

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56
F +31 88 866 44 75

TNO-rapport

TNO 2016 R10189

Effecten van lokale maatregelen op de concentratie van roet voor situaties representatief voor gevoelige bestemmingen in de Provincie Utrecht

Datum 8 februari 2016
Auteur(s) M.H. Voogt en P. Jacobs

Aantal pagina's 40 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen
Opdrachtgever Provincie Utrecht
Projectnaam Maatregелеffecten roet
Projectnummer 060.18725

Alle rechten voorbehouden.

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

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2016 TNO

Samenvatting

Aanleiding

De provincie Utrecht heeft behoefte aan inzicht in de effectiviteit van maatregelen ter vermindering van de blootstelling aan luchtverontreiniging in gevoelige bestemmingen. Het terugdringen van de blootstelling op korte termijn levert relatief veel gezondheidswinst op, omdat extra kwetsbare groepen daar gedurende langere perioden verblijven.

Aanpak

In opdracht van de provincie heeft TNO een modelstudie uitgevoerd naar de effecten van lokale maatregelen ter vermindering van de jaargemiddelde concentratie van roet in 2017 voor situaties die representatief zijn voor gevoelige bestemmingen met een relatief hoge concentratie van roet. Dit betreft gebouwen langs wegen met relatief veel verkeer. Omdat gezondheidswinst het uitgangspunt is, en niet het halen van grenswaarden, is gekozen voor roet (EC) als indicator. Net als voor fijn stof, is voor roet geen veilige ondergrens bekend waaronder geen gezondheidseffecten optreden.

Naast lokale verkeersmaatregelen zijn gebouwgebonden maatregelen zoals het toepassen van filters in beschouwing genomen. Om de effectiviteit van beide type maatregelen voor de blootstelling van mensen in de betreffende gebouwen met elkaar te vergelijken zijn de effecten uitgedrukt in reductiepercentages.

De volgende aspecten van de maatregelen zijn kwalitatief beoordeeld:

- de kosten van de maatregelen;
- de effecten op $PM_{10}/PM_{2,5}$, NO_2 en ultrafijn stof;
- de kwalitatieve effecten op andere gezondheidsaspecten (blootstelling aan geluid, verkeersveiligheid en beweeggedrag);
- de partij die de maatregelen (het best) kan uitvoeren.

Resultaten

- Van de onderzochte verkeersmaatregelen zijn de milieuzones het meest effectief. Zones voor personen- en bestelverkeer zijn effectiever dan zones voor vrachtverkeer. Ter indicatie: werven van personen- en bestelverkeer t/m diesel Euro 2 / Euro3 / Euro 4 vermindert de bijdrage van het lokale verkeer (licht + vracht + bussen) aan de concentratie van EC respectievelijk met ordegrootte 25% / 35% / 55%. De reductie ten opzichte van de totale concentratie is circa 4% / 5% / 9%. Milieuzones voor personen- en bestelverkeer zullen in de praktijk vrijwel altijd gepaard gaan met zones voor vrachtverkeer waardoor het totale effect nog iets hoger zal liggen.
- De voor roet meest effectieve verkeersmaatregelen, de milieuzones, gaan op locaties waar die nog niet ingevoerd zijn gepaard met hoge kosten. In zones waar reeds een milieuzone van kracht is zal het strenger maken van de eisen minder kosten met zich meebrengen. Behalve effecten op de concentratie van NO_2 , $PM_{10}/PM_{2,5}$ en ultrafijnstof hebben milieuzones weinig bijkomende

- positieve effecten. Ze dragen nauwelijks bij aan het verminderen van de blootstelling aan geluid en stimuleren van verkeersveiligheid en beweeggedrag.
- Maatregelen die positief scoren op het verminderen van de blootstelling aan geluid en het stimuleren van verkeersveiligheid en/of beweeggedrag zijn voor het verlagen van roetconcentraties relatief juist minder effectief. Dit betreft bijvoorbeeld zero-emissie bussen en het verminderen van licht verkeer en verminderen van vrachtverkeer.
 - De onderzochte maatregel voor de rijksweg (80 km/u zone) heeft op de bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC een effect van 6 tot 17% voor een uitgangssituatie met respectievelijk een snelheidslimiet van 100 en 130 km/uur. De doorstromingsmaatregelen op provinciale of gemeentelijke wegen hebben ook een orde van grootte van 10%. Wanneer verschoningsmaatregelen niet tot de mogelijkheid behoren (zoals bijvoorbeeld op de rijkswegen), zijn maatregelen ter vermindering van stagnatie het meest effectief.
 - De gebouwgebonden maatregelen hebben, mits goed toegepast, een aanzienlijk groter effect op de binnenconcentratie van roet dan de verkeersmaatregelen. De orde van grootte van het reductiepercentage van het toepassen of verhogen van de kwaliteit van filters is 50%, terwijl de best scorende verkeersmaatregel tot orde van grootte 10% komt. Ook de kosten voor de gebouwgebonden maatregelen zijn in vergelijking met de verkeersmaatregelen relatief laag. Nadeel is dat de invloedssfeer van een gebouwgebonden maatregel beperkt is tot het betreffende gebouw alleen.
 - Het verplaatsen van de luchtaanzuig van de voor- naar de achtergevel van een gebouw kan concentraties binnen doen afnemen met ca. 10-15%, wanneer er tenminste een lage kwaliteit filters wordt toegepast in het luchtbehandelingssysteem. Het verhogen van de kwaliteit van de filters is in zo'n geval voor roet en (ultra)fijn stof veel effectiever en bovendien veel goedkoper. Wanneer er al een hoge kwaliteit (F7-F9) filters wordt toegepast, voegt het verplaatsen van de luchtaanzuig voor roet en (ultra)fijn stof weinig meer toe. Voor gassen (bijvoorbeeld NO_x), die door de filters in het systeem niet kunnen worden afgevangen, is het verplaatsen van de luchtaanzuig wel een optie.

Conclusies

- 1 Door autonome verschoning neemt de concentratie van EC tussen 2015 en 2020 gestaag af. De effecten van lokale verkeersmaatregelen op de concentratie van EC worden daardoor steeds geringer. Van de onderzochte lokale verkeersmaatregelen zijn milieuzones het meest effectief omdat die de laatste grote vervuilers (voertuigen zonder roetfilter) weren.
- 2 Om gevoelige groepen extra te beschermen kunnen gebouwgebonden maatregelen in bestaande bouw de concentratie van roet en ultrafijn stof binnen verlagen. Toepassen van centrale luchtbehandeling met een hoge kwaliteit filters (F7-F9) heeft alleen effect op de concentraties van roet en ultrafijn stof als het goed gebruikt wordt (ramen en deuren dichthouden), goed onderhouden wordt en filters tijdig vervangen worden.

Discussie

Het onderzoek heeft laten zien dat het aandeel van het lokale verkeer aan de concentratie van EC ter hoogte van de voorgevels van de gekozen rekensituaties in 2017 relatief klein is (11 tot 33%). Door autonome verschoning als gevolg van roetfilters wordt de concentratie van EC steeds meer gedomineerd door de achtergrondconcentratie. Ook de bijdrage van het verkeer aan de achtergrondconcentratie neemt volgens de prognoses tot 2020 fors af. De bijdragen van andere bronnen als huishoudens, scheepvaart en mobiele werktuigen voor de bouw nemen veel minder af. Opgemerkt wordt dat de prognoses onzeker zijn. Er is behoefte aan validatie van de emissiefactoren en concentraties van EC. Ondanks deze onzekerheden is het duidelijk dat lokale maatregelen de verschoning voor wat betreft roet op de korte termijn kunnen versnellen, maar dat er op de langere termijn steeds minder winst te behalen is. Dat wil niet zeggen dat het niet zinvol is om maatregelen te nemen. Zo zullen concentraties van NO₂ en ultrafijn stof ook afnemen door lokale maatregelen. Ook dragen sommige maatregelen bij aan andere gezondheidsaspecten als blootstelling aan geluid, verkeersveiligheid en beweeggedrag.

Uit het onderzoek blijkt dat de toepassing van F7-F9 filters – mits goed toegepast (ramen en deuren dichthouden) en goed onderhouden – de roetconcentratie binnen aanzienlijk reduceert. De reductie is veel groter dan die als gevolg van lokale verkeersmaatregelen. Filters vangen namelijk niet alleen een deel van de bijdrage van lokaal verkeer af, maar ook van de ‘achtergrondconcentratie’. Daardoor zijn deze maatregelen in zijn totaliteit veel effectiever om de binnenconcentratie in gevoelige bestemmingen te verlagen. Ook de kosten voor de gebouwgebonden maatregelen zijn in vergelijking met de verkeersmaatregelen relatief laag, maar de invloedssfeer is uiteraard beperkt tot het betreffende gebouw alleen. Dat laatste maakt dat bronmaatregelen zoals verkeersmaatregelen in principe de voorkeur hebben. Die beïnvloeden namelijk een groter gebied en een grotere doelgroep (omwonenden, passanten etc.). Echter, om gevoelige groepen extra te beschermen kunnen gebouwgebonden maatregelen zeer nuttig zijn.

Aanbevelingen

Uit het onderzoek volgen aanbevelingen voor verschillende stakeholders (lokale, regionale en rijksoverheid, gebouweigenaren / bouwers / architecten). Deze zijn in paragraaf 6.4 opgenomen. Ook worden daar richtingen aangegeven voor vervolgonderzoek.

Verklarende woordenlijst

- EC** Elementair Koolstof (in het Engels: elemental carbon).
De concentratie van EC is een maat voor de massa van roetdeeltjes in fijn stof. Deze roetdeeltjes worden uitgestoten door verbrandingsprocessen van koolstofhoudende brandstoffen. Vanwege emissies dicht aan de grond en de intensiteit van het wegverkeer in stedelijk gebied zijn uitlaatemissies van dieselloertuigen van belang voor blootstelling aan roet. Gezondheidskundig onderzoek (Janssen et al., 2011) laat zien dat concentraties van EC een goede indicatie zijn van de waargenomen gezondheidseffecten van verkeersemissies. EC draagt maar in beperkte mate bij aan de massa van fijn stof (PM_{10} en $PM_{2,5}$) omdat de grotere deeltjes dominant zijn in de totale massa.
- GCN** Grootschalige Concentratiekaarten Nederland.
Het RIVM maakt jaarlijks kaarten met grootschalige concentraties (in vaktermen GCN) en deposities (GDN) in Nederland in het kader van natuur- en milieubeleid. De kaarten zijn gebaseerd op een combinatie van modelberekeningen en metingen en zijn bedoeld voor het geven van een grootschalig beeld van de luchtkwaliteit en depositie in Nederland zowel voor jaren in het verleden als in de toekomst.
- I/O** Indoor/outdoor verhouding.
De verhouding tussen heersende concentratie binnen en buiten een gebouw. De verhouding is afhankelijk van de toegepaste kwaliteit van de luchtfilters.
- SRM** Standaardrekenmethode
Het berekenen van de bijdrage van luchtverontreinigende bronnen aan concentratieniveaus gebeurt in Nederland met de zogenaamde standaardrekenmethodes. Dit is vastgelegd in de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit 2007.
- SRM1** De standaardrekenmethode voor het berekenen van de gevolgen voor de luchtkwaliteit bij een weg die voldoet aan de volgende voorwaarden:
- de weg ligt in een stedelijke omgeving;
 - de maximale rekenafstand is de afstand tot de bebouwing, met een maximum van 30 of 60 meter ten opzichte van de wegas, afhankelijk van het straattype;
 - er is niet of nauwelijks sprake van een hoogteverschil tussen de weg en de omgeving;
 - langs de weg bevinden zich geen afschermdende constructies.
- De meeste binnenstedelijke wegen en provinciale wegen in stedelijk gebied worden met SRM1 doorgerekend.
- SRM2** De standaardrekenmethode voor het berekenen van concentraties van verontreinigende stoffen in de buitenlucht bij wegen die voldoen aan de volgende voorwaarde:
- de afstand van de bebouwing tot de wegrand is drie of meer maal zo groot als de hoogte van de eventueel aanwezige bebouwing.

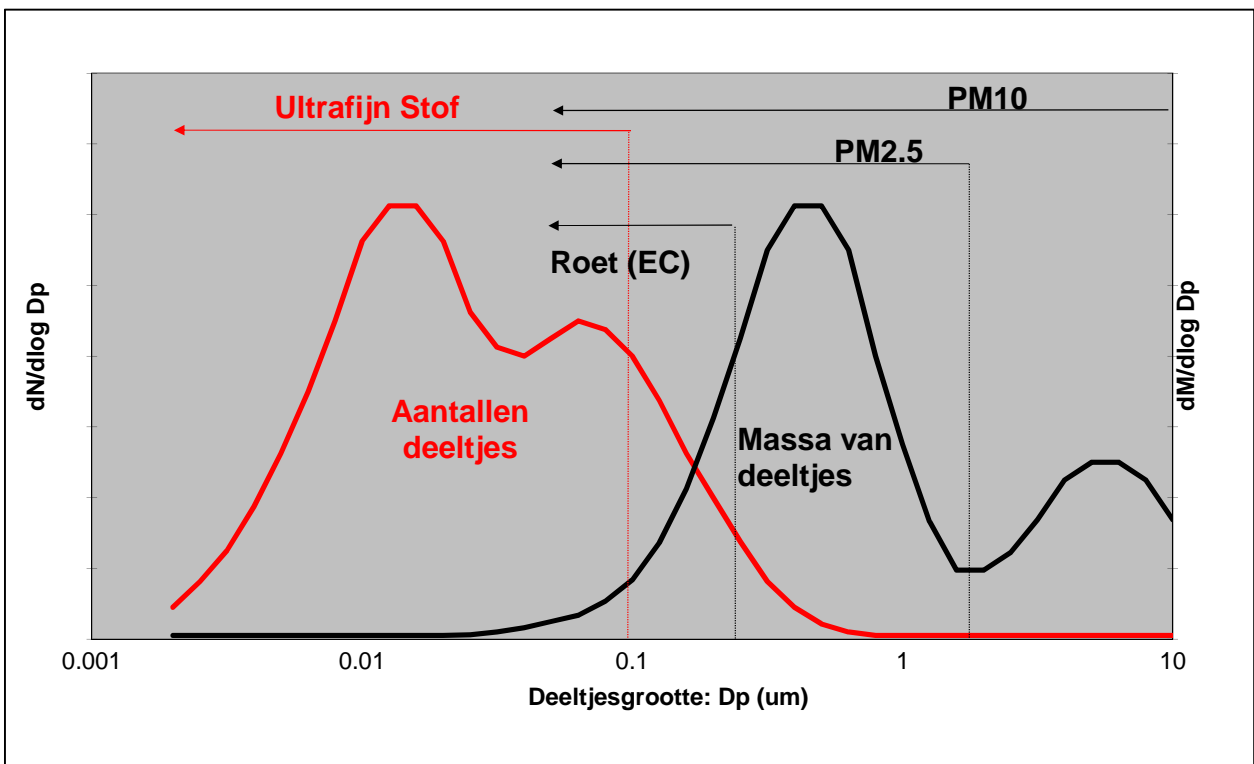
Rijkswegen en provinciale wegen buiten stedelijk gebied worden met SRM2 doorgerekend.

Stagnatiefactor

De stagnatiefactor is een invoerparameter voor SRM1 en een inschatting van de hoeveelheid stagnatie. De factor wordt toegepast voor de weging van de emissiefactoren voor een bepaald snelheidsregime zonder en met stagnatie. Voor meer detail wordt verwezen naar Bijlage A.2.

Ultrafijn stof

Ultrafijn stof is de verzamelnaam voor deeltjes kleiner dan 0,1 micrometer (100 nanometer). Ultrafijne deeltjes komen vrij bij verbrandingsprocessen. O.a. wegverkeer en vliegtuigen stoten ultrafijne deeltjes uit. Ze ontstaan ook door chemische reacties in de atmosfeer en natuurlijke bronnen. Het verschil met roet wordt geïllustreerd in Figuur 1. Roetdeeltjes bestaan ook uit grotere deeltjes dan alleen ultrafijne. Roet wordt uitgedrukt in een massamaat ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), ultrafijn in aantal deeltjes per kubieke cm ($\#/ \text{cm}^3$). Het grootste deel van de massa van roet wordt gevormd door deeltjes tussen 100 en 300 nm. Van deeltjes met afmeting rond 10 nm worden de grootste aantallen in de buitenlucht gemeten. Deze zeer kleine deeltjes dragen niet tot nauwelijks bij aan de massa van fijn stof, maar ze bepalen grotendeels de deeltjesaantallen concentratie (ultrafijn stof dus).



Figuur 1 Aantallen (rood) en massa (zwart) van fijn stof in de buitenlucht in relatie tot de deeltjesgrootte in μm .

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
	Verklarende woordenlijst.....	5
1	Inleiding	8
2	Methode en uitgangspunten.....	9
2.1	Rekenmodel voor concentraties van EC	9
2.2	Rekensituaties	9
2.3	Concentraties binnen.....	10
2.4	Effecten van individuele maatregelen.....	11
3	Maatregelen.....	13
3.1	Verkeersmaatregelen	13
3.2	Gebouwgebonden maatregelen	15
4	Effecten op de concentratie van EC	17
4.1	Concentraties in de nulsituatie 2017	17
4.2	Toepassing van maatregelen voor rekensituaties.....	18
4.3	Maatreeleffecten	19
5	Andere aspecten van de maatregelen	24
5.1	Inschatting van de kosten.....	24
5.2	Effecten op PM ₁₀ /PM _{2,5} , NO ₂ en ultrafijn stof.....	25
5.3	Andere gezondheidsbaten.....	28
5.4	Eigenaarschap.....	30
6	Conclusies, discussie en aanbevelingen.....	31
6.1	Resultaten.....	31
6.2	Conclusies	32
6.3	Discussie	32
6.4	Aanbevelingen	34
7	Referenties	36
8	Ondertekening	38
	Bijlage(n)	
	A Kenmerken rekensituaties	

1 Inleiding

De provincie Utrecht heeft behoefte aan inzicht in de effectiviteit van maatregelen ter vermindering van de blootstelling aan luchtverontreiniging in gevoelige bestemmingen. Het terugdringen van de blootstelling op korte termijn levert relatief veel gezondheidswinst op, omdat extra kwetsbare groepen daar gedurende langere perioden verblijven.

In opdracht van de provincie heeft TNO een modelstudie uitgevoerd naar de effecten van lokale maatregelen ter vermindering van de jaargemiddelde concentratie van roet in 2017 voor situaties die representatief zijn voor gevoelige bestemmingen met een relatief hoge concentratie van roet. Omdat gezondheidswinst het uitgangspunt is, en niet het halen van grenswaarden, is gekozen voor roet als indicator. Net als voor fijn stof, is voor roet geen veilige ondergrens bekend waaronder geen gezondheidseffecten optreden. Ultrafijn stof (het aantal deeltjes per cm^3) zou ook een goede indicator zijn, maar het ontbreekt aan (naar Euroklassen) gedetailleerde emissiefactoren. Deze zijn nodig om mee te rekenen. Voor EC (als indicator voor roet) zijn wel gedetailleerde emissiefactoren beschikbaar, maar deze zijn nog maar beperkt gevalideerd in de praktijk. Daarom hebben ze het stempel 'indicatief'. Ze zijn gebaseerd op een beperkte set aan emissiemetingen en kennen daarom een aanzienlijke onzekerheid.

Hoofddoel van de studie is om voor een aantal rekensituaties inzicht te geven in de afname van de jaargemiddelde concentratie van EC als gevolg van verschillende typen maatregelen. De maatregelen betreffen lokale verkeersmaatregelen en gebouwgebonden maatregelen. De laatste grijpen in op de luchtstroom van buiten naar binnen om zo de concentratie binnen te verminderen.

Er is voor gekozen om te rekenen voor situaties waar de concentraties relatief hoog zijn. De rekensituaties liggen allemaal langs een drukke weg. De verkeersmaatregelen hebben voor deze situaties vooral effect op de lokale bijdrage van het verkeer. Het eventuele effect op de achtergrondconcentratie ter plaatse is veel kleiner. Daarom is in deze studie voor de verkeersmaatregelen alleen gerekend aan het effect op de lokale verkeersbijdrage en alleen voor die wegen die in de NSL Rekentool zijn opgenomen.

Naast inzicht in de effecten op de concentratie van roet, wordt in dit rapport ook kwalitatief inzicht gegeven in:

- de kosten van de maatregelen;
- de effecten op $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2,5}$, NO_2 en ultrafijn stof;
- de kwalitatieve effecten op andere gezondheidsaspecten (blootstelling aan geluid, verkeersveiligheid en beweeggedrag);
- de partij die de maatregelen (het best) kan uitvoeren.

In twee klankbordgroepbijeenkomsten zijn het plan van aanpak, de keuze van de maatregelen en rekensituaties en de conceptresultaten besproken.

De klankbordgroep bestond uit vertegenwoordigers van de Provincie Utrecht, Gemeenten Utrecht en Amersfoort, Omgevingsdienst Regio Utrecht, GGD Regio Utrecht, PBL, Rijkswaterstaat en RIVM.

2 Methode en uitgangspunten

2.1 Rekenmodel voor concentraties van EC

Met behulp van het model Urban Strategy zijn berekeningen van de jaargemiddelde concentraties van EC in 2017 uitgevoerd. In Urban Strategy zijn de standaardrekenmethodes voor snelwegen en binnenstedelijke wegen gekoppeld. Er is gerekend met emissiefactoren voor 2017 (geïnterpoleerd tussen 2015 en 2020), maar met de 2015 ligging en kenmerken van wegen zoals die in de NSL Rekentool zijn opgenomen. Voor 2017 is dat namelijk niet apart beschikbaar. Voor een aantal situaties zijn handmatig wegkenmerken als stagnatie en SRM1 wegtype aangepast.

De emissiefactoren zijn met behulp van het model Versit+ bepaald. Het model is gebaseerd op vele metingen van voertuigemissies onder verschillende belastingen en rijcondities. Hetzelfde model wordt door TNO gebruikt voor de jaarlijkse actualisatie van de emissiefactoren voor de NSL Rekentool. De factoren van de actualisatie van 2015 zijn in deze studie gebruikt. De verdeling van de voertuigen over de diverse Euroklassen en de verdeling van personen- en bestelvoertuigen in licht verkeer is afgeleid uit het landelijk gemiddelde voor 2017. Bij de milieuzonemaatregelen is de aanname gedaan dat 90% van de categorie geweerde voertuigen daadwerkelijk vervangen wordt door schonere voertuigen (10% ontheffingen en overtreders).

De achtergrondconcentraties zijn bepaald door interpolatie tussen de GCN kaarten van 2015 en 2020. De dubbeltellingscorrectie (ter correctie van de dubbeltelling van de bijdrage van SRM2 wegen) is toegepast, omdat de bijdrage van SRM2 wegen in Urban Strategy apart wordt berekend.

In een later stadium is de opbouw van de achtergrondconcentratie nader onderzocht, omdat de berekende lokale bijdrage van het verkeer gering bleek te zijn. Dit wordt besproken in de discussie in hoofdstuk 6.

2.2 Rekensituaties

Op basis van een bestaande roetkaart voor de provincie Utrecht zijn fictieve rekensituaties gekozen. De gekozen rekensituaties zijn representatief voor gevoelige bestemmingen in de provincie Utrecht met een relatief hoge concentratie van EC. Ze zijn mede geselecteerd op basis van variatie in:

- Type weg waaraan ze liggen: rijksweg, provinciale weg, binnenstedelijk weg (ringweg, toegangsweg, weg in het centrum)
- Verkeersintensiteit
- verkeerssamenstelling
- Snelheidsregime en stagnatie
- Wegtype in relatie tot gebouwen (SRM1-wegtypen)
- Milieuzone
- Achtergrondconcentratie

In het model is op de gevel van de betreffende gebouwen die het dichtst bij de weg gelegen is (voorgevel) een rekenreceptor geplaatst. De situaties zijn gekarakteriseerd op basis van verschillende kenmerken. Een uitgebreid overzicht van de kenmerken van de rekensituaties zijn in Bijlage A weergegeven. Tabel 1 geeft de opvallende kenmerken weer.

Tabel 1 Kenmerken van de rekensituaties (zie voor uitgebreid overzicht Bijlage A)

Nr.	Type weg	Afstand tot de weg voorgevel (m)	Afstand tot de weg achtergevel (m)	Meest opvallende kenmerken
1	Provinciale weg	18,4	27,7	Relatief lage achtergrondconcentratie
2	Rijksweg	33,1	129,5	Relatief lage achtergrondconcentratie
3	Ringweg	31,9	68,2	Stagnerend verkeer, relatief lage achtergrondconcentratie
4	Ringweg	24,1	43,1	
5	Toegangsweg	12,6	34,5	Hoge mate van stagnatie
6	Weg centrum buiten milieuzone	7,3	24,6	Groot aantal bussen
7	Weg centrum in milieuzone (vracht + personen/bestel)	9,4	28,8	

2.3 Concentraties binnen

Gebouwgebonden maatregelen hebben effect op de concentraties waaraan mensen binnen worden blootgesteld. Ze beïnvloeden de concentratie van roet in de luchtstroom van buiten naar binnen. Voor de inschatting van de maatreegeffecten worden factoren binnen/buiten toegepast op de jaargemiddelde buitenconcentratie. In de literatuur wordt deze verhouding I / O (Indoor – Outdoor) genoemd. De factoren zijn afhankelijk van de toegepaste kwaliteit luchtfilters. Daarnaast spelen ook de luchtdichtheid van het gebouw, het ventilatiedebiet en gebruikersgedrag een rol. In Tabel 2 worden schattingen gegeven voor I / O verhoudingen in een typische situatie bij verschillende kwaliteiten luchtfilters.

Tabel 2 Effect van de filterkwaliteit op I / O verhouding voor roet.

Filterkwaliteit (EN 779)	I / O range	Waarde I / O waarmee in deze studie gerekend is	Referentie
Geen (natuurlijke toevoer)	0,8-1	0,9	Dijkema et al., 2009; van der Zee en Strak, 2015.
Medium filter (M5)	0,6-1	0,8	De Jonge en Strak, 2014; van der Zee en Strak, 2015; TNO onderzoek (nog niet gepubliceerd)
Fijn filter (F7 – F9)	0,25-0,5	0,4	De Jonge en Strak, 2014; van der Zee en Strak, 2015; TNO onderzoek (nog niet gepubliceerd)

Bij natuurlijke ventilatie, dus zonder toepassing van luchtfilters bedraagt de binnenconcentratie roet typisch 90% van de buitenconcentratie. Deze beperkte reductie wordt veroorzaakt door depositie aan inrichtingsmaterialen en hangt mede af van de toegepaste ventilatiestroom. Hoe hoger de ventilatiestroom, hoe kleiner de reductie. Hier is uitgegaan van typische ventilatiedebieten waarbij een goede luchtkwaliteit wat betreft CO₂ (geurbeleving) wordt gehandhaafd.

In de meeste gebouwen is de infiltratiestroom, de lekkage van buitenlucht door naden en kieren in de buitenschil, de beperkende factor voor de effectiviteit van filters. Uit metingen en simulaties van fijnstofafvangst in kantoorgebouwen (Jacobs, 2015) blijkt dat het verschil in concentratie van fijnstof (PM_{2,5}) tussen kantoorgebouwen met een F7 en een F9 filter gering is en vooral wordt bepaald door de luchtdichtheid van de gebouwschil.

Bij de I / O verhouding in Tabel 2 is er vanuit gegaan dat ramen en deuren gesloten zijn en dat de ventilatie tot stand komt door het ventilatiesysteem. Deze situatie is een goed uitgangspunt voor het stookseizoen. Buiten het stookseizoen is het van belang dat adequate zonwering aanwezig is in combinatie met nachtventilatie of dat mechanische koeling wordt toegepast om de binnentemperatuur op een comfortabel niveau te handhaven. Zodra ramen of deuren worden geopend om de temperatuur te regelen (spuien) neemt, ongeacht de toegepaste filterkwaliteit, de binnenconcentratie toe tot dicht bij de buitenconcentratie. Bij de berekeningen in de huidige studie is ervan uitgegaan van een luchtdicht gebouw, waarin ramen en deuren dus gesloten zijn.

Opgemerkt wordt dat roet (en ultrafijn stof) in gebouwen voor een groot deel afkomstig is van buiten. Er zijn geen of nauwelijks binnenbronnen voor deze stoffen, op eventueel koken, strijken en bijvoorbeeld het branden van kaarsen na. PM₁₀ en PM_{2,5} hebben wel binnenbronnen, waarvan de belangrijkste het opwerpen van stof door het heen en weer lopen van mensen (het sterkst voor PM₁₀). In gebouwen met centrale luchtbehandeling (gefilterde lucht en goede ventilatie) duren de verhogingen in de concentratie van PM als gevolg van opwerveling niet lang. De lucht wordt in dat geval snel ververs met gefilterde buitenlucht. Maar in gebouwen met natuurlijke ventilatie kan dit binnen voor langdurig hoge concentraties van PM zorgen.

2.4 Effecten van individuele maatregelen

De effectiviteit van de individuele verkeers- en gebouwgebonden maatregelen wordt uitgedrukt in een reductiepercentage ten opzichte van de nulsituatie. Voor de verkeersmaatregelen wordt het percentage gebaseerd op de berekende concentratie aan de voorgevel. Voor de gebouwgebonden maatregelen vormen de hierboven weergegeven I / O verhoudingen de basis. Een uitzondering is de gebouwgebonden maatregel waarbij de luchtaanzuig van de voorgevel naar de achtergevel wordt verplaatst. Voor die maatregel wordt uitgegaan van de berekende concentratie aan de achtergevel.

Opgemerkt wordt dat de nulsituaties voor de gebouwgeboden maatregelen niet gelijk zijn, zie paragraaf 3.2. Door de effecten uit te drukken in percentages is het mogelijk om de verschillende verkeersmaatregelen en gebouwgebonden maatregelen met elkaar te vergelijken waar het gaat om de blootstelling van mensen in de betreffende gebouwen. De *absolute* reductie van de binnenconcentratie van EC in gevoelige bestemmingen hangt uiteraard af van de bestaande situatie met betrekking tot luchttoevoer en filtering. Tenslotte wordt opgemerkt dat bronmaatregelen niet alleen effect hebben op de blootstelling van mensen in het betreffende gebouw maar ook op mensen in de directe omgeving. Dat wordt in deze studie niet meegenomen.

3 Maatregelen

3.1 Verkeersmaatregelen

3.1.1 *Milieuzone vrachtverkeer, weren Diesel t/m Euro IV*

De huidige milieuzone vrachtverkeer in het centrum van Utrecht weert vrachtverkeer Euro 0 t/m Euro III. Dit betreft voertuigen met modeljaar van voor oktober 2005. Deze maatregel betreft het strenger maken van de eisen van de bestaande zone, alsmede het invoeren van een milieuzone op plaatsen waar deze nog niet ingesteld is. Bijvoorbeeld een grotere zone in Utrecht of een zone introduceren in Amersfoort. In dit scenario worden de eisen ook meteen strenger (weren van voertuigen van voor oktober 2008), omdat de meeste vrachtwagens inmiddels verschoond zijn door de milieuzones (weren t/m Euro III) in verschillende steden in Nederland. De vrachtwagens die deze milieuzones bezoeken zullen namelijk ook in steden rijden zonder milieuzone.

3.1.2 *Milieuzone vrachtverkeer, weren Diesel t/m Euro V*

Als maatregel 3.1.1, maar dan de strengere variant. Het aandeel vrachtwagens Euro IV is relatief klein. Dit komt doordat Euro V vrachtwagens versneld op de markt gekomen zijn (voordat dit verplicht was). Dit werd veroorzaakt door de Mautregeling in Duitsland, waardoor transporteurs liever Euro V vrachtwagens wilden kopen dan Euro IV. Het in 2017 weren van vrachtwagens Euro V en ouder is streng, aangezien Euro VI pas vanaf januari 2013 op de markt is gekomen. Op dit moment geldt op Maasvlakten 1 en 2 dat vrachtverkeer geweerd wordt t/m Euro V (Euro V komt overeen met vrachtwagens geleverd tussen oktober 2008 en december 2012).

3.1.3 *Milieuzone licht (personen- en bestel-) verkeer, weren Diesel t/m Euro 2*

In de provincie Utrecht is de milieuzone personen- en bestelverkeer alleen in het centrum van Utrecht van kracht. Diesel personen en kleine bestelvoertuigen van voor 2001 en grotere bestelvoertuigen van voor 2002 worden geweerd. Deze maatregel betreft het invoeren van de zone op andere plaatsen, bijvoorbeeld een grotere zone in Utrecht of een zone introduceren in Amersfoort.

3.1.4 *Milieuzone licht (personen- en bestel-)verkeer, weren Diesel t/m Euro 3*

De milieuzone personen- en bestelverkeer in het centrum van Utrecht weert licht dieselverkeer t/m Euro 2. In dit scenario worden de eisen in 2017 aangescherpt naar Euro 3 (voertuigen van voor 2006/2007). Dat geldt ook voor het invoeren van de milieuzone waar die nu nog niet is, maar dan direct met strengere eisen.

3.1.5 *Milieuzone licht (personen- en bestel-) verkeer, weren Diesel t/m Euro 4*

Als maatregel 3.1.4, maar dan een nog strengere variant. Weren t/m Euro 4 houdt in weren t/m modeljaar 2010/2011.

3.1.6 *Bussen zero-emissie*

In 2019 zullen alle OV-bussen naar verwachting aan Euro VI moeten voldoen. Voor locaties waar veel busverkeer is, is het verder verschonen van bussen een interessante maatregel om door te rekenen.

Deze maatregel betreft het vervangen van de OV-bussenvloot van Euro VI naar zero-emissie, bijvoorbeeld door elektrisch rijden of bussen op waterstof. De verschoning van andere bussen, zoals interliners en touringcars is niet zo makkelijk te realiseren.

- 3.1.7 *Verminderen intensiteit personenverkeer door fiets- en parkeermaatregelen*
Personenverkeer kan bijvoorbeeld verminderd worden door het stimuleren van fietsverkeer en parkeermaatregelen. Deze generieke maatregelen gelden voor een groter gebied, niet voor een specifieke straat. In de Solve maatregelenmix zijn reductiepercentages tussen 0 en 15% opgenomen. In deze studie is gekozen voor een reductiepercentage van 5%, een ambitie die past bij het huidige beleid van de provincie Utrecht.
- 3.1.8 *Verminderen intensiteit vrachtverkeer*
Er zijn verschillende maatregelen denkbaar om de intensiteit van het vrachtverkeer te verminderen. Een maatregel die in dit kader veel genoemd wordt is stadsdistributie. Dit betreft het bundelen van goederen voor kleine winkels aan de rand van de stad, zodat voertuigkilometers verminderen. Verschoning kan een secundair effect zijn, maar dit effect is veel kleiner dan het verlagen van voertuigkilometers. TNO onderzoek (Quak en van Rooijen, 2009) geeft reductiepercentages van 1 tot 5% (op het totaal aantal vrachtkilometers). Er zijn ook andere maatregelen denkbaar. Door het verruimen van venstertijden zouden vrachtwagens bijvoorbeeld meer locaties in een stad aan kunnen doen zodat dubbele kilometers worden vermeden. In deze studie is gerekend met een etmaalgemiddeld reductiepercentage van 5% voor middelzware en zware vrachtwagens. Het is de vraag of dit percentage in de praktijk gehaald kan worden. Het moet dan ook beschouwd worden als een 'wat-als' scenario.
- 3.1.9 *Bevorderen van de doorstroming: netwerkregeling / groene golf*
De regeling van verkeerregelinstanties (VRI's) op grotere binnenstedelijke wegen (toegangswegen, ringwegen, stadsring etc) of provinciale wegen kan op elkaar afgestemd worden in een netwerk. Op die manier kunnen groene golven ontstaan, waarbij voorrang wordt gegeven aan verkeer op de hoofdrijbanen. Verkeer op de zijwegen zal daardoor langer moeten wachten. Indien gevoelige bestemmingen aan hoofdrijbanen liggen, is het interessant om de doorstroming daar te bevorderen. In de luchtkwaliteitsmodellen zal de stagnatiefactor daardoor verminderen. Hoeveel is een lastige vraag, en hangt af van lokale omstandigheden. In feite zou daar een verkeersmodel voor de lokale schaal aan te pas moeten komen. Dat voert voor deze studie te ver. Daarom is afhankelijk van de stagnatiefactoren die zijn ingevoerd in de Monitoringstool een inschatting gemaakt worden op basis van expert judgement. Richtlijn daarbij is het halveren van de stagnatiefactor.
- 3.1.10 *80 km per/uur met strikte handhaving (nulsituatie: 100 km/uur)*
Op een aantal stukken rijksweg in Nederland door stedelijk gebied geldt een limiet van 80 km/uur met strikte handhaving. Voertuigemissies zijn lager onder dit regime in vergelijking met 100, 120 of 130 km/uur. In deze studie wordt gekozen voor een situatie langs een rijksweg waarop in de huidige situatie een limiet van 100 km/uur geldt.

3.1.11 *80 km per/uur met strikte handhaving (nulsituatie: 130 km/uur)*

Deze maatregel is als 3.1.10, maar dan met een uitgangssituatie waarin een limiet van 130 km/uur geldt. Om deze maatregel door te rekenen is handmatig het snelheidsregime in het model aangepast.

NB: Het verlagen van de snelheid van 130 naar 80 km/uur is een grote stap. Het verlagen van 130 naar 100 km/uur is wellicht realistischer. Het effect van deze verlaging is grofweg in te schatten als het verschil tussen maatregelen 10 en 11, maar dan nog iets effectiever omdat er in de eindsituatie ook strikte handhaving zal worden toegepast.

3.2 **Gebouwgebonden maatregelen**

Gebouwgebonden maatregelen hebben effect op de concentraties waaraan mensen binnen worden blootgesteld. De blootstelling van kinderen op een basisschool (maandag t/m vrijdag overdag) is anders dan die van bewoners van een verpleegtehuis (24/7). Een basisschool zal bijvoorbeeld de avondspits missen. De in deze studie gerapporteerde effecten hebben betrekking op jaargemiddelde concentraties. Voor individuele blootstelling zou ook de duur en het moment van blootstelling meegewogen moeten worden.

De gebouwgebonden maatregelen die worden meegenomen worden hierna beschreven.

3.2.1 *Verplaatsen buitenluchtaanzuig*

Indien er in gebouwen sprake is van centrale luchtbehandelingssystemen, komt het vaak voor dat de buitenluchtaanzuig direct aan de weg is gelegen. Aangenomen wordt dat de luchtaanzuig op de gevel het dichtst bij de weg is gesitueerd. In de nieuwe situatie wordt de luchtaanzuig aan de achtergevel gesitueerd. Dit vereist de aanleg van een luchtkanaal over het gebouw. Het effect op de concentratie EC ter plaatse van het aanzuigpunt is door middel van berekeningen met het luchtkwaliteitsmodel bepaald.

- Nulsituatie: centrale luchtbehandeling + M5 filters
- Nasituatie: centrale luchtbehandeling + M5 filters, verplaatste luchtaanzuig.

3.2.2 *Verhogen van de kwaliteit van de luchtfilters*

In veel luchtbehandelingssystemen zijn luchtfilters opgenomen om warmtewisselaars en de toevoerkanalen tegen vervuiling te beschermen. Dit betreft vaak M5 filters. Deze filters kunnen in de meeste gevallen zonder bouwkundige of installatietechnische maatregelen worden vervangen door F7 – F9 filters welke beduidend meer roet afvangen. Op basis van literatuurgegevens en eigen meetresultaten is hiervan het effect op de indoor/outdoor verhouding bepaald, zie Tabel 2.

- Nulsituatie: centrale luchtbehandeling + M5 filters
- Nasituatie: centrale luchtbehandeling + F7 – F9 filters

3.2.3 *Vervangen natuurlijke toevoer door mechanische toevoer + filtering*

In veel schoolgebouwen en verpleegtehuizen wordt natuurlijke toevoer via ventilatieroosters in combinatie met mechanische afvoer toegepast. Het effect van het toepassen van mechanische toevoer met F7 – F9 filters op de indoor/outdoor verhouding is op basis van literatuurgegevens bepaald, zie Tabel 2.

- Nulsituatie: natuurlijke toevoer, mechanische afvoer
- Nasituatie: centrale luchtbehandeling + F7 – F9 filters

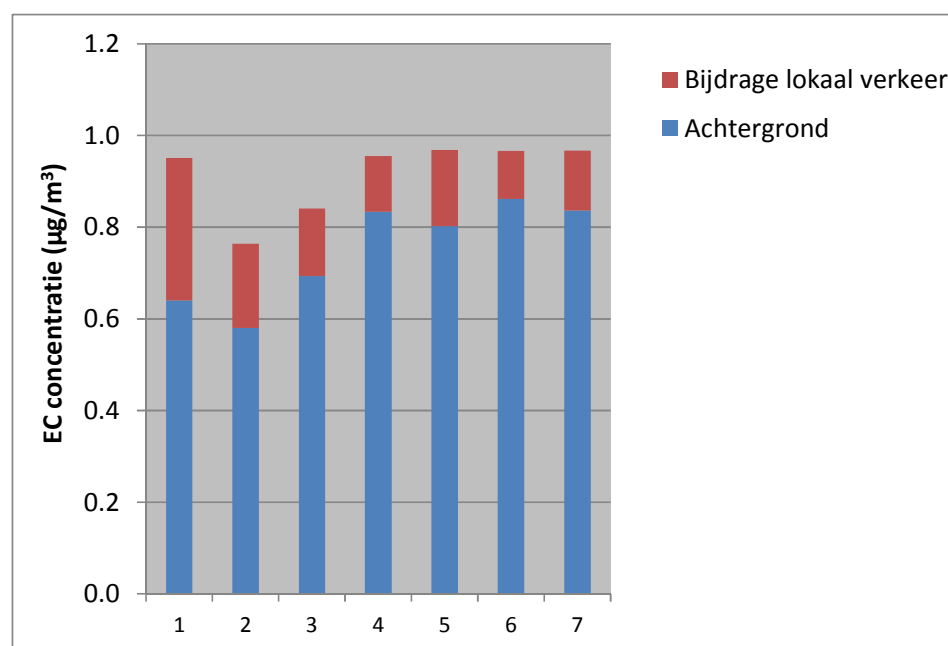
4 Effecten op de concentratie van EC

4.1 Concentraties in de nulsituatie 2017

Tabel 3 geeft de berekende jaargemiddelde concentraties in 2017 voor de zeven rekensituaties weer. Figuur 2 geeft dezelfde gegevens in staafdiagram weer. Er is onderscheid gemaakt tussen de achtergrondconcentraties en bijdrage van het lokale verkeer. De achtergrondconcentratie voor rekensituatie 2 is exclusief de bijdrage van SRM2 wegen, omdat de rijksweg (=SRM2 weg) in dit geval zelf de lokale weg is waarop een maatregel wordt toegepast. Voor de andere situaties is de bijdrage inclusief eventuele SRM2 wegen in de directe omgeving (zie ook de uitleg in Bijlage A).

Tabel 3 Opbouw van de jaargemiddelde concentratie van EC in de nulsituatie 2017.

	1	2	3	4	5	6	7
	Provinciale weg	Rijksweg	Ringweg (hoge stagnatie)	Ringweg	Toegangs-weg	Weg centrum buiten milieuzone	Weg centrum in milieuzone (vracht + personen/bestel)
EC achtergrondconcentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,64	0,58	0,69	0,83	0,80	0,86	0,84
EC bijdrage lokaal verkeer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,31	0,18	0,15	0,12	0,17	0,10	0,13
EC concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,95	0,76	0,84	0,95	0,97	0,97	0,97
Aandeel lokale bijdrage aan EC concentratie (%)	33	24	18	13	17	11	13



Figuur 2 Opbouw van de jaargemiddelde concentratie van EC in de nulsituatie 2017.

Het volgende valt op:

- De concentraties van EC zijn in 2017 voor alle rekensituaties lager dan $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- De achtergrondconcentratie varieert van $0,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rijksweg gelegen buiten de invloedssfeer van een stad) tot $0,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (weg in het stedelijke centrum).
- Ringweg 3 heeft een lagere achtergrondconcentratie dan Ringweg 4. Ze liggen in verschillende steden.
- De bijdrage van het lokale verkeer ter hoogte van de voorgevel van de gebouwen varieert van $0,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (weg in stedelijk centrum met de laagste verkeersintensiteit van de gekozen rekensituaties) tot $0,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situatie op korte afstand van de provinciale weg met hoge verkeersintensiteit).
- De bijdragen van het verkeer is langs de provinciale weg en rijksweg groter dan langs wegen in de steden.

Uit de berekeningen blijkt dat het aandeel van het lokale verkeer aan de concentratie van EC ter hoogte van de voorgevels van de gekozen rekensituaties in 2017 gering is.

4.2 Toepassing van maatregelen voor rekensituaties

Tabel 4 geeft aan welke maatregelen er voor welke rekensituaties van toepassing kunnen zijn.

Bij de milieuzones gaat het bij rekensituaties 3 t/m 6 om milieuzones die echt ter plaatse van toepassing zijn. Het gaat dus niet om de uitstralingseffecten van milieuzones in een kleiner gebied. Omdat rekensituatie 7 nu al een milieuzone personen- en bestelverkeer t/m Euro 2 kent, staat daar bij deze maatregel geen kruisje.

Tabel 4 Overzicht van de van toepassing zijnde maatregelen per rekensituatie.

	1	2	3	4	5	6	7
	Provinciale weg	Rijksweg	Ringweg	Ringweg	Toegangs-weg	Weg centrum buiten milieuzone	Weg centrum in milieuzone (vracht + personen/bestel)
1 MZ vracht t/m Euro IV			X	X	X	X	X
2 MZ vracht t/m Euro V			X	X	X	X	X
3 MZ p+b t/m Euro 2			X	X	X	X	
4 MZ p+b t/m Euro 3			X	X	X	X	X
5 MZ p+b t/m Euro 4			X	X	X	X	X
6 bussen zero-emissie				X	X	X a)	
7 verminderen personenverkeer	X		X	X	X	X	X
8 verminderen vrachtverkeer	X		X	X	X	X	X
9 doorstroming	X b)		X c)	X d)	X e)		
10 rijksweg van 100 naar 80 km/uur		X					
11 rijksweg van 130 naar 80 km/uur		X					
12 Gebouw: Verplaatsen luchtaanzuig	X	X	X	X	X	X	X
13 Gebouw: kwaliteit filters verhogen	X	X	X	X	X	X	X
14 Gebouw: vervangen natuurlijke toevoer door mechanische toevoer + filter	X	X	X	X	X	X	X

- a) Deze situatie heeft relatief veel busverkeer. Effecten van de bussenmaatregel voor andere situaties zullen gering zijn. Op wegen zonder X is geen aparte intensiteit voor bussen opgenomen in de NSL Rekentool.
- b) Stagnatiefactor van 0,4 naar 0,2
- c) Van stagnerend (d) naar doorstromend (e) + stagnatiefactor 0,4.
- d) Stagnatiefactor van 0,4 naar 0,2
- e) Stagnatiefactor van 0,4 naar 0,2 (stad uit) en van 0,8 naar 0,4 (stad in).

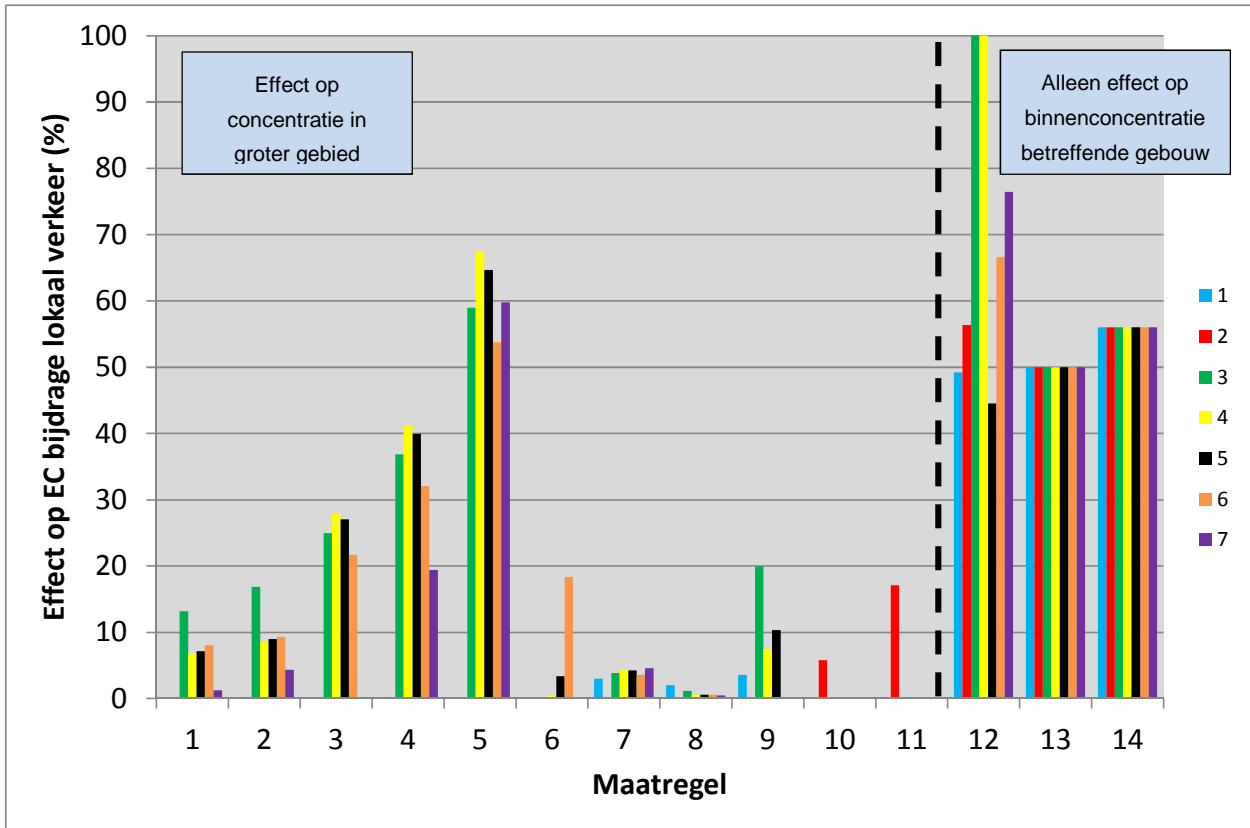
4.3 Maatreegeffecten

Uit de berekeningen blijkt dat het aandeel van het lokale verkeer aan de concentratie van EC ter hoogte van de voorgevels van de gekozen rekensituaties in 2017 gering is, zie Tabel 3. Het aandeel is met 33% het grootst langs de provinciale weg, gevolgd door 24% bij de rijksweg. Langs de wegen in de steden (3 t/m 7) varieert het aandeel van 11 tot 18%.

Bij deze relatief kleine aandelen, zullen de effecten van de verkeersmaatregelen op de concentratie van EC ook klein zijn. De effecten van de maatregelen zijn daarom niet alleen bepaald als reductiepercentage ten opzichte van de concentratie van EC, maar ook ten opzichte van de bijdrage van het lokale verkeer aan de concentratie van EC. Het lokale verkeer betreft dan al het lokale verkeer (licht, middelzwaar, zwaar en bussen). De resultaten worden in Figuur 3 (t.o.v. lokale bijdrage) en Figuur 4 (t.o.v. concentratie) gepresenteerd. In Tabel 5 zijn de betreffende getallen weergegeven.

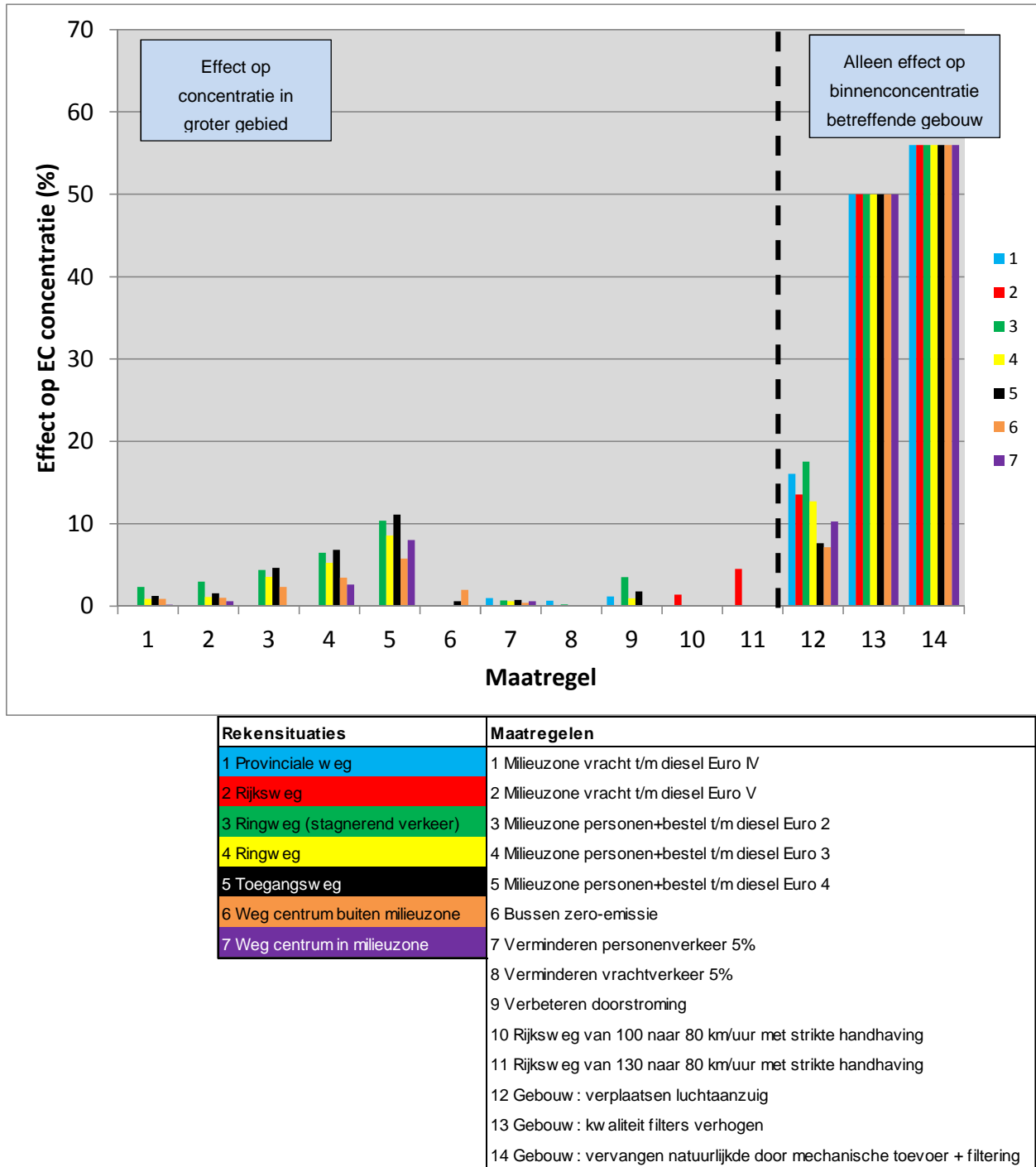
Het volgende valt op:

- De gebouwgebonden maatregelen hebben een groter effect dan de verkeersmaatregelen. Filters vangen niet alleen een deel van de bijdrage van lokaal verkeer af, maar ook van de 'achtergrondconcentratie'. Dat maakt dat het toepassen van hoge kwaliteit filters (F7-F9) in zijn totaliteit veel effectiever is om de binnenconcentratie in gevoelige bestemmingen te verlagen.
- Het verplaatsen van de luchtaanzuig naar de achtergevel heeft relatief veel effect op de lokale bijdrage, maar het effect op de totale concentratie is geringer. Voor twee rekensituaties is het effect op de bijdrage 100%. In die gevallen is de achtergevel zo ver van de weg af gelegen dat het model geen bijdrage meer berekent. Helemaal 100% zal het in werkelijkheid niet zijn.
- Van de verkeersmaatregelen zijn de milieuzones het meest effectief. Zones voor personen- en bestelverkeer zijn effectiever dan zones voor vrachtverkeer.
- Het weren van vrachtwagens t/m diesel Euro V voegt voor EC niet veel toe aan het weren t/m Euro IV. Voor NO₂ is er overigens wel een aanzienlijk verschil te verwachten (zie paragraaf 5.2).
- Voor de milieuzone personen- en bestelverkeer heeft het strenger maken van de criteria wel een aanzienlijk effect.
- Van de andere verkeersmaatregelen voor binnenstedelijke wegen hebben zero-emissie bussen voor rekensituaties met een zeer groot aandeel busverkeer (6) en het bevorderen van de doorstroming voor rekensituaties met veel stagnatie (3, 4 en 5) nog enig effect. Voor de andere situaties zijn de effecten van deze maatregelen erg klein.
- Het verminderen van licht of vrachtverkeer met 5% heeft relatief weinig effect.
- Het verlagen van de snelheid op de rijksweg van 130 naar 80 km/uur met strikte handhaving heeft ook enig effect, maar bij een uitgangssituatie van 100 km/uur is het effect klein. Een verlaging van 130 naar 100 km/uur zou naar schatting ongeveer tweemaal zoveel effect hebben als die van 100 naar 80 km/uur.



Rekensituaties	Maatregelen
1 Provinciale weg	1 Milieuzone vracht t/m diesel Euro IV
2 Rijksweg	2 Milieuzone vracht t/m diesel Euro V
3 Ringweg (stagnerend verkeer)	3 Milieuzone personen+bestel t/m diesel Euro 2
4 Ringweg	4 Milieuzone personen+bestel t/m diesel Euro 3
5 Toegangsweg	5 Milieuzone personen+bestel t/m diesel Euro 4
6 Weg centrum buiten milieuzone	6 Bussen zero-emissie
7 Weg centrum in milieuzone	7 Verminderen personenverkeer 5%
	8 Verminderen vrachtverkeer 5%
	9 Verbeteren doorstroming
	10 Rijksweg van 100 naar 80 km/uur met strikte handhaving
	11 Rijksweg van 130 naar 80 km/uur met strikte handhaving
	12 Gebouw : verplaatsen luchtaanzuig
	13 Gebouw : kwaliteit filters verhogen
	14 Gebouw : vervangen natuurlijke door mechanische toevoer + filtering

Figuur 3 Reductiepercentage ten opzichte van de bijdrage van het lokale verkeer aan de concentratie van EC. Wanneer een maatregel niet van toepassing is of geen effect heeft, wordt de kleur van de betreffende rekensituatie bij de maatregel niet getoond.



Figuur 4 Reductiepercentage ten opzichte van de concentratie van EC. Wanneer een maatregel niet van toepassing is of geen effect heeft, wordt de kleur van de betreffende rekensituatie bij de maatregel niet getoond.

Tabel 5 Maatregel-effecten EC per rekensituatie.

	1	2	3	4	5	6	7
Nulsituatie 2017							
EC achtergrondconcentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,64	0,58	0,69	0,83	0,80	0,86	0,84
EC bijdrage lokaal verkeer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,31	0,18	0,15	0,12	0,17	0,10	0,13
EC concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,95	0,76	0,84	0,95	0,97	0,97	0,97
Aandeel lokale bijdrage aan EC concentratie (%)	33	24	18	13	17	11	13
Maatregel-effect lokale bijdrage EC (%)							
1 Milieuzone vracht t/m diesel Euro IV			13	7	7	8	1
2 Milieuzone vracht t/m diesel Euro V			17	9	9	9	4
3 Milieuzone personen+bestel t/m diesel Euro 2			25	28	27	22	
4 Milieuzone personen+bestel t/m diesel Euro 3			37	41	40	32	19
5 Milieuzone personen+bestel t/m diesel Euro 4			59	67	65	54	60
6 Bussen zero-emissie				1	3	18	
7 Verminderen personenverkeer 5%	3		4	4	4	4	5
8 Verminderen vrachtverkeer 5%	2		1	1	1	1	0
9 Verbeteren doorstroming	4		20	7	10	0	0
10 Rijksweg van 100 naar 80 km/uur (SH ¹)		6					
11 Rijksweg van 130 naar 80 km/uur (SH)		17					
12 Gebouw: verplaatsen luchtaanzuig	49	56	100	100	45	67	76
13 Gebouw: kwaliteit filters verhogen	50	50	50	50	50	50	50
14 Gebouw: vervangen natuurlijke toevoer door mechanische toevoer + filtering	56	56	56	56	56	56	56
Maatregel-effect concentratie EC (%)							
1 Milieuzone vracht t/m diesel Euro IV			2	1	1	1	0
2 Milieuzone vracht t/m diesel Euro V			3	1	2	1	1
3 Milieuzone personen+bestel t/m diesel Euro 2			4	4	5	2	
4 Milieuzone personen+bestel t/m diesel Euro 3			6	5	7	3	3
5 Milieuzone personen+bestel t/m diesel Euro 4			10	9	11	6	8
6 Bussen zero-emissie				0	1	2	
7 Verminderen personenverkeer 5%	1		1	1	1	0	1
8 Verminderen vrachtverkeer 5%	1		0	0	0	0	0
9 Verbeteren doorstroming	1		4	1	2	0	0
10 Rijksweg van 100 naar 80 km/uur (SH)		1					
11 Rijksweg van 130 naar 80 km/uur (SH)		5					
12 Gebouw: verplaatsen luchtaanzuig	16	14	18	13	8	7	10
13 Gebouw: kwaliteit filters verhogen	50	50	50	50	50	50	50
14 Gebouw: vervangen natuurlijke toevoer door mechanische toevoer + filtering	56	56	56	56	56	56	56

¹ SH: strikte handhaving

5 Andere aspecten van de maatregelen

5.1 Inschatting van de kosten

De directe kosten, dat wil zeggen de kosten die gemaakt worden voor investering en de operationele kosten, zijn kwalitatief ingeschat op basis van eerdere onderzoeken (o.a. Royal HaskoningDHV en TNO, 2013) en de Solve Maatregelenmix van CROW. Het is een grove schatting, waarbij drie klassen (laag, middel en hoog) worden aangehouden. Zo mogelijk is een orde van grootte van de kosten in euro aangegeven. Het gaat er vooral om, de maatregelen onderling te kunnen vergelijken.

Tabel 6 Inschatting van de investerings- en operationele kosten van de maatregelen (kE= 1000 Euro, mE=miljoen Euro).

Maatregel	Type kosten	Kosten kwalitatief
1 Milieuzone vracht t/m Euro IV	Informereren/communicatie, verkeersborden, handhaving, ontheffingsverlening, , flankerend beleid	Hoog bij invoeren, orde 2-5 mE (RHDHV en TNO, 2013), laag bij strenger maken.
2 Milieuzone vracht t/m Euro V		
3 Milieuzone licht (p+b) t/m Euro 2		
4 Milieuzone licht (p+b) t/m Euro 3		
5 Milieuzone licht (p+b) t/m Euro 4		
6 Bussen zero-emissie	Additionele afschrijvingskosten, exploitatiekosten	Hoog
7 Verminderen personenverkeer		
<ul style="list-style-type: none"> Stimuleren fietsen 	Van alleen communicatie/beloning tot infrastructurele aanpassingen	Laag (orde 10-100 kE) tot hoog (10 mE euro, CROW factsheet 11E)
<ul style="list-style-type: none"> Parkeermaatregelen 	Afhankelijk van type maatregel (infrastructuur, handhaving, communicatie)	Laag (orde 50 kE, CROW factsheet 13I: verhogen tarieven), Middel (orde 100-500 kE, CROW factsheet 13J: beperking capaciteit) tot hoog (orde 1-10 mE euro, CROW factsheet 13A: verwijssystemen, 13H: combinatie beperking capaciteit en tarieven)
8 Verminderen vrachtverkeer		
<ul style="list-style-type: none"> Stadsdistributie 	Nieuwbouw distributiecentrum, aanschaf vrachtwagens	Hoog (orde 1-10 mE, CROW factsheet 6C)
<ul style="list-style-type: none"> Verruimen venstertijden 	Communicatie, handhaving	Laag (orde 10 kE, CROW factsheet 6B)
9 Doorstroming	Optimaliseren VRI-regeling	Laag/middel (orde 20kE per kruispunt, CROW factsheet 16D)
10 Rijksweg van 100 naar 80 km/uur	Borden + signalering, camera's, handhaving	Middel
11 Rijksweg van 130 naar 80 km/uur		
12 Gebouw: verplaatsen luchtaanzuig	Aanpassing luchtaanzuiging gebouw	Laag voor individueel gebouw (orde 10kE).
13 Gebouw: kwaliteit filters verhogen	Aanschaf nieuwe filters + onderhoud	Laag voor individueel gebouw (orde 1-5 kE per jaar)
14 Gebouw: vervangen natuurlijke door mechanische toevoer + filter	Aanschaf en implementatie systeem en filters (+ onderhoud)	Laag/middel voor individueel gebouw (orde 10-20 KE per lokaal bij decentrale systemen)

De indirecte, maatschappelijke kosten/baten zijn niet betrokken bij de inschatting. Denk bijvoorbeeld aan omzetzijden door middenstanders in milieuzones of de afname van reistijden door verbeterde doorstroming.

Het invoeren van de milieuzones is relatief duur vanwege kosten voor o.a. ontheffingsverlening, handhaving, communicatie en flankerend beleid (bijvoorbeeld compensatie bewoners, subsidie sloopregeling). Het strenger maken van een milieuzone op plekken waar die al is ingevoerd brengt veel minder kosten met zich mee. Zero-emissie bussen hebben momenteel nog een hoge aanschafprijs, met hogere afschrijvingskosten als gevolg. Bovendien stijgen de exploitatiekosten als gevolg van extra kosten voor laadinfrastructuur en een minder efficiënte dienstregeling.

Relatief goedkope verkeersmaatregelen betreffen varianten van maatregelen ter stimulering van fietsen, parkeermaatregelen en maatregelen ter vermindering van vrachtverkeer. Van deze maatregelen zijn echter ook veel duurdere varianten denkbaar.

Ook de kosten voor de gebouwgebonden maatregelen zijn in vergelijking met de verkeersmaatregelen relatief laag, maar de invloedssfeer is uiteraard beperkt tot het betreffende gebouw alleen. Het verplaatsen van de luchtaanzuig van de centrale luchtbehandeling bij een basisschool kost ordegrrootte 10.000 euro indien dit eenvoudig bovendaks kan verlopen. De meerkosten van een hoogwaardiger zakkenfilter ten aanzien van fijnstof zijn per *centrale* luchtbehandelingsunit beperkt tot ca enkele honderden euro's per jaar. In bestaande scholen worden vanwege de relatieve eenvoud van inbouwen echter vaak *decentrale* luchtbehandelingsunits toegepast. Door het grotere aantal decentrale luchtbehandelingskasten kost het verhogen van de filterkwaliteit bij een doorsnee basisschool per jaar circa 5.000 euro extra. Het aanbrengen van een decentraal ventilatiesysteem in een basisschool kost circa 7.500 – 17.000 euro per lokaal. Ook moet er rekening gehouden worden met kosten voor onderhoud van het systeem.

5.2 Effecten op PM₁₀/PM_{2,5}, NO₂ en ultrafijn stof

De onderzochte maatregelen hebben naast effect op EC uiteraard ook effect op de concentraties van andere luchtvervuilingscomponenten die o.a. door het verkeer in de lucht worden gebracht. Andersom zijn er in de afgelopen jaren al veel maatregelen getroffen, van de Europese normering van voertuigemissies tot lokaal ingevoerde milieuzones en maatregelen om het verkeer terug te dringen. Al deze maatregelen hebben voor verbetering van de luchtkwaliteit gezorgd. Voor gereguleerde stoffen als NO₂ en PM₁₀ zijn maatregelen getroffen om overschrijding van de grenswaarden te voorkomen. Ook concentraties van EC zijn daarmee fors gedaald en zullen in de zeer nabije toekomst verder dalen als gevolg van de Europese normering van voertuigemissies. Vanaf Euro 4 (2006) zijn personenvoertuigen uitgerust met een gesloten roetfilter, vanaf Euro 5 (2010-2012) bestelvoertuigen en in de praktijk vanaf Euro VI (2013) voor vrachtvoertuigen. Er is sprake van een forse afname van de emissie van EC tussen de Euroklassen zonder en met roetfilter. Voor NO_x / NO₂ verloopt de afname als gevolg van de Euronormen meer geleidelijk.

5.2.1 $PM_{10}/PM_{2,5}$

EC is onderdeel van PM_{10} en $PM_{2,5}$. $PM_{2,5}$ bestaat grotendeels uit secundair gevormde deeltjes (organisch en anorganisch stof) en voor PM_{10} komen daar nog mechanisch gevormde deeltjes bij (slijtage van bodem, wegdek, banden). De concentratie van PM_{10} en $PM_{2,5}$ wordt gedomineerd door de regionale achtergrondconcentratie. De lokale bijdrage van het verkeer ten opzichte van de achtergrondconcentratie is veel kleiner dan voor EC. De relatieve effecten van verkeersmaatregelen op de concentraties van $PM_{10}/PM_{2,5}$ zijn daarom ook aanzienlijk kleiner dan die voor EC.

De vangstefficiëntie van filters in gebouwen ten aanzien van $PM_{2,5}$ en zeker PM_{10} is hoger dan die voor EC. Echter aangezien in gebouwen (meer) fijnstofbronnen aanwezig zijn (kleding, koken, cosmetica, etc.) en er resuspensie optreedt van met name PM_{10} door heen en weer lopen van mensen, is de resulterende reductie vaak wat lager dan die voor roet.

Het vervangen van natuurlijke ventilatie in gebouwen door centrale luchtbehandeling heeft behalve de afvangst van fijn stof door filters ook als gevolg dat er meer geventileerd wordt. Verhogingen in de concentratie van PM als gevolg van binnenbronnen duren daardoor minder lang. Ook dat werkt verlagend voor de concentratie van PM_{10} en $PM_{2,5}$.

5.2.2 NO_2

NO_2 heeft in vergelijking met EC volgens de prognoses van emissiefactoren en achtergrondconcentraties in 2017 een vergelijkbare orde van grootte voor de verhouding tussen de lokale bijdrage van het verkeer en de achtergrondconcentratie. De verkeersmaatregelen hebben echter deels andere relatieve effecten op de bijdrage van het verkeer aan de concentratie van NO_2 in vergelijking met EC.

- De effectiviteit van milieuzones die alleen de *oudste* Euroklassen waren is aanzienlijk kleiner voor NO_2 . De effectiviteit is echter groter bij milieuzones die ook de *nieuwere* Euroklassen waren. Voor EC is de afname in de emissie door de introductie van het roetfilter namelijk vrij abrupt, terwijl de verandering voor NO_2 met pieken en dalen verloopt. NO_x emissies nemen geleidelijk af, maar de directe fractie NO_2 nam bij Euro 4/5 juist toe. Dat had deels te maken met het toepassen van open roetfilters, maar ook met het feit dat fabrikanten optimaliseren op de typekeuring in plaats van op praktijkemissies.
- Het effect van zero-emissie bussen zal voor NO_2 relatief groter zijn, omdat de verschoning van de dieselmotoren voor NO_2 achterblijft op die voor EC (als gevolg van de toegepaste roetfilters).
- Verminderen van het licht of vrachtverkeer zal voor NO_2 procentueel gezien net iets minder effect hebben dan voor EC. Dat komt door het effect van de chemische reactie waarbij NO_2 uit stikstofmonoxide (NO) en ozon gevormd wordt. Verkeer stoot zowel NO als NO_2 uit. Een deel van NO wordt omgezet naar NO_2 . Door de maatregel neemt de concentratie van NO af, waardoor er *relatief* meer NO kan worden omgezet naar NO_2 . De optelsom is dat NO_2 wel afneemt maar net iets minder dan EC. De som van NO en NO_2 zal wel vergelijkbaar afnemen.

- Doorstromingsmaatregelen hebben naar verwachting vergelijkbare of iets hogere relatieve effecten voor NO₂, gebaseerd op de beschikbare gegevens van emissiefactoren.
- Het effect van 80 km/uur met strikte handhaving op rijkswegen zal voor NO₂ relatief iets groter zijn dan voor EC, gebaseerd op de beschikbare gegevens van emissiefactoren.

De efficiëntie van mechanische filters in gebouwen is voor gassen nihil. Het is mogelijk om speciale adsorptiefilters toe te passen die NO_x afvangen echter deze worden in de praktijk in normale gebouwen vrijwel nooit toegepast vanwege de kosten.

Het verplaatsen van de luchtaanzuig naar een minder belaste gevel loont wel voor NO₂, zelfs meer dan voor roet omdat bij het toepassen van een hoge kwaliteit (F7-F9) filters roet al zeer effectief wordt afgevangen.

5.2.3 *Ultrafijn stof*

Vanuit gezondheidsoogpunt is de kleinste fractie van fijn stof relevant omdat de allerkleinste deeltjes dieper in de longen terecht kunnen komen. Ultrafijne deeltjes zijn zo klein dat ze via de longen in de bloedbaan kunnen doordringen en zo andere organen bereiken. Ook zijn er aanwijzingen dat ultrafijne deeltjes in de hersenen terecht kunnen komen (RIVM, 2013).

Voor ultrafijn stof zijn nog nauwelijks gedetailleerde en in de praktijk gevalideerde emissiefactoren beschikbaar. Het is daarom moeilijk om een uitspraak te doen over de effectiviteit van verschillende maatregelen. Er is inmiddels wel een emissienorm voor deeltjesaantallen, die mede garandeert dat voertuigen met roetfilters worden uitgerust. Men zou dus mogen verwachten dat de verlaging van voertuigemissies van ultrafijn stof gelijke tred houdt met die voor roet. Echter, uit metingen in Amsterdam in 2015 blijkt dat er een zeer groot verschil zit tussen de emissiefactoren afgeleid uit schaarse emissiemetingen en de huidige deeltjesnormen enerzijds en de factoren in de praktijk anderzijds (Keuken et al., ingediend voor publicatie). De emissiefactoren blijken in de praktijk veel hoger. Dat maakt dat niet goed in te schatten is in hoeverre de voertuigemissies van deeltjesaantallen in de praktijk al gedaald zijn en nog gaan dalen door de Euronormen. Het is de verwachting dat lokale verkeersmaatregelen ook de komende jaren bij zullen dragen aan de verlaging van de concentratie van ultrafijn stof. Meer onderzoek is echter nodig om deze verwachting te onderbouwen.

De vangstefficiëntie van EN779 Fijn filters (F7 en beter) in gebouwen voor ultrafijnstof is in de tot nu toe uitgevoerde studies in kantoorgebouwen (Jacobs, 2015) vergelijkbaar met die voor PM_{2,5}. Daarmee lijkt de efficiëntie van filters beter voor ultrafijn stof dan voor roet. Dit kan verklaard worden doordat bij de allerkleinste deeltjes andere processen spelen. Ultrafijne deeltjes zijn onderhevig aan botsingen met vele moleculen in de lucht. Dat maakt dat deze deeltjes hele kleine bewegingen maken, de zogenaamde Brownse beweging. Daardoor is de trefkans met het filtermateriaal groter.

5.3 Andere gezondheidsbatens

Maatregelen ter bevordering van de luchtkwaliteit kunnen ook effect hebben op andere gezondheidsaspecten. Tabel 7 laat de kwalitatieve score zien van de maatregelen voor geluidsblootstelling, verkeersveiligheid en beweeggedrag. Een toelichting volgt daarna.

Buiten deze aspecten wordt opgemerkt dat een goede ventilatie en temperatuurbeheersing in gebouwen positieve effecten heeft op de productiviteit, de gezondheid en het comfort van mensen. Daar hoort ook aandacht voor het juiste onderhoud van de systemen en het regelmatig verwisselen van filters bij.

Tabel 7 Andere gezondheidsbatens van de maatregelen.

	Blootstelling aan geluid	Verkeersveiligheid	Beweeggedrag
1 Milieuzone vracht t/m Euro IV	0	0/+	0
2 Milieuzone vracht t/m Euro V	0	0/+	0
3 Milieuzone licht (p+b) t/m Euro 2	0	0	0
4 Milieuzone licht (p+b) t/m Euro 3	0	0	0
5 Milieuzone licht (p+b) t/m Euro 4	0	0	0
6 Bussen zero-emissie	++	-/0	0
7 Verminderen personenverkeer			
• Stimuleren fietsen	0/+	+	++
• Parkeermaatregelen	0/+	+	+
8 Verminderen vrachtverkeer			
• Stadsdistributie	+	+	0
• Verruimen venstertijden	+	+	0
9 Doorstroming	+	0/+	0
10 Rijksweg van 100 naar 80 km/uur	0/+	+	0
11 Rijksweg van 130 naar 80 km/uur	+	+	0
12 Gebouw: verplaatsen luchtaanzuig	0	0	0
13 Gebouw: kwaliteit filters verhogen	0	0	0
14 Gebouw: vervangen natuurlijke toevoer door mechanische toevoer + filter	+	0	0

5.3.1 Blootstelling aan geluid

De geluidbelasting op de gevels van woningen zal naar verwachting niet beduidend veranderen ten gevolge van het instellen van milieuzones voor vrachtverkeer en licht verkeer, aangezien niet het aantal voertuigen verandert, maar de oudere typen voertuigen worden vervangen door schonere (niet noodzakelijkerwijs stillere)

voertuigen. Zelfs wanneer het aantal voertuigen door deze maatregel enigszins vermindert, zal dit niet resulteren in een merkbare geluidreductie. Wanneer daarentegen de bussenvloot wordt vervangen door zero-emissie bussen, zal dit op de plaatsen waar relatief veel bussen rijden tot gevolg hebben dat de geluidbelasting beduidend afneemt (bijvoorbeeld: als bussen 10dB luider zijn dan personenauto's en de bussen 10% van het totale verkeer uitmaken, wordt een reductie van 3 dB in jaargemiddelde gevelniveaus verwacht als de bussen helemaal stil worden).

Het verminderen van personenverkeer door parkeermaatregelen en het stimuleren van fietsen (modaliteitswitch) zal een lichte geluidreductie tot gevolg hebben. Echter, zelfs van een forse afname in personenverkeer van 25% is slechts een geringe invloed van 1,3 dB te verwachten op de jaargemiddelde geluidniveaus. Het verminderen van vrachtverkeer in de stad heeft naar verwachting ook nauwelijks gevolgen voor de jaargemiddelde geluidbelasting. Echter, er is wel een vermindering te verwachten van het aantal passages van vrachtwagens. Daarvan is aangetoond dat het (nachtelijke) hinder mogelijk reduceert (Brown, 2015). Ook is vermindering te verwachten van het aantal laad- en losmomenten (inclusief stationair draaiende motoren, dichtslaan van portieken, manoeuvrerende en met pieptoon achteruitrijdende vrachtwagens, etc.). Deze laatste worden niet meegenomen in de berekende geluidbelasting, terwijl ze vaak wel als verstorend ervaren worden (Quak en van Rooijen, 2009).

Ook voor de effecten van maatregelen die de doorstroming bevorderen geldt dat deze niet terug te zien zullen zijn in de jaargemiddelde geluidbelasting. Wel verandert de dynamiek van het geluid, met name omdat voertuigen minder remmen en optrekken, waardoor het geluid mogelijk minder verstorend is. Wanneer op de Rijksweg een snelheidslimiet van 80 km wordt ingevoerd, zal dit voor de geluidbelasting van omstanders geringe positieve gevolgen hebben.

Het aanbrengen van een mechanisch ventilatiesysteem heeft ten opzichte van natuurlijke toevoer een positief effect op de blootstelling aan geluid van buitenaf.

5.3.2 *Verkeersveiligheid*

De effecten van de maatregel op de locatie waar de maatregel van toepassing is zijn beoordeeld. Neveneffecten als gevolg van veranderende situaties door het verplaatsen van verkeer zijn niet meegenomen. De effecten van de verkeersveiligheid op alle verkeersdeelnemers (bestuurders en overig verkeer) zijn integraal beoordeeld.

Het positieve effect op de verkeersveiligheid van milieuzones voor vrachtverkeer houdt verband met een verbeterde technische staat van de voertuigen. Voor licht verkeer geldt dat in principe ook, maar de impact is kleiner dan voor vrachtvoertuigen.

Als zero emissie bussen geluidsarm worden kan dat een negatief effect hebben. Fietsers en voetgangers horen de bussen minder goed aankomen. Daar staat tegenover dat nieuwere bussen een betere technische staat hebben.

Minder personen- en vrachtverkeer heeft in het algemeen een positief effect op de verkeersveiligheid.

De beoordeling van het effect van een verbeterde doorstroming is lastig. Verwacht wordt dat het rustigere verkeersbeeld een licht positief effect kan hebben. Uitgangspunt daarbij is dat het geen verkeersaantrekkende werking heeft. Een lagere snelheid op de snelweg heeft in het algemeen een positief effect op de verkeersveiligheid. De afname in snelheidsverschillen en het verlagen van de remweg van voertuigen leiden tot minder ongelukken. Bij lagere snelheid is de impact van een ongeluk ook kleiner. Dat het effect van de maatregel vanaf 130 km/uur ongeveer even hoog scoort als die vanaf 100 km/uur heeft te maken met de verwachting dat wegen die gedimensioneerd zijn op 130 km/uur uitnodigen om ook die snelheid te rijden. Er is sprake van een grote afname in de snelheid. Dat kan leiden tot gevaarlijkere situaties, wat het extra positieve effect teniet doet.

5.3.3 *Beweeggedrag*

Fiets- en parkeermaatregelen zijn bedoeld om te bevorderen dat mensen vaker de auto laten staan en zich per fiets verplaatsen of gebruik maken van het openbaar vervoer. Zodoende zal het beweeggedrag bij maatregelen ter vermindering van het personenverkeer naar verwachting toenemen.

Voor de andere maatregelen is geen effect op beweeggedrag te verwachten.

5.4 **Eigenaarschap**

Tabel 8 geeft per maatregel de partij weer die de maatregel (het best) kan uitvoeren.

Tabel 8 Partij die de maatregel (het best) kan uitvoeren ('eigenaar').

	Eigenaar
1 Milieuzone vracht t/m Euro IV	Gemeente onder coördinatie van het Rijk
2 Milieuzone vracht t/m Euro V	Gemeente onder coördinatie van het Rijk
3 Milieuzone licht (p+b) t/m Euro 2	Gemeente (coördinatie Rijk gewenst)
4 Milieuzone licht (p+b) t/m Euro 3	Gemeente (coördinatie Rijk gewenst)
5 Milieuzone licht (p+b) t/m Euro 4	Gemeente (coördinatie Rijk gewenst)
6 Bussen zero-emissie	Provincie
7 Verminderen personenverkeer	
• Stimuleren fietsen	Gemeente en provincie
• Parkeermaatregelen	Gemeente
8 Verminderen vrachtverkeer	
• Stadsdistributie	Gemeente
• Verruimen venstertijden	Gemeente
9 Doorstroming	Gemeente / Provincie
10 Rijksweg van 100 naar 80 km/uur	Rijk
11 Rijksweg van 130 naar 80 km/uur	Rijk
12 Gebouw: verplaatsen luchtaanzuig	Gebouweigenaar
13 Gebouw: kwaliteit filters verhogen	Gebruiker / Huurder
14 Gebouw: vervangen natuurlijke toevoer door mechanische toevoer + filter	Gebouweigenaar

6 Conclusies, discussie en aanbevelingen

In deze studie is voor een aantal rekensituaties (indicatief) kwantitatief inzicht verkregen in de afname van de jaargemiddelde concentratie van EC in 2017 als gevolg van verschillende lokale verkeersmaatregelen en gebouwgebonden maatregelen. Het betreft situaties die representatief zijn voor gevoelige bestemmingen in de provincie Utrecht met een relatief hoge concentratie van EC. Op andere aspecten is kwalitatief inzicht verkregen, te weten: de directe kosten (investering en operationeel) en de effecten op PM₁₀/PM_{2,5}, NO₂, ultrafijn stof, blootstelling aan geluid, verkeersveiligheid en beweeggedrag.

Op de inzichten voor de andere luchtverontreinigende stoffen na, zijn alle resultaten in een Excelsheet bij elkaar gezet. De inzichten met betrekking tot PM₁₀/PM_{2,5}, NO₂ en ultrafijn stof konden niet gemakkelijk per maatregel gescoord worden. De inzichten zijn meer algemeen in paragraaf 5.2 verwoord.

6.1 Resultaten

- Van de onderzochte verkeersmaatregelen zijn de milieuzones het meest effectief. Zones voor personen- en bestelverkeer zijn effectiever dan zones voor vrachtverkeer. Ter indicatie: werven van personen- en bestelverkeer t/m diesel Euro 2 / Euro3 / Euro 4 vermindert de bijdrage van het lokale verkeer (licht + vracht + bussen) aan de concentratie van EC respectievelijk met ordegrootte 25% / 35% / 55%. De reductie ten opzichte van de totale concentratie is circa 4% / 5% / 9%. Milieuzones voor personen- en bestelverkeer zullen in de praktijk vrijwel altijd gepaard gaan met zones voor vrachtverkeer waardoor het totale effect nog iets hoger zal liggen.
- De voor roet meest effectieve verkeersmaatregelen, de milieuzones, gaan op locaties waar die nog niet ingevoerd zijn gepaard met hoge kosten. In zones waar reeds een milieuzone van kracht is zal het strenger maken van de eisen minder kosten met zich meebrengen. Behalve effecten op de concentratie van NO₂, PM₁₀/PM_{2,5} en ultrafijnstof hebben milieuzones weinig bijkomende positieve effecten. Ze dragen nauwelijks bij aan het verminderen van de blootstelling aan geluid en stimuleren van verkeersveiligheid en beweeggedrag.
- Maatregelen die positief scoren op het verminderen van de blootstelling aan geluid en het stimuleren van verkeersveiligheid en/of beweeggedrag zijn voor het verlagen van roetconcentraties relatief juist minder effectief. Dit betreft bijvoorbeeld zero-emissie bussen en het verminderen van licht verkeer en verminderen van vrachtverkeer.
- De onderzochte maatregel voor de rijksweg (80 km/u zone) heeft op de bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC een effect van 6 tot 17% voor een uitgangssituatie met respectievelijk een snelheidslimiet van 100 en 130 km/uur. De doorstromingsmaatregelen op provinciale of gemeentelijke wegen hebben ook een orde van grootte van 10%. Wanneer verschoningsmaatregelen niet tot de mogelijkheid behoren (zoals bijvoorbeeld op de rijkswegen), zijn maatregelen ter vermindering van stagnatie het meest effectief.
- De gebouwgebonden maatregelen hebben, mits goed toegepast, een aanzienlijk groter effect op de binnenconcentratie van roet dan de verkeersmaatregelen. De ordegrootte van het reductiepercentage van het toepassen of verhogen van de kwaliteit van filters is 50%, terwijl de best

scorende verkeersmaatregel tot ordegraote 10% komt. Ook de kosten voor de gebouwgebonden maatregelen zijn in vergelijking met de verkeersmaatregelen relatief laag. Nadeel is dat de invloedssfeer van een gebouwgebonden maatregel beperkt is tot het betreffende gebouw alleen.

- Het verplaatsen van de luchtaanzuig van de voor- naar de achtergevel van een gebouw kan concentraties binnen doen afnemen met ca. 10-15%, wanneer er tenminste een lage kwaliteit filters wordt toegepast in het luchtbehandelingssysteem. Het verhogen van de kwaliteit van de filters is in zo'n geval voor roet en (ultra)fijn stof veel effectiever en bovendien veel goedkoper. Wanneer er al een hoge kwaliteit (F7-F9) filters wordt toegepast, voegt het verplaatsen van de luchtaanzuig voor roet en (ultra)fijn stof weinig meer toe. Voor gassen (bijvoorbeeld NO_x), die door de filters in het systeem niet kunnen worden afgevangen, is het verplaatsen van de luchtaanzuig wel een optie.

6.2 Conclusies

De belangrijkste conclusies uit het onderzoek zijn:

- 1 Door autonome verschoning neemt de concentratie van EC tussen 2015 en 2020 gestaag af. De effecten van lokale verkeersmaatregelen op de concentratie van EC worden daardoor steeds geringer. Van de onderzochte lokale verkeersmaatregelen zijn milieuzones het meest effectief omdat die de laatste grote vervuilers (voertuigen zonder roetfilter) weren.
- 2 Om gevoelige groepen extra te beschermen kunnen gebouwgebonden maatregelen in bestaande bouw de concentratie van roet en ultrafijn stof binnen verlagen. Toepassen van centrale luchtbehandeling met een hoge kwaliteit filters (F7-F9) heeft alleen effect op de concentraties van roet en ultrafijn stof als het goed gebruikt wordt (ramen en deuren dichthouden), goed onderhouden wordt en filters tijdig vervangen worden.

6.3 Discussie

6.3.1 *Autonome afname van voertuigemissies van roet*

De effecten van lokale verkeersmaatregelen op de concentratie van EC zijn volgens de berekeningen gering. Het blijkt dat het aandeel van het lokale verkeer aan de concentratie van EC ter hoogte van de voorgevels van de gekozen rekensituaties in 2017 relatief klein is (11 tot 33%). De concentratie van EC wordt steeds meer gedomineerd door de achtergrondconcentratie. De verhouding tussen beide is voor EC volgens de prognoses in 2017 inmiddels afgenomen naar waarden met dezelfde ordegraote als voor NO₂. Alleen voor PM_{2,5} en PM₁₀ is de achtergrondconcentratie nog dominant. De gestage afname van de bijdrage van lokaal verkeer aan de concentratie van EC langs drukke wegen wordt veroorzaakt door het op grote schaal introduceren van roetfilters op voertuigen als gevolg van de Europese emissiewetgeving. Ook de lokaal toegepaste verkeersmaatregelen in het kader van het Nederlands Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) hebben bijgedragen aan de daling van de concentratie van roet.

Vanwege de geringe berekende lokale bijdragen van het verkeer is in meer detail gekeken naar de prognoses van de opbouw van de achtergrondconcentratie van

EC in Nederlandse agglomeraties. Velders et al. (2015) laten in hun berekeningen zien dat in 2014 in de agglomeratie Utrecht het aandeel van Nederlands wegverkeer aan de achtergrondconcentratie 45% bedraagt (0,53 op 1,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Volgens niet gerapporteerde berekeningen van Velders et al. voor toekomstige jaren, daalt dit aandeel naar 32% in 2020 (0,20 op 0,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en 26% in 2030 (0,15 op 0,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De grootste daling vindt dus tussen 2014 en 2020 plaats. De bijdragen van huishoudens, scheepvaart en mobiele werktuigen voor de bouw nemen veel minder af.

Dat voertuigen minder roet zijn gaan uitstoten en dat de emissie in de nabije toekomst blijft dalen staat vast. De onzekerheid zit hem in de snelheid waarmee dat gebeurt. Met andere woorden: hoe betrouwbaar zijn de prognoses van de achtergrondconcentraties en emissiefactoren van EC in de praktijk? Beide zijn onzeker. De GCN achtergrondkaarten worden gekwalificeerd als indicatief. Ze zijn niet gekalibreerd aan de hand van metingen, zoals wel mogelijk is voor de kaarten van bijvoorbeeld NO_2 en $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$. De onzekerheid (1 sigma) in de achtergrondconcentratie van EC in een gridcel van 1x1 km wordt geschat op 30 procent (Velders et al., 2015). Voor de emissiefactoren gelden soortgelijke grote onzekerheden. Ook die worden gekwalificeerd als indicatief. In 2015 zijn op enkele locaties van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit metingen van roet gestart. Die zullen voor de GCN kaarten in de toekomst gebruikt kunnen worden voor kalibratie. Dit zal de onzekerheid verminderen. Voor de EC emissiefactoren van wegverkeer is er ook een sterke behoefte aan validatie.

Ondanks deze onzekerheden is het duidelijk dat lokale maatregelen de verschoning voor wat betreft roet op de korte termijn kunnen versnellen, maar dat er op de langere termijn steeds minder winst te behalen is. Dat wil niet zeggen dat het niet zinvol is om maatregelen te nemen. Zo zullen concentraties van NO_2 en ultrafijn stof ook afnemen door lokale maatregelen. Voor ultrafijn stof is de mate waarin niet goed te kwantificeren omdat de kennisbasis momenteel beperkt is. Ook dragen sommige maatregelen bij aan andere gezondheidsaspecten als blootstelling aan geluid, verkeersveiligheid en beweeggedrag. Een afweging is om de pijlen te richten op andere bronnen van roet, zoals huishoudens, scheepvaart en mobiele werktuigen voor de bouw. Door de afname van de bijdrage van het verkeer komen deze bronnen meer in de belangstelling te staan. In hoeverre maatregelen praktisch gezien mogelijk en kostenefficiënt zijn kan worden onderbouwd als er meer kennis over emissies en maatregelen opgebouwd wordt.

6.3.2 *Gebouwgebonden maatregelen*

Filters vangen (ultra) fijnstof- en roetdeeltjes efficiënt af. Zoals hierboven aangegeven zorgt de toepassing ervan in voertuigen voor een sterke daling van de roetemissie. Deze studie heeft laten zien dat filters van een voldoende hoge kwaliteit (F7-F9) – mits goed toegepast (ramen en deuren dichthouden) en goed onderhouden – de concentratie binnen aanzienlijk reduceert. De reductie is veel groter dan die als gevolg van lokale verkeersmaatregelen. Filters vangen namelijk niet alleen een deel van de bijdrage van lokaal verkeer af, maar ook van de ‘achtergrondconcentratie’. Dat maakt dat deze maatregelen in zijn totaliteit veel effectiever zijn om de binnenconcentratie in gevoelige bestemmingen te verlagen. Ook de kosten voor de gebouwgebonden maatregelen zijn in vergelijking met de

verkeersmaatregelen relatief laag, maar de invloedssfeer is uiteraard beperkt tot het betreffende gebouw alleen.

Dat laatste maakt dat bronmaatregelen zoals verkeersmaatregelen in principe de voorkeur hebben. Die beïnvloeden namelijk een groter gebied en een grotere doelgroep (omwonenden, passanten etc.). Echter om gevoelige groepen extra te beschermen kunnen gebouwgebonden maatregelen zeer nuttig zijn.

6.4 Aanbevelingen

De studie leidt tot de volgende aanbevelingen voor verschillende doelgroepen en vervolgonderzoek.

Voor lokale en regionale overheden:

- Pas verkeersmaatregelen toe om de concentratie van roet (en NO₂ en ultrafijn stof) langs drukke wegen te verlagen. Met name milieuzones zijn voor roet effectief.
- Zie gebouwgebonden maatregelen als mogelijkheid om gevoelige groepen in bestaande gebouwen extra te beschermen.
- Laat nieuwbouw voor gevoelige bestemmingen niet langs drukke wegen plaatsvinden.

Voor de rijksoverheid:

- Pas maatregelen ter bevordering van de doorstroming of lagere snelheden toe om concentraties van roet (en NO₂ en ultrafijn stof) nabij rijkswegen te verlagen.
- Zorg voor de validatie van de EC emissiefactoren van wegverkeer. Deze hebben nu de kwalificatie 'indicatief' omdat ze gebaseerd zijn op een beperkte set aan emissiemetingen. Meer onderzoek naar de emissie onder praktijkomstandigheden met behulp van metingen aan de uitlaat helpt om de betrouwbaarheid van de emissiefactoren te vergoten en te kwantificeren.
- Zorg voor de ontwikkeling en validatie van emissiefactoren en kennis over verspreiding van ultrafijn stof, zodat ultrafijn stof als indicator kan worden toegepast.
- Zorg voor de opbouw van kennis van emissies en effectiviteit van maatregelen voor andere bronnen van roet dan het wegverkeer, zoals huishoudens, scheepvaart en mobiele werktuigen voor de bouw. Met die kennis kan onderbouwd worden in hoeverre maatregelen praktisch gezien mogelijk en kostenefficiënt zijn.

Voor gebouweigenaren / bouwers / architecten:

- Breng bij nieuwbouw de luchtaanzuig van de centrale luchtbehandeling aan op de gevel die het verst verwijderd is van lokale bronnen (verkeer) en pas F7-F9 filters toe.
- Vervang reeds toegepaste M5 filters door F7-F9 filters.
- Zorg voor goed gebruik (ramen en deuren dichthouden) en goed onderhoud van het luchtbehandelingssysteem, inclusief het tijdig (naar opgave van de fabrikant) vervangen van filters.

Voor vervolgonderzoek

- *Effecten op blootstelling van inwoners.* De effecten van de verkeersmaatregelen zijn bepaald voor een zevental representatieve rekensituaties van gevoelige bestemmingen met een relatief hoge concentratie van EC. Om een beeld te krijgen van de effectiviteit van afzonderlijke of gecombineerde maatregelen op de blootstelling van bewoners, kunnen uitgebreidere berekeningen uitgevoerd worden. Het is daarvoor nodig om ook de effecten op de stadsachtergrondconcentratie te bepalen, omdat de meeste inwoners blootgesteld worden aan stadsachtergrondniveaus.
- *Effecten op gezondheid van blootstelling in gebouwen.* Er is nog weinig kennis over de effecten van het verlagen van de concentraties van roet en ultrafijn stof in binnenmilieus op de gezondheid van de aanwezigen. Maatregelen als vervangen van natuurlijke ventilatie door centrale luchtbehandeling (met filters) of het verhogen van de kwaliteit van de filters verlagen ook de concentraties van PM₁₀ en PM_{2,5}. Het is in die gevallen dus niet mogelijk om eventuele gezondheidseffecten toe te schrijven aan een afzonderlijke fijnstofindicator. Dat neemt niet weg dat er behoefte is aan kennis over de effecten op de gezondheid van dergelijke maatregelen. Aanbevolen wordt om de effecten in afstemming met de GGD in een praktijkproef te onderzoeken, bijvoorbeeld door middel van longfunctieonderzoek bij scholieren.
- *Effecten van maatregelen op bestemmingsverkeer.* De opzet van de huidige studie is gericht op situaties met relatief hoge concentraties van EC. Het betreft gevoelige bestemmingen die langs drukke doorgaande wegen liggen. Deze aanpak is niet geschikt voor onderzoek naar effecten van zeer lokale maatregelen voor bestemmingsverkeer, zoals het stimuleren om kinderen met de fiets naar school te brengen. Overwogen kan worden om een dergelijke maatregel te bemeten in een pilot. Door middel van enquêtes kan de daling van het aantal auto's in kaart gebracht worden. Dat kan vertaald worden naar een schatting van de reductie van de bijdrage van de ouders aan de concentratie van roet. Het zal lastig zijn een dergelijke kleine daling van de roetconcentratie te meten. Het uitvoeren van metingen tijdens breng- en haalmomenten in een periode voor en na de maatregel zou wel kunnen bijdragen aan het educatieve doel. Het is dan belangrijk om de metingen te relateren aan metingen op een achtergrondlocatie, om het effect van de maatregel te kunnen onderscheiden van variatie in de achtergrondconcentratie.
- *Living lab pilot.* Om berekende effecten in de praktijk te toetsen kan een pilotstudie als living lab georganiseerd worden. Voor de gemeente Utrecht heeft TNO in 2014 en 2015 een meetcampagne uitgevoerd naar de effectiviteit van de huidige milieuzone voor personen- en bestelverkeer (wren t/m diesel Euro 2). Resultaten worden begin 2016 verwacht. Een living lab pilot als vervolg op het huidige onderzoek zou zich kunnen richten op een praktijkproef rondom het toepassen van filtering in gebouwen. Daarin kunnen dan ook innovatieve filters en het effect van luchtdichtheid van het gebouw meegenomen worden. Een neven doel van de pilot zou kunnen zijn om bewustzijn onder gebouweigenaren, huurders maar ook lokale overheden te vergroten dat een goede luchtbehandeling in gebouwen kan bijdragen aan verlaging van de binnenconcentratie van roet en ultrafijn stof.

7 Referenties

Brown, A. L., 2015. Longitudinal annoyance responses to a road traffic noise management strategy that reduced heavy vehicles at night. *Journal of the Acoustical Society of America*, 137(1), 165-176.

CROW, <http://www.solve-maatregelmix.nl>
Factsheet 6C. Stedelijke distributie: Distributieconcept.
Factsheet 6B. Stedelijke distributie: verschuiven venstertijden.
Factsheet 11E. Bevorderen fiets: totaalpakket.
Factsheet 13A. Parkeren: verwijssystemen.
Factsheet 13H. Sturen met parkeermaatregelen: combinatie van capaciteit- en tariefmaatregelen.
Factsheet 13I. Sturen met parkeermaatregelen: verhogen tarieven.
Factsheet 13J. Sturen met parkeermaatregelen, beperking parkeercapaciteit.
Factsheet 16D. DVM: Dynamisch aangestuurd netwerk van VRI's.

Dijkema et al, 2009. Effectiviteit van mechanische ventilatie met filtertoepassing in een klaslokaal, GGD Amsterdam, 19 juni 2009.

Jacobs P., 2015. PM_{2,5} meetprotocol voor kantoren, TVVL magazine, nr. 4, 2015

Janssen N.A.H., Hoek G., Simic-Lawson M., Fischer P., van Bree L., ten Brink H., Keuken M., Atkinson R.W., Ross Anderson H., Brunekreef B., Cassee F.R.. 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 August 2011.

Jonge D. en Strak M., 2014. Effectiviteit van mechanische ventilatie met filtertoepassing in een school langs een drukke weg in Den Haag, GGD Amsterdam, oktober 2014.

Keuken M.P., Moerman M., Voogt M., Zandveld P., Verhagen, H., Stelwagen, U. en Jonge de D, (verwacht: 2016). Dispersion of particle numbers near road traffic in Amsterdam (the Netherlands) – comparison of standard and real-world emission factors. *Submitted to Atmospheric Environment*.

Quak, H.J. & T. van Rooijen, 2009. Lokale effecten van Binnenstadservice op en in het centrum van Nijmegen. TNO rapport TNO-034-DTM-2009-03678, Delft.

Regeling van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 8 november 2007, nr. LMV 2007.109578, houdende regels met betrekking tot het beoordelen van de luchtkwaliteit (Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007).

RIVM, 2013. Brochure Ultrafijn stof en gezondheid.
http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Brochures/Milie_u_Leefomgeving/Ultrafijn_stof_en_gezondheid

Royal HaskoningDHV en TNO, 2013. Herprogrammering maatregelen

luchtkwaliteit Utrecht - Onderzoek aanvullende maatregelen 2015. Raport AM-AF20130103.

<https://www.utrecht.nl/images/DSO/DSOmilieu/lucht/ORGLVUBijlage6.pdf>

Velders, G.J.M., Aben, J.M.M., Geilenkirchen G.P., den Hollander H.A., van der Swaluw E., de Vries W. en van Zanten M.C., 2015. Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland. Rapportage 2015. RIVM.

Zee, S. van der, en Strak M., 2015. Effectiviteit van mechanische ventilatie met filtertoepassing in een school langs de A10-West. Rapportage GGD Amsterdam JOAQUIN.

8 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever

Provincie Utrecht
T.a.v. Dhr. Geert Janssen
Postbus 80300
3508 TH UTRECHT

Naam en functies van de medewerkers

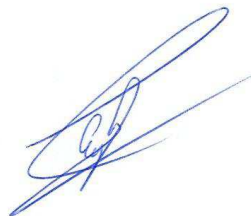
M.H. Voogt	Projectleider , rapportage
A.R.A. Eijk	Emissieberekeningen
H.L.M. Verhagen	Berekeningen Urban Strategy
P. Jacobs	Gebouwwgebonden maatregelen, rapportage
S.A. Janssen	Geluid, beweeggedrag
M.A.G. Duijnisveld	Verkeersveiligheid
M.M.J.F. Verbeek	Kosteninschatting van maatregelen

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

-

Periode waarin het onderzoek plaatsvond

september - december 2015

Naam en ondertekening interne reviewer

Ir. A.R.A. Eijk

Ondertekening:

Ir. M.H. Voogt
Projectleider

Goedkeuring:

Dr. B. Bos
Research Manager

A Kenmerken rekensituaties

A.1 Kenmerken

Tabel 9 Kenmerken van de rekensituaties

	1	2	3	4	5	6	7
Type weg	Provinciale weg	Rijksweg (zie opm. 1)	Ringweg	Ringweg	Toegangs-weg	Weg centrum buiten milieuzone	Weg centrum in milieuzone (vracht + personen/ bestel)
Standaard rekenmodel	SRM1	SRM2	SRM1	SRM1	SRM1	SRM1	SRM1
Achtergrond-concentratie EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (zie opm. 2)	0,64	0,58	0,69	0,83	0,80	0,86	0,84
Afstand tot de weg voorgevel (m)	18,4	33,1	31,9	24,1	12,6	7,3	9,4
Afstand tot de weg achtergevel (m)	27,7	129,5	68,2	43,1	34,5	24,6	28,8
Aantal rijbanen in NSL Rekentool	2	2	1	2	3 (1 busbaan)	3 (2 busb.)	2
Wegtype	4 (geen aaneengesloten bebouwing)	93 (snelweg met een breed profiel)	4 (geen aaneengesloten bebouwing)	3 (eenzijdige bebouwing)	4 (geen aaneengesloten bebouwing)	2 (nauwe street-canyon)	3 (eenzijdige bebouwing)
Verkeersintensiteit licht (#/etmaal)	27104	81531	20179	29054	23872	3757	14439
Verkeersintensiteit middelzwaar (#/etmaal)	2474	4737	865	322	406	95	355
Verkeersintensiteit zwaar (#/etmaal)	1382	8170	577	430	342	27	218
Verkeersintensiteit bus (#/etmaal)	0	0	0	222	929	1462	0
Maximumsnelheid (km/u)	80	100	50	50	70	30	50
Snelheidsregime (zie uitleg §A.2)	c (normaal)	100 km/u	d (stagnerend zie opm. 3)	c (normaal)	c (normaal)	c (normaal)	c (normaal)
Stagnatiefactor (per rijbaan)	0 en 0,4	0	0	0,4 en 0	0,8 en 0,4	0	0
Bomenfactor	1	1	1,25	1,25	1,25	1	1,5

Opmerkingen bij de tabel:

- 1 De Rijksweg heeft aan beide kanten een geluidsscherm (effectieve schermhoogte variërend van 2,4 tot 4,8 meter) en een licht verdiepte ligging (0 tot -2 meter).
- 2 Voor de SRM1 situaties (1, 3 t/m 7) is de achtergrond opgebouwd uit de achtergrondconcentratie uit de GCN kaart en de gemodelleerde bijdragen van eventuele SRM2 wegen in de omgeving. Er is voor dubbeltelling gecorrigeerd (omdat de SRM2 wegen ook op 1 km x 1 km resolutie aan de GCN achtergrondconcentratie bijdragen).
Voor de SRM2 situatie (2) is de hier gegeven achtergrondconcentratie alleen de GCN concentratie minus de dubbeltelling voor de betreffende SRM2 weg (want dat is voor deze situatie de lokale weg waaraan gerekend wordt).
- 3 Regime d staat gelijk aan regime e met stagnatiefactor 1 (zie uitleg paragraaf A.2).

Voor uitleg over de parameters in de SRM1 en SRM2 modellen wordt verwezen naar de Regeling beoordeling luchtkwaliteit (2017).

De volgende paragraaf behandelt geeft meer uitleg over de combinatie van snelheidsregime en stagnatiefactor voor SRM1 wegen.

A.2 Toelichting snelheidsregime en stagnatie SRM1 wegen

De volgende snelheidsregimes kunnen gekozen worden:

- C: normaal stadsverkeer: typisch stadsverkeer met een redelijke mate van congestie, een gemiddelde snelheid tussen de 15 en 30 km/uur, gemiddeld ongeveer 2 stops per afgelegde kilometer.
- D: stagnerend stadsverkeer: stadsverkeer met een grote mate van congestie, een gemiddelde snelheid kleiner dan 15 km/uur, gemiddeld ongeveer 10 stops per afgelegde kilometer.
- E: stadsverkeer met minder congestie: stadsverkeer met een relatief groter aandeel "free-flow" rijgedrag, een gemiddelde snelheid tussen de 30 en 45 km/uur, gemiddeld ongeveer 1,5 stop per afgelegde kilometer.

D kent de grootste emissiefactoren, gevolg door C en daarna E.

E wordt toegepast op doorstromende ring- en rondwegen. Maar op de meeste stadswegen geldt regime C. De stagnatiefactor wordt toegepast om de emissiefactoren te wegen tussen C en D en E en D. Een stagnatiefactor van 1 leidt tot dezelfde emissiefactor als snelheidsregime D met een stagnatiefactor van 0. Een stagnatiefactor van 0,4 op een C-weg, leidt tot een emissiefactor van $0,4 \cdot D + (1-0,4) \cdot C$. Wanneer D als regime is opgegeven doet de stagnatiefactor niet meer ter zake, hoger dan de emissiefactor behorend bij D kan het niet worden.

De stagnatiefactor is een inschattingfactor. Er zijn richtlijnen over het percentage, afhankelijk van gedurende hoeveel tijd van de dag stagnatie optreedt.