorfiets stoot in veel gevallen meer fijn stof uit dan een enkele personen- of bestelauto, maar doordat er op de onderzoekslocaties veel meer auto´s rijden is de totale uitstoot van personen- en bestelauto's aanmerkelijk groter.

- Uitstoot van EC treedt vooral op bij verbranding van diesel. Omdat brom-/snorfietsen in veruit de meeste gevallen op benzine rijden, is de uitstoot van EC daarvan gering en zijn de effecten van het weren verwaarloosbaar. Ook uit metingen langs fietspaden volgt dat de bijdrage van brom- en snorfietsen aan EC-concentraties gering tot verwaarloosbaar zijn (Zuurbier et al, maart 2017).

Van brom- en snorfietsen is bekend dat het in een stad ten opzichte van overig wegverkeer (auto's, vrachtauto's) belangrijke veroorzakers zijn van uitstoot van koolmonoxide (CO) en koolwaterstoffen (VOS, waaronder het kankerverwekkende benzeen) (Verbeek 2015, Zuurbier et al, 2017). Omdat in een stad het aantal afgelegde kilometers door overig wegverkeer aanmerkelijk groter is dan door brom- en snorfietsen, is de mate waarin brom- en snorfietsen uitstoot van koolmonoxide en koolwaterstoffen veroorzaken buitenproportioneel hoog (Verbeek, 2015). Ook is bekend dat brom- en snorfietsen belangrijke veroorzakers zijn van uitstoot van ultra fijn stof (UFP) (Zuurbier et al, 2017). Vanwege de substantiële invloed van brom- en snorfietsen op ultra fijn stof en koolwaterstoffen, zijn voor het weren van brom- en snorfietsen van voor 1 januari 2011 aanvullend de effecten op de uitstoot daarvan berekend. Voor de Nederlandse situatie zijn geen (goede) emissiefactoren ultra fijn stof beschikbaar. Uit internationale literatuur zijn emissiefactoren ultra fijn stof voor twee takt en vier takt bekend. Deze factoren kennen echter een grote onzekerheid. De resultaten moeten daarom gezien worden als een eerste orde schatting. Hieraan moeten geen absolute waarden aan toegekend worden. Omdat voor het overige wegverkeer geen ultra fijn stof emissiefactoren zijn opgesteld kan geen (goede) berekening van de totale ultra fijn stof uitstoot gemaakt worden. Voor het maken van een eerste orde inschatting zijn verouderde emissiefactoren gehanteerd.

Het weren van 2 takt brommers en snorfietsen leidt tot een verlaging van de ultra fijn stof uitstoot door brommers en snorfietsen van ca. 60-70%. Het effect op de VOS uitstoot door brommers en snorfietsen bedraagt ca. 25%.
Het aandeel van bovengenoemde reducties op de totale verkeersbijdrage (dus inclusief (personenauto's, bestelauto's, vrachtauto's en bussen) is veel geringer. Zoals aangegeven in de vorige alinea is de uitstoot van ultra fijn stof door het overige wegverkeer niet goed te bepalen. In het onderzoek van Zuurbier (2017) is bepaald dat de bijdrage van brommers en snorfietsen aan de concentraties ultra fijn stof op het fietspad tussen de 2-20% kan bedragen. Wanneer deze range wordt losgelaten op de berekende emissiereductie voor sec de uitstoot van brommers en snorfietsen bedraagt de reductie op de totale ultra fijn stof concentratie (dus inclusief de achtergrondconcentratie) 1% tot bijna 15%. Enkele verkennende emissieberekeningen voor het overige verkeer neigen er naar toe dat voor een locatie als Velperbuitensingel (waar de verkeerstelling heeft plaatsgevonden) de effecten eerder aansluiten de ondergrens dan naar de bovengrens van de range. De reden hiervoor is dat het aandeel brommers en snorfietsn in de telling relatief beperkt was (ca. 1%).
Voor koolwaterstoffen (VOS, waaronder benzeen) een bedraagt reductie voor het totale verkeer in de orde van 5%[7].

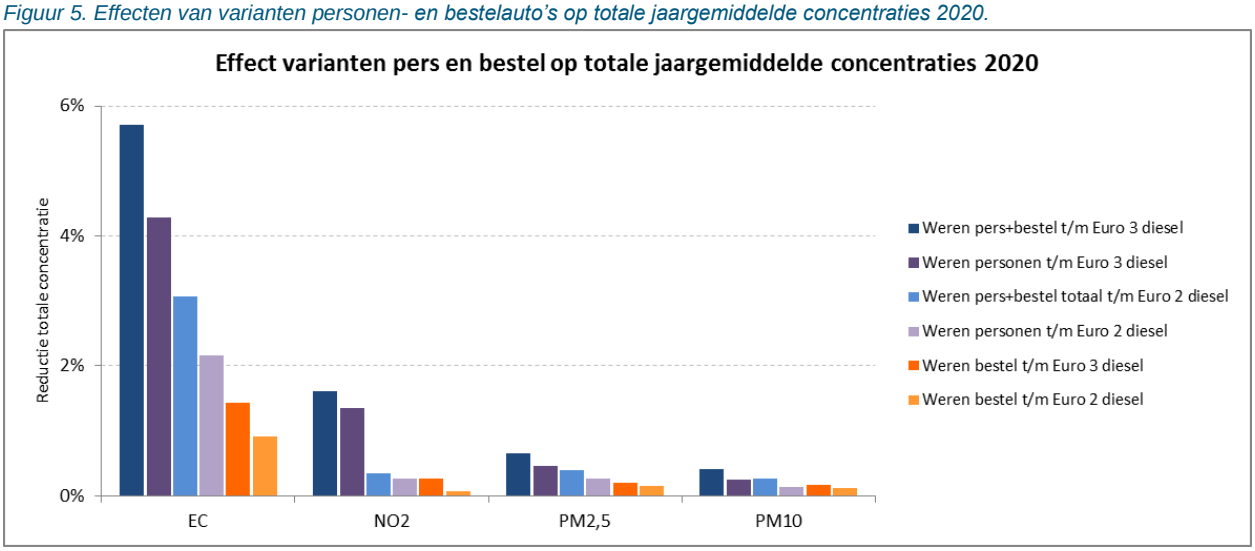
4.2 Effecten op totale concentraties

In figuur 5 zijn de berekende effecten van de milieuzone-varianten voor personen- en bestelauto's weergeven op de totale jaargemiddelde concentraties in 2020. In de concentratieberekeningen is de bijdrage van brom- en snorfietsen niet meegenomen. De reden hiervoor is dat uit eerder onderzoek is gebleken dat de bijdrage van brom- en snorfietsen aan totale de concentraties NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$ en EC langs wegen beperkt is (Eijk et al, 2016). Het betreffen gemiddelde effecten over de vier locaties waar de concentraties berekend zijn met NSL-Rekentool. De concentraties zijn berekend op de toetsingspunten uit de NSL-Rekentool, die zijn op ongeveer 10 meter van de wegrand gelegen.

[7] *Voor ultra fijn stof zijn indicatieve emissiefactoren gehanteerd, zoals ontleend aan (keuken et al., 2009). Voor koolwaterstoffen is er op basis van onderzoek in Amsterdam (Verbeek, 2015) en Utrecht (Eijk et al, 2016) van uitgegaan dat brom- en snorfietsen voor 25% bijdragen aan de totale verkeersuitstoot.*

De totale jaargemiddelde concentratie is een optelsom van de bijdrage van het totale verkeer (lichte, middelzware en zware motorvoertuigen) en de achtergrondconcentratie (met bijdragen van bedrijven, industrie, huishoudens, scheepvaart, enzovoorts). De effecten zijn weergegeven als reducties van de totale concentraties in %.

Figuur 5. Effecten van varianten personen- en bestelauto's op totale jaargemiddelde concentraties 2020.



Figuur 5 laat het volgende zien:

- De grootste reducties doen zich voor op de EC-concentraties (maximaal 5,7% reductie), gevolgd door NO_2 (maximaal 1,6% reductie). De reductie op de totale concentraties PM_{10} en $PM_{2,5}$ zijn zeer gering, met maxima van 0,4% en 0,7% is voor deze – in vergelijk met EC – grovere fijn stof onderdelen sprake van verwaarloosbare effecten. Dit wordt veroorzaakt doordat de totale concentraties PM_{10} en $PM_{2,5}$ voor grofweg 5% - 10% door wegverkeer (het merendeel - ca. 70 tot 75% - wordt veroorzaakt door buitenlandse bronnen en natuurlijke bronnen - verwaaiend bodemstof en zeezout). Daardoor is de potentiële impact van maatregelen gericht op wegverkeer op PM_{10} en $PM_{2,5}$ bij voorbaat gering. Bij NO_2 en is het aandeel van het wegverkeer in de totale concentratie aanmerkelijk groter: grofweg 40%.
- Het weren van zowel personen- als bestelauto's tot en met Euro 3 diesel geeft de grootste reducties: 5,7% voor EC en 1,6% voor NO_2. Dit wordt veroorzaakt doordat hiermee de grootste groep meest vervuilende dieselvoertuigen wordt geweerd. Ook het weren van alleen personenauto's tot en met Euro 3 diesel geeft relevante reducties EC (4,3%) en NO_2 (1,3%). Het weren van zowel personen- als bestelauto's tot en met Euro 2 diesel geeft nog wel relevante reductie EC (3,1%), terwijl de reductie voor NO_2 verwaarloosbaar is geworden. Voor de overige varianten (weren personen tot en met Euro 2 diesel, weren bestel tot en met Euro 3 diesel en weren bestel tot en met Euro 2 diesel) zijn de effecten op EC geringer en voor NO_2 verwaarloosbaar.
- Voor de varianten waarin alleen bestelauto's worden geweerd zijn de effecten gering, doordat het een kleinere doelgroep betreft dan de te weren personenauto's (in omvang grofweg 2/3 ten opzichte van personenauto's).
- Hetzelfde geldt voor de varianten waarin alleen voertuigen tot en met Euro 2 diesel worden geweerd: in die varianten is het aantal te weren voertuigen kleiner. De omvang en uitstoot van de groep Euro 3 diesel is van een dermate grootte, dat het niet weren ervan tot bijna een halvering van de effecten leidt (dit geldt vooral voor de varianten waarin personenauto's geweerd worden).

4.3 Discussie

De effectberekeningen laten zien dat (met uitzondering van weren brom- en snorfietsen) met de uitbreidingsvarianten van de milieuzone de grootste effecten te behalen zijn op EC. Voor deze stof gelden geen wettelijke grenswaarden of gezondheidsrichtlijnen voor concentraties in de buitenlucht. Wel geldt dat hoe kleiner stofdeeltjes zijn, hoe schadelijker het is voor de gezondheid. Kleinere deeltjes kunnen dieper in de longen doordringen en via het bloed in andere vitale organen. Daardoor zijn vanuit het oogpunt van gezondheid vooral roetdeeltjes (EC) van belang (CBS, PBL, Wageningen UR, 2012). Gezondheidskundig onderzoek (Janssen et al, 2011) en luchtkwaliteitonderzoek (Keuken et al, 2011a) heeft aangetoond dat concentraties van EC een goede indicatie zijn van de waargenomen gezondheidseffecten in relatie tot de lokale luchtkwaliteit. Dat betekent voor dit onderzoek dat de grootste effecten van uitbreidingsvarianten van de milieuzone te behalen zijn voor de stof die gezondheidskundig relevanter is dan de overige onderzochte stoffen: EC (roetdeeltjes).

Voor de stoffen NO_2, PM_{10} en $PM_{2,5}$ geldt dat de effecten van uitbreidingsvarianten geringer zijn voor EC en dat er in Arnhem in 2020 aan de wettelijke grenswaarden voldaan wordt. Tegelijkertijd is het zo dat er geen concentratieniveaus zijn waaronder geen gezondheidseffecten optreden (CBS, PBL, Wageningen UR, 2012). Dit betekent dat ook bij concentraties onder grenswaarden negatieve effecten op de volksgezondheid kunnen optreden.

Door maatregelen op, met name, Europees niveau zal de uitstoot van verontreinigende stoffen door het wegverkeer de komende jaren afnemen. Het uitbreiden van de milieuzone geeft een versnelling aan de verschoning van het wagenpark. De mate van versnelling is afhankelijk van de mate en snelheid waarmee de verschoning in de praktijk zal gaan optreden.

De berekende effecten van het weren van de meest vervuilende brom- en snorfietsen (van voor 1 januari 2011) zijn voor de stoffen NO_x, PM_{10}, $PM_{2,5}$ en EC gering. Dat heeft vooral betrekking op langduriger blootstelling aan concentraties in de buitenlucht op leefniveau (blootstelling gedurende een etmaal of een jaar). Wanneer naar kortdurende piekbelastingen gekeken wordt, dan levert dat het volgende beeld op. Recent onderzoek naar de uitstoot van tweetakt bromfietsen in stilstand, heeft uitgewezen dat de uitstoot van benzeen en tolueen leidde tot piekconcentraties tot 300.000 $\mu g/m^3$ of 146 ppm. Op basis daarvan is geconcludeerd dat wachten in het verkeer achter een stationair draaiende tweetakt bromfiets bij bijvoorbeeld kruispunten, zeer schadelijk kan zijn voor de gezondheid (Platt et al, 2014). Wat de exacte effecten van kortdurende blootstelling aan piekconcentraties benzeen op de gezondheid zijn, is op dit moment niet bekend.
Onderzoek van de GGD Gelderland-Midden laat zien dat brom- en snorfietsen verantwoordelijk zijn voor de meeste hoge pieken ultra fijn stof die zijn gemeten op fietspaden. Sommige brom- en snorfietsen veroorzaken pieken die tot 20 keer hoger zijn dan de achtergrondconcentratie ultra fijn stof (Zuurbier et al, 2017). Brom- en snorfietsen zorgen niet alleen voor verhogingen van concentraties ultra fijn stof op fietspaden, maar ook voor meer piekblootstellingen aan fietsers. Piekblootstellingen worden verondersteld een groter effect te hebben op de gezondheid dan meer gelijkmatige blootstellingen (Zuurbier et al, 2017).

5 Kosten

In tabel 2 zijn de kosten van de maatregelen opgenomen, onderscheiden in gemeentelijke kosten (eenmalige investeringskosten en operationele kosten over een periode van vijf jaar) en maatschappelijke kosten (vervangingskosten voor eigenaren van geweerde voertuigen). Het betreffen kosten op hoofdlijnen, op basis van expertinschatting en ervaringscijfers. In de kostenraming zijn geen kosten voor compensatie of sloop/subsidie/stimulering meegenomen.

De kostenraming per maatregel is gebaseerd op losstaande invoering per maatregel. Bij gelijktijdige invoering van meerdere maatregelen geldt niet een sommatie van de kosten, omdat vanwege efficiency lagere kosten mogelijk zijn dan de som der delen.

In de kostenraming is uitgegaan van:

- Handhaving op basis van huidige camera's milieuzone vracht. Voor brom- en snorfietsen is uitgegaan van aanvullende investering (extra camera), voor personen en bestel niet. Daardoor voor brom- snorfietsen wat hogere investeringskosten.
- Ontheffingverlening voor brom- en snorfietsen zal meer aan operationele kosten vergen dan voor personen en bestel. Dit omdat het om een groter aantal te weren voertuigen gaat, waarbij de gronden voor ontheffing wat uitgebreider en complexer zijn dan voor personen en bestel (bijvoorbeeld ontheffingsmogelijkheid voor eigenaren die kunnen aantonen dat de uitstoot van hun brom- of snorfiets van voor 2008 gelijk of beter is dan een viertakt-voertuig van na 1-1-2008). Operationale kosten voor bestel zijn wat lager dan voor personen, vanwege kleinere groep te weren voertuigen.
- Vervangingskosten zijn gebaseerd op aantallen te weren voertuigen geregistreerd binnen en buiten de milieuzone en kosten voor aanschaf nieuwer/schoner voertuig minus de restwaarde van het oude voertuig. Aantallen te weren voertuigen en aannames daarbij zijn opgenomen in bijlage A4. Hoe strenger de toelatingseisen, hoe groter het aantal te weren voertuigen en hoger de totale vervangingskosten. De vervangingskosten zijn het grootst voor bestel, omdat daar de aangenomen vervangingskosten per voertuig het grootst zijn.

In bijlage A3 is een verdere specificatie van de kostenraming opgenomen.

Tabel 2. Kosten maatregelen.

Kostensoort	MZ personen diesel < 1-1-2000	MZ personen diesel < 1-1-2004	MZ bestel diesel < 1-1-2000	MZ bestel diesel < 1-1-2004	MZ brom-snor < 1-1-2011
Kosten gemeente					
Investeringskosten	€ 406.000	€ 406.000	€ 321.000	€ 321.000	€ 431.000
Operationele kosten (5 jaar)	€ 515.000	€ 646.250	€ 380.000	€ 417.500	€ 746.250
Totaal gemeente	€ 921.000	€ 1.052.250	€ 701.000	€ 738.500	€ 1.117.250
Maatschappelijke kosten					
Vervangingskosten geweerde voertuigen (totaal)	€ 220.000	€ 825.000	€ 390.000	€ 1.365.000	€ 318.750

Tabel 2 laat het volgende zien:

- Een milieuzone voor brom- en snorfietsen geeft de hoogste gemeentelijke kosten. Voor bestelauto's zijn de gemeentelijke kosten het laagst, personenauto's zitten er tussen in. De lagere kosten voor de bestelauto's komt doordat de getroffen het kleinst is, en de financiële impact voor invoering en uitvoering het minst groot is.
- De maatschappelijke kosten zijn het hoogst voor bestelauto's. Dit komt doordat de vervangingskosten (kosten aanschaf voertuig die de milieuzone niet in mag minus de restwaarde van het oude voertuig) voor een bestelauto duidelijk hoger liggen dan bij een personenauto of een brom- of snorfiets.

6 Conclusies

Dit onderzoek leidt tot de volgende conclusies:

- De grootste reducties van uitbreidingsvarianten doen zich voor op de uitstoot en concentraties van EC. Dit geldt niet voor brom- en snorfietsen, daar zijn de effecten op EC verwaarloosbaar. Uitstoot van EC treedt vooral op bij verbranding van diesel. Omdat brom-/snorfietsen in veruit de meeste gevallen op benzine rijden, is de uitstoot van EC daarvan gering en zijn de effecten van het weren verwaarloosbaar. Voor EC gelden geen wettelijke grenswaarden of gezondheidsrichtlijnen voor concentraties in de buitenlucht. Wel geldt dat de grootste effecten van uitbreidingsvarianten van de milieuzone te behalen zijn voor de stof die gezondheidskundig relevanter is dan de overige onderzochte stoffen: EC (roetdeeltjes).
- Het weren van zowel personen- als bestelauto's tot en met Euro 3 diesel geeft de grootste reducties van de verkeersuitstoot: bijna 25% EC, bijna 15% voor $PM_{2,5}$ en voor PM_{10} en NO_x elk ongeveer 5%. Dit wordt veroorzaakt doordat hiermee de grootste groep meest vervuilende dieselvoertuigen wordt geweerd. Het weren van alleen personenauto's tot en met Euro 3 diesel geeft ook forse reducties EC (17,5%) en $PM_{2,5}$ (bijna 10%), evenals het weren van zowel personen- als bestelauto's tot en met Euro 2 (EC 12,5%, $PM_{2,5}$ 8,5%).
- Voor de varianten waarin alleen bestelauto's worden geweerd zijn de effecten duidelijk geringer, doordat het een kleinere doelgroep betreft dan de te weren personenauto's (in omvang grofweg 2/3 ten opzichte van personenauto's).
- Het weren van brom- en snorfietsen van voor 1 januari 2011 levert een reductie van de uitstoot van ultra fijn stof door brommers en snorfietsen van 60-70% op. Voor koolwaterstoffen (VOS, waaronder benzeen) bedraagt de emissiereductie ca. 25%. De bijdrage van deze reductie aan de totale uitstoot door het wegverkeer is niet goed vast te stellen door gebrek aan concrete emissiefactoren. Op basis van enkele indicatieve berekeningen wordt geschat dat het weren van de genoemde borm- en snorfietsen leidt tot een reductie van de totale ultra fijn stof respectievelijk koolwaterstoffen uitstoot door het wegverkeer in de orde van enkele procenten bedraagt. Op locaties waar veel brommers en snorfietsen rijden en weinig auto's en vrachtwagens zal dit aandeel hoger zijn. Voor de overige stoffen is de reductie van de totale verkeersuitstoot gering tot verwaarloosbaar. Dit wordt vooral veroorzaakt doordat op de onderzochte locaties het aantal brom- en snorfietsen grofweg 1% van het totaal aantal voertuigen (auto's, vrachtauto's) bedraagt.
- Het weren van brom- en snorfietsen heeft vooral relevante effecten op kortdurende piekblootstelling aan fietsers op fietsers en minder op langdurige blootstelling op leefniveau.
- Een milieuzone voor brom- en snorfietsen geeft de hoogste gemeentelijke kosten. Voor bestelauto's zijn de gemeentelijke kosten het laagst, personenauto's zitten er tussen in. De lagere kosten voor de bestelauto's komt doordat de getroffen het kleinst is, en de financiële impact voor invoering en uitvoering het minst groot is.
- De maatschappelijke kosten zijn het hoogst voor bestelauto's. Dit komt doordat de vervangingskosten (kosten aanschaf voertuig die de milieuzone niet in mag minus de restwaarde van het oude voertuig) voor een bestelauto duidelijk hoger liggen dan bij een personenauto of een brom- of snorfiets.

7 Leemten in kennis en onzekerheden

Effecten en kosten van maatregelen
De in dit rapport in beeld gebrachte maatregelen en effecten en kosten daarvan zijn gebaseerd op basis van aannames wat betreft invulling van de maatregelen. Bij de berekening van de effecten en kosten zijn zo realistisch mogelijk inschattingen gemaakt. De daadwerkelijk te behalen effecten en kosten kunnen fluctueren, afhankelijk van de uiteindelijke vorm waarin maatregelen uitgevoerd worden.

Emissies van brom- en snorfietsen
De huidige emissiefactoren voor viertaktbrom- en snorfietsen moeten gezien worden als een eerste inschatting en, ondanks de beperking, het beste wat op dit moment beschikbaar is. Gegeven de selectie van het voertuig en de uitgebreidheid en uitvoering van het meetprogramma beschouwt TNO deze inschatting vooralsnog als het meest relevant voor de vergelijking tussen tweetakt- en viertakttechnologie en voor de onderbouwing van beleid rond handhaving en verbetering van stedelijke emissies. Bij de vaststelling van de aangepaste emissiefactoren voor viertaktbromfietsen in 2015 is er door betrokken partijen vanuit gegaan dat deze op termijn mogelijk bijgesteld zouden moeten worden, bijvoorbeeld voor nieuwere Euroklassen, ontwikkelingen in toegepaste technologie, of als bij verschoning van het overige verkeer de rol van bromfietsen relatief groter zou worden. Dat vraagt dan wel om aanvullende emissiemetingen aan bromfietsen.

Emissies ultra fijn stof (UFP) auto’s en vrachtwagens
Voor het Nederlandse wagenpark zijn geen goede emissiefactoren beschikbaar voor ultra fijn stof (UFP). Voor het maken van een inschatting van de effecten van een milieuzone voor brommers en snorfietsen op UFP concentraties is het zaak om de bijdrage van het overige wegverkeer (licht- en zwaar verkeer) goed te kennen. De huidige inschattingen zijn gebaseerd op zeer algemene kentallen.

8 Bronvermelding

Brunekreef, B, , S.T. Holgate (2002), Air pollution and health. The Lancet 360.

CBS, PBL, Wageningen UR (2012), Deeltjesvormige luchtverontreiniging: oorzaken en effecten (indicator 0474, versie 08, 1 februari 2012, www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

CBS, PBL, Wageningen UR (2015). Gezondheidseffecten van fijn stof en ozon, 1992 - 2013 (indicator 0340, versie 11 , 13 mei 2015). www.compendiumvoordeleefomgeving.nl. CBS, Den Haag.

Eijk, A.R.A, P. van Mensch, R.F.A. Ceulenaere (2016), Brommers in de stedelijke leefomgeving, statusrapport, TNO-rapport TNO 2016 R10093, 13 mei 2016.

Janssen, N.A.H. et al (2011), Black Carbon as an Additional Indicator of the Adverse Health Effects of Airborne Particles Compared to PM10 and PM2.5. Accepted by Environmental Health Perspectives. http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1003369.Online 2-8-2011.

Keuken, M.P. et al (2011a), Air quality and health impact of PM_{10} and EC in the city of Rotterdam in 1985-2008, in Print by Atmosperic Environment 45: 5294-5301.

Keuken, M.P., WIlmink, I., Tromp, P., Kluizenaar, de, Y., Emissies, verspreiding en gezondheidseffecten van ultrafijnstof door wegverkeer, TNO-rapport, TNO-034-UT-2009-00308_RPT-ML, februari 2009.

Klein, J., H. Molnár-in ’t Veld, G. Geilenkirchen, J. Hulskotte, N. Ligterink, Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands 2016, (incl. bijbehorende Excel spreadsheet).

Platt. S.M., et al (2014), Two-stroke scooters are a dominant source of air pollution in many cities, Nat. Commun. 5:3749 doi 10.1038/ncomms4749, 13 mei 2014.

TNO (2016), Notitie ‘dieselgate’, 2016-TL-NOT-0100292998, 6 januari 2016.

Verbeek, M. (2015), Bijdrage van brommers aan de luchtkwaliteit in Amsterdam, TNO-rapport TNO 2015 R11435, 18 december 2015.

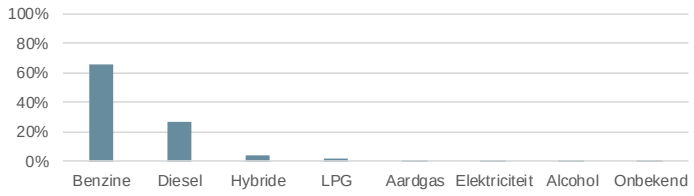
WHO (2014), Ambient (outdoor) air quality and health. Fact sheet No313. Updated March 2014.

Zuurbier, M. et al (2017), Invloed brommers en scooters op luchtkwaliteit fietspaden, GGD Gelderland-Midden, maart 2017.

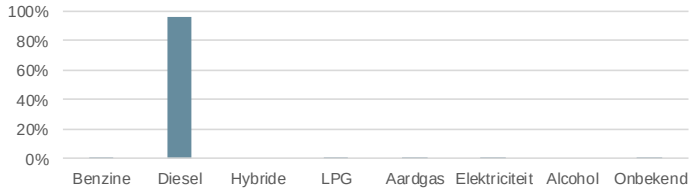
A1 Bijlage: resultaten wagenparkscan en kentekenonderzoek

In deze bijlage staan de resultaten van de telgegevens op hoofdlijnen. De telling is uitgevoerd op 11 april 2017 tussen 0 en 24 uur.

PERSONENAUTO'S



LICHTE BEDRIJFSVOERTUIGEN



Verdeling personenauto's en lichte bedrijfsvoertuigen over de brandstofsoorten.

MILIEUKLASSE DIESELVOERTUIGEN

	Personenauto		Licht (<3500 kg)	
Klasse	abs	%	abs	%
Euro 0	13	0.2%	10	0.4%
Euro 1	7	0.1%	5	0.2%
Euro 2	135	2.1%	115	4.0%
Euro 2 RF	9	0.1%	1	0.0%
Euro 3	599	9.2%	371	13.1%
Euro 3 RF	44	0.7%	10	0.4%
Euro 4	895	13.7%	386	13.6%
Euro 4 <0.005	293	4.5%	248	8.7%
Euro 4 RF	41	0.6%	6	0.2%
Euro 5	2812	43.2%	1350	47.5%
Euro 5 EEV			64	2.3%
Euro 6	1663	25.5%	276	9.7%
Totaal	6511	100.0%	2842	100.0%

Aantal getelde dieselvoertuigen en de verdeling over de Euroklassen.

CATEGORIE BROM-/SNORFIETS

Snorfiets	235	69.7%
Bromfiets	97	28.8%
Onbekend	5	1.5%

Aantal getelde brom- en snorfietsen en hun relatieve aandeel.

HERKOMST MOTORVOERTUIGEN

Herkomst	Abs	%
Arnhem	11145	39.1%
Lingewaard	1344	4.7%
Overbetuwe	1160	4.1%
Nijmegen	1093	3.8%
Apeldoorn	709	2.5%
Renkum	680	2.4%
Rheden	530	1.9%
Ede	454	1.6%
Nederland overig	6123	21.5%
Buitenland	682	2.4%
Lease	4582	16.1%
Onbekend	30	0.1%
Totaal	28532	100.0%

Herkomst van de motorvoertuigen op de meetlocatie.

A2 Bijlage: uitgangspunten effectberekeningen

Voor personenauto's en bestelauto's gehanteerde emissiefactoren per Euroklasse.

NO_x	Personenauto's							Bestelauto's		
	Benzine	Diesel	LPG	CNG	Hybride (benzine)	Hybride (diesel)		Benzine	Diesel	LPG
PreEuro	2.04	0.72	1.36							
Euro-1	0.72	0.80	0.91	0.52				0.47	0.98	1.51
Euro-2	0.47	0.43	1.23	0.32				0.28	1.22	0.58
Euro-3	0.15	0.43	0.41	0.15				0.11	1.04	0.36
Euro-4	0.05	0.67	0.18	0.16	0.05			0.07	0.57	0.17
Euro-5	0.04	0.53	0.14	0.13	0.04	0.63		0.06	0.67	0.13
Euro-6	0.04	0.23	0.14	0.13	0.04	0.24		0.06	0.53	0.13
PM verbranding (=PM_{10} = $PM_{2.5}$)										
PreEuro	0.04	0.42	0.02					0.06	0.95	0.02
Euro-1	0.0670	0.2362	0.0089	0.0670				0.0023	0.2099	0.0070
Euro-2	0.0046	0.1113	0.0089	0.0046				0.0075	0.1310	0.0070
Euro-3	0.0046	0.0314	0.0054	0.0046				0.0038	0.0286	0.0035
Euro-3 half open filter		0.0204		0.0046					0.0440	
Euro-4	0.0046	0.0328	0.0044		0.0046			0.0042	0.0005	0.0035
Euro-4 gesloten filter		0.0005		0.0037					0.0328	
Euro-5	0.0037	0.0005	0.0036		0.0037	0.0005		0.0034	0.0005	0.0028
Euro-6	0.0037	0.0005	0.0036	0.0037	0.0037	0.0005		0.0034	0.0005	0.0028

Emissiefactor slijtage

	PM_{10}	$PM_{2.5}$
Emissiefactor slijtage (g/km)	0.026	0.004

Aandeel EC tov $PM_{2.5}$

Euroklasse	Benzine	Diesel
PreEuro	5%	55%
Euro-1	25%	70%
Euro-2	25%	80%
Euro-3	15%	85%
Euro-3 half open filter	15%	20%
Euro-4	15%	87%
Euro-4 gesloten filter	15%	20%
Euro-5	15%	20%
Euro-6	15%	20%

Brommertype		Euro-klasse	VOS (g/km)	NOx (g/km)	PM-uitlaat (g/km)
Viertakt	25 km/h	Euro 0	13.91	0.04	0.21
		Euro 1	2.73	0.04	0.09
		Euro 2 en Euro 3 (vanaf 2014)	1.75	0.04	0.01
	45 km/h	Euro 0	13.91	0.04	0.21
		Euro 1	2.73	0.04	0.09
		Euro 2 en Euro 3 (vanaf 2014)	1.23	0.04	0.01
Tweetakt	25 km/h	Euro 0	13.91	0.12	0.21
		Euro 1	5.27	0.12	0.09
		Euro 2 en Euro 3 (vanaf 2014)	5.27	0.12	0.07
	45 km/h	Euro 0	13.91	0.1	0.21
		Euro 1	4.38	0.1	0.09
		Euro 2 en Euro 3 (vanaf 2014)	4.38	0.1	0.06

Kosten uitbreiding milieuzones Arnhem

Indicatief, op hoofdlijnen

Kosten gemeente

			Pers diesel < 1-1-2000		Pers diesel < 1-1-2004		Best diesel < 1-1-2000		Best diesel < 1-1-2004		Brom/snor <1-1-2011		Opmerking
Investeringskosten	Type kosten	Kosten per st	Aantal	Kosten	Aantal	Kosten	Aantal	Kosten	Aantal	Kosten	Aantal	Kosten	
Camera's (flexibel)	Materiaal etc.	€ 15.000	0	€ 0	0	€ 0	0	€ 0	0	€ 0	1	€ 15.000	Camera's huidige MZ is basis, alleen voor brom/snorfietsen aanvulling nodig
Software	Materiaal etc.	€ 50.000	1	€ 50.000	1	€ 50.000	1	€ 50.000	1	€ 50.000	1	€ 50.000	
Bebording	Materiaal etc.	€ 500	30	€ 15.000	30	€ 15.000	30	€ 15.000	30	€ 15.000	50	€ 25.000	
Ontheffingen	Personele kosten (fte)	€ 120.000	0,40	€ 48.000	0,40	€ 48.000	0,40	€ 48.000	0,40	€ 48.000	0,40	€ 48.000	
	Bouw loket	€ 50.000	1,00	€ 50.000	1,00	€ 50.000	1,00	€ 50.000	1,00	€ 50.000	1,00	€ 50.000	
Communicatie	Personele kosten (fte)	€ 120.000	0,40	€ 48.000	0,40	€ 48.000	0,30	€ 36.000	0,30	€ 36.000	0,40	€ 48.000	
	Middelen	€ 100.000	0,75	€ 75.000	0,75	€ 75.000	0,50	€ 50.000	0,50	€ 50.000	0,75	€ 75.000	
Projectmanagement	Personele kosten (fte)	€ 120.000	0,50	€ 60.000	0,50	€ 60.000	0,30	€ 36.000	0,30	€ 36.000	0,50	€ 60.000	
Juridische voorbereiding	Personele kosten (fte)	€ 120.000	0,50	€ 60.000	0,50	€ 60.000	0,30	€ 36.000	0,30	€ 36.000	0,50	€ 60.000	
Totaal				€ 406.000		€ 406.000		€ 321.000		€ 321.000		€ 431.000	

			Pers diesel < 1-1-2000		Pers diesel < 1-1-2004		Best diesel < 1-1-2000		Best diesel < 1-1-2004		Brom/snor <1-1-2011		Opmerking
Operationele kosten (per jaar)	Type kosten	Kosten per st/jr	Aantal	Kosten	Aantal	Kosten	Aantal	Kosten	Aantal	Kosten	Aantal	Kosten	
Beheer en onderhoud camera's	Materiaal; verplaatsen	€ 10.000	0	€ 0	0,00	€ 0	0	€ 0	0,00	€ 0	1	€ 10.000	Camera's huidige MZ is basis, alleen voor brom/snorfietsen aanvulling nodig
Licentie software	Materiaal etc.	€ 10.000	0	€ 0	0,00	€ 0	0	€ 0	0,00	€ 0	1	€ 10.000	
Ontheffingen	Personele kosten (fte)	€ 120.000	0,15	€ 18.000	0,25	€ 30.000	0,10	€ 12.000	0,15	€ 18.000	0,30	€ 36.000	
	Licentiekosten	€ 10.000	1,00	€ 10.000	1,00	€ 10.000	1,00	€ 10.000	1,00	€ 10.000	1,00	€ 10.000	
Communicatie	Personele kosten (fte)	€ 120.000	0,20	€ 24.000	0,20	€ 24.000	0,15	€ 18.000	0,15	€ 18.000	0,25	€ 30.000	
	Middelen	€ 15.000	0,60	€ 9.000	0,75	€ 11.250	0,40	€ 6.000	0,50	€ 7.500	0,75	€ 11.250	
Projectmanagement (incl juridica)	Personele kosten (fte)	€ 120.000	0,20	€ 24.000	0,30	€ 36.000	0,15	€ 18.000	0,15	€ 18.000	0,20	€ 24.000	
Handhaving boa's (achtervang)	Personele kosten (fte)	€ 120.000	0,15	€ 18.000	0,15	€ 18.000	0,10	€ 12.000	0,10	€ 12.000	0,15	€ 18.000	
Totaal				€ 103.000		€ 129.250		€ 76.000		€ 83.500		€ 149.250	
Totaal over 5 jaar				€ 515.000		€ 646.250		€ 380.000		€ 417.500		€ 746.250	
Totaal investering + operationele kosten 5 jaar				**€ 921.000**		**€ 1.052.250**		**€ 701.000**		**€ 738.500**		**€ 1.177.250**	

Maatschappelijke kosten

			Pers diesel < 1-1-2000		Pers diesel < 1-1-2004		Best diesel < 1-1-2000		Best diesel < 1-1-2004		Brom/snor <1-1-2011		Opmerking
	Type kosten	Kosten per stuk	Aantal	Kosten	Aantal	Kosten	Aantal	Kosten	Aantal	Kosten	Aantal	Kosten	Kosten aanschaf voertuig die MZ in mag minus restwaarde oude voertuig
Vervangingskosten te weren voertuigen voor gebruikers	Personenauto *reg bi MZ*	€ 1.000	20	€ 20.000	75	€ 75.000							
	Personenauto *reg bu MZ*	€ 1.000	200	€ 200.000	750	€ 750.000							
	Bestelauto *reg bi MZ*	€ 3.000					10	€ 30.000	35	€ 105.000			
	Bestelauto *reg bu MZ*	€ 3.000					120	€ 360.000	420	€ 1.260.000			
	Brom-/snorfiets *reg bi MZ*	€ 250									150	€ 37.500	
	Brom-/snorfiets *reg bu MZ*	€ 250									1.125	€ 281.250	
Totaal maatschappelijke kosten				**€ 220.000**		**€ 825.000**		**€ 390.000**		**€ 1.365.000**		**€ 318.750**	

A4 Bijlage: aantallen te weren voertuigen

Aantallen geregistreerde voertuigen Arnhem totaal (2016)
Bron: CBS statline http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=37209hvv&D1=0-17&D2=31,86&D3=12-16&VW=T

Personen	62127
Bestel	4325
Brom	8319
Snor	3285

Aantallen inwoners MZ vs Arnhem (2016)
Bron: https://arnhem.buurtmonitor.nl

Arnhem	153817		
Centrum	5112		
Markt	1171		
Weverstr	1634		
Rijnstr	1020		
Janssingel	159		
MZ tot	3984	Aandeel inwoners MZ t.o.v. Arnhem:	2,6%

Aantallen woningen MZ vs Arnhem (2016)
Bron: https://arnhem.buurtmonitor.nl

Arnhem	73639		
Centrum	3480		
Markt	714		
Weverstr	1178		
Rijnstr	718		
Janssingel	104		
MZ tot	2714	Aandeel woningen MZ t.o.v. Arnhem:	3,7%

Aanname % van MVT in Arnhem geregistreerd binnen MZ	3%

Aandelen geweerde voertuigen
Bron: wagenparkscan Dufec 2017 (zie bijlage A1)

	Alle voertuigen			
	Totaal	Klasse	Aantal	Aandeel
Personen	24453	d Euro 0-2	164	0,7%
		d Euro 0-3	807	3,3%
Bestel	2942	d Euro 0-2	131	4,5%
		d Euro 0-3	512	17,4%
Brom/snor	332	<1-1-2011	131	39,5%

	Voertuigen geregistreerd in Arnhem				
	Totaal	Klasse	Aantal	Aandeel	# reg in MZ
Personen	10226	d Euro 0-2	93	0,9%	17
		d Euro 0-3	402	3,9%	73
Bestel	869	d Euro 0-2	64	7,4%	10
		d Euro 0-3	251	28,9%	37
Brom/snor	234	<1-1-2011	96	41,0%	143