

TNO-rapport**TNO-060-UT-2011-02161****Verantwoording operationalisering
roetindicator in Nederland****Earth, Environmental and Life
Sciences**Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

infodesk@tno.nl

Datum	19 december 2011
Auteur(s)	M.P. Keuken, R. de Lange, A. Hensema, H. Denier van der Gon, S. Jonkers, M. Voogt en A. Jedynska (TNO) en D. de Jonge (GGD-Amsterdam)
Aantal pagina's	72 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	5
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Milieu Dr. K.R. Krijgsheld Postbus 29036 3001 GA Rotterdam
Projectnaam	Verantwoording operationalisering roetindicator in Nederland
Projectnummer	054.01648.01.03

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, 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 belang-hebbenden is toegestaan.

© 2011 TNO

Samenvatting

In opdracht van het Ministerie van I&M heeft TNO in samenwerking met het RIVM, DCMR en GGD-Amsterdam een roetindicator geoperationaliseerd. De roetindicator is gebaseerd op elementair koolstof (EC) concentraties in de buitenlucht. Met deze indicator kunnen lokale overheden gezondheidsaspecten meewegen in besluitvorming over verkeersmaatregelen. Er is daarom een (voorlopige) GCN kaart met EC achtergrondconcentraties in Nederland opgesteld en EC emissiefactoren voor wegverkeer. Vergelijking van metingen en berekeningen laten zien dat deze emissiefactoren en GCN kaart voldoende betrouwbaar zijn, zodat medio maart 2012 de roetindicator breed beschikbaar kan worden gesteld door het Ministerie van I&M. De belangrijkste conclusies en aanbevelingen zijn als volgt samengevat:

➤ GCN kaart

Er is een voorlopige GCN kaart met achtergrond concentraties van EC op een ruimtelijke schaal van 1*1 km² voor Nederland opgesteld. Veruit de belangrijkste bron van EC concentraties op leefniveau is het Nederlandse wegverkeer met een bijdrage van circa 40%, gevolgd door buitenlandse bronnen met circa 40% en de resterende 20% zijn overige bronnen in Nederland (energieopwekking, raffinaderijen, scheepvaart e.d.). De GCN kaart illustreert, dat in binnenstedelijk gebied en rondom snelwegen, de EC concentraties een factor 2 tot 3 zijn verhoogd ten opzichte van de regionale achtergrond.

➤ Emissiefactoren

Er zijn EC emissiefactoren voor wegverkeer opgesteld voor de zichtjaren 2010, 2015, 2020 en 2030. Deze emissiefactoren kunnen worden toegepast in de standaard rekenmethoden (SRM1 en SRM2) voor het doorrekenen van het effect op lokale EC concentraties van verkeersmaatregelen zoals: a.) doorstroming in de stad, b.) 80 en 100 km/h met "strikte handhaving" op de snelweg en c.) een milieuzone "vrachtverkeer".

Het wordt aanbevolen in de jaarlijkse *update* van EC emissiefactoren meer aandacht te besteden aan de volgende aspecten: de verhouding EC en PM ("de massa van uitlaatemissies") afhankelijk van de ritdynamiek per voertuigcategorie en deze verhouding bij de koude start. Hierdoor zal naar verwachting eenzelfde betrouwbaarheid voor EC als voor de gereguleerde emissiefactoren worden bereikt. Meer vergelijkingen tussen gemeten en berekende bijdrage van wegverkeer aan EC concentraties zijn gewenst om de betrouwbaarheid voor beoordeling van verkeersmaatregelen te verbeteren.

➤ Metingen

Roet wordt op verschillende manieren gemeten in Nederland: de "zwarte rook" methode (het RIVM en de GGD-Amsterdam), de "MAAP" methode (de DCMR en TNO) en "thermische" methoden volgens het "NIOSH" (GGD-Amsterdam) en het "EUSAAR2" (TNO) protocol. Voor vergelijkbaarheid van de meetresultaten zijn alle roetmetingen in dit onderzoek genormaliseerd naar "thermische EUSAAR2" EC concentraties. [N.B. Dit was een arbitraire keuze want ook normalisatie naar het NIOSH protocol was mogelijk.]

In afwachting van een besluit over een Europese referentiemethode die wordt gebaseerd op thermische EC metingen, wordt aanbevolen (gedeeltelijk) met beide thermische protocollen in Nederland EC te analyseren en te rapporteren. Verder wordt aanbevolen dat RIVM in overleg met andere meetinstanties (o.a. DCMR, GGD-Amsterdam, ECN en TNO) tot overeenstemming komt over ijking met een thermische methode van de automatische meetmethoden, met name op basis van vervolgonderzoek op verkeersbelaste locaties.

➤ **Verificatie van de GCN kaart en EC emissiefactoren**

De achtergrond concentraties van de GCN kaart zijn vergeleken met metingen in het Landelijk Meetnet door het RIVM. Het verschil in berekende en gemeten concentraties is circa 0.2 µg EC per m³ (regionale achtergrond) en circa 0.5 µg EC per m³ (stadsachtergrond). Het wordt aanbevolen de *regionale* achtergrond van de GCN niet bij te stellen, tot er meer data met referentie metingen, die een eventuele bijstelling onderbouwen. De stedelijke achtergrond wordt waarschijnlijk overschat in de *voorlopige* GCN kaart. De oorzaak lijkt de dominantie van wegverkeer voor EC emissies en de beperkte verspreiding vanuit de binnenstedelijke straten naar de stedelijke achtergrond. In de definitieve GCN wordt de mogelijkheid geboden zowel de regionale als de stadsachtergrond te corrigeren voor de bijdrage van lokaal wegverkeer ("dubbeltelling correctie").

De berekende bijdrage van verkeersemissies aan EC met de opgestelde emissiefactoren zijn vergeleken met metingen langs twee drukke straten en twee snelwegen. Er was een goede overeenkomst tussen de berekeningen en metingen met uitzondering van het snelwegstation A2 bij Breukelen. Meer vergelijkingen tussen gemeten en berekende bijdrage van wegverkeer zijn gewenst om duidelijkheid te krijgen over mogelijke verschillen. Uit deze (beperkte) vergelijking tussen de gemeten en berekende verkeersbijdrage aan EC concentraties wordt geconcludeerd dat de opgestelde EC emissiefactoren van wegverkeer voldoende betrouwbaar zijn voor operationalisering van de roetindicator.

➤ **Behoeften gemeenten**

In de bevraagde gemeenten (Amsterdam, Utrecht, Rotterdam, Den Haag, Nijmegen en Tilburg) is behoefte aan beter inzicht in de effecten van verkeersmaatregelen op de gezondheid. Naast wegverkeer willen opvallend veel gemeenten inzicht in de bijdrage van lokale scheepvaart op de luchtkwaliteit en gezondheid.

Het wordt aanbevolen onderzoek te doen naar inzet van de roetindicator voor scheepvaartemissies.

➤ **Gezondheidseffecten**

Vertaling van de verandering in EC concentraties op de gezondheid van de blootgestelde bevolking vereist nadere uitwerking. Hierbij wordt gedacht aan levensjaarverlies c.q. winst door langjarige blootstelling aan jaargemiddelde EC concentraties. Voorlopig wordt als vuistregel een gezondheidseffect gehanteerd van 6 maanden levensjaar winst c.q. verlies, respectievelijk per µg/m³ verlaagde c.q. verhoogde EC concentraties.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	3
1	Inleiding	7
2	Omschrijving opdracht	9
2.1	Beoogde resultaten.....	9
2.2	Betrokken partijen.....	9
2.3	Activiteiten	9
3	Resultaten	13
3.1	Emissiefactoren van EC voor wegverkeer	13
3.2	Achtergrondconcentraties EC: de GCN kaart	15
3.3	Verificatie van modelberekeningen van EC concentraties.....	16
3.4	Behoeften van gemeenten aan een additionele roetindicator.....	21
3.5	Gezondheidseffecten van blootstelling aan EC concentraties	23
4	Conclusies en aanbevelingen	25
5	Referenties	29
6	Ondertekening	31
	Bijlage(n)	
	A Activiteitenoverzicht en inzet projectteam	
	B Ontwikkeling EC emissiefactoren voor het wegverkeer	
	C Onderbouwing van de geleverde EC emissiegegevens voor Nederland en Europa aan het RIVM	
	D Roetmetingen met de Zwarte Rook methode en de thermische EC methode	
	E Vergelijking van berekende en gemeten verkeersbijdrage aan EC concentraties	

1 Inleiding

Maatschappelijk en politiek wordt herhaaldelijk aandacht gevraagd voor meewegen van gezondheid in het luchtkwaliteitsbeleid. In principe wordt daarvoor zorg gedragen via het voldoen aan de luchtkwaliteitsnormen voor fijnstof (PM2.5 en PM10) en stikstofdioxide (NO₂). Echter, uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat deze grenswaarden geen veilige drempel bieden, maar dat ook bij concentraties onder de normen nog steeds gezondheidsrisico's aanwezig zijn. Dicht bij drukke verkeerswegen worden gezondheidsrisico's waarschijnlijk onderschat als deze worden afgemeten aan de hand van de concentraties van PM2.5, PM10 of NO₂. Gezondheidskundig (Janssen et al., 2011) en luchtkwaliteitonderzoek (Keuken et al., 2011) laten zien dat concentraties van elementair koolstof (EC) een goede indicatie zijn van de waargenomen gezondheidseffecten en de invloed van verkeersemisies op de lokale luchtkwaliteit. De EC concentraties zijn een maat voor de massa van roetdeeltjes in fijnstof. Deze roetdeeltjes worden uitgestoten door verbrandingsprocessen van koolstofhoudende brandstoffen (i.e. kolen, olie, diesel, benzine, gas en biomassa) voor energieopwekking, industrie, raffinaderijen, huishoudens en transport. Vanwege emissies dicht aan de grond en de intensiteit van wegverkeer in stedelijk gebied zijn uitlaatemisies van dieselloertuigen van belang voor blootstelling aan roet door de bevolking. Roetdeeltjes dragen (zelfs in de buurt van verkeersbelaste locaties) relatief weinig bij aan de massa van fijnstof concentraties. Het effect van verkeersmaatregelen is daarom nauwelijks waarneembaar in PM2.5 en PM10 concentraties. De verkregen gezondheidseffecten van lokale verkeersmaatregelen worden daarmee ook niet zichtbaar. Een aanvullende "roetindicator" gebaseerd op EC concentraties geeft echter beter inzicht in de effecten op gezondheid van lokale verkeersmaatregelen.

In opdracht van het Ministerie van I&M heeft TNO in samenwerking met het RIVM, DCMR en GGD-Amsterdam de roetindicator geoperationaliseerd zodat lokale overheden de roetindicator kunnen gebruiken om de gezondheidsaspecten mee te wegen in de onderbouwing van besluiten over verkeersmaatregelen.

In het voorliggende rapport wordt de operationalisering van de roetindicator nader onderbouwd. Het gaat hierbij over het meten en berekenen van EC concentraties. De vertaling naar gezondheidseffecten vraagt nadere uitwerking. In Hoofdstuk 2 worden de opdracht, de aanpak en de activiteiten toegelicht. In Hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd van achtereenvolgens: 1.) de opgestelde EC emissiefactoren voor wegverkeer, 2.) de (voorlopige) EC achtergrondconcentraties in Nederland (de "GCN kaart"), 3.) een vergelijking tussen gemeten en berekende bijdrage van verkeersemisies aan EC concentraties langs straten en snelwegen, 4.) een toelichting op het meten van EC concentraties en tenslotte, 5.) een overzicht van maatregelen waarvan de gemeente inzichten wensen in het effect op de roetconcentratie en gezondheid. In Hoofdstuk 4 worden conclusies en aanbevelingen gepresenteerd en in Hoofdstuk 5 referenties naar relevante literatuur. De hoofdtekst in het rapport is toegespitst op de resultaten, terwijl voor meer details over het onderzoek wordt verwezen naar de Bijlagen.

2 Omschrijving opdracht

2.1 Beoogde resultaten

Concrete resultaten van de operationalisering zijn de (voorlopige) "GCN" kaart met Grootschalige Concentraties van EC in Nederland *en* een set van emissiefactoren voor EC van wegverkeer. Deze set is voldoende gedifferentieerd om het effect van verkeersmaatregelen op EC concentraties met berekeningen vast te stellen. De ruimtelijke resolutie van de GCN kaart is 1*1 km². Bovenop de GCN concentraties wordt de bijdrage van lokaal wegverkeer aan EC concentraties berekend met de standaard rekenmethoden: "SRM1" (stadsverkeer) en "SRM2" (snelweg verkeer). De bijdrage van overige bronnen zijn al onderdeel van de GCN kaart. Met deze instrumenten (i.e. een GCN kaart en emissiefactoren) is het mogelijk de concentraties van EC te berekenen en ook de concentratieverandering voor EC als gevolg van ontwikkelingen en/of beleidsmaatregelen van wegverkeer.

De definitieve GCN kaart en set met emissiefactoren voor wegverkeer worden door het Ministerie van I&M uiterlijk 15 maart 2012 gepubliceerd, tegelijk met de geactualiseerde dataset voor overige luchtverontreinigende stoffen. Op deze wijze worden EC basisgegevens breed beschikbaar voor toepassing.

2.2 Betrokken partijen

Gezien het belang dat de resultaten van dit project worden ingebed in bestaande landelijke procedures voor het vaststellen van de luchtkwaliteit is het project goed afgestemd met het RIVM. Het projectteam van TNO is gepresenteerd in Annex I, terwijl voor het opstellen van de GCN kaart is samengewerkt met Dr. E. van der Swaluw en Dr. G. Velders, beiden van het RIVM. Verder hebben de DCMR en de GGD-Amsterdam meetdata van EC in Rotterdam en Amsterdam beschikbaar gesteld en is Ir. D. de Jonge van de GGD-Amsterdam betrokken bij het vergelijken van verschillende protocollen voor EC analyse. Tenslotte, zijn belanghebbenden bij een aantal Gemeenten geraadpleegd met als doel een inventarisatie van welke maatregelen en/of beleidsplannen men nuttige toepassingen voorziet van de roetindicator.

2.3 Activiteiten

In het project zijn de volgende activiteiten uitgevoerd, waarvan een overzicht is samengevat in Bijlage 1:

- A. *Emissiefactoren van EC voor wegverkeer*; Een set emissiefactoren voor EC voor het wegverkeer is opgesteld met voldoende differentiatie om EC concentraties langs wegen te berekenen bij verschillende locatiespecifieke omstandigheden en verschillende verkeersmaatregelen. Daarbij is uitgegaan van nationaal (TNO metingen) en internationaal (COPERT4) beschikbare meetgegevens van het gehalte EC in uitlaatemissies.

De EC emissiefactoren zijn afgeleid voor de huidige situatie (2010) en aan de hand van verwachte ontwikkelingen in de motortechniek ook voor toekomstige jaren (2015, 2020 en 2030).

Met de opgestelde emissiefactoren is het mogelijk de invloed van de volgende typen verkeersmaatregelengelen door te rekenen:

- a) Milieuzonering (inclusief eventuele zonering voor bestelauto's);
- b) Maatregelen om doorstroming van het verkeer te bevorderen;
- c) Specifiek regime van toegestane snelheden op snelwegen o.a. "80 en 100 km/u met strikte handhaving".

Uiteraard kunnen ook maatregelen gericht op volumevermindering doorgerekend worden. De opgestelde set emissiefactoren komen zoveel mogelijk tegemoet aan de wensen van lokale overheden voor wat betreft de verkeersmaatregelen die doorgerekend kunnen worden. Deze wensen zijn door TNO in kaart gebracht via een 'quick scan' (i.e. telefonische consultatie) onder een aantal gemeenten voor welke aspecten van luchtkwaliteitsbeleid men nuttige toepassingen voorziet van een roetindicator.

De set EC emissiefactoren zijn door TNO voor instemming voorgelegd aan deskundigen in de Taakgroep Verkeer van de Emissieregistratie.

- B. *Achtergrondconcentraties EC: de GCN kaart*; Voor beoordeling van de invloed van een verkeersmaatregel op EC concentraties gaat het in belangrijke mate om het berekenen van concentratieverschillen voor EC met en zonder verkeersmaatregel. Echter, om de berekende EC concentraties op een bepaalde locatie in het juiste perspectief te zetten, is het gewenst om inzicht te hebben in de bestaande achtergrondconcentratie (i.e. de GCN kaart met EC concentraties) zonder de lokale verkeersbijdrage.

In Nederland worden jaarlijks GCN kaarten gemaakt door verspreidingsberekeningen met het "OPS-model" op basis van emissiegegevens uit de Emissieregistratie. De resulterende concentratiekaarten voor een afgelopen jaar worden vervolgens gekalibreerd aan de hand van de beschikbare meetgegevens uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML). Voor toekomstige jaren worden emissies ingeschat van toekomstige ontwikkelingen volgens bepaalde scenario's. Het RIVM maakt volgens deze procedures ook voor EC een achtergrondconcentratie kaart voor 2011. Daarbij is door TNO op de volgende onderdelen inbreng geleverd:

- a. *EC-emissies*; Emissiebestanden van EC voor alle relevante broncategorieën (dus ook andere dan wegverkeer), zowel voor het binnen- en buitenland, op basis van bestaande inzichten over het aandeel EC in geregistreerde primaire $PM_{2,5}$ -emissies;
- b. *EC-meetdata*; Het creëren van een geschikte dataset van EC concentraties waarmee de berekende concentratiekaart kan worden gekalibreerd. Tot op heden zijn EC concentraties maar beperkt gemeten en daarom zijn bestaande metingen van zwarte rook uit het LML door TNO in overleg met het RIVM omgezet naar EC.

De werkzaamheden om achtergrondconcentratie kaarten voor EC te maken zijn uitgevoerd in onderlinge afstemming en samenwerking tussen het RIVM en TNO.

- C. *Verificatie van modelberekeningen voor EC*; De betrouwbaarheid van de modelberekeningen van EC (i.e. de GCN kaart plus berekeningen met SRM1 voor stadsverkeer en SRM2 voor snelwegverkeer) is getoetst met metingen. Hiervoor zijn rekenresultaten van EC concentraties in de buurt van wegverkeer vergeleken met beschikbare meetdata. Hiervoor is gebruik gemaakt van metingen in Rotterdam door de DCMR, in Amsterdam door de GGD-Amsterdam en in het Landelijk Meetnet door het RIVM. Het gaat hierbij om metingen op de stadsachtergrond in Rotterdam en Amsterdam en langs drukke binnenstedelijke wegen (i.e. Pleinweg in Rotterdam en Jan van Galenstraat in Amsterdam) en snelwegen (i.e. de A2 bij Breukelen en de A10 in Amsterdam).
- D. *Metingen van EC*; Roetconcentraties worden met automatische apparatuur en met handmatige methoden gemeten. In meetnetten wordt gebruik gemaakt van automatische apparatuur (o.a. de "Zwarte Rook" methode door het RIVM en de GGD-Amsterdam, en de "MAAP" methode door DCMR) maar deze instrumenten vereisen ijking met de handmatige methode van EC concentraties. Het ontbreekt echter aan een Europese referentie methode voor deze handmatige methode en dan met name voor het "thermische protocol".

In Nederland worden twee verschillende protocollen toegepast door de GGD-Amsterdam het "NIOSH protocol" en door TNO het "EUSAAR2" protocol. Het is niet duidelijk voor welk protocol in Europa wordt gekozen. In verband met de noodzaak van een referentiemethode voor EC - in afwachting van een Europese beslissing - zijn beide protocollen vergeleken. Hiervoor zijn monsters op EC geanalyseerd volgens beide protocollen bij zowel de GGD-Amsterdam als bij TNO. Op basis van de uitkomsten volgt een aanbeveling voor de handmatige EC meting in Nederland. Uiteindelijk is het RIVM in overleg met lokale meetnet verantwoordelijken (DCMR in het Rijnmond gebied en de GGD in Amsterdam) verantwoordelijk voor inrichting van het landelijke meetnet met automatische meetmethoden (want de huidige Zwarte Rook apparatuur is niet langer beschikbaar) en de keuze van een referentiemeting voor EC.

3 Resultaten

3.1 Emissiefactoren van EC voor wegverkeer

In dit onderzoek is een set emissiefactoren voor EC ontwikkeld, die gebruikt kunnen worden bij verspreidingsberekeningen van uitlaatemissies van wegverkeer. Voor de zichtjaren 2010, 2015, 2020 en 2030 zijn emissiefactoren berekend voor licht, middelzwaar en zwaar wegverkeer, inclusief bussen. Deze emissiefactoren zijn toepasbaar voor luchtkwaliteitsberekeningen volgens SRM1 en SRM2. De methodiek voor ontwikkeling van deze emissiefactoren is beschreven in Bijlage 2 en gebaseerd op het aandeel EC in de totale fijnstof massa van uitlaatemissies (PM). De verhouding EC/PM is afhankelijk van o.a. de voertuigcategorie, het type brandstof en de (eventueel) gebruikte emissiereductietechnologie. De resulterende emissiefactoren zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: EC-emissiefactoren (mg/km) voor licht, middelzwaar en zwaar wegverkeer en bussen voor de zichtjaren 2010, 2015, 2020, 2030.

Verkeerssituatie		Zichtjaar			
		2010	2015	2020	2030
Licht wegverkeer					
SRM1	Stad stagnerend	20.7	8.8	4.0	2.0
	Stad normaal	15.3	6.2	2.9	1.6
	Stad doorstromend	14.8	6.0	2.8	1.5
	Buitenweg	9.0	3.8	1.7	0.9
SRM2	Stagnatie	16.9	5.8	2.0	0.9
	80 km/u MSH	12.3	4.1	1.4	0.7
	100 km/u MSH	17.9	5.8	1.9	0.8
	100 km/u	17.8	5.7	1.9	0.8
	120 km/u	19.5	6.3	2.0	0.9
Middelzwaar verkeer					
SRM1	Stad stagnerend	156.4	82.4	35.3	8.5
	Stad normaal	86.9	45.8	19.6	4.7
	Stad doorstromend	53.0	27.9	12.0	2.9
	Buitenweg	52.6	26.7	11.4	2.7
SRM2	Stagnatie	107.3	59.5	25.4	7.1
	Snelweg overig	34.5	17.0	7.2	2.0
Zwaar verkeer					
SRM1	Stad stagnerend	246.5	106.8	36.6	13.7
	Stad normaal	136.9	59.3	20.3	7.6
	Stad doorstromend	83.5	36.2	12.4	4.7
	Buitenweg	79.9	32.3	10.8	3.9
SRM2	Stagnatie	181.5	72.4	21.7	8.6
	Snelweg overig	46.2	17.1	5.0	1.9
Bussen					
SRM1	Stad stagnerend	266.6	195.8	102.9	43.0
	Stad normaal	143.3	105.3	55.3	23.1
	Stad doorstromend	88.3	64.8	34.1	14.2
	Buitenweg	90.8	60.7	30.9	11.9

Conform de gebruikelijke methodiek binnen het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) zijn tevens schalingsfactoren voor middel en zwaar vrachtverkeer binnen een milieuzone “vrachtverkeer” afgeleid. Deze schalingsfactoren zijn te vinden in Tabel 2.

Tabel 2: Schalingsfactoren voor EC emissies van middelzwaar en zwaar verkeer in een milieuzone “vrachtverkeer” voor de zichtjaren 2010, 2011, 2015 en 2020. De schalingsfactoren voor zichtjaar 2011 zijn verkregen door middel van interpolatie .

Zichtjaar	Voertuigcategorie	
	Middelzwaar verkeer	Zwaar verkeer
2010	0,610	0,473
2011	0,621	0,520
2015	0,666	0,707
2020	0,704	0,774

De EC emissiefactoren worden verwerkt in de *update* van SRM1 en SRM2 in 2012. De emissiefactoren in Tabel 1 en 2 kunnen worden toegepast voor het doorrekenen van het effect van verschillende verkeersmaatregelen op de lokale EC concentraties: doorstroming in de stad (Tabel 1), 80 en 100 km/h met “strikte handhaving” op de snelweg (Tabel 1) en een milieuzone “vrachtverkeer” (Tabel 2 in combinatie met Tabel 1).

De ontwikkelde set emissiefactoren worden als *indicatief* beschouwd en wel om de volgende redenen. Weliswaar zijn de emissiefactoren ontwikkeld met onderscheid naar voertuigtechnologie maar binnen een voertuigcategorie zijn de factoren echter gebaseerd op een *gemiddelde* verhouding EC/PM. De invloed van de ritdynamiek, maar ook van bijvoorbeeld de koude start is *niet* expliciet meegenomen. Tenslotte is er ook geen rekening gehouden met de onzekerheid in emissiefactoren.

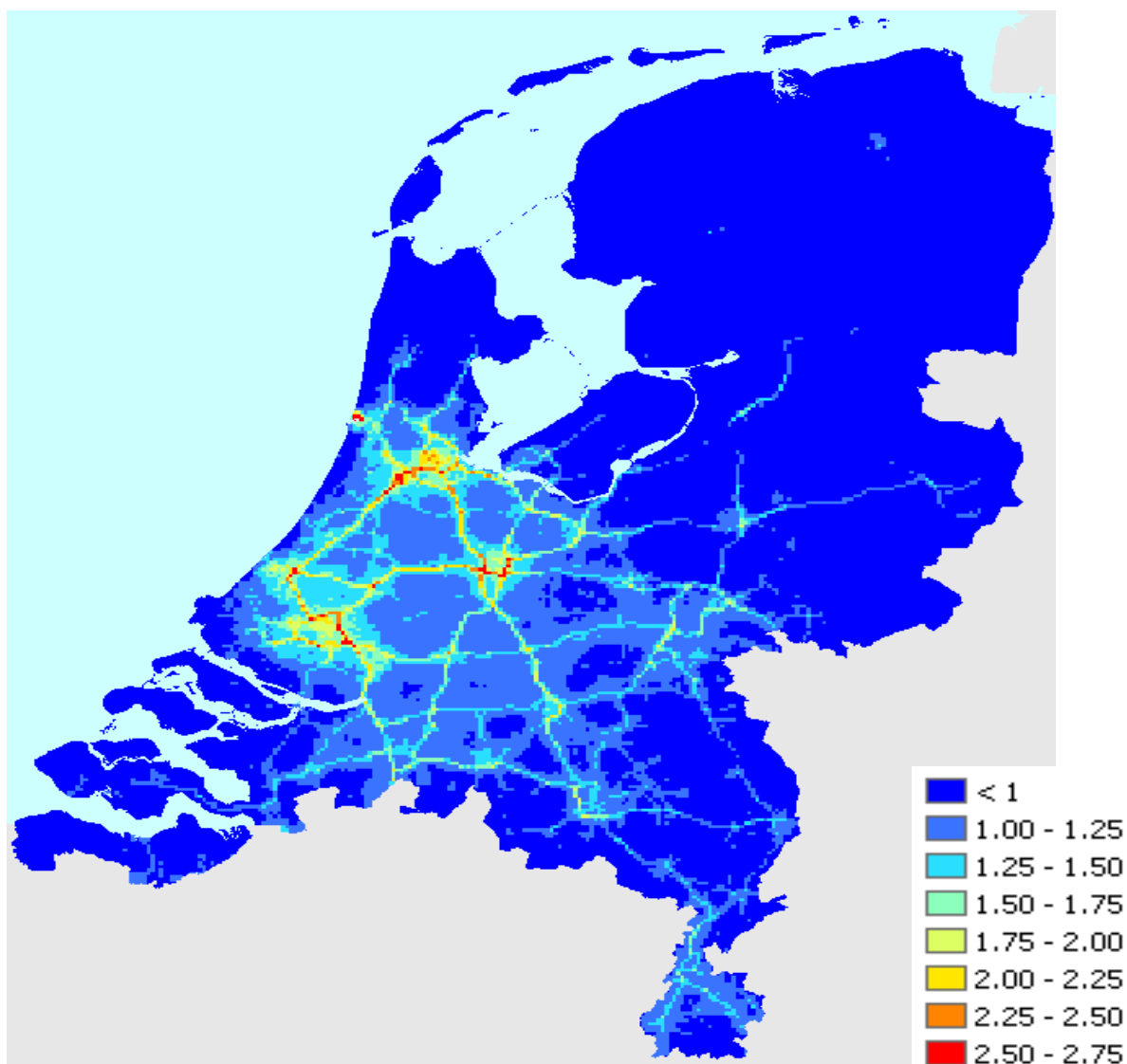
Vergelijking van de berekende en gemeten bijdrage van wegverkeer aan EC concentraties geeft vertrouwen in de (indicatieve) set emissiefactoren, zoals wordt toegelicht in sectie 3.3. Door inbedding van EC emissiefactoren de komende jaren zal aan bovengenoemde aspecten worden gewerkt. Hierdoor zal naar verwachting eenzelfde betrouwbaarheid voor EC als voor gereguleerde emissiefactoren worden bereikt.

Tot slot is voor de ontwikkeling van de EC emissiefactoren alleen uitgegaan van de verbrandingsemissies door wegverkeer. EC emissies door slijtage van banden, remmen en wegdek (“niet-uitlaatmissies”) is niet meegenomen. Uit onderzoek blijkt dat het aandeel EC in niet-uitlaatmissies beperkt is tot ongeveer 0-2 % (Schauer et al., 2006). Omdat het aandeel niet-uitlaatmissies in dezelfde ordegrrootte is als uitlaatmissies, is een bijdrage van 0-2% EC in niet-uitlaatmissies aan de totale EC emissies van wegverkeer te verwaarlozen.

3.2 Achtergrondconcentraties EC: de GCN kaart

Met behulp van een literatuurstudie heeft TNO de fractie EC geschat van primaire $PM_{2.5}$ emissies van relevante bronnen (industrie, raffinaderijen, elektriciteitsopwekking, scheepvaart e.d.) in binnen- en buitenland. In Bijlage 3 is deze studie toegelicht. Met deze fracties zijn de primaire $PM_{2.5}$ verbrandingsemissies uit 2008 omgezet naar EC emissies. Vervolgens is de verspreiding van EC met het OPS model berekend met de meteorologie uit het jaar 2010. De (voorlopige) GCN kaart met EC concentraties in $\mu g.m^{-3}$ is weergegeven in Figuur 1. De status van de GCN kaart is "voorlopig" omdat het RIVM voor de opleverdatum medio maart 2012 van de definitieve GCN kaart nog een aantal verificatie en controle stappen doet.

De gemiddelde EC concentratie in Nederland is $0.9 \mu g.m^{-3}$. Ruimtelijk gezien is circa 55-60% afkomstig van bronnen in Nederland, circa 35-40% van buitenlandse bronnen en minder dan 5% van zeescheepvaart. Wegverkeer in Nederland draagt voor circa 40% aan de gemiddelde EC concentratie in Nederland.



Figuur 1: De voorlopige GCN kaart van EC concentraties in Nederland (2011).

De GCN kaart in Figuur 1 illustreert dat wegverkeer de belangrijkste bron is van EC emissies in Nederland. In binnenstedelijk gebied (vooral in de G4) en rondom de snelwegen zijn de EC concentraties een factor 2 tot 3 verhoogd ten opzichte van de regionale achtergrond. De stadsachtergrond in de voorlopige GCN kaart wordt waarschijnlijk overschat. De oorzaak is dat de verspreiding van verkeersemissies is beperkt tot drukke binnenstedelijke straten, terwijl in de voorlopige GCN de stedelijke concentraties worden gemiddeld over 1*1 km² vakken. In de uiteindelijke GCN kaart komt de mogelijkheid voor “dubbeltelling” van het binnenstedelijke verkeer te corrigeren net als langs snelwegen (zie: sectie 3.3.2).

[N.B. In Figuur 1 is te zien dat rondom Tata Steel bij IJmuiden de EC concentraties zijn verhoogd. Nadere analyse wijst erop deze verhoging waarschijnlijk is overschat. In de uiteindelijke GCN wordt hiervoor gecorrigeerd.]

3.3 Verificatie van modelberekeningen van EC concentraties

3.3.1 *Meting van EC concentraties*

Luchtkwaliteit wordt vastgesteld door een combinatie van metingen en berekeningen. Metingen geven (betrouwbare) informatie over concentraties op een bepaalde plaats en tijd, terwijl modelberekeningen informatie geven over de relatie van emissies en de ruimtelijke verspreiding. Metingen zijn noodzakelijk om de betrouwbaarheid van modelberekeningen te verbeteren. Onderdeel van de operationalisering van de roetindicator is dan ook vergelijking van metingen en berekeningen van de regionale en stedelijke achtergrond van EC concentraties (de “GCN kaart”) in sectie 3.3.2, en de bijdrage van wegverkeer aan EC concentraties langs straten en snelwegen (de EC emissie factoren) in sectie 3.3.3. Een complicerende factor bij deze vergelijking van berekeningen met metingen is het verschil in meetmethoden van EC, zoals toegelicht in Bijlage 4. In Nederland worden de volgende geautomatiseerde en handmatige methoden toegepast:

- *geautomatiseerde methoden*; Het RIVM gebruikt in het landelijke meetnet het “Zwarte Rook” instrument en de DCMR in het Rijnmond gebied het “MAAP” instrument. Beide instrumenten zijn gebaseerd op licht absorptie door roetdeeltjes verzameld op een filter. Beide instrumenten vereisen ijking met een referentiemethode om de lichtmeting te vertalen naar een massa concentratie van EC. In Bijlage 4 wordt de conversie van Zwarte Rook en MAAP data naar EC concentraties toegelicht;
- *handmatige methoden*; De (nog overeen te komen) referentie methode voor EC metingen is gebaseerd op fijnstof bemonstering op een filter en vervolgens (handmatige) analyse van EC in het laboratorium. Hierbij wordt voor de analyse een bepaald thermisch protocol gevolgd: de GGD-Amsterdam gebruikt het NIOSH protocol en TNO het EUSAAR2 protocol. Het gemiddelde verschil in de resultaten van beide analyses is in de orde van 20% in het bereik van 0 - 2.5 µg.m⁻³ EC. Bij hogere concentraties is nader onderzoek gewenst naar de relatie tussen beide protocollen. In Bijlage 4 zijn beide protocollen vergeleken.

De referentie methode is arbeidsintensief en daarom worden automatische instrumenten ingezet in (grootschalige) meetnetten. De SX-200 “zwarte rook” monitor, die het RIVM en de GGD-Amsterdam al jaren inzet voor roet metingen, is niet meer beschikbaar en zal daarom binnenkort worden vervangen.

Zoals boven toegelicht is het noodzakelijk op de locaties waar automatische metingen worden uitgevoerd periodiek te controleren met de referentiemetingen om de geautomatiseerde metingen te ijken. Hierbij is de keuze voor een bepaald thermisch protocol van belang. Vanwege het ontbreken van doorslaggevende argumenten voor een bepaald protocol *en* in afwachting van Europese besluitvorming wordt aanbevolen voorlopig (gedeeltelijk) met beide protocollen in Nederland EC te analyseren en te rapporteren. Dit lijkt de meest praktische oplossing in afwachting van een Europees besluit. Dit betekent dat bemonsterde filters tweemaal worden geanalyseerd zowel met het NIOSH als het EUSAAR2 protocol. Een bijkomend voordeel is dat elk filter in duplo wordt geanalyseerd waardoor meer informatie wordt verzameld omtrent de verschillen tussen beide protocollen. Het wordt aanbevolen dat het RIVM in overleg met overige meetinstanties (i.e. GGD Amsterdam, DCMR, TNO en ECN) besluit op welke wijze automatische meetmethoden in de meetnetten worden geijkt.

Normalisatie naar één thermische protocol in het voorliggende onderzoek vereenvoudigt de onderlinge vergelijking van verschillende roetmetingen in Nederland (en eventueel buitenlandse data). In het voorliggende onderzoek is gekozen voor normalisatie naar “thermische EUSAAR2” data. [N.B. Dit was overigens ook naar het NIOSH protocol mogelijk geweest maar er is door TNO een keuze gemaakt voor het EUSAAR2 protocol]. Naast vergelijkbaarheid van meetresultaten wordt door de normalisatie tevens de vergelijkbaarheid met modelberekeningen vereenvoudigd. De gemeten roetconcentraties in Nederland door het RIVM (de “zwarte rook methode”), de DCMR (de “MAAP methode”) en de GGD (de “thermische NIOSH methode”) zijn allemaal omgezet naar “thermische EUSAAR2” EC concentraties. Dit is toegelicht in Bijlage 4 en gaat als volgt:

- *RIVM data*; Roet concentraties worden in het LML gemeten met de “zwarte rook” methode. Deze zijn als volgt omgezet naar EC concentraties:
 - $EC (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}) = 0.056 * \text{Zwarte Rook } (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}) + 0.16$ (regionale locaties)
 - $EC (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}) = 0.088 * \text{Zwarte Rook } (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}) + 0.32$ (stad/verkeerslocaties);
- *GGD-Amsterdam data*; Roetconcentraties worden in Amsterdam gemeten met de “thermische NIOSH” methode. Deze zijn als volgt omgezet naar EC concentraties:
 - $EC (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}) = 1.1 * \text{NIOSH } (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})^1$;
- *DCMR data*; Roetconcentraties worden in het meetnet Rijnmond gemeten met de “MAAP” methode. Deze zijn als volgt omgezet naar EC concentraties:
 - $EC (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}) = 0.7 * \text{MAAP } (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}) + 0.1$.

Er is onzekerheid over eventuele systematische afwijkingen door normalisatie naar “thermisch EUSAAR2” data volgens eerder beschreven conversies. In het bijzonder geldt dit voor verkeersbelaste locaties vanwege de niet-lineaire relatie tussen beide thermische protocollen. Meer onderzoek naar de ze verschillen is gewenst. Zo zijn er recent thermische metingen door de GGD-Amsterdam gestart op de regionale achtergrond locatie Cabauw. De EC analyses zijn volgens het NIOSH protocol en 20% van deze monsters zijn ook met EUSAAR2 geanalyseerd. Analyse van die data levert meer inzicht in de juistheid van bovenbeschreven conversies.

¹ Deze relatie is geldig tot circa $2.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ EC. Bij grotere concentraties is er geen lineair verband tussen beide protocollen (zie Bijlage 4).

3.3.2 *Gemeten en berekende EC op stedelijke en regionale achtergrondlocaties (GCN-kaart)*

Bij vergelijking van metingen en berekeningen van EC concentraties op achtergrond locaties gaat het om vijf regionale locaties en een stedelijke locatie voor metingen door het RIVM in 2010, een stedelijke locatie in Amsterdam ("Overtoom") voor metingen door de GGD in 2010 en twee stedelijke locaties in Rotterdam ("Zwartewaalseweg" en "Schiedam") voor metingen door de DCMR in 2010. De gemeten resultaten zijn vergeleken met de GCN berekeningen en weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Achtergrondconcentraties van EC concentraties in Nederland (2010): GCN en metingen.

	EC ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	
	GCN	Metingen
Regionale achtergrond		
- Vredepeel (LML-RIVM)	0.8	0.5
- Zilk (LML-RIVM)	0.9	0.4
- Wieringerwerf (LML-RIVM)	0.6	0.4
- Wekerom (LML-RIVM)	0.9	0.5
- Valthermond (LML-RIVM)	0.5	0.4
Stadsachtergrond		
- Breda (LML-RIVM)	1.3	0.9
- Overtoom-A'dam (GGD-A'dam)	1.9	0.7
- Zwartewaalseweg/Schiedam-R'dam (DCMR)	-	1.3
- Schieveste-R'dam (LML-RIVM)	1.8	-

De onzekerheid in de GCN berekening is circa 25% en in de meting van jaargemiddelde concentraties circa 10%. Deze laatste onzekerheid betreft primair de meting (i.e. zwarte rook, thermische NIOSH en de MAAP methode) maar de onzekerheid in de eerder beschreven omzetting naar EC concentraties is niet bekend. De conclusies van de gemeten en berekende EC concentraties zijn als volgt:

- *regionale achtergrond*; Het verschil in de berekende en gemeten concentraties is circa $0.2 \mu\text{g EC per m}^3$. Dit verschil is gering ten opzichte van de verhoogde EC concentraties rondom wegverkeer. Het lijkt daarom niet nodig om de (voorlopige) GCN concentraties op de regionale achtergrond bij te stellen tot meer data van referentie metingen een dergelijke bijstelling onderbouwen;
- *stedelijke achtergrond*; Het verschil in de berekende en gemeten concentraties is groter (circa $0.5 \mu\text{g EC per m}^3$) dan voor de regionale achtergrond. De onzekerheid in dit verschil is groter dan voor de regionale locaties want het aantal stedelijke locaties is kleiner dan voor de regionale achtergrond. Het verschil in de berekende en gemeten stedelijke achtergrond toegeschreven aan een *te hoge* GCN berekening. De oorzaak lijkt het volgende. Zoals gebruikelijk in de GCN worden emissies van het stadsverkeer verdeeld over $1*1 \text{ km}^2$ vakken. Gezien de dominantie van wegverkeer voor EC emissies en de beperkte verspreiding vanuit

binnenstedelijke straten naar de stedelijke achtergrond leidt deze verdeling tot een *overschatting* van EC op de stedelijke achtergrond. Door dubbel telling leidt dit vervolgens tot te hoge EC concentraties langs straten, wanneer met SRM1 de lokale straatbijdrage wordt berekend. In de definitieve GCN wordt de mogelijkheid gegeven om de stadsachtergrond te corrigeren voor de bijdrage van binnenstedelijk verkeer.

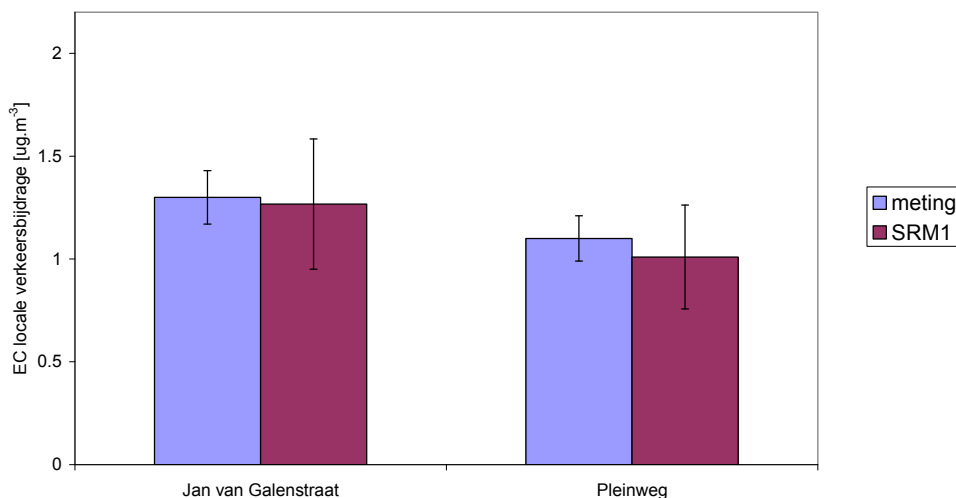
Op basis van de huidige informatie wordt geconcludeerd dat de (voorlopige) GCN kaart een betrouwbaar beeld geeft van de regionale achtergrond concentraties maar voor de stedelijke achtergrond volgt een aanvullende procedure om te corrigeren voor overschatting van de stedelijke achtergrond.

- 3.3.3 *Gemeten en berekende EC langs straten en snelwegen (SRM1 en SRM2)*
- De opgestelde EC emissiefactoren in sectie 3.1 zijn toegepast om de bijdrage van wegverkeer aan EC langs straten en snelwegen met SRM1 en SRM2 te berekenen. De jaargemiddelde berekende en gemeten verkeersbijdrage aan EC concentraties zijn vergeleken langs twee binnenstedelijke straten en twee snelwegen. De locaties zijn:
- Pleinweg (Rotterdam)
 - Jan van Galenstraat (Amsterdam)
 - Snelweg A2 (nabij Breukelen), ter hoogte van het LML station 641
 - Snelweg A10-zuid (Amsterdam)

Meer informatie over deze locaties is opgenomen in Bijlage 5. De invoergegevens voor de berekeningen zijn overgenomen uit de "monitoringstool" met actualisatie 2010 (<http://www.nsl-monitoring.nl/>).

De gemeten lokale bijdrage is bepaald door de ter plekke gemeten EC concentratie te verminderen met een gemeten, representatieve achtergrondconcentratie. Voor de locatie Jan van Galenstraat in Amsterdam is meetlocatie Overtoom ("stadsachtergrond") als achtergrond gehanteerd. Beide meetlocaties zijn onderdeel van het meetnet van de GGD-Amsterdam. Voor de Pleinweg in Rotterdam is als stadsachtergrond het gemiddelde van de concentraties op de locaties Schiedam en Zwartewaalseweg genomen. Deze meetlocaties zijn onderdeel van het meetnet van de DCMR. Alle roetmetingen zijn genormaliseerd naar EC concentraties, zoals beschreven in sectie 3.3.1.

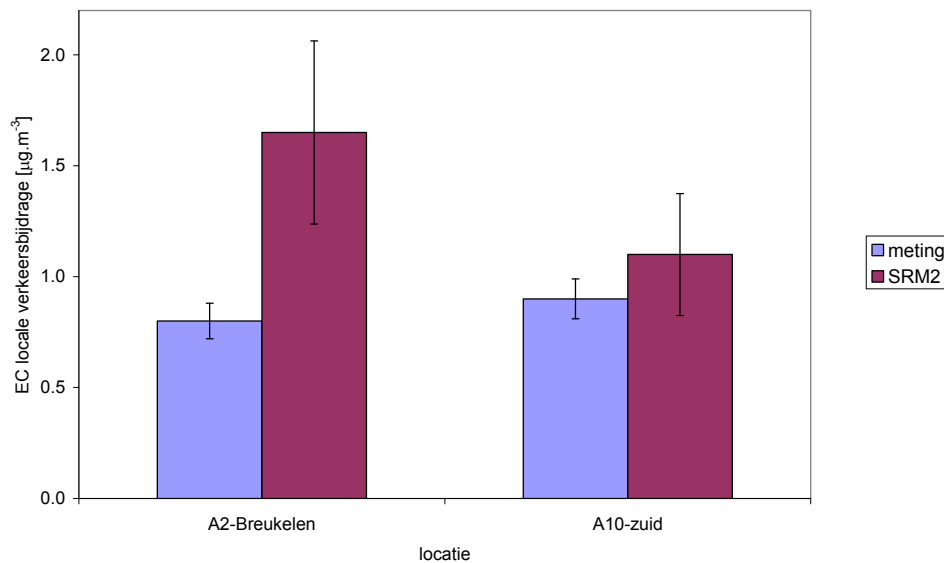
In Figuur 2 zijn de resultaten van de berekende en gemeten verkeersbijdrage aan EC concentraties op beide straatlocaties in Amsterdam en Rotterdam weergegeven.



Figuur 2: De gemeten en berekende EC jaargemiddelde concentratiebijdrage en onzekerheid ($\mu\text{g.m}^{-3}$) van lokaal verkeer in de Jan van Galenstraat (Amsterdam) en Pleinweg (Rotterdam).

Figuur 2 laat zien dat de gemeten en berekende concentraties goed in overeenstemming zijn. Uit de goede overeenkomst tussen de gemeten en berekende bijdrage wordt geconcludeerd dat de gehanteerde EC emissiefactoren voor SRM1 voldoende betrouwbaar zijn voor operationalisering van de roetindicator. Meer onderzoek op verschillende locaties is gewenst om deze conclusie nader te onderbouwen.

Voor twee snelweglocaties zijn soortgelijke vergelijkingen tussen de gemeten en berekende bijdrage door snelwegverkeer aan EC concentraties uitgevoerd. Voor de snelweg locatie A10-Zuid bij Amsterdam is de meetlocatie Overtoom ("stadsachtergrond") als achtergrond gehanteerd, want de meetlocatie ligt op de rand van het stedelijk gebied van Amsterdam. Beide meetlocaties zijn onderdeel van het meetnet van GGD-Amsterdam. Voor de snelweg locatie A2-Breukelen is als achtergrond het gemiddelde van de concentraties op de regionale LML stations gebruikt: Vredepeel, de Zilk, Wieringerwerf, Wekerom en Valthermond. Alle roetmetingen zijn genormaliseerd naar EC concentraties, zoals beschreven in sectie 3.3.1. In Figuur 3 zijn de resultaten van de berekende en gemeten verkeersbijdrage aan EC concentraties op beide snelweg locaties weergegeven.



Figuur 3: De gemeten en gemodelleerde EC concentratiebijdrage en onzekerheid ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) op locaties A2-Breukelen en A10-zuid.

Figuur 3 illustreert dat de berekende EC concentraties langs de A2 significant hoger zijn dan de gemeten concentraties. Op de locatie A10-Zuid is de overeenkomst tussen berekende en gemeten bijdrage echter goed. Het grote verschil op de locatie A2 is momenteel niet begrepen maar gezien de overeenkomst tussen beide metingen langs de A2 en A10 (met vergelijkbaar verkeer) lijkt de modelberekening bij de A2 onbetrouwbaar. Mogelijk dat de modelinvoer van verkeersdata niet juist is vanwege wegwerkzaamheden. Meer vergelijkingen tussen gemeten en berekende bijdrage van wegverkeer aan EC concentraties zijn gewenst om duidelijkheid te krijgen over mogelijke verschillen.

3.4 Behoeften van gemeenten aan een additionele roetindicator

Onder enkele grote gemeenten in Nederland zijn de gewenste toepassingen van berekeningen van de EC concentratie geïnventariseerd ("quick scan"). Dit betreft maatregelen die recent zijn of worden genomen *en* maatregelen van andere overheden die van invloed zijn op de lokale luchtkwaliteit. De volgende gemeenten en medewerkers hebben aan het onderzoek meegewerkt:

- Amsterdam, Harry van Bergen, Beleidsmedewerker luchtkwaliteit
- Rotterdam, Patricia Timmerman, Beleidsmedewerker luchtkwaliteit
- Den Haag, Han Robanus, Beleidsmedewerker luchtkwaliteit
- Utrecht, Erik Boons, Adviseur milieubeleid/lucht
- Tilburg, Peter Glerum, Projectleider lucht en geluid
- Nijmegen, Henk Nijhuis, Adviseur luchtkwaliteit

Alle (benaderde) gemeenten zijn bezig met het stimuleren van schone brandstoffen (aardgas, groen gas) of elektrisch vervoer. Maatregelen gericht op doorstroming door een "groene golf" en/of "dynamisch verkeersmanagement zijn van belang voor gemeenten, niet alleen vanuit luchtkwaliteit maar ook vanuit mobiliteit. Het verminderen van de verkeersintensiteit wordt door gemeenten gezocht in uitbreiding van fiets- en OV-faciliteiten en in een restrictief parkeerbeleid.

In de meeste gemeenten zijn al milieuzones voor vrachtverkeer en ook wordt in enkele gemeenten al onderzoek gedaan naar milieuzones voor bestelverkeer. De “80 km zones” op snelwegen rondom de grote steden staan onder politieke druk. Gemeenten hebben daarom behoefte aan inzicht in de effecten van snelwegverkeer op de gezondheid. Tabel 4 geeft een overzicht van de maatregelen die tijdens de *quick scan* naar voren kwamen.

Tabel 4: Maatregelen met een “+” zijn genoemd door de gemeenten tijdens de interviews.

	Maatregel type	Specificatie	1	2	3	4	5	6	Tot
1	Doorstroming	Optimaliseren verkeerslichten / dynamisch verkeersmanagement		+	+		+	+	4
2	Snelheid	80 km/uur op ringweg	+	+		+			3
3	Volume vermindering	Weren/routeren				+	+	+	3
		Stimuleren fiets/OV/P&R		+		+			2
		Parkeerbeleid				+			1
4	Verschoning van voertuigen	Milieuzone	+	+	+	+	+		5
		Stimuleren euro VI /6	+		+	+			3
		Stimuleren aardgas			+			+	2
		Stimuleren elektrisch vervoer	+	+		+	+		4
		Schoon OV	+	+	+	+		+	5
		Schoon eigen wagenpark	+	+	+	+			4
5	Stedelijke distributie	Schonere en minder vrachtwagens	+	+	+	+	+	+	6

1: Amsterdam; 2: Rotterdam; 3: Den Haag; 4: Utrecht; 5: Tilburg en 6: Nijmegen

Meer inzicht in de effecten van bovengenoemde maatregelen op de gezondheid is van belang voor het lokale, politieke en maatschappelijke draagvlak.

[N.B.1 Binnen gemeenten was ook behoefte aan inzicht in het effect op roet concentraties door omschakeling van dieselbussen naar aardgas. Informatie over het EC gehalte in emissies van aardgasbussen is echter beperkt. Er zijn daarom geen emissiefactoren voor EC uitstoot van aardgasbussen opgesteld. Indien er toch behoefte is aan een “eerste-orde” schatting van een emissiefactor, dan is dit met (beperkt) aanvullend onderzoek mogelijk.]

[N.B.2. Opvallend veel gemeenten willen inzicht in de bijdrage van lokale scheepvaart. In Amsterdam is sprake van het verschonen van rondvaartboten, in Utrecht worden boten ingezet voor de binnenstadservice en Den Haag geeft aan bezig te zijn met walstroom in de Scheveningse Haven. Tenslotte geven Rotterdam en Nijmegen aan dat op grotere schaal verschoning van de binnenvaart van belang is.]

3.5 Gezondheidseffecten van blootstelling aan EC concentraties

In het voorliggende rapport is het berekenen en meten van EC concentraties in Nederland toegelicht. Met de opgestelde GCN en de emissiefactoren kan het effect van verkeersmaatregelen op jaargemiddelde EC concentraties worden berekend. Vervolgens vereist doorvertaling naar de effecten op de gezondheid van de blootgestelde bevolking nadere uitwerking. Hierbij wordt gedacht aan levensjaarverlies c.q. winst als gevolg van langjarige blootstelling aan jaargemiddelde EC concentraties. Bij verkeersmaatregelen gaat het om veranderingen in jaargemiddelde EC concentraties en blootstelling aan EC. Dergelijke berekeningen zijn gebaseerd op het zogenoemde "relatieve risico" van EC. Hiermee kan een percentage van de jaarlijkse sterfte in een bevolkingsgroep worden toegeschreven aan langjarige blootstelling aan EC. Voor berekening van het gezondheidseffect zou in principe sterftecijfers en de leeftijdsopbouw van de blootgestelde bevolking bekend moeten zijn. Dergelijke cijfers zijn bekend voor de Nederlandse bevolking of voor een stad maar niet eenvoudig beschikbaar voor een bepaalde blootgestelde groep. Als vuistregel wordt op dit moment voor het gezondheidseffect: 6 maanden "levensjaar" winst c.q. verlies per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ verhoogde of verlaagde EC concentraties gehanteerd (Janssen et al., 2011). Bijvoorbeeld: Wanneer we uitgaan van een verlaging in de jaargemiddelde buitenluchtconcentratie van EC van een $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aan de gevel van een woonadres door een verkeersmaatregel dan is de gezondheidswinst 3 maanden. Voor het vergelijken van het effect van verkeersmaatregelen op de gezondheid is bovengenoemde vuistregel afdoende. Het wordt aanbevolen dat het RIVM in overleg met het IRAS tot een protocol komt voor inschatting van de gezondheidseffecten van EC.

4 Conclusies en aanbevelingen

Het project heeft de gestelde doelstellingen gehaald voor a.) het opstellen van EC emissiefactoren, en een (voorlopige) GCN kaart voor EC, b.) een verificatie met metingen van deze emissiefactoren en GCN kaart, en c.) een behoeftepeiling bij gemeenten naar het type maatregelen waarvoor een aanvullende roetindicator inzicht geeft. De conclusies en aanbevelingen zijn als volgt:

➤ Emissiefactoren

Conclusie; Er zijn EC emissiefactoren voor wegverkeer opgesteld voor de zichtjaren 2010, 2015, 2020 en 2030. Deze emissiefactoren hebben alleen betrekking op uitlaatemissies, want het aandeel EC in “niet-uitlaatemissies” is te verwaarlozen. De opgestelde emissiefactoren kunnen worden toegepast in de standaard rekenmethoden SRM1 en SRM2 voor het doorrekenen van het effect van verschillende verkeersmaatregelen op de lokale EC concentraties: a.) doorstroming in de stad, b.) 80 en 100 km/h met “strikte handhaving” op de snelweg, c.) een milieuzone “vrachtverkeer” en d.) bussen op aardgas. Uiteraard kunnen ook maatregelen gericht op volumevermindering doorgerekend worden.

Aanbeveling; De ontwikkelde set emissiefactoren wordt als *indicatief* beschouwd omdat er beperkt rekening is gehouden met een aantal zaken, zoals een *gemiddelde* verhouding EC en PM (“de massa van uitlaatemissies”) in plaats van een specifieke benadering per voertuigcategorie en bijvoorbeeld de koude start is *niet* expliciet meegenomen. Het wordt aanbevolen in de jaarlijkse *update* van EC emissiefactoren aandacht te besteden aan o.a. bovengenoemde aspecten. Hierdoor zal naar verwachting eenzelfde betrouwbaarheid voor EC als voor gereglementeerde emissiefactoren worden bereikt.

➤ GCN kaart

Conclusie; Wegverkeer is veruit de belangrijkste bron van EC concentraties op leefniveau in Nederland: 40% is afkomstig van wegverkeer in Nederland. De (voorlopige) GCN kaart met achtergrondconcentraties van EC in Nederland illustreert, dat in binnenstedelijk gebied (vooral in de G4) en rondom snelwegen, de EC concentraties een factor 2 tot 3 zijn verhoogd ten opzichte van de regionale achtergrond. De werkelijke verhoging langs snelwegen en straten is nog hoger wanneer de concentraties niet worden gemiddeld over 1*1 km² vakken maar de verspreiding van verkeersemissies wordt berekend met SRM1 en SRM2.

➤ Metingen

Conclusie; Roet metingen worden op verschillende wijze uitgevoerd in Nederland: de “zwarte rook” methode (het RIVM en de GGD-Amsterdam), de “MAAP” methode (de DCMR en TNO) en “thermische” methoden volgens het “NIOSH” (GGD-Amsterdam) en het “EUSAAR2” (TNO) protocol. Voor vergelijkbaarheid van de meetresultaten en modelberekeningen zijn alle roetmetingen in dit onderzoek genormaliseerd naar “thermische EUSAAR2” EC concentraties. [N.B. Dit was een arbitraire keuze want normalisatie naar het thermische NIOSH protocol was ook mogelijk.]

Aanbeveling; In afwachting van een besluit over een Europese referentiemethode wordt aanbevolen (gedeeltelijk) met beide protocollen in Nederland EC te analyseren en te rapporteren. Het systematische verschil in EC concentraties tussen beide protocollen tot circa $2.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ EC is in de orde van 20%. Boven deze concentratie is de relatie tussen beide protocollen onzeker. Het wordt aanbevolen dat het RIVM in overleg met meetinstanties (o.a. DCMR, GGD-Amsterdam, TNO en ECN) besluit over ijking van automatische meetmethoden.

➤ **Verificatie van de GCN kaart: de regionale en stedelijke achtergrond concentraties**

Conclusie (1); De berekende regionale achtergrond van EC concentraties, zoals weergegeven in de GCN kaart, zijn vergeleken met metingen in het LML door het RIVM. Het verschil in berekende en gemeten concentraties is gering (circa $0.2 \mu\text{g EC per m}^3$) ten opzichte van EC concentraties rondom wegverkeer (circa 1 tot $3 \mu\text{g EC per m}^3$).

Aanbeveling (1); Het wordt aanbevolen de (voorlopige) GCN concentraties op de regionale achtergrond niet bij te stellen, tot meer data van referentie metingen een dergelijke bijstelling onderbouwen.

Conclusie (2); Het verschil in de berekende en gemeten concentraties op de stedelijke achtergrond is hoger (circa $0.5 \mu\text{g EC per m}^3$) dan voor de regionale achtergrond. De oorzaak lijkt de dominantie van wegverkeer voor EC emissies en de beperkte verspreiding vanuit de binnenstedelijke straten naar de stedelijke achtergrond. In de GCN worden de emissies in straten echter homogeen verdeeld over $1*1 \text{ km}^2$ vakken met als gevolg een overschatting van EC op de stedelijke achtergrond in de GCN.

Aanbeveling (2); In de definitieve GCN komt de mogelijkheid de stedelijke achtergrond te corrigeren voor de bijdrage van stedelijk verkeer (de zogenoemde "dubbeltellingcorrectie").

➤ **Verificatie emissiefactoren: de bijdrage van stedelijk en snelwegverkeer**

Conclusie; Vergelijking van de gemeten en berekende bijdrage van verkeersemisies aan EC langs twee drukke straten en twee snelwegen laten een goede overeenkomst zien. Deze overeenkomst is het minst voor het snelwegstation A2 bij Breukelen. Echter, een zelfde overschatting van de verkeersbijdrage van NO_x werd bij dit station gevonden en dit duidt erop dat het gevonden verschil in EC niet in de emissiefactoren van EC voor snelwegverkeer moet worden gezocht. Uit deze (beperkte) vergelijking tussen de gemeten en berekende verkeersbijdrage aan EC concentraties wordt geconcludeerd dat de opgestelde EC emissiefactoren van wegverkeer voor SRM1 en SRM2 voldoende betrouwbaar zijn voor operationalisering van de roetindicator.

Aanbeveling; Meer vergelijkingen tussen gemeten en berekende bijdrage van wegverkeer aan EC concentraties zijn gewenst om de betrouwbaarheid van de emissiefactoren te verbeteren.

➤ **Behoeften gemeenten**

Conclusie; In de bevroagede gemeenten (Amsterdam, Utrecht, Rotterdam, Den Haag, Nijmegen en Tilburg) worden verschillende verkeersmaatregelen genomen of voorbereid met de bedoeling o.a. luchtkwaliteit te verbeteren. Het gaat hierbij veelal om doorstroming, een milieuzone, volumebeleid, schonere brandstoffen en 80-100 km/u op snelwegen binnen gemeenten. Er is behoefte aan beter inzicht in de effecten van deze maatregelen op de gezondheid vanwege het lokale, politieke en maatschappelijke draagvlak.

Aanbeveling; Opvallend veel gemeenten willen inzicht in de bijdrage van lokale scheepvaart op de luchtkwaliteit en gezondheid. Het wordt aanbevolen onderzoek te doen naar inzet van de roetindicator voor scheepvaartemissies.

➤ **Gezondheidseffecten**

Conclusie; Met de opgestelde GCN en de emissiefactoren kan het effect van verkeersmaatregelen op jaargemiddelde EC concentraties worden berekend. Voor doorvertaling naar de effecten op de gezondheid wordt gedacht aan levensjaarverlies c.q. winst als gevolg van langjarige blootstelling aan jaargemiddelde EC concentraties. Als vuistregel wordt op dit moment voor het gezondheidseffect: 6 maanden "levensjaar" winst c.q. verlies per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ verhoogde of verlaagde EC concentraties gehanteerd.

Aanbeveling; Het wordt aanbevolen dat het RIVM in overleg met het IRAS tot een protocol komt voor inschatting van de gezondheidseffecten van EC.

5 Referenties

1. Janssen N.A.H., Hoek G., Lawson-Simic M., Fischer P., Bree van L., Brink van H., Keuken M., Atkinson R., Anderson H.R., Brunekreef B., Cassee F. (2011). "Black carbon as an additional indicator of the adverse health effects of airborne particles compared to PM₁₀ and PM_{2.5}." Accepted by Environmental Health Perspective.
2. Keuken M.P., Zandveld P., van den Elshout S., Janssen N.A.H., Hoek G. (2011/1). "Air quality and health impact of PM₁₀ and EC in the city of Rotterdam in 1985-2008." In print by Atmospheric Environment 45: 5294-5301
3. Schauer JJ, Lough GC, Shafer MM, Christensen WF, Arndt MF, DeMinter JT en Soo Park JS (2006), Characterization of Metals Emitted from Motor Vehicles, Research Report 133, Health Effects Institute, Boston, USA, 2006

6 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever:
Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Dr. K.R. Krijgsheld
Postbus 29036
3001 GA Rotterdam

Namen en functies van de projectmedewerkers:
Dr. M.P. Keuken, Projectleider
Dr.ir. H.A.C. Denier van der Gon, Emissie Inventarisatie
Ir. A.J.H. Visschedijk, Emissies Inventarisatie
Ing. R. de Lange, Emissiefactoren wegverkeer
Drs. S. Jonkers, Modelberekeningen
Ir. M.H. Voogt, Lokaal luchtbeleid
Drs. A.D. Jedynska, Chemische analyses

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:
GGD-Amsterdam, EC metingen
DCMR, EC metingen
RIVM, Landelijk Meetnet en GCN kaart

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:
Juni-December 2010

Naam en paraaf tweede lezer:

Dr. J.S. Henzing
Senior Onderzoeker

Ondertekening:

Autorisatie vrijgave:

Dr. M.P. Keuken
Projectleider

Drs. H.C. Borst
Research Manager

A Activiteitenoverzicht en inzet projectteam

Activiteitenplan

I&M: operationalisering EC in Nederland

Activiteitenplanning		2011			
Activiteit	Resultaat	uren	II	III	IV
T.1 Project Management (TNO)					
T.1.1 Afstemmen met I&M, PBL/RIVM, DCMR, GGD en TNO		40			
T.1.2 Rapport, inclusief bijlage taak 2-5		40			◆
<i>Resultaat: Tijdige en adequate oplevering resultaten</i>					
T.2 Emissiefactoren EC wegverkeer (TNO ism Taakgroep Verkeer)					
T.2.1 Informatie EC fractie PM emissies (PARTICULATE/COPERT)		24			
T.2.2 VERSIT+ EF EC opstellen 2010, 2015 en 2020 + specifiek rijgedrag		40			
T.2.3 Validatie EF Ec specifiek rijgedrag: testmetingen TNO en buitenland (JRC)		32			
T.2.4 Afstemmen met Taakgroep Verkeer		24		◆	
T.2.5 Bijlage hoofdrapport		24			◆
<i>Resultaat 1: Bijlage: EF EC (2010, 2015 en 2020), EF EC specifiek</i>					
T.3 Achtergrond concentraties EC (TNO ism RIVM/PBL)					
T.3.1 Aanpassen primaire PM emissies in NL/buitenland naar EC		40			
T.3.2 Jaargemiddelde ZR metingen (LML) naar EC (2010)		24			
T.3.3 OPS berekeningen en data assimilatie EC metingen: concept GCN kaart		RIVM			
T.3.4 Bijlage voor hoofdrapport		16		◆	
<i>Resultaat: Bijlage documentatie tbv achtergrond EC in NL</i>					
T.4 Validatie EC berekeningen (TNO ism GGD-A'dam, RIVM en DCMR)					
T.4.1 Validatie concept GCN kaart met EC metingen (Cabauw, A'dam en R'dam)		24			
T.4.2 Validatie EC berekeningen: 5 locaties met analyse a 2dg/locatie		80			
T.4.3 Vergelijking NIOSH/EUSAARII protocol EC analyses (30 monsters)		24			
T.4.4 Bijlage met resultaten validatie		16		◆	
<i>Resultaat: Bijlage resultaten validatie GCN enverkeersbelaste locaties</i>					
T.5 Inventarisatie gemeenten behoeften EC indicator					
T.5.1 Quick scan mbv enquête tbv inventarisatie behoeften EC		40			
T.5.2 Bijlage met resultaten quick scan		16			◆
<i>Resultaat: Bijlage inventarisatie inzet EC gemeenten</i>					
Totaal (uren)		504			
Totaal (werkdagen)		63			

Projectteam

De projectleiding was in handen van Dr. M.P. Keuken met meer dan 25 jaar ervaring in nationale en internationale projecten op het gebied van luchtkwaliteit. Ing. R. de Lange was deelprojectleider voor EC emissiefactoren van wegverkeer. Hij was afgelopen jaren nauw betrokken bij het opstellen van emissiefactoren van het Nederlandse wagenpark. Dr. H. Denier van der Gon was deelprojectleider voor EC emissiefactoren van "overige" bronnen als fractie van primaire PM_{2.5} emissies. Hij heeft ruime ervaring met de Nederlandse en Europese emissie inventarisaties. Drs. S. Jonkers was deelprojectleider voor het valideren van EC berekeningen. Hij is een expert op het gebied van lokale verspreidingsberekeningen o.a. met SRM1 en SRM2. Drs. A. Jedynska was betrokken bij het vergelijken van de thermische protocollen voor EC analyse met Ir. D. de Jonge van de GGD-Amsterdam. Ir. M. Voogt was deelprojectleider voor uitvoering van een "Quick Scan" om inzicht te krijgen welke behoefte er bij gemeenten is voor het doorrekenen van verkeersmaatregelen. Zij heeft veel contacten met gemeenten vanwege uitvoering van een groot aantal projecten op het gebied van luchtkwaliteit.

B Ontwikkeling EC emissiefactoren voor het wegverkeer

Inleiding

In de huidige wetgeving wordt de deeltjesemissie van wegvoertuigen gelimiteerd via een grenswaarde op de PM₁₀ emissie. In dit onderzoek is een set emissiefactoren voor EC ontwikkeld, die gebruikt kan worden bij verspreidingsberekeningen van uitlaatemissies rondom wegverkeer. Voor de zichtjaren 2010, 2015, 2020 en 2030 zijn emissiefactoren berekend voor licht, middelzwaar en zwaar wegverkeer, en bussen. Deze emissiefactoren zijn toepasbaar voor berekeningen met SRM1 en SRM2. Hieronder wordt eerst de methodiek toegelicht en daarna de resultaten gegeven. Tot slot volgt een korte discussie die ingaat op het toepassingsbereik van de emissiefactoren.

Methodiek

In de ontwikkeling van de EC emissiefactoren voor het wegverkeer zijn de volgende stappen doorlopen:

1. *bepaling EC fractie*; de EC fractie in fijnstof (PM) van verbrandingsemissies is bepaald voor de verschillende voertuigcategorieën zoals die in het emissiemodel "VERSIT+" zijn gedefinieerd;
2. *afleiden van detail EC emissiefactoren*; vervolgens zijn detail EC emissiefactoren afgeleid voor elke in VERSIT+ gedefinieerde voertuigklasse;
3. *aggregatie van detail emissiefactoren*; als derde stap zijn door aggregatie van detail emissiefactoren EC emissiefactoren afgeleid voor licht-, middelzwaar en zwaar wegverkeer, en voor bussen. Hierbij zijn voor verschillende zichtjaren detail emissiefactoren geaggregeerd en gewogen naar de kilometerprestatie van de bijbehorende voertuigklasse;
4. *berekening van de schalingsfactoren voor milieuzone vrachtverkeer*; Aan de hand van aannames over de verschoning van het wagenpark binnen een milieuzone zijn schalingsfactoren bepaald. Voor berekeningen binnen een milieuzone vrachtverkeer kunnen de standaard emissiefactoren voor middelzwaar en zwaar verkeer vermenigvuldigd worden met de schalingsfactoren

Hieronder wordt elke stap nader toegelicht.

- *Bepaling EC fractie*; Voor elke voertuigklasse die in VERSIT+ is gedefinieerd, is een verhouding tussen EC en uitlaatemissies van PM afgeleid. Hierbij is onderscheid gemaakt naar:
 - *voertuigtype*: personenauto, bestelauto, motorfiets, bromfiets, middelzware vrachtauto, zware vrachtauto en trekker-oplegger;
 - *brandstoftype*: benzine, diesel, LPG en CNG²;
 - *emissiestandaard*: Pre-Euro t/m Euro 6 / VI;

² Voor zover de brandstof relevant is voor de voertuigtypes

- *nageschakelde technologie*: EGR, SCR, Roetfilter (half-open en gesloten).

Om de EC fracties te achterhalen is een literatuurstudie uitgevoerd. Daarbij is gebleken dat het EMEP Handboek een goed overzicht geeft van in de literatuur bekende studies (Ntziachristos L, Samaras Z. et al., 2010). Deze studie geeft een overzicht van de EC fracties voor de meeste bestaande voertuigklassen. Voor de overige voertuigcategorieën zijn de EC/PM verhoudingen in uitlaatemissies bepaald op basis van expert kennis van de meest gangbare motor en uitlaatgas nabehandelingstechnologie.

- *Afleiden detail EC emissiefactoren*; Detail EC emissiefactoren zijn vervolgens bepaald door de EC/PM verhoudingen toe te passen op de PM emissiefactoren van uitlaatemissies in het VERSIT+ emissiemodel;
- *Aggregatie EC emissiefactoren*; Als laatste stap zijn de EC detail emissiefactoren gewogen tot emissiefactoren voor licht wegverkeer, middelzwaar wegverkeer, zwaar wegverkeer en bussen voor de zichtjaren 2010, 2015, 2020 en 2030.

De weging is conform de SRM1 en SRM2 methodiek uitgevoerd volgens de geraamde kilometerprestaties van de voertuigcategorie. Hierbij is uitgegaan van het BR scenario conform door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu gepubliceerde SRM1 en SRM2 emissiefactoren (Velders *et al.*, 2011);

- *Berekening van de schalingsfactoren voor milieuzone vrachtverkeer*; Conform de methodiek die binnen het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) gebruikelijk is, is de wagenparksamenstelling voor middelzwaar en zwaar verkeer binnen een milieuzone vrachtverkeer bepaald. Bij het berekenen van de verschoning van het wagenpark is rekening gehouden met het te verwachten verschoningseffect ten gevolge van de milieuzone, maar ook met de te verwachten overtreders en ontheffingen.

Op basis van de aangepaste wagenparksamenstelling zijn schalingsfactoren bepaald. Voor berekeningen binnen een milieuzone vrachtverkeer kunnen de standaard emissiefactoren voor middelzwaar en zwaar verkeer vermenigvuldigd worden met de schalingsfactoren.

Resultaten

Een overzicht van de resulterende EC/PM fracties voor de verschillende voertuigklassen is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Overzicht gebruikte EC/PM fracties voor het afleiden van de EC emissiefactoren.

Voertuigcategorie	Emissie-standaard	Technologie*	EC/PM fractie [%]	Onzekerheid [%]
Personen- en bestelvoertuigen benzine	PRE-ECE		2	50
	ECE 15 00/01		5	50
	ECE 15 02/03		5	50
	ECE 15 04		20	50
	Open loop		30	30
	Euro 1		25	30
	Euro 2		25	30
	Euro 3		15	30
	Euro 4		15	30
	Euro 5	<i>mix van IDI en DI</i>		25
Euro 6	<i>mix van IDI en DI</i>		35	<i>n.b.</i>
Personen en bestelvoertuigen diesel	Conventional		55	10
	Euro 1		70	10
	Euro 2		80	10
	Euro 3		85	5
	Euro 4		87	5
	Euro 3,4,5	HOF	20	50
	Euro 3,4,5	DPF	10	50
Euro 6		10	<i>n.b.</i>	
Personen en bestelvoertuigen LPG	Euro 1		25	<i>n.b.</i>
	Euro 2		25	<i>n.b.</i>
	Euro 3		15	<i>n.b.</i>
	Euro 4		15	<i>n.b.</i>
	Euro 5		15	<i>n.b.</i>
	Euro 6		15	<i>n.b.</i>
Vrachtwagen en bussen diesel	Conventional		50	20
	Euro I		65	20
	Euro II		65	20
	Euro II	HOF	75	<i>n.b.</i>
	Euro II	DPF	15	<i>n.b.</i>
	Euro III		70	20
	Euro III	HOF	75	<i>n.b.</i>
	Euro III	DPF	15	<i>n.b.</i>
	Euro IV		75	20
	Euro V		75	20
Euro VI		15	30	
Motoren en brommers	Conventional	2-takt	10	50
	Euro 1	2-takt	20	50
	Euro 2	2-takt	20	50
	Conventional	4-takt	15	50
	Euro 1	4-takt	25	50
	Euro 2	4-takt	25	50
	Euro 3	4-takt	25	50

* IDI = indirecte injectie ; DI = directe injectie; HOF = Halfopen roetfilter; DPF = gesloten roetfilter.

In Tabel 1 zijn een aantal voertuigcategorieën schuin gedrukt opgenomen. Voor deze categorieën zijn de EC/PM fracties bepaald met behulp van expert inschatting op basis van technologie. Dit betreft de voertuigcategorieën:

- *Euro 5 en 6 benzine personen en bestelvoertuigen*; Hiervoor is een mix tussen nu gangbare indirecte injectie motoren en de in opkomst zijn de directe injectie motoren opgenomen. Door de toename van de hoeveelheid motoren met directe injectie is de verwachting dat voor deze categorieën de fractie EC/PM groter is dan voor de Euro 4 voertuigen die bijna volledig zijn voorzien van motoren met indirecte brandstof injectie;
- *Euro 6 diesel personen en bestelvoertuigen*; Omdat deze technologisch grotendeels identiek zijn aan de technologie gebruikt in Euro 5 diesel voertuigen, is de verwachting dat de fractie EC/PM hetzelfde is als bij Euro 5 diesel voertuigen;
- *LPG personen- en bestelvoertuigen*; Hiervan is geen informatie beschikbaar. Omdat de technologie grotendeels verwant is aan die van benzinevoertuigen en de absolute uitstoot aan PM erg laag is voor de voertuigen t/m Euro 4, zijn de EC/PM fracties gelijk gehouden aan die van benzine. Voor de moderne LPG voertuigen is de verwachting dat vooral de voertuigen volgens indirecte brandstofinjectie zullen werken, zodat de EC/PM fractie voor Euro 5 en 6 gelijk is gehouden aan die van Euro 4;
- *Euro II en Euro III vrachtvoertuigen en bussen met halfopen of gesloten roetfilter*; Bij een halfopen roetfilter is de verwachting dat het OC deel beter wordt gefilterd dan het EC deel. Daarom zal de EC/PM fractie bij toepassing van een halfopen roetfilter iets toenemen. Voor een gesloten roetfilter geldt juist het omgekeerde. Deze filtert de EC er voor een groot deel uit. Daarom zal de EC/PM verhouding in dit geval belangrijk afnemen. Vooral bij toepassing van een gesloten roetfilter is het belangrijk om te realiseren dat de uitstoot aan deeltjes uit de uitlaat gering is.

De verhoudingen voor de overige voertuigcategorieën (niet schuin gedrukt in Tabel 1) zijn overgenomen uit de EMEP studie (Ntziachristos L, Samaras Z. et al. , 2010).

Met behulp van de PBL raming voor de voertuigprestaties zijn de geaggregeerde emissiefactoren berekend voor de zichtjaren 2010, 2015, 2020 en 2030. De resulterende emissiefactoren voor licht wegverkeer, middelzwaar wegverkeer, zwaar wegverkeer en bussen zijn te zien in Tabel 2.

Tabel 2: EC emissiefactoren (mg/km) voor licht, middelzwaar en zwaar wegverkeer en bussen voor de zichtjaren 2010, 2015, 2020, 2030.

Verkeerssituatie		Zichtjaar			
		2010	2015	2020	2030
Licht wegverkeer					
SRM1	Stad stagnerend	20.7	8.8	4.0	2.0
	Stad normaal	15.3	6.2	2.9	1.6
	Stad doorstromend	14.8	6.0	2.8	1.5
	Buitenweg	9.0	3.8	1.7	0.9
SRM2	Stagnatie	16.9	5.8	2.0	0.9
	80 km/u MSH	12.3	4.1	1.4	0.7
	100 km/u MSH	17.9	5.8	1.9	0.8
	100 km/u	17.8	5.7	1.9	0.8
	120 km/u	19.5	6.3	2.0	0.9
Middelzwaar verkeer					
SRM1	Stad stagnerend	156.4	82.4	35.3	8.5
	Stad normaal	86.9	45.8	19.6	4.7
	Stad doorstromend	53.0	27.9	12.0	2.9
	Buitenweg	52.6	26.7	11.4	2.7
SRM2	Stagnatie	107.3	59.5	25.4	7.1
	Snelweg overig	34.5	17.0	7.2	2.0
Zwaar verkeer					
SRM1	Stad stagnerend	246.5	106.8	36.6	13.7
	Stad normaal	136.9	59.3	20.3	7.6
	Stad doorstromend	83.5	36.2	12.4	4.7
	Buitenweg	79.9	32.3	10.8	3.9
SRM2	Stagnatie	181.5	72.4	21.7	8.6
	Snelweg overig	46.2	17.1	5.0	1.9
Bussen					
SRM1	Stad stagnerend	266.6	195.8	102.9	43.0
	Stad normaal	143.3	105.3	55.3	23.1
	Stad doorstromend	88.3	64.8	34.1	14.2
	Buitenweg	90.8	60.7	30.9	11.9

De EC schalingsfactoren voor vrachtverkeer binnen een milieuzone "vrachtverkeer" zijn te vinden in Tabel 3.

Tabel 3: EC schalingsfactoren voor middelzwaar en zwaar verkeer voor de milieuzone "vrachtverkeer" voor de zichtjaren 2010, 2011, 2015 en 2020. De schalingsfactoren voor zichtjaar 2011 zijn verkregen door middel van interpolatie.

Zichtjaar	Voertuigcategorie	
	Middelzwaar verkeer	Zwaar verkeer
2010	0,610	0,473
2011	0,621	0,520
2015	0,666	0,707
2020	0,704	0,774

Discussie

In Tabel 2 zijn voor 2010 de EC emissiefactoren voor (middel)zwaar verkeer en bussen aanzienlijk groter dan voor licht wegverkeer. Omdat echter de hoeveelheid gereden voertuigkilometers voor ongeveer 95% afkomstig is van licht wegverkeer, hebben zowel lichte als midden/zware voertuigen een substantieel aandeel in de totale EC emissie door wegverkeer.

De EC emissiefactor wordt gedomineerd door de EC emissie van dieselveertuigen. Voor diesel personen- en bestelvoertuigen is een gesloten roefilter vrijwel standaard vanaf Euro 5 in 2010, terwijl dit voor vrachtoertuigen naar verwachting standaard wordt vanaf Euro VI in 2013. Door deze grootschalige toepassing voor dieselveertuigen zullen naar verwachting de emissiefactoren van EC (en daardoor ook de totale EC emissies door wegverkeer) aanzienlijk reduceren.

De EC emissiefactoren voor bussen zijn relatief hoog vergeleken met de middelzware voertuigen. Dit is een gevolg van de dynamische inzet van bussen met regelmatig stoppen en optrekken. Ook de raming, waarbij standaard EEV *niet* als emissiestandaard is meegenomen, speelt hierbij een rol.

De EC emissiefactoren zijn ontwikkeld met onderscheid naar voertuigtechnologie. Binnen een voertuigcategorie zijn de factoren echter gebaseerd op een gemiddelde verhouding EC/PM. Invloed van ritdynamiek, maar ook van bijvoorbeeld de koude start is *niet* expliciet meegenomen. Daarnaast is ook geen rekening gehouden met de onzekerheid in emissiefactoren. *De ontwikkelde set emissiefactoren worden daarom als indicatief beschouwd.* Vergelijking van de berekende bijdrage van wegverkeer aan EC concentraties met metingen geeft een eerste inzicht in de betrouwbaarheid van de ontwikkelde emissiefactoren.

Tot slot is voor de ontwikkeling van de EC emissiefactoren alleen uitgegaan van de verbrandingsemissies. EC door slijtage van banden, remmen en wegdek (de "niet-uitlaatemissies") is niet meegenomen. Uit onderzoek blijkt dat het aandeel EC in fijnstof van deze emissies is beperkt tot ongeveer 0-2 % (Schauer et al., 2006). Het aandeel niet-uitlaatemissies aan de uitstoot van PM door wegverkeer is dezelfde grootte orde als uitlaatemissies en daarmee is de bijdrage van EC door niet-uitlaatemissies te verwaarlozen.

Referenties

1. Ntziachristos L, Samaras Z. et al., 2010. EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009 – Exhaust emissions from road transport, part 1A3b, June 2010, <http://www.eea.europa.eu/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a/combustion/1-a-3-b-road-transport.pdf>
2. Velders, G., Aben, J., Jimmink, B., Swaluw, E. van der, Vries, W., 2011, Grootschalige concentratie en depositiekaarten Nederland, RIVM rapport 680362001/2011.
3. Schauer JJ, Lough GC, Shafer MM, Christensen WF, Arndt MF, DeMinter JT en Soo Park JS, 2006, Characterization of Metals Emitted from Motor Vehicles, Research Report 133, Health Effects Institute, Boston, USA, 2006

C Onderbouwing van de geleverde EC emissiegegevens voor Nederland en Europa aan het RIVM

Inleiding

Voor de constructie van een GCN kaart voor elementair koolstof (EC) kleiner dan $2.5 \mu\text{m}$ (in dit document aangeduid als $\text{EC}_{2.5}$) is TNO gevraagd om RIVM zo recent mogelijke emissiegegevens te leveren voor Nederland en Europa. Voor Nederland zijn $\text{EC}_{2.5}$ emissies per LED broncategorie gevraagd en voor Europa EC fracties in $\text{PM}_{2.5}$, per land en per SNAP level 1 bron broncategorie indeling. Dit document beschrijft de herkomst van de door TNO in dit kader geleverde informatie. De omvang van deze studie met betrekking $\text{EC}_{2.5}$ emissie informatie was zeer beperkt en aanvullend onderzoek is op verschillende punten aanbevolen. Achtereenvolgens zullen de leveringen voor het buitenland en voor Nederland besproken worden.

Buitenland

Met betrekking tot de buitenlandse (Europese) emissies zijn er door TNO EC fracties in $\text{PM}_{2.5}$ geleverd aan RIVM. Deze fracties zijn gespecificeerd per Europees land en per SNAP level 1 sector code. Vermenigvuldiging van deze fracties met $\text{PM}_{2.5}$ emissie geeft de geschatte EC emissie.

Deze fracties zijn als volgt afgeleid. TNO heeft afgelopen jaren meerdere projecten op het gebied van EC en black carbon (BC) uitgevoerd (o.a. EUCAARI, zie <http://www.atm.helsinki.fi/eucaari/>). In deze serie van projecten is voor alle bekende EC bronnen informatie verzameld met betrekking tot gehalten in PM en EC emissiefactoren uit diverse regionale en mondiale EC en BC emissie-inventarisaties. Op basis hiervan is uiteindelijk een set representatieve EC fracties in PM afgeleid door een eigen "beste schatting" te maken uit de literatuurgegevens. Deze EC fracties zijn afgeleid voor alle bronnen van PM uit het IIASA's GAINS model (zie <http://gains.iiasa.ac.at/gains/EUR/index.login?logout=1>). Omdat naast bronsector ook het brandstoftype van groot belang is voor EC worden ook alle GAINS brandstoffen onderscheiden. Het afleiden van deze set EC fracties wordt in detail beschreven door Visschedijk et al. (2009). Hoewel er niet echt sprake is van een referentiejaar hebben de EC fracties over het algemeen betrekking op het jaar 2005 en de jaren rondom.

Gebaseerd op eerdere TNO projecten van de laatste jaren (o.a. PAREST en MACC, zie www.parest.de en www.gmes-atmosphere.eu) is er een ruimtelijk verdeelde Europese $\text{PM}_{2.5}$ emissie-inventarisatie voor 2005 ontwikkeld waarvan de onderliggende structuur identiek is aan de structuur van het GAINS model. De methodiek voor het maken van deze inventarisatie komt uitgebreid aan de orde in het TNO PAREST rapport [Denier van der Gon et al. (2010)] en komt er op neer dat GAINS $\text{PM}_{2.5}$ emissies per SNAP level 1 zijn geschaald met door landen gerapporteerde $\text{PM}_{2.5}$ emissies. Het resultaat hiervan omvat dus door landen aangeleverde SNAP totalen die verder zijn onderverdeeld in GAINS sectoren en brandstoffen (indien van toepassing). Door combinatie met de eerder besproken EC fracties is er een ruimtelijk verdeelde Europese EC emissie-inventarisatie afgeleid.

Voor levering aan RIVM is deze EC emissie-inventarisatie over de GAINS sectoren geaggregeerd tot EC emissie per land/SNAP level 1 combinatie. Tabel 1 presenteert de afgeleide EC emissie in $PM_{2.5}$ per land, per SNAP. Door de $PM_{2.5}$ emissies per land/SNAP level 1 combinatie hier weer naast te leggen zijn uiteindelijk de geleverde EC gehalten in $PM_{2.5}$, per land en per SNAP afgeleid. Kaarten van de ruimtelijk verdeelde Europese EC emissie zijn te vinden in het TNO MACC rapport [Kuenen et al. (2011)]. Voor internationale zeescheepvaart zijn ook $EC_{2.5}$ fracties geleverd.

Tabel 1: Europese emissie van EC < 2.5 µm in 2005 per land, per SNAP level 1.

ISO3 – SNAP	1	2	3	4	5	7	8	9	10
ALB	7	575	20	0	2	527	124	164	143
ARM	3	387	2	0		67	14	62	54
AUT	56	1177	69	241	55	3959	1436	6	36
AZE	166	846	18	0	763	1712	237	186	176
BEL	128	376	59	587		4407	1660	82	40
BGR	1447	1125	70	259	78	1695	692	299	230
BIH	680	105	31	1	3	489	224	187	97
BLR	36	1786	145	0		1981	2104		132
CHE	16	271	14	1	0	593	1361	4	79
CYP	27	3	9	0		414	247	18	
CZE	141	1367	114	233	249	1590	1045	1	
DEU	492	6182	16	844	83	14234	902	1	
DNK	47	3100	61	0	24	1957	974	0	
ESP	915	4009	396	91	552	19677	11169	805	890
EST	220	1632	252	0	5	320	278	88	12
FIN	52	2472	248	92	1498	2300	797	3	
FRA	394	22290	310	2451	766	23616	8464	2938	
GBR	469	2363	588	492	770	12131	5705	2092	
GEO	2	573	4	0	0	79	1	121	98
GRC	713	3000	42	3	126	2199	2659	444	810
HRV	77	846	20	193	2	886	749	196	321
HUN	463	1350	44	323	33	1744	839	561	1523
IRL	49	1096	30	1	18	1775	872	160	
ITA	497	2395	255	503		17572	4881	2163	145
LTU	34	1788	11	1	22	787	254	126	365
LUX	1	33	2	0	2	525	55	13	
LVA	34	1803	54	0		354	303		17
MDA	99	1808	26	1	14	358	614	192	387
MKD	236	33	16	0	12	251	306	83	113
MLT	14	0		0		115		9	
NLD ¹	58	286	21	126	633	4867	1220	2	
NOR	61	5575	12	2	101	1129	1360	185	112
POL	519	9790	470	492	1582	8083	7831	3434	31
PRT	107	3276	59	57	34	3694	1697	518	56
ROU	1167	4853	76	533	54	4393	1514	957	2524
RUS	1771	53957	953	14476	2237	24660	15945	10133	11826
SVK	233	376	27	117	49	948	262	223	561
SVN	24	472	13		8	1255	241	1	26
SWE	433	818	249	354		2289	1169	43	
TUR	1926	15921	578	1284	158	9855	5920	1641	
UKR	2172	6979	646	9344	630	7303	12482	1880	5891
YUG	947	321	52	150	70	1104	1422	518	1033

¹ De emissies voor Nederland uit deze tabel zullen niet door RIVM worden gebruikt.

Waarschijnlijk zal RIVM bij de toepassing van de door TNO geleverde fracties van zo recent mogelijke door landen gerapporteerde $PM_{2.5}$ emissies gebruik maken waarbij de $EC_{2.5}$ emissie voor 2009 wordt benaderd door vermenigvuldiging van de zo recent mogelijke $PM_{2.5}$ emissies met de geleverde $EC_{2.5}$ fracties en beschikbare emissieverdelingen voor 2005. Deze werkwijze zal enige extra onnauwkeurigheid introduceren omdat $PM_{2.5}$ bronbijdrages wat veranderd zullen zijn ten opzichte van de 2005 emissies die TNO heeft gebruikt voor de afleiden van de $EC_{2.5}$ fracties.

Nederland

Naast bovenbeschreven levering voor het buitenland heeft TNO $EC_{2.5}$ emissies voor Nederland voor 2009 geschat en geleverd aan RIVM. De emissies zijn in deze levering gespecificeerd naar LED emissiebrongroepcode. Uitgangspunten bij het maken van deze schattingen zijn de $PM_{2.5}$ emissies uit de Nederlandse Emissieregistratie (ER, zie www.emissieregistratie.nl) en de bovenbeschreven set EC fracties per GAINS sector en brandstof.

Om een zo goed mogelijke koppeling tot stand te brengen tussen de EC fracties per GAINS sector – brandstof combinatie en de $PM_{2.5}$ emissies uit de ER is het van belang dat de ER gegevens op een zo gedetailleerd mogelijk niveau beschikbaar zijn. Op verzoek van TNO zijn uit de ER de $PM_{2.5}$ emissies per EMK code gehaald. De EMK code is het meest gedetailleerde bronsectorniveau waarop emissies uit het Individuele (ERI) en de Collectieve (ERC) deel samen in de centrale database van de ER zijn opgeslagen. Daarnaast zijn alle verbrandingsemissies tevens uitgesplitst naar brandstoftype (EVE code). Ook de ERI emissies zijn hierbij dus naar brandstoftype uitgesplitst en deze gegevens zijn niet openbaar. Zowel de EMK als de EVE codes zijn voorzien van een korte verklarende omschrijving.

Verbrandingsemissies

Voor alle verbrandingsemissies uit de ER geldt dat de bijgeleverde verklarende sector/brandstof omschrijving afdoende is om er een representatieve EC fractie aan te kunnen koppelen. De enige uitzondering hierop betreft houtverbranding door huishoudens waarbij de beschikbare EC fractie niet representatief genoeg is. Op deze belangrijke EC bron wordt later teruggekomen. Er moet worden opgemerkt dat in theorie de mogelijkheid bestaat dat bepaalde $PM_{2.5}$ emissies die in de ER als verbrandingsemissie geregistreerd staan in werkelijkheid ook een niet uit verbranding afkomstige bijdrage bevatten. Om na te gaan of hier werkelijk sprake van is zijn voor de “verdachte” bronnen zogenaamde “geïmpliceerde emissiefactoren” bepaald door de $PM_{2.5}$ emissie te delen door het geregistreerde brandstofverbruik. De geïmpliceerde emissiefactoren zijn met literatuurwaarden vergeleken en van een niet uit verbranding afkomstige bijdrage leek nergens sprake te zijn. Voor de verbrandingsemissies wordt verwacht dat er sprake is van een redelijk nauwkeurige bepaling van het EC gehalte ($\pm 20\%$).

Procesemissies

Minder nauwkeurig zijn mogelijk de geschatte EC gehalten van de niet-verbrandingsemissies. Niet als verbrandingsemissies geregistreerde emissies (procesemissies) kunnen ook aanzienlijke hoeveelheden EC bevatten, bijvoorbeeld wanneer er sprake is van een significante verbrandingsbijdrage. De in de ER opgeslagen verklarende informatie is thans niet afdoende om dit goed te

beoordelen en aanvullend onderzoek is hier gewenst. Mogelijk maar niet waarschijnlijk is dit het geval voor een gedeelte van de procesemissies uit de chemische, de voedings- en genotsmiddelen-, de bouwmaterialen-, de metaalbewerkings- en de overige industrie ("verdachte" $PM_{2.5}$ emissie van 1.2 kt). Voor deze emissies is een EC fractie van 0 aangenomen. Voor procesemissies uit de basismetaalindustrie is er waarschijnlijk wel sprake van een aanzienlijke EC component. 0.9 kt Van de procesemissie uit de basismetaalindustrie bevat waarschijnlijk een relevante EC bijdrage. Op basis van Visschedijk et al. (2009) is een EC fractie van circa 16% aangenomen. De overige niet-verbrandingsemissies konden redelijk eenduidig aan een representatieve EC fractie gekoppeld worden.

Houtverbranding door huishoudens

Extra aandacht is besteed aan het EC gehalte van de emissie uit houtverbranding door huishoudens. Deze bron is volgens de ER goed voor een $PM_{2.5}$ emissie van 1.5 kt. Belangrijk is dat in de ER condenseerbare organische verbindingen (NMVOS dat bij 20° Celsius deeltjesvormig is maar gasvormig bij emissie) niet als PM gerekend worden. In de internationale literatuur (waar de overige EC fracties op gebaseerd zijn) worden condenseerbare organische verbindingen (COV) soms wel en soms niet onder PM gerekend. Soms is het ook niet duidelijk en dit veroorzaakt een grote onzekerheid in de EC fracties. Hierdoor is het niet aan te bevelen om de gemiddelde $EC_{2.5}$ fractie uit [Visschedijk et al. (2009)] zondermeer toe te passen op de ER gegevens. Voor het bepalen van de EC fracties wordt er in plaats daarvan uitgegaan van directe EC emissiefactoren uit de internationale literatuur. Kupiainen et al. (2004) geven hier een redelijk overzicht van. Directe EC emissiefactoren (in tegenstelling tot EC fracties) worden niet door condenseerbare organische verbindingen beïnvloed en vertonen in de literatuur daarom ook minder spreiding dan de PM emissiefactoren. In deze studie zijn de EC fracties in $PM_{2.5}$ voor houtverbranding zodanig gekozen dat de geïmpliceerde EC emissiefactor conform de directe EC emissiefactoren uit de internationale literatuur zijn (≈ 80 g/GJ voor conventioneel en 10 g/GJ voor DIN+). Aanvullend onderzoek met betrekking tot directe EC emissiefactoren is wenselijk. Een andere reden voor de grote spreiding van literatuur PM emissiefactoren is de grote variëteit aan onderzochte kacheltypes. De samenstelling van het Nederlandse kachelpark is onlangs opnieuw vastgesteld voor Nederland door Jansen et al. (2011). De Nederlandse houtverbruikscijfers, $PM_{2.5}$ emissiefactoren en afgeleide EC fracties per kacheltipe worden gepresenteerd in Tabel 2. Voor houtverbranding als totaal wordt een gewogen gemiddelde EC fractie van 0.36 berekend. Dit is hoger dat de beste schatting voor het buitenland (0.15 – 0.35).

Tabel 2: PM en EC emissies van het Nederlandse kachelpark.

Kacheltipe	Houtverbruik 2009 (kton)	EF PM _{2.5} ER (g/kg)	Geschatte EC fractie	EC emissie (ton)
Open haard	157	2,4	0,50	186
Conventionele vrijstaande kachel	101	2,9	0,40	116
Conventionele inbouw kachel	97	2,9	0,40	110
Verbeterde vrijstaande kachel	214	1,4	0,30	92
Verbeterde inbouw kachel	33	1,4	0,30	14
DINplus vrijstaande kachel	178	0,76	0,21	28
DINplus inbouw kachel	13	0,76	0,21	2
Gemiddelde kachelpark	-	1,8	0,36	

Scheepvaart

De PM_{2.5} emissiedata die uit de ER beschikbaar is gesteld voor dit project bevat geen zeescheepvaartemissies. Het is echter waarschijnlijk dat bij de verwerking van de EC fracties door RIVM schattingen hiervoor wel nodig zullen zijn. Voor het buitenland heeft TNO drie EC_{2.5} fracties afgeleid op basis van literatuur [Fridell (2008), Lack (2009), Petzold (2004), Moldanova (2009) en Agrawal (2008)] die bijvoorbeeld ook voor het Nederlands Continentaal Plat en de Rotterdamse Haven gebruikt kunnen worden:

- Reguliere diesel (visserij): 0.445
- Marine diesel (MDO): 0.35
- Zware stookolie (HFO): 0.2

Door het hogere aandeel van sulfaat in de samenstelling van PM emissie is de EC fractie voor met name HFO relatief laag. Een aanzienlijk deel van de massabijdragen aan de primaire emissie van zeeschepen anders dan EC (hoofdzakelijk sulfaat en organisch koolstof) wordt echter pas na emissie in de rookpluim gevormd. Onder andere om deze reden vertonen de in de literatuur gerapporteerde EC fracties een grote spreiding (2% – 40%) en zijn PM emissiefactoren erg afhankelijk van het moment van monsternamen (zoals dat ook het geval is voor houtverbranding). Dit heeft als gevolg dat ook de afgeleide EC fracties en totale EC_{2.5} emissie als onzeker moet worden beschouwd (EC_{2.5} fractie ± 0.2). Aanvullend onderzoek wordt hier aanbevolen.

Wegverkeer aanpassing

De op basis van internationale literatuur afgeleide EC fracties voor wegverkeer [Visshedijk et al. (2009)] zijn in dit project bijgesteld aan de hand van andere TNO informatie (Bijlage 2). De oude, nieuwe en bijgestelde waarden worden vergeleken in Tabel 3. EC uit slijtageprocessen wordt met de nieuwe informatie verwaarloosd. De oorspronkelijke en bijgestelde EC_{2.5} fracties liggen relatief dicht bij elkaar behalve voor bromfietsen. Er zal hier verder geen analyse gemaakt worden van de verschillen.

Tabel 3: Bijstelling van de EC_{2,5} fracties voor wegverkeer naar aanleiding van informatie van Bijlage 2.

Categorie	Literatuur	Bijlage 2	Bijgestelde waarden
Bandenslijtage	0,0037	-	0
Remslijtage	0,023	-	0
Wegdekslijtage	0,01	-	0
Uitlaatgassen zware voertuigen – diesel	0,6	0,65 - 0,69	0,7
Uitlaatgassen lichte voertuigen – diesel	0,72	0,77 - 0,79	0,8
Uitlaatgassen lichte en zware voertuigen – benzine	0,3	0,19 - 0,25	0,2
Uitlaatgassen motorfietsen	0,3	0,2	0,2
Uitlaatgassen bromfietsen	0,05	0,1	0,1

Berekende EC_{2,5} emissies per LED code

Tabel 4 presenteert de in dit project berekende en aan RIVM geleverde EC_{2,5} emissies voor 2009 per LED code. Deze Tabel is een aggregatie van de EC_{2,5} emissie per ER emissieoorzaak code (EMK) en brandstoftype (EVE). Zeescheepvaart op het Nederlands deel van het Continentaal Plat en de Rotterdamse en Amsterdamse havens is niet opgenomen in Tabel 4. De niet-geaggregeerde tabel met alle EC_{2,5} fracties is te vinden in Tabel 5.

Tabel 4: PM_{2,5}, EC_{2,5} en EC_{2,5} fracties per LED code voor 2009.

LED code	LED Omschrijving	PM _{2,5} 2009 (ton)	EC _{2,5} (ton)	EC _{2,5} frac-tie
0000	0000:Onderdeel van specifieke GCN-emk	97	0	0,00
0888	0888: Broeikasgassen	439	0	0,00
1100	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	267	6	0,02
1200	1200:Industrie-Aardolieraffinage	410	32	0,08
1300	1300:Industrie-Chemie	986	13	0,01
1400	1400:Industrie-Bouwmaterialen	454	2	0,00
1500	1500:Industrie-Basismetaal	1072	137	0,13
1700	1700:Industrie-Metaalbewerking	195	1	0,00
1800	1800:Industrie-Overig	328	0	0,00
2100	2100:Energie-Productie	240	8	0,03
3111	3111:Verkeer-Wegverkeer-Personenauto's-Snelweg	928	675	0,73
3112	3112:Verkeer-Wegverkeer-Personenauto's-buiten beb.kom	504	332	0,66
3113	3113:Verkeer-Wegverkeer-Personenauto's-binnen beb. kom	581	361	0,62
3121	3121:Verkeer-Wegverkeer-Bestelauto's-Snelweg	963	770	0,80
3122	3122:Verkeer-Wegverkeer-Bestelauto's-buiten beb.kom	383	305	0,80
3123	3123:Verkeer-Wegverkeer-Bestelauto's-binnen beb. kom	422	337	0,80
3131a	3131:Verkeer-Wegverkeer-Vrachtauto's en speciale voertuigen-snelweg	370	259	0,70
3132a	3132:Verkeer-Wegverkeer-Vrachtauto's en speciale voertuigen-buiten beb.kom	213	149	0,70
3133a	3133:Verkeer-Wegverkeer-Vrachtauto's en speciale voertuigen-binnen beb. Kom	299	209	0,70
3141	3141:Verkeer-Wegverkeer-Bussen-snelweg	21	15	0,70
3142	3142:Verkeer-Wegverkeer-Bussen-buiten beb.kom	22	16	0,70

LED code	LED Omschrijving	PM _{2.5} 2009 (ton)	EC _{2.5} (ton)	EC _{2.5} frac-tie
3143	3143:Verkeer-Wegverkeer-Bussen-binnen beb. Kom	58	41	0,70
3151a	3151:Verkeer-Wegverkeer-Tweewielers-snelweg	13	3	0,20
3152a	3152:Verkeer-Wegverkeer-Tweewielers-buiten beb. kom	17	3	0,18
3153a	3153:Verkeer-Wegverkeer-Tweewielers-binnen beb. kom	46	6	0,13
3161	3161:Verkeer-Wegverkeer-Bandenslijtage	166	0	0,00
3162	3162:Verkeer-Wegverkeer-Remslijtage	90	0	0,00
3163	3163:Verkeer-Wegeverkeer-Wegdekslijtage	165	0	0,00
3210	3210:Verkeer-Mobiele werktuigen-Landbouw	530	233	0,44
3220a	3220a:Verkeer-Mobiele werktuigen-Industrie, Bouw en HDO	576	291	0,51
3230a	3230a:Verkeer-Mobiele werktuigen-Consumenten	32	4	0,13
3600	3600:Verkeer-Luchtvaart	41	29	0,72
3700	3700:Verkeer-Railverkeer	42	16	0,39
3850	3850:Verkeer-Visserij (op NCP en binnenwateren)	165	74	0,45
3861	3861:Verkeer-Binnenscheepvaart-Int. Vrachtervoer	581	258	0,45
3862	3862:Verkeer-Binnenscheepvaart-Int. Vrachtervoer-Duwvaart	170	75	0,45
3863	3863:Verkeer-Binnenscheepvaart-Nat. Vrachtervoer	134	59	0,45
3880	3880:Verkeer-Recreatievaart	50	19	0,38
4110	4110:Landbouw-Veehouderij-Stallen	18	0	0,00
4310	4310:Landbouw-Vuurhaarden-Overig	5	1	0,12
4320	4320:Landbouw-Vuurhaarden-Glastuinbouw	19	1	0,07
4600	4600:Landbouw-Overig	1	0	0,00
5100	5100:Afvalverwerking	31	2	0,05
6100	6100:Handel, Diensten en Overheid-RWZI's	4	0	0,07
6200	6200:Handel, Diensten en Overheid-Winning en distributie drinkwater	0	0	0,27
6300	6300:Handel, Diensten en Overheid-Opslag en handling	108	1	0,01
6400	6400:Handel, Diensten en Overheid-Overig	54	6	0,12
7100	7100:Bouw	416	0	0,00
8100	8100:Consumenten-Vuurhaarden	1547	529	0,34
8200	8200:Consumenten-Overig	1639	96	0,06

Volgens Tabel 4 wordt 84% van de EC_{2.5} emissie in Nederland door mobiele bronnen veroorzaakt (exclusief zeescheepvaart). De bijdrage door mobiele bronnen valt uiteen in de dieselbijdrage door wegverkeer (75%), de dieselbijdrage door niet-wegverkeer (22%) en een overige bijdrage (benzine, LPG, weg, niet-weg etc.) van 3%. De tweede grote bijdrage (12%) komt van houtverbranding door huishoudens. De industrie (inclusief de raffinaderijen) draagt 4% bij. De bijdragen van de industrie en houtverbranding zijn relatief gezien iets meer onzeker. Alle andere niet-genoemde bronnen opgeteld dragen ongeveer 0.1% bij. Er wordt een overall EC gehalte in PM_{2.5} van 34% gevonden.

Tabel 5: Fracties per activiteit en brandstof type, inclusief PM_{2.5} emissie en de koppeling naar LED

EMK code	EMK naam	EVE naam	PM _{2.5} (t)	LED naam	EC fractie
0801700	Afsteken vuurwerk	afgestoken vuurwerk	239	8200:Consumenten-Overig	0,37
0120102	Bandenslijtage lichte voertuigen incl. tweewielers, autosnelweg	verkeersprestatie	47	3161:Verkeer-Wegverkeer-Bandenslijtage	0
0120101	Bandenslijtage lichte voertuigen incl. tweewielers, bebouwde kom	verkeersprestatie	41	3161:Verkeer-Wegverkeer-Bandenslijtage	0
0120103	Bandenslijtage lichte voertuigen incl. tweewielers, buitenweg	verkeersprestatie	36	3161:Verkeer-Wegverkeer-Bandenslijtage	0
0120210	Bandenslijtage vliegtuigen op vliegvelden	Maximum Take-off Weight (MTOW)	1	3600:Verkeer-Luchtvaart	0
0120202	Bandenslijtage zware voertuigen, autosnelweg	verkeersprestatie	23	3161:Verkeer-Wegverkeer-Bandenslijtage	0
0120201	Bandenslijtage zware voertuigen, bebouwde kom	verkeersprestatie	11	3161:Verkeer-Wegverkeer-Bandenslijtage	0
0120203	Bandenslijtage zware voertuigen, buitenweg	verkeersprestatie	8	3161:Verkeer-Wegverkeer-Bandenslijtage	0
0230000	Binnenvaart internationaal	Diesel	385	3861:Verkeer-Binnenscheepvaart-Int. Vrachtovervoer	0,445
0230001	Binnenvaart internationaal duwvaart	Diesel	123	3862:Verkeer-Binnenscheepvaart-Int. Vrachtovervoer-Duwvaart	0,445
0230002	Binnenvaart nationaal	Diesel	195	3861:Verkeer-Binnenscheepvaart-Int. Vrachtovervoer	0,445
0230003	Binnenvaart nationaal duwvaart	Diesel	46	3862:Verkeer-Binnenscheepvaart-Int. Vrachtovervoer-Duwvaart	0,445
0230005	Binnenvaart passagiers- en veerboten	Diesel	134	3863:Verkeer-Binnenscheepvaart-Nat. Vrachtovervoer	0,445
0801000	Branden van kaarsen	Kaarsen	0	8200:Consumenten-Overig	0,4
E401200	Emissies vanuit stortplaatsen verbranding stortgas	stortgas onttrokken	5	5100:Afvalverwerking	0,07
0449500	Gewasbeschermingsmiddelen-toepassing in veld		25	0000:Onderdeel van specifieke GCN-emk	0
0020500	Handel, diensten, overheid	Aardgas	29	6400:Handel, Diensten en Overheid-Overig	0,07
0020500	Handel, diensten, overheid	Hout	0	6400:Handel, Diensten en Overheid-Overig	0,35
0020500	Handel, diensten, overheid	Lpg	5	6400:Handel, Diensten en Overheid-Overig	0,07
0020500	Handel, diensten, overheid	Petroleum	9	6400:Handel, Diensten en Overheid-Overig	0,3
0020500	Handel, diensten, overheid	Steenkool	4	6400:Handel, Diensten en Overheid-Overig	0,1
0020500	Handel, diensten, overheid	Stookolie	2	6400:Handel, Diensten en Overheid-Overig	0,3
0449300	Krachtvoer-aanvoer op agrarisch bedrijf		18	4110:Landbouw-Veehouderij-Stallen	0
0449400	Kunstmest-aanvoer op agrarisch bedrijf, laden kunstmeststrooier, verspreiden		21	0000:Onderdeel van specifieke GCN-emk	0
0401104	Mobiele werktuigen consumenten	Benzine	32	3230a:Verkeer-Mobiele werktuigen-Consumenten	0,13
0401105	Mobiele werktuigen HDO	Benzine	4	3220a:Verkeer-Mobiele werktuigen-Industrie, Bouw en HDO	0,13
0401105	Mobiele werktuigen HDO	Diesel	18	3220a:Verkeer-Mobiele werktuigen-Industrie, Bouw en HDO	0,515
0401103	Mobiele werktuigen industrie	Diesel	63	3220a:Verkeer-Mobiele werktuigen-Industrie, Bouw en HDO	0,515
0401103	Mobiele werktuigen industrie	Lpg	11	3220a:Verkeer-Mobiele werktuigen-Industrie, Bouw en HDO	0,3

EMK code	EMK naam	EVE naam	PM _{2.5} (t)	LED naam	EC fractie
0401100	Mobiele werktuigen landbouw	Benzine	10	3210:Verkeer-Mobiele werktuigen-Landbouw	0,13
0401100	Mobiele werktuigen landbouw	Diesel	520	3210:Verkeer-Mobiele werktuigen-Landbouw	0,445
0401102	Mobiele werktuigen, bouwsector	Benzine	3	3220a:Verkeer-Mobiele werktuigen-Industrie, Bouw en HDO	0,13
0401102	Mobiele werktuigen, bouwsector	Diesel	477	3220a:Verkeer-Mobiele werktuigen-Industrie, Bouw en HDO	0,515
0449600	Oogstwerkzaamheden-hooi en akkerbouwgewassen		51	0000:Onderdeel van specifieke GCN-embk	0
E301202	Overige vliegvelden LTO-Climb Out+Approach, excl. militair	avgas (vliegtuigbenzine)	1	3600:Verkeer-Luchtvaart	0,754
E301202	Overige vliegvelden LTO-Climb Out+Approach, excl. militair	Kerosine	1	3600:Verkeer-Luchtvaart	0,754
E301203	Overige vliegvelden LTO-Take Off+Idle, excl. militair	avgas (vliegtuigbenzine)	0	3600:Verkeer-Luchtvaart	0,754
E301203	Overige vliegvelden LTO-Take Off+Idle, excl. militair	Kerosine	1	3600:Verkeer-Luchtvaart	0,754
0802001	Paarden en pony's, particulieren	Dieren	36	8200:Consumenten-Overig	0
0500100	Recreatievaart uitlaatgassen	Benzine	10	3880:Verkeer-Recreatievaart	0,13
0500100	Recreatievaart uitlaatgassen	Diesel	40	3880:Verkeer-Recreatievaart	0,445
0130102	Remslijtage lichte voertuigen incl. tweewielers, autosnelweg	verkeersprestatie	26	3162:Verkeer-Wegverkeer-Remslijtage	0
0130101	Remslijtage lichte voertuigen incl. tweewielers, bebouwde kom	verkeersprestatie	28	3162:Verkeer-Wegverkeer-Remslijtage	0
0130103	Remslijtage lichte voertuigen incl. tweewielers, buitenweg	verkeersprestatie	20	3162:Verkeer-Wegverkeer-Remslijtage	0
0130210	Remslijtage vliegtuigen op vliegvelden	Maximum Take-off Weight (MTOW)	1	3600:Verkeer-Luchtvaart	0,0226
0130202	Remslijtage zware voertuigen, autosnelweg	verkeersprestatie	8	3162:Verkeer-Wegverkeer-Remslijtage	0
0130201	Remslijtage zware voertuigen, bebouwde kom	verkeersprestatie	5	3162:Verkeer-Wegverkeer-Remslijtage	0
0130203	Remslijtage zware voertuigen, buitenweg	verkeersprestatie	3	3162:Verkeer-Wegverkeer-Remslijtage	0
0801001	Roken van sigaren	Sigaren	42	8200:Consumenten-Overig	0,0048
0801002	Roken van sigaretten	Sigaretten	1.318	8200:Consumenten-Overig	0,0048
T107600	SBI 01 (per bedrijf): Landbouw, jacht en dienstverlening voor de landbouw en jacht	-	1	4600:Landbouw-Overig	0
T107100	SBI 08 (per bedrijf): Winning van delfstoffen (geen olie en gas)	-	3	7100:Bouw	0
8922701	SBI 08: Winning van delfstoffen (geen olie en gas)	Aardgas	0	7100:Bouw	0,07
8910000	SBI 10.1: Slachterijen en vleesverwerking		3	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
T105100	SBI 10.3 (per bedrijf): Groente- en fruitverwerking	-	0	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
T105200	SBI 10.4 (per bedrijf): productie oliën en vetten	-	30	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
8910300	SBI 10.4: productie oliën en vetten		17	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
T105300	SBI 10.5 (per bedrijf): Zuivelindustrie	-	5	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
8910400	SBI 10.5: Zuivelindustrie		10	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
8910406	SBI 10.5: Zuivelindustrie, diffuus		5	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen-	0
T105400	SBI 10.6 (per bedrijf): Meelproductie (excl. zetmeel)	-	13	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0

EMK code	EMK naam	EVE naam	PM _{2.5} (t)	LED naam	EC fractie
8910500	SBI 10.6: Meelproductie (excl. zetmeel)		11	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
8910506	SBI 10.6: Meelproductie (excl. zetmeel), diffuus		0	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
T105600	SBI 10.8 (per bedrijf): Overige voedingsmiddelenindustrie (exclusief SBI 10.81 en 10.82)	–	4	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
8918000	SBI 10.8: Overige voedingsmiddelenindustrie (exclusief SBI 10.81 en 10.82)		8	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
8918006	SBI 10.8: Overige voedingsmiddelenindustrie (exclusief SBI 10.81 en 10.82), diffuus		6	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
8910600	SBI 10.9: Diervoederindustrie		76	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
8910606	SBI 10.9: Diervoederindustrie, diffuus		19	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
T100201	SBI 10-12 (per bedrijf): Voedings- & genotmiddelenindustrie	(Overige bitumineuze) steenkool	28	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0,1
T100201	SBI 10-12 (per bedrijf): Voedings- & genotmiddelenindustrie	Biomassa vloeibaar	0	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0,1
T100201	SBI 10-12 (per bedrijf): Voedings- & genotmiddelenindustrie	Cokeskolen (cokeovens)	0	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0,01
T100201	SBI 10-12 (per bedrijf): Voedings- & genotmiddelenindustrie	Gas-/dieselolie	0	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0,45
8900200	SBI 10-12: Voedings- & genotmiddelenindustrie	aardgas	3	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0,07
8900200	SBI 10-12: Voedings- & genotmiddelenindustrie	biogas	0	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
8900200	SBI 10-12: Voedings- & genotmiddelenindustrie	hbo	0	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0,45
8900200	SBI 10-12: Voedings- & genotmiddelenindustrie	steenkool	28	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0,1
8900200	SBI 10-12: Voedings- & genotmiddelenindustrie	stookolie	0	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0,1
T105700	SBI 11.07 (per bedrijf): Vervaardiging van dranken	–	0	1100:Industrie-Voedings- en genotmiddelen	0
T100100	SBI 13.20 (per bedrijf): Weven van textiel	–	0	1800:Industrie-Overig	0
8919700	SBI 13.20: Weven van textiel		0	1800:Industrie-Overig	0
8911500	SBI 13.93: Vervaardiging van vloerkleden en tapijt	vervaardigde vloerkleden en tapijt	0	1800:Industrie-Overig	0
8900300	SBI 13/14: Vervaardiging van textiel en kleding	aardgas	0	1800:Industrie-Overig	0,07
8900300	SBI 13/14: Vervaardiging van textiel en kleding	hbo	0	1800:Industrie-Overig	0,45
8918106	SBI 13: Vervaardiging van textiel, diffuus		40	1800:Industrie-Overig	0
8900400	SBI 15: Lederindustrie en bontbereiding	aardgas	0	1800:Industrie-Overig	0,07
8912101	SBI 16: Houtindustrie en vervaardiging van artikelen van hout, kurk, riet en vlechtwerk (geen meubels)	aardgas	0	1800:Industrie-Overig	0,07
8912101	SBI 16: Houtindustrie en vervaardiging van artikelen van hout, kurk, riet en vlechtwerk (geen meubels)	hbo	0	1800:Industrie-Overig	0,45
8912101	SBI 16: Houtindustrie en vervaardiging van artikelen van hout, kurk, riet en vlechtwerk (geen meubels)	hout	1	1800:Industrie-Overig	0,1
8912101	SBI 16: Houtindustrie en vervaardiging van artikelen van hout, kurk, riet en vlechtwerk (geen meubels)	petroleum	0	1800:Industrie-Overig	0,45
8912106	SBI 16: Houtindustrie en vervaardiging van artikelen van hout, kurk, riet en vlechtwerk (geen meubels), diffuus		134	1800:Industrie-Overig	0
T100600	SBI 17 (per bedrijf): Vervaardiging van papier, karton en papier- en kartonwaren	afval	0	1800:Industrie-Overig	0,05

EMK code	EMK naam	EVE naam	PM _{2.5} (t)	LED naam	EC fractie
T100600	SBI 17 (per bedrijf): Vervaardiging van papier, karton en papier- en kartonwaren	Biomassa vast	1	1800:Industrie-Overig	0,1
T102100	SBI 17.1 (per bedrijf): Vervaardiging van papierpulp, papier en karton	–	2	1800:Industrie-Overig	0
8900600	SBI 17.1/17.2: Vervaardiging van pulp, papier, karton, papier- en kartonwaren	aardgas	0	1800:Industrie-Overig	0,07
8900600	SBI 17.1/17.2: Vervaardiging van pulp, papier, karton, papier- en kartonwaren	hbo	0	1800:Industrie-Overig	0,45
8900600	SBI 17.1/17.2: Vervaardiging van pulp, papier, karton, papier- en kartonwaren	lpg	0	1800:Industrie-Overig	0,07
8912200	SBI 17.1: Vervaardiging van papierpulp, papier en karton		0	1800:Industrie-Overig	0
8912406	SBI 17: Vervaardiging van papier, karton en papier- en kartonwaren, diffuus		127	1800:Industrie-Overig	0
8900700	SBI 18/58: Uitgeverijen, drukkerijen, reproductie van opgenomen media	aardgas	0	1800:Industrie-Overig	0,07
T102201	SBI 19.201 (per bedrijf): Aardolieraffinage	–	0	1200:Industrie-Aardolieraffinage	0,003
T102201	SBI 19.201 (per bedrijf): Aardolieraffinage	Chemisch restgas	53	1200:Industrie-Aardolieraffinage	0,07
T102201	SBI 19.201 (per bedrijf): Aardolieraffinage	Gas-/dieselolie	9	1200:Industrie-Aardolieraffinage	0,45
T102201	SBI 19.201 (per bedrijf): Aardolieraffinage	Petroleumcokes	67	1200:Industrie-Aardolieraffinage	0,01
T102201	SBI 19.201 (per bedrijf): Aardolieraffinage	Raffinaderijgas	154	1200:Industrie-Aardolieraffinage	0,07
T102201	SBI 19.201 (per bedrijf): Aardolieraffinage	zware stookolie	126	1200:Industrie-Aardolieraffinage	0,1
T112200	SBI 19.202 (per bedrijf): Aardolieverwerking, excl. raffinage	–	0	1800:Industrie-Overig	0
T101100	SBI 20.1 (per bedrijf): Vervaardiging van chemische basisproducten	(Overige bitumineuze) steenkool	37	1300:Industrie-Chemie	0,1
T101100	SBI 20.1 (per bedrijf): Vervaardiging van chemische basisproducten	–	27	1300:Industrie-Chemie	0
T101100	SBI 20.1 (per bedrijf): Vervaardiging van chemische basisproducten	Bitumen	1	1300:Industrie-Chemie	0,1
T101100	SBI 20.1 (per bedrijf): Vervaardiging van chemische basisproducten	Chemisch restgas	38	1300:Industrie-Chemie	0,07
T101100	SBI 20.1 (per bedrijf): Vervaardiging van chemische basisproducten	Cokesoven/ gascokes	0	1300:Industrie-Chemie	0,01
T101100	SBI 20.1 (per bedrijf): Vervaardiging van chemische basisproducten	Gas-/dieselolie	0	1300:Industrie-Chemie	0,45
T101100	SBI 20.1 (per bedrijf): Vervaardiging van chemische basisproducten	Koolmonoxide	18	1300:Industrie-Chemie	0,07
T101100	SBI 20.1 (per bedrijf): Vervaardiging van chemische basisproducten	Overige olien	17	1300:Industrie-Chemie	0,1
T101100	SBI 20.1 (per bedrijf): Vervaardiging van chemische basisproducten	Raffinaderijgas	3	1300:Industrie-Chemie	0,07
T101100	SBI 20.1 (per bedrijf): Vervaardiging van chemische basisproducten	RWZI biogas	0	1300:Industrie-Chemie	0,07
T101100	SBI 20.1 (per bedrijf): Vervaardiging van chemische basisproducten	zware stookolie	20	1300:Industrie-Chemie	0,1
8901100	SBI 20.1: Vervaardiging van chemische basisproducten	aardgas	1	1300:Industrie-Chemie	0,07
T104700	SBI 20.11 (per bedrijf): Vervaardiging van industriële gassen	–	0	1300:Industrie-Chemie	0
8912600	SBI 20.12: Vervaardiging van kleur- en verfstoffen		0	1300:Industrie-Chemie	0
T102500	SBI 20.13 (per bedrijf): Basischemie anorganisch	–	44	1300:Industrie-Chemie	0
8913000	SBI 20.13: Basischemie anorganisch		73	1300:Industrie-Chemie	0
T102601	SBI 20.149 (per bedrijf): Basischemie organisch (geen petrochemische producten)	–	0	1300:Industrie-Chemie	0
8912900	SBI 20.149: Basischemie organisch (geen petrochemische producten)		2	1300:Industrie-Chemie	0
T102700	SBI 20.15 (per bedrijf): Vervaardiging van kunstmeststoffen en stikstofverbindingen	–	485	1300:Industrie-Chemie	0
T102700	SBI 20.15 (per bedrijf): Vervaardiging van kunstmeststoffen en stikstofverbindingen	Gas-/dieselolie	1	1300:Industrie-Chemie	0,45

EMK code	EMK naam	EVE naam	PM _{2.5} (t)	LED naam	EC fractie
T102700	SBI 20.15 (per bedrijf): Vervaardiging van kunstmeststoffen en stikstofverbindingen	lpg	0	1300:Industrie-Chemie	0,07
T102800	SBI 20.16 (per bedrijf): Vervaardiging van kunststof in primaire vorm	–	0	1300:Industrie-Chemie	0
T102900	SBI 20.2 (per bedrijf): Chemische bestrijdingsmiddelenindustrie	–	0	1300:Industrie-Chemie	0
8913100	SBI 20.2: Chemische bestrijdingsmiddelenindustrie		3	1300:Industrie-Chemie	0
8913700	SBI 20.2-20.5: Chemische producten industrie	aardgas	0	1300:Industrie-Chemie	0,07
T103000	SBI 20.3 (per bedrijf): Vervaardiging van verf, lak, vernis, inkt en mastiek	–	0	1300:Industrie-Chemie	0
8913200	SBI 20.3: Vervaardiging van verf, lak, vernis, inkt en mastiek		3	1300:Industrie-Chemie	0
8913400	SBI 20.41: Vervaardiging van was- en schoonmaakmiddelen		0	1300:Industrie-Chemie	0
T101702	SBI 20.5 (per bedrijf): Overige chemische producten	Biomassa vast	8	1300:Industrie-Chemie	0,1
T101702	SBI 20.5 (per bedrijf): Overige chemische producten	Biomassa vloeibaar	0	1300:Industrie-Chemie	0,05
T103300	SBI 20.52 (per bedrijf): Vervaardiging van lijm en bereide kleefmiddelen	–	2	1300:Industrie-Chemie	0
8913600	SBI 20.52: Vervaardiging van lijm en bereide kleefmiddelen		200	1300:Industrie-Chemie	0
T103600	SBI 20.59 (per bedrijf): Vervaardiging van overige chemische producten n.e.g.	–	0	1300:Industrie-Chemie	0
8913800	SBI 20.6: Vervaardiging van synthetische en kunstmatige vezels	aardgas	0	1300:Industrie-Chemie	0,07
8901706	SBI 22.1: Vervaardiging van producten van rubber, diffuus		7	1800:Industrie-Overig	0
8913906	SBI 22.2: Vervaardiging van producten van kunststof, diffuus		14	1800:Industrie-Overig	0
8901702	SBI 22: Vervaardiging van producten van rubber en kunststof	aardgas	0	1800:Industrie-Overig	0,07
T102102	SBI 23 (per bedrijf): Bouwmaterialen- en glasindustrie	zware stookolie	5	1400:Industrie-Bouwmaterialen	0,1
T103601	SBI 23.1 (per bedrijf): Vervaardiging van glas en glaswerk	–	50	1400:Industrie-Bouwmaterialen	0
8914000	SBI 23.1: Vervaardiging van glas en glaswerk		33	1400:Industrie-Bouwmaterialen	0
T100801	SBI 23.51 (per bedrijf): Vervaardiging van cement	–	14	1400:Industrie-Bouwmaterialen	0
8914300	SBI 23.6: Vervaardiging van producten van beton, gips en cement	vervaardigde produkten van cement,kalk en gips	7	1400:Industrie-Bouwmaterialen	0
8914600	SBI 23: Bouwmaterialen- en glasindustrie	aardgas	1	1400:Industrie-Bouwmaterialen	0,07
8914600	SBI 23: Bouwmaterialen- en glasindustrie	hbo	1	1400:Industrie-Bouwmaterialen	0,45
8914600	SBI 23: Bouwmaterialen- en glasindustrie	lpg	0	1400:Industrie-Bouwmaterialen	0,07
8914600	SBI 23: Bouwmaterialen- en glasindustrie	petroleum	0	1400:Industrie-Bouwmaterialen	0,45
8914600	SBI 23: Bouwmaterialen- en glasindustrie	steenkool	1	1400:Industrie-Bouwmaterialen	0,1
8914600	SBI 23: Bouwmaterialen- en glasindustrie	stookolie	0	1400:Industrie-Bouwmaterialen	0,1
8914606	SBI 23: Bouwmaterialen- en glasindustrie, diffuus		342	1400:Industrie-Bouwmaterialen	0,002
T100901	SBI 24 (per bedrijf): Vervaardiging van metalen in primaire vorm	–	621	1500:Industrie-Basismetaal	0,16
T102202	SBI 24.1-24.3 (per bedrijf): Basismetaalindustrie, verwerking en vervaardiging ijzer en staal	(Overige bitumineuze) steenkool	9	1500:Industrie-Basismetaal	0,1
T102202	SBI 24.1-24.3 (per bedrijf): Basismetaalindustrie, verwerking en vervaardiging ijzer en staal	Cokesovengas	2	1500:Industrie-Basismetaal	0,07
T102202	SBI 24.1-24.3 (per bedrijf): Basismetaalindustrie, verwerking en vervaardiging ijzer en staal	Gas-/dieselolie	0	1500:Industrie-Basismetaal	0,45
T102202	SBI 24.1-24.3 (per bedrijf):	hoogovengas	6	1500:Industrie-Basismetaal	0,07

EMK code	EMK naam	EVE naam	PM _{2.5} (t)	LED naam	EC fractie
	Basismetaalindustrie, verwerking en vervaardiging ijzer en staal				
8924406	SBI 24.1-24.3: Basismetaalindustrie, verwerking en vervaardiging ijzer en staal, diffuus		226	1500:Industrie-Basismetaal	0,16
8914602	SBI 24.2: Vervaardiging van stalen buizen en pijpen		0	1500:Industrie-Basismetaal	0
T102300	SBI 24.4/24.5 (per bedrijf): Basismetaalindustrie, vervaardiging van non-ferro metalen en gieten van metalen	Cokeskolen (basismetaal)	0	1500:Industrie-Basismetaal	0,1
8920100	SBI 24.4/24.53/24.54: Vervaardiging en gieten van lichte en overige non-ferrometalen	aardgas	0	1500:Industrie-Basismetaal	0,07
T104901	SBI 24.5 (per bedrijf): Gieten van metalen	—	6	1500:Industrie-Basismetaal	0
8914900	SBI 24.5: Gieten van metalen	—	2	1500:Industrie-Basismetaal	0
T106200	SBI 25 (per bedrijf): Metaalproductenindustrie (exclusief machinebouw)	—	3	1700:Industrie-Metaalbewerking	0
8902100	SBI 25: Metaalproductenindustrie (exclusief machinebouw)	aardgas	1	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,07
8902100	SBI 25: Metaalproductenindustrie (exclusief machinebouw)	hbo	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,45
8902100	SBI 25: Metaalproductenindustrie (exclusief machinebouw)	lpg	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,07
8915000	SBI 25-33/95: Metalelektro (exclusief SBI 30.1/33.15)		67	1700:Industrie-Metaalbewerking	0
8915006	SBI 25-33/95: Metalelektro (exclusief SBI 30.1/33.15), diffuus vrijkomend PM10		85	1700:Industrie-Metaalbewerking	0
T137300	SBI 26/27 (per bedrijf): Elektrotechnische industrie	—	35	1700:Industrie-Metaalbewerking	0
8902301	SBI 26/28: Machinebouw en elektronische apparaten	aardgas	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,07
8915300	SBI 26/31/32: Vervaardiging van elektronische apparaten en meubels	aardgas	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,07
8902304	SBI 26: Vervaardiging computers en elektronische en optische apparatuur	aardgas	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,07
8902304	SBI 26: Vervaardiging computers en elektronische en optische apparatuur	hbo	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,45
8902303	SBI 27: Vervaardiging van elektrische apparatuur	aardgas	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,07
8902303	SBI 27: Vervaardiging van elektrische apparatuur	hbo	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,45
8902200	SBI 28: Machinebouw	aardgas	1	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,07
8902200	SBI 28: Machinebouw	hbo	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,45
8902200	SBI 28: Machinebouw	lpg	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,07
T106600	SBI 29 (per bedrijf): Auto-industrie	—	1	1700:Industrie-Metaalbewerking	0
8902400	SBI 29: Auto-industrie	aardgas	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,07
8902400	SBI 29: Auto-industrie	hbo	1	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,45
8902400	SBI 29: Auto-industrie	lpg	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,07
T108400	SBI 30.1 (per bedrijf): Scheepsbouw	lpg	1	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,07
8908100	SBI 30: Overige transportmiddelen	aardgas	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,07
8908100	SBI 30: Overige transportmiddelen	lpg	0	1700:Industrie-Metaalbewerking	0,07
8908000	SBI 31/32: Vervaardiging van meubels en overige goederen	aardgas	0	1800:Industrie-Overig	0,07
8908000	SBI 31/32: Vervaardiging van meubels en overige goederen	hout	0	1800:Industrie-Overig	0,1
8908000	SBI 31/32: Vervaardiging van meubels en overige goederen	lpg	0	1800:Industrie-Overig	0,07
T108500	SBI 35 (per bedrijf): Productie en distributie van elektriciteit en gas	(Overige bitumineuze) steenkool	181	2100:Energie-Productie	0,005
T108500	SBI 35 (per bedrijf): Productie en distributie van elektriciteit en gas	afval	0	2100:Energie-Productie	0,05
T108500	SBI 35 (per bedrijf): Productie en distributie van elektriciteit en gas	Biomassa vast	29	2100:Energie-Productie	0,1

EMK code	EMK naam	EVE naam	PM _{2.5} (t)	LED naam	EC fractie
T108500	SBI 35 (per bedrijf): Productie en distributie van elektriciteit en gas	Biomassa vloeibaar	0	2100:Energie-Productie	0,05
T108500	SBI 35 (per bedrijf): Productie en distributie van elektriciteit en gas	Chemisch restgas	20	2100:Energie-Productie	0,07
T108500	SBI 35 (per bedrijf): Productie en distributie van elektriciteit en gas	Cokesovengas	0	2100:Energie-Productie	0,07
T108500	SBI 35 (per bedrijf): Productie en distributie van elektriciteit en gas	FOSFOROVENGAS	0	2100:Energie-Productie	0,07
T108500	SBI 35 (per bedrijf): Productie en distributie van elektriciteit en gas	Gas-/dieselolie	0	2100:Energie-Productie	0,45
T108500	SBI 35 (per bedrijf): Productie en distributie van elektriciteit en gas	hoogovengas	1	2100:Energie-Productie	0,07
T108500	SBI 35 (per bedrijf): Productie en distributie van elektriciteit en gas	Oxystaalovengas	1	2100:Energie-Productie	0,07
T101001	SBI 35.111 (per bedrijf): Elektriciteitsproductie	-	5	2100:Energie-Productie	0,5
8920400	SBI 35: Productie en distributie van elektriciteit en gas	aardgas	1	2100:Energie-Productie	0,07
8920400	SBI 35: Productie en distributie van elektriciteit en gas	biogas	1	2100:Energie-Productie	0,07
8920500	SBI 36: Winning en distributie van water	aardgas	0	6200:Handel, Diensten en Overheid-Winning en distributie drinkwater	0,07
8920500	SBI 36: Winning en distributie van water	hbo	0	6200:Handel, Diensten en Overheid-Winning en distributie drinkwater	0,3
8920500	SBI 36: Winning en distributie van water	lpg	0	6200:Handel, Diensten en Overheid-Winning en distributie drinkwater	0,07
E400109	SBI 37: Afvalwaterinzameling en -behandeling	aardgas	0	6100:Handel, Diensten en Overheid-RWZI's	0,07
E400109	SBI 37: Afvalwaterinzameling en -behandeling	biogas	4	6100:Handel, Diensten en Overheid-RWZI's	0,07
E400109	SBI 37: Afvalwaterinzameling en -behandeling	hbo	0	6100:Handel, Diensten en Overheid-RWZI's	0,45
T104201	SBI 38.2 (per bedrijf): Afvalinzameling/beh, AVI's	afval	0	5100:Afvalverwerking	0,05
T104201	SBI 38.2 (per bedrijf): Afvalinzameling/beh, AVI's	Afval (niet biogeen)	12	5100:Afvalverwerking	0,05
T104201	SBI 38.2 (per bedrijf): Afvalinzameling/beh, AVI's	Biomassa vast	2	5100:Afvalverwerking	0,05
T104201	SBI 38.2 (per bedrijf): Afvalinzameling/beh, AVI's	Biomassa vloeibaar	0	5100:Afvalverwerking	0,05
T104201	SBI 38.2 (per bedrijf): Afvalinzameling/beh, AVI's	Gas-/dieselolie	2	5100:Afvalverwerking	0,05
T104201	SBI 38.2 (per bedrijf): Afvalinzameling/beh, AVI's	Overige olien	10	5100:Afvalverwerking	0,05
T104201	SBI 38.2 (per bedrijf): Afvalinzameling/beh, AVI's	Stortgas	0	5100:Afvalverwerking	0,05
8916000	SBI 38.3: Voorbereiding tot recycling	aardgas	0	5100:Afvalverwerking	0
8916000	SBI 38.3: Voorbereiding tot recycling	hbo	0	5100:Afvalverwerking	0
8916000	SBI 38.3: Voorbereiding tot recycling	lpg	0	5100:Afvalverwerking	0
0020401	SBI 41-43: Bouwnijverheid	aardgas	1	7100:Bouw	0,07
0020401	SBI 41-43: Bouwnijverheid	hout	0	7100:Bouw	0,15
T151100	SBI 46/47 (per bedrijf): Detail- en groothandel	Gas-/dieselolie	0	6400:Handel, Diensten en Overheid-Overig	0,3
T101300	SBI 52.10/52.24 (per bedrijf): Laad-, los- en overslagactiviteiten en opslag	-	108	6300:Handel, Diensten en Overheid-Opslag en handling	0,01
0833400	SBI 52.10/52.24: Laad-, los- en overslagactiviteiten en opslag		0	6300:Handel, Diensten en Overheid-Opslag en handling	0,01
8922001	SBI 96.032: Crematoria, mortuaria en begraafplaatsen	aantal crematies	5	6400:Handel, Diensten en Overheid-Overig	0,05
E309900	Schiphol, vliegverkeer-approach	Kerosine	2	3600:Verkeer-Luchtvaart	0,754
E309901	Schiphol, vliegverkeer-APU/GPU	Kerosine	22	3600:Verkeer-Luchtvaart	0,754

EMK code	EMK naam	EVE naam	PM _{2.5} (t)	LED naam	EC fractie
E309902	Schiphol, vliegverkeer-club out	Kerosine	6	3600:Verkeer-Luchtvaart	0,754
E309903	Schiphol, vliegverkeer-idle	Kerosine	4	3600:Verkeer-Luchtvaart	0,754
E309905	Schiphol, vliegverkeer-take off	Kerosine	2	3600:Verkeer-Luchtvaart	0,754
0200200	Spoorwegen - slijtage van stroomafnemers	electriciteit	3	3700:Verkeer-Railverkeer	0
0203100	Spoorwegen - vonkerosie bovenleidingen	electriciteit	5	3700:Verkeer-Railverkeer	0
0200100	Spoorwegen - vrachtvervoer	diesel	12	3700:Verkeer-Railverkeer	0,485
0200300	Spoorwegen diesel personenvervoer	diesel	22	3700:Verkeer-Railverkeer	0,485
0200800	Spoorwegen-metro-sneltram vonkerosie van bovenleidingen	electriciteit	1	3700:Verkeer-Railverkeer	0
0802302	Stofemissies bouwplaatsen	productie bouw	412	7100:Bouw	0
0100802	Uitlaatgassen autobussen, autosnelweg	verkeersprestatie	21	3141:Verkeer-Wegverkeer-Bussen-snelweg	0,7
0100801	Uitlaatgassen autobussen, bebouwde kom	verkeersprestatie	58	3143:Verkeer-Wegverkeer-Bussen-binnen beb. kom	0,7
0100803	Uitlaatgassen autobussen, buitenweg	verkeersprestatie	22	3142:Verkeer-Wegverkeer-Bussen-buiten beb.kom	0,7
0101001	Uitlaatgassen bromfietsen, bebouwde kom	verkeersprestatie	33	3153:Verkeer-Wegverkeer-Tweewielers-binnen beb. kom	0,1
0101003	Uitlaatgassen bromfietsen, buitenweg	verkeersprestatie	4	3152:Verkeer-Wegverkeer-Tweewielers-buiten beb. kom	0,1
0100402	Uitlaatgassen lichte bedrijfsvoertuigen benzine, autosnelweg	verkeersprestatie	1	3121:Verkeer-Wegverkeer-Bestelauto's-snelweg	0,2
0100401	Uitlaatgassen lichte bedrijfsvoertuigen benzine, bebouwde kom	verkeersprestatie	1	3123:Verkeer-Wegverkeer-Bestelauto's-binnen beb. kom	0,2
0100403	Uitlaatgassen lichte bedrijfsvoertuigen benzine, buitenweg	verkeersprestatie	1	3122:Verkeer-Wegverkeer-Bestelauto's-buiten beb.kom	0,2
0100502	Uitlaatgassen lichte bedrijfsvoertuigen diesel, autosnelweg	verkeersprestatie	962	3121:Verkeer-Wegverkeer-Bestelauto's-snelweg	0,8
0100501	Uitlaatgassen lichte bedrijfsvoertuigen diesel, bebouwde kom	verkeersprestatie	421	3123:Verkeer-Wegverkeer-Bestelauto's-binnen beb. kom	0,8
0100503	Uitlaatgassen lichte bedrijfsvoertuigen diesel, buitenweg	verkeersprestatie	381	3122:Verkeer-Wegverkeer-Bestelauto's-buiten beb.kom	0,8
0100602	Uitlaatgassen lichte bedrijfsvoertuigen LPG, autosnelweg	verkeersprestatie	1	3121:Verkeer-Wegverkeer-Bestelauto's-snelweg	0,2
0100601	Uitlaatgassen lichte bedrijfsvoertuigen LPG, bebouwde kom	verkeersprestatie	0	3123:Verkeer-Wegverkeer-Bestelauto's-binnen beb. kom	0,2
0100603	Uitlaatgassen lichte bedrijfsvoertuigen LPG, buitenweg	verkeersprestatie	0	3122:Verkeer-Wegverkeer-Bestelauto's-buiten beb.kom	0,2
0100902	Uitlaatgassen motorfietsen, autosnelweg	verkeersprestatie	13	3151:Verkeer-Wegverkeer-Tweewielers-snelweg	0,2
0100901	Uitlaatgassen motorfietsen, bebouwde kom	verkeersprestatie	13	3153:Verkeer-Wegverkeer-Tweewielers-binnen beb. kom	0,2
0100903	Uitlaatgassen motorfietsen, buitenweg	verkeersprestatie	13	3152:Verkeer-Wegverkeer-Tweewielers-buiten beb. kom	0,2
0100102	Uitlaatgassen personenauto's benzine, autosnelweg	verkeersprestatie	105	3111:Verkeer-Wegverkeer-Personenauto's-snelweg	0,2
0100101	Uitlaatgassen personenauto's benzine, bebouwde kom	verkeersprestatie	167	3113:Verkeer-Wegverkeer-Personenauto's-binnen beb. kom	0,2
0100103	Uitlaatgassen personenauto's benzine, buitenweg	verkeersprestatie	110	3112:Verkeer-Wegverkeer-Personenauto's-buiten beb.kom	0,2
0100202	Uitlaatgassen personenauto's diesel, autosnelweg	verkeersprestatie	815	3111:Verkeer-Wegverkeer-Personenauto's-snelweg	0,8
0100201	Uitlaatgassen personenauto's diesel, bebouwde kom	verkeersprestatie	408	3113:Verkeer-Wegverkeer-Personenauto's-binnen beb. kom	0,8
0100203	Uitlaatgassen personenauto's diesel, buitenweg	verkeersprestatie	386	3112:Verkeer-Wegverkeer-Personenauto's-buiten beb.kom	0,8
0100302	Uitlaatgassen personenauto's LPG, autosnelweg	verkeersprestatie	7	3111:Verkeer-Wegverkeer-Personenauto's-snelweg	0,2
0100301	Uitlaatgassen personenauto's LPG, bebouwde kom	verkeersprestatie	5	3113:Verkeer-Wegverkeer-Personenauto's-binnen beb. kom	0,2
0100303	Uitlaatgassen personenauto's LPG, buitenweg	verkeersprestatie	8	3112:Verkeer-Wegverkeer-Personenauto's-buiten beb.kom	0,2
0100702	Uitlaatgassen zware bedrijfsvoertuigen	verkeersprestatie	370	3131:Verkeer-Wegverkeer-	0,7

EMK code	EMK naam	EVE naam	PM _{2.5} (t)	LED naam	EC fractie
	excl. autobussen, autosnelweg			Vrachtauto's en speciale voertuigen-snelweg	
0100701	Uitlaatgassen zware bedrijfsvoertuigen excl. autobussen, bebouwde kom	verkeersprestatie	299	3133:Verkeer-Wegverkeer-Vrachtauto's en speciale voertuigen-binnen beb. kom	0,7
0100703	Uitlaatgassen zware bedrijfsvoertuigen excl. autobussen, buitenweg	verkeersprestatie	213	3132:Verkeer-Wegverkeer-Vrachtauto's en speciale voertuigen-buiten beb.kom	0,7
0446100	Veestapel, fokvarkens, stallen + opslag dunne mest excl. NH3	dieren	23	0888: Broeikasgassen	0
0444100	Veestapel, geiten, stallen + opslag vaste mest excl. NH3	dieren	2	0888: Broeikasgassen	0
0441101	Veestapel, melkkoeien, stallen + opslag dunne mest excl. NH3	dieren	50	0888: Broeikasgassen	0
0445600	Veestapel, paarden, stallen + opslag vaste mest excl. NH3	dieren	17	0888: Broeikasgassen	0
0447102	Veestapel, pluimvee, stallen + opslag vaste mest excl. NH3	dieren	270	0888: Broeikasgassen	0
0441102	Veestapel, rundvee jongvee + stieren, stallen + opslag dunne mest excl. NH3	dieren	32	0888: Broeikasgassen	0
0446102	Veestapel, vleesvarkens, stallen + opslag dunne mest excl. NH3	dieren	41	0888: Broeikasgassen	0
0442102	Veestapel, zoog- en weidekoeien, stallen + opslag vaste mest excl. NH3	dieren	3	0888: Broeikasgassen	0
0240103	Visserij, Nederlandse kottervisserij en binnenvisserij	diesel	165	3850:Verkeer-Visserij (op NCP en binnenwateren)	0,445
0801800	Vlees bereiden: Bakken, braden en barbecueën	vleesconsumptie	4	8200:Consumenten-Overig	0,13
0012102	Vuurhaarden consumenten, hoofdverwarming woningen	aardgas	75	8100:Consumenten-Vuurhaarden	0,07
0012102	Vuurhaarden consumenten, hoofdverwarming woningen	hbo	8	8100:Consumenten-Vuurhaarden	0,3
0012102	Vuurhaarden consumenten, hoofdverwarming woningen	lpg	2	8100:Consumenten-Vuurhaarden	0,07
0012102	Vuurhaarden consumenten, hoofdverwarming woningen	petroleum	1	8100:Consumenten-Vuurhaarden	0,3
0012102	Vuurhaarden consumenten, hoofdverwarming woningen	steenkool	12	8100:Consumenten-Vuurhaarden	0,4
0800700	Vuurhaarden consumenten, koken	aardgas	2	8100:Consumenten-Vuurhaarden	0,07
0800700	Vuurhaarden consumenten, koken	lpg	0	8100:Consumenten-Vuurhaarden	0,07
T012200	Vuurhaarden consumenten, sfeerverwarming woning	hout	1.430	8100:Consumenten-Vuurhaarden	0,36
0800800	Vuurhaarden consumenten, warm water voorziening	aardgas	16	8100:Consumenten-Vuurhaarden	0,07
0800800	Vuurhaarden consumenten, warm water voorziening	lpg	0	8100:Consumenten-Vuurhaarden	0,07
0401201	Vuurhaarden landbouw	aardgas	1	4310:Landbouw-Vuurhaarden-Overig	0,07
0401201	Vuurhaarden landbouw	hout	1	4310:Landbouw-Vuurhaarden-Overig	0,35
0401201	Vuurhaarden landbouw	lpg	3	4310:Landbouw-Vuurhaarden-Overig	0,07
0401201	Vuurhaarden landbouw	petroleum	0	4310:Landbouw-Vuurhaarden-Overig	0,3
0401202	Vuurhaarden landbouw, glastuinbouw	aardgas	18	4320:Landbouw-Vuurhaarden-Glastuinbouw	0,07
0401202	Vuurhaarden landbouw, glastuinbouw	petroleum	0	4320:Landbouw-Vuurhaarden-Glastuinbouw	0,3
0140102	Wegdekslijtage lichte voertuigen incl. tweewielers, autosnelweg	verkeersprestatie	46	3163:Verkeer-Wegeverkeer-Wegdekslijtage	0
0140101	Wegdekslijtage lichte voertuigen incl. tweewielers, bebouwde kom	verkeersprestatie	41	3163:Verkeer-Wegeverkeer-Wegdekslijtage	0
0140103	Wegdekslijtage lichte voertuigen incl. tweewielers, buitenweg	verkeersprestatie	36	3163:Verkeer-Wegeverkeer-Wegdekslijtage	0

EMK code	EMK naam	EVE naam	PM _{2.5} (t)	LED naam	EC fractie
0140202	Wegdekslijtage zware voertuigen, autosnelweg	verkeersprestatie	23	3163:Verkeer-Wegeverkeer-Wegdekslijtage	0
0140201	Wegdekslijtage zware voertuigen, bebouwde kom	verkeersprestatie	12	3163:Verkeer-Wegeverkeer-Wegdekslijtage	0
0140203	Wegdekslijtage zware voertuigen, buitenweg	verkeersprestatie	8	3163:Verkeer-Wegeverkeer-Wegdekslijtage	0
T104702	SBI 24.45 (per bedrijf) Vervaardiging van overige non-ferrometalen, aluminium	–	182	1500:Industrie-Basismetaal	0
T104705	SBI 24.45 (per bedrijf) Vervaardiging van overige non-ferrometalen, lood	–	0	1500:Industrie-Basismetaal	0,001
T104706	SBI 24.45 (per bedrijf) Vervaardiging van overige non-ferrometalen, zink	–	1	1500:Industrie-Basismetaal	0,001
T104706	SBI 24.45 (per bedrijf) Vervaardiging van overige non-ferrometalen, zink	Gas-/dieselolie	0	1500:Industrie-Basismetaal	0,45
8914702	SBI 24.45: Vervaardiging van overige non-ferrometalen, aluminium		17	1500:Industrie-Basismetaal	0

Literatuur

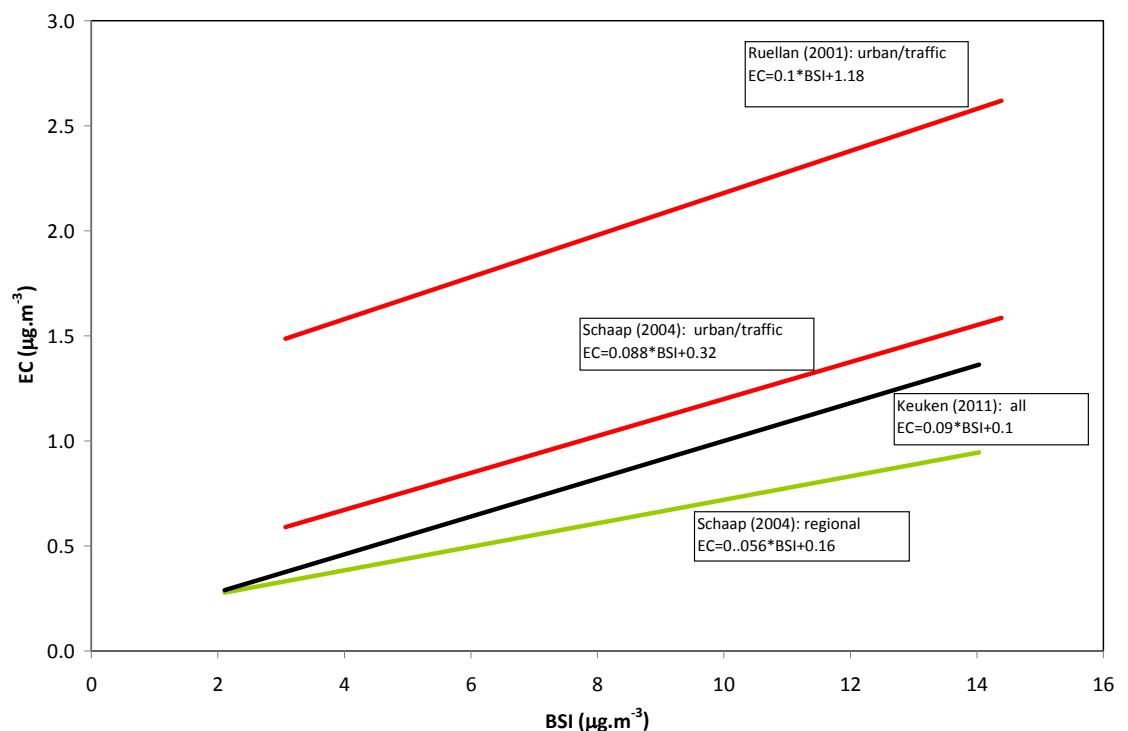
- Visschedijk, A., Denier van der Gon, H., Droge, R., Van der Brugh, H. (2009). A European high resolution and size-differentiated emission inventory for elemental and organic carbon for the year 2005. TNO Rapport TNO-034-UT-2009-00688_RPT-ML
- Denier van der Gon, H., Visschedijk, A., Van der Brugh, H., Droge, R. (2010). A high resolution European emission database for the year 2005, A contribution to UBA-Projekt: "Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung" – PAREST: Partikelreduktionsstrategien – Particle reduction strategies. TNO Rapport TNO-034-UT-2010-01895_RPT-ML
- Kuenen, J., Denier van der Gon, H., Visschedijk, A., Van der Brugh, H., Van Gijlswijk, R. (2011) MACC European emission inventory for the years 2003-2007, TNO Rapport TNO-060-UT-2011-00588_RPT-ML
- Kupiainen, K., Klimont, Z. (2004). Primary Emissions of Submicron and Carbonaceous Particles in Europe and the Potential for their Control. Interim Report IR 04-079, International Institute for Applied Systems Analysis IIASA
- Jansen, B., Droge, R. (2011). Emissiemodel Houtkachels, TNO Rapport TNO-060-UT-2011-00314_RPT-ML
- Fridell, E., Steen, E., & Peterson, K. (2008). Primary particles in ship emissions. *Atmospheric Environment*, 42(5), 1160-1168
- Lack, D. A., Corbett, J. J., Onasch, T., Lerner, B., Massoli, P., Quinn, P. K., et al. (2009). Particulate emissions from commercial shipping: Chemical, physical, and optical properties. *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, 114(4)
- Petzold, A., Feldpausch, P., Fritzsche, L., Minikin, A., Lauer, P., & Bauer, H. (2004). Particle emissions from ship engines. *Journal of Aerosol Science*, 35(SUPPL. 2), S1095-S1096
- Moldanová, J., Fridell, E., Popovicheva, O., Demirdjian, B., Tishkova, V., Faccinnetto, A., et al. (2009). Characterisation of particulate matter and gaseous emissions from a large ship diesel engine. *Atmospheric Environment*, 43(16), 2632-2641
- Agrawal, H., Welch, W. A., Miller, J. W., & Cocker, D. R. (2008). Emission measurements from a crude oil tanker at sea. *Environmental Science and Technology*, 42(19), 7098-7103

D Roetmetingen met de Zwarte Rook methode en de thermische EC methode

De gemeten roetconcentraties in Nederland door het RIVM ("zwarte rook" methode: ISO 9835 (1993)), de DCMR (de "MAAP" methode: Petzold A. and Schönlinner M. (2004)) en de GGD (de "thermische NIOSH" methode: Chow et al., 2001) zijn in het kader van de operationalisering van een roetindicator genormaliseerd naar "thermische EUSAAR2" (Cavalli and Putaud, 2010) data. Op deze wijze kunnen metingen volgens verschillende methoden met elkaar worden vergeleken. Deze normalisatie wordt als volgt toegelicht.

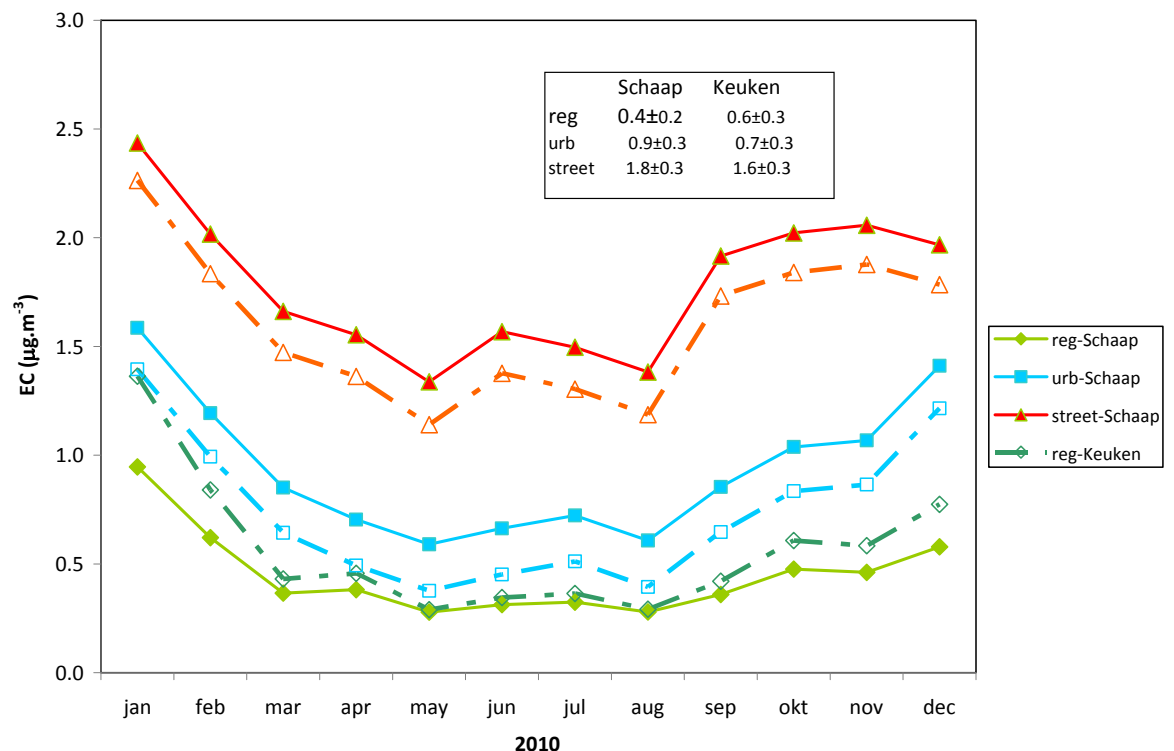
Conversie van Zwarte Rook metingen naar EC concentraties

De resultaten van automatische Zwarte Rook metingen (Hijink, 2002) in "Black Smoke Units - BSI" (ISO 9835, 1993) zijn omgezet naar EC concentraties. Deze conversie is afhankelijk van de meetlocatie (Schaap et al. (2007)), voor regionale stations: $EC (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}) = 0.056 * BSI (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}) + 0.16$ en voor stad/verkeersbelaste locaties: $EC (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}) = 0.088 * BSI (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}) + 0.32$. De overgang van regionale naar stedelijke achtergrond is echter gradueel zeker in Nederland met relatief kleine steden. Een alternatief voor twee verschillende conversies is een gemiddelde conversie onafhankelijk van de locatie. Een dergelijke conversie is opgesteld met data van regionale, stedelijke en verkeersbelaste locaties in Rotterdam (Keuken et al., 2011). In Figuur 1 zijn verschillende conversies weergegeven, inclusief een conversie van Zwarte Rook naar EC concentraties op een verkeersbelaste locatie in Parijs (Ruellan et al., 2001).



Figuur 1: Conversie van zwarte rook metingen in BSI ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) naar EC ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) volgens Ruellan et al. (2001), Schaap et al. (2007) en Keuken et al. (2011/1).

De hoge waarden voor de Franse conversie zijn waarschijnlijk het gevolg van EC analyses volgens de Cachier methode (Cachier et al., 1989) met te hoge EC resultaten in vergelijking met de huidige toegepaste thermische analyses. Figuur 1 laat zien dat de “Keuken conversie” een gemiddelde is van beide “Schaap conversies”. De eerste conversie heeft de voorkeur vanwege de eenvoud (“één conversie voor alle typen monsters ongeacht de herkomst”) om zwarte rook metingen om te zetten naar EC concentraties³. Indien locaties echter specifiek zijn gekarakteriseerd als “achtergrond” of “stad/verkeer” dan kan uiteraard beter de Schaap-conversie worden toegepast. De resultaten van geconverteerde Zwarte Rook metingen naar EC concentraties volgens beide methoden zijn voor het jaar 2010 in Nederland weergegeven in Figuur 2. De Zwarte Rook data zijn afkomstig van het RIVM uit het LML.



Figuur 2: EC concentraties ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) afgeleid van Zwarte Rook metingen in het LML op regionale (n=5), stads (n=1) en straat (n=4) locaties in Nederland (2010).

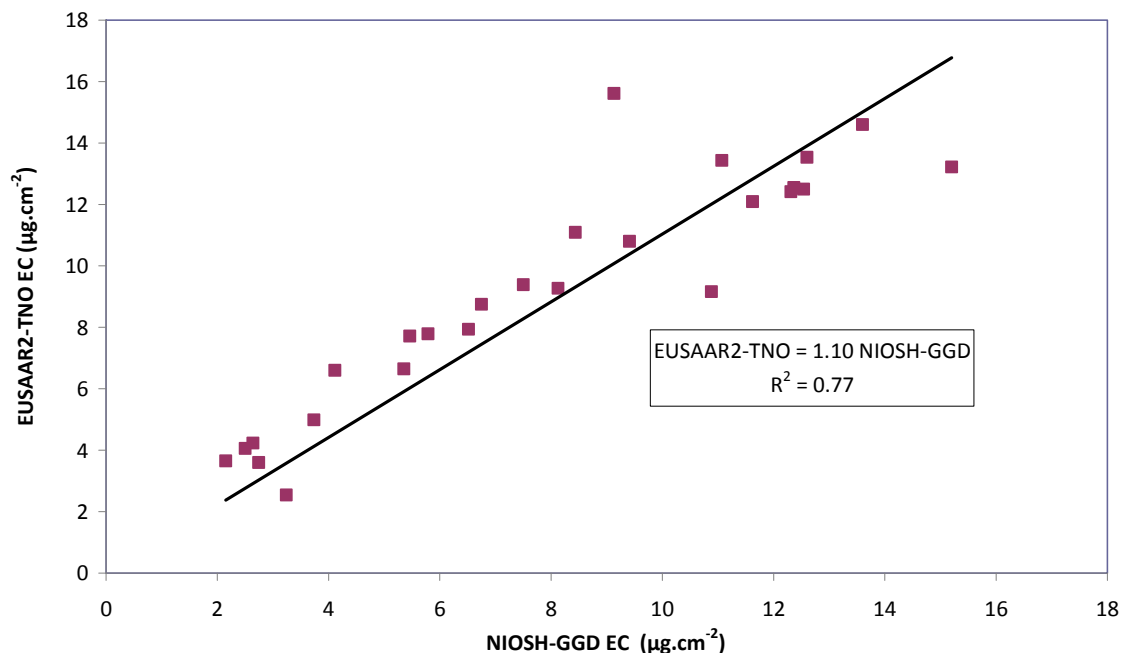
Figuur 2 illustreert dat de regionale en stadsachtergrond minder verschillen bij de generieke (“Keuken”) conversie dan bij de specifieke (“Schaap”) conversie. Het belangrijkste onderscheid in beide conversies is het verschil tussen de regionale en de stadsachtergrond. Meer metingen op de stadsachtergrond zijn gewenst om meer informatie te krijgen over de gradiënt van de regionale naar de stadsachtergrond. Verder laat Figuur 2 zien dat (voor beide conversies) de EC concentraties een factor 2-3 zijn verhoogd ten opzichte van de stedelijke en regionale achtergrond.

³ De noodzaak van Zwarte Rook naar EC conversie is maar tijdelijk, want binnenkort worden zwarte rook metingen in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit vervangen door automatische EC metingen.

De hogere EC concentraties in de winter in vergelijking met de zomer zijn het gevolg van minder verspreiding (i.e. lage windsnelheid en geringe menghoogte) en meer verbrandingsemissies (i.e. meer ruimteverwarming).

Thermische EC metingen met het NIOSH en EUSAAR2 protocol

In het Landelijk Meetnet wordt EC in de toekomst met automatische instrumenten gemeten. De automatische meting van EC is echter geen referentiemethode. In Europa wordt een referentiemethode ontwikkeld gebaseerd op monsterneming van fijnstof op een filter en vervolgens thermische analyse van EC in het laboratorium (CEN/TC 264, 2010). Er is nog geen overeenstemming over het thermische protocol dat moet worden toegepast. In Europa worden in het algemeen twee protocollen toegepast: het NIOSH (Chow et al., 2001) protocol en het EUSAAR2 protocol (Cavalli and Putaud, 2010), terwijl in de Verenigde Staten nog een derde protocol is ontwikkeld: het IMPROVE protocol (Chow et al., 2001). De afgelopen jaren zijn er verschillende vergelijkende onderzoeken geweest waarbij verschillende laboratoria met verschillende protocollen EC hebben geanalyseerd. Dit heeft niet geleid tot een keuze voor een bepaald protocol. In Nederland wordt door de GGD-Amsterdam het NIOSH protocol toegepast, terwijl TNO het EUSAAR2 protocol gebruikt. De resultaten van een 26-tal monsters van stad en verkeersbelaste locaties geanalyseerd door de GGD en TNO zijn weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3: EC analyses in (µg.cm² beladen filter) door de GGD (NIOSH protocol) en TNO (EUSAAR2 protocol) van fijnstof monsters van stadsachtergrond en verkeersbelaste locaties in Amsterdam.

De resultaten in Figuur 3 in µg EC per cm² beladen filter zijn circa een factor vier groter dan uitgedrukt in µg.m⁻³ EC. Het verband tussen beide protocollen is boven de 10 µg.cm² of ~ 2.5 µg.m³ EC niet meer lineair.

Het wordt aanbevolen vergelijkend onderzoek te doen naar deze non-lineariteit vanwege het belang van EC analyses op verkeersbelaste locaties. Op basis van het vergelijkende onderzoek is de oorzaak van de non-lineariteit niet duidelijk. Op basis van de resultaten in Figuur 1 wordt geconcludeerd dat er een systematisch *verschil* bestaat tussen het NIOSH en EUSAAR2 protocol van circa 20% voor EC bepalingen in het bereik van 0.5 tot 2.5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ EC op stadsachtergrond en verkeersbelaste locaties. Voor grotere concentraties is er geen lineair verband tussen beide protocollen. Helaas onderbouwen de resultaten van het onderzoek *niet* de keuze voor een bepaald protocol:

- *NIOSH protocol*; Vóór het NIOSH protocol pleit dat dit protocol speciaal is ontwikkeld voor stedelijke en verkeersbelaste locaties. Verder heeft de Vlaamse Milieu Maatschappij (het equivalent van het RIVM in Vlaanderen) voorkeur voor NIOSH o.a. omdat houtverbranding (en daarmee wellicht biomassa verbranding) de meting van EC met het EUSAAR2 protocol zou storen. Komend jaar wordt onderzoek in Vlaanderen uitgevoerd voor nadere onderbouwing van het NIOSH protocol. In het EU Interreg project “Joaquin” wordt gebruik gemaakt van het NIOSH protocol;
- *EUSAAR2 protocol*; Het EUSAAR2 is speciaal ontwikkeld voor achtergrond locaties met name voor onderzoek naar de rol van EC in klimaatverandering. Vóór EUSAAR2 pleit dat in lopende Europese projecten ESCAPE en TRANSPHORM het EUSAAR2 protocol wordt gebruikt voor het opstellen van “concentratie-respons-functies” voor EC en gezondheidsklachten. Ook is EUSAAR2 toegepast voor EC analyses in het BOP2 onderzoek in Nederland. Verder is het EUSAAR2 protocol eenduidig omschreven, terwijl er meerdere “*NIOSH-like*” versies bestaan, zodat er nog een eenduidig NIOSH protocol moet worden opgesteld. Tégen EUSAAR2 pleit een mogelijke onderschatting van EC analyses op verkeersbelaste locaties. Met name meer vergelijkend onderzoek tussen beide protocollen op verkeersbelaste locaties is gewenst.

Vanwege het ontbreken van doorslaggevende argumenten voor een bepaald protocol en in afwachting van Vlaams onderzoek *en* Europese besluitvorming (CEN/TC 264 2010) wordt aanbevolen voorlopig (gedeeltelijk) met beide protocollen in Nederland EC te analyseren en te rapporteren. Omdat het niet mogelijk is een van beide protocollen als “juist” te karakteriseren lijkt dit de meest praktische oplossing in afwachting van een Europees besluit. Dit betekent dat bemonsterde filters tweemaal worden geanalyseerd zowel met het NIOSH als het EUSAAR2 protocol. Voor het opstellen van GCN kaarten in de toekomst kunnen (voorlopig) gemiddelde EC waarden van beide protocollen worden toegepast. Verder kunnen automatische meetmethoden in het LML op verschillende locaties (i.e. regionale en stadsachtergrond, en verkeerbelaste locaties) met de gemiddelde EC waarden van beide protocollen worden gekalibreerd.

Referenties

1. Cavalli F. and Putaud J-P (2010). "Towards a standardized thermal-optical protocol for measuring atmospheric organic and elemental carbon; the EUSAAR protocol." *Atmospheric Measurement Techniques* 3 (1), 79-89
2. CEN/TC 264 "Air quality" WG 35 (2010). "Ambient air – Guide for the measurement of EC and OC deposited on filters." Technical report TC 264 WI 00264126
3. Chow J.C., Watson J.G., Crow D., Lowenthal D.H. and Merrifield T. (2001). "Comparison of IMPROVE and NIOSH carbon measurements." *Aerosol Science and Technology* 34: 23-34
4. Hijink B.M. (2002). "Acceptatie van de SX200 Black Smoke monitor". RIVM Rapport No. 723101066
5. ISO 9835 (1993). "Methods for measurements of air pollution – part II: determination of a Black Smoke index in ambient air".
6. Keuken M.P., Zandveld P., van den Elshout S., Janssen N.A.H., Hoek G. (2011). "Air quality and health impact of PM₁₀ and EC in the city of Rotterdam in 1985-2008." In print by *Atmospheric Environment* 45: 5294-5301
7. Petzold A. and Schönlinner M. (2004). "Multi-angle absorption photometry – a new method for the measurement of aerosol absorption and atmospheric black carbon". *Aerosol Science* 35: 421-441
8. Ruellan Stéphane and Cachier Hélène (2001) "Characteristics of fresh particulate vehicle exhausts near a Paris high flow road." *Atmospheric Environment* 35, 453-468
9. Schaap M. and Denier van der Gon H.A.C. (2007) "On the variability of Black Smoke and the carbonaceous aerosols in the Netherlands". *Atmospheric Environment* 41, 5908-5920

E Vergelijking van berekende en gemeten verkeersbijdrage aan EC concentraties

Introductie

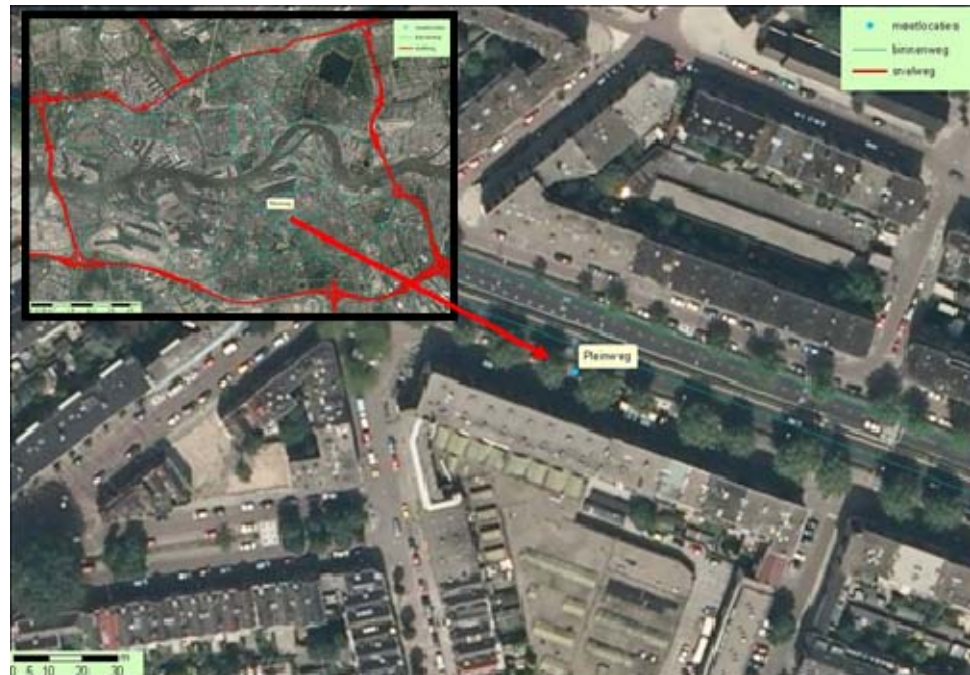
De berekende en gemeten bijdrage van verkeersemissies aan de EC concentratie zijn vergeleken langs twee straten en twee snelwegen. Deze locaties zijn:

- de Pleinweg (Rotterdam)
- de Jan van Galenstraat (Amsterdam)
- de snelweg A2 (nabij Breukelen), ter hoogte van Landelijk Meetnet Locatie (LML) station 641
- de snelweg A10-zuid (Amsterdam)

De metingen in Rotterdam zijn uitgevoerd door DCMR, in Amsterdam door de GGD-Amsterdam en langs de A2 door het RIVM. Voor de berekeningen zijn standaardrekenmethoden toegepast, zoals voorgeschreven in de Ministeriële regeling voor beoordeling van de luchtkwaliteit (RBL) (I&M, 2007). De straat locaties zijn berekend met SRM1 ("CARII") en de snelweg locaties met SRM2 ("Pluim Snelweg"). De invoergegevens voor de berekeningen zijn overgenomen uit de "monitoringstool" met actualisatie 2010 (<http://www.nsl-monitoring.nl/>). De rekenmethoden SRM1 en SRM2 berekenen de bijdrage van verkeersemissies aan de jaargemiddelde EC concentratie. De vergelijking met de gemeten bijdrage is daarom op basis van jaargemiddelde concentraties. De resultaten zijn in de hoofdtekst van het rapport opgenomen.

De ligging van de meetlocaties

De ligging van de meetlocaties langs de Pleinweg (Rotterdam) en Jan van Galenstraat (Amsterdam) zijn weergegeven in Figuur 1 en van de snelweglocaties A2 bij Breukelen en de A10-Zuid bij Amsterdam in Figuur 2.



Figuur 1: De meetlocaties "Pleinweg, Rotterdam" (boven) en "Jan van Galenstraat, Amsterdam" (onder).



Figuur 2: De meetlocaties "A2-Breukelen" (boven) en "A10-zuid" (onder).

Invoergegevens voor de berekening van straat locaties

Voor zowel de locatie Pleinweg als de locatie Jan van Galenstraat zijn de vergelijkingen tussen meting en modellering uitgevoerd voor 2010. In Tabel 1 zijn de invoergegevens voor de berekeningen weergegeven.

Tabel 1: De model invoergegevens voor de binnenstedelijke locaties.

	lv	mz	zv	b	#pb	snelheid	straattype	bomenfactor	rekenafstand	congestie
Jan v Galenstraat	15393	410	176	197	0	e	3b	1.25	7	0.2
Pleinweg, zuidelijke rijbaan	16766	153	142.5	0	0	e	3a	1.25	8	0
Pleinweg, noordelijke rijbaan	19294	153.5	164	0	0	e	3a	1.25	20	0

Toelichting op Tabel 1:

De voertuigintensiteiten zijn gegeven in aantal per etmaal. Er worden vier voertuigklassen onderscheiden:

- “lv” : lichte voertuigen
- “mz” : middelzware voertuigen
- “zv” : zware voertuigen
- “b” : bussen

Het aantal parkeerbewegingen (“pb”) is op beide locaties nul. Op beide locaties is sprake van snelheidsregime “e”: doorstromend stadsverkeer en de bomenfactor is “1.25”. De Jan van Galenstraat is een smalle street-canyon (straattype “3b”) en de Pleinweg is een brede street-canyon (straattype “3a”). In de Jan van Galenstraat is er sprake van 20% congestie (congestiefactor 0.2) en op de Pleinweg is er geen congestie. De afstand tussen het midden van de weg en de meetopstelling is in de Jan van Galenstraat 7 meter. De Pleinweg is gemodelleerd door middel van twee rijbanen: de zuidelijke ligt 8 meter van de meetopstelling en de noordelijke rijbaan 20 meter.

Invoergegevens voor de berekening van snelweg locaties

Voor de locatie A2-Breukelen en de locatie A10-zuid is de vergelijking tussen de gemeten en berekende verkeersbijdrage uitgevoerd voor 2010. In Tabel 2 is een gedeelte⁴ van de gehanteerde invoergegevens getoond.

⁴ De getoonde gegevens betreffen de snelwegsegmenten direct naast de meetlocatie. In de berekeningen zijn de snelwegsegmenten tot op 3 km rondom de meetlocaties meegenomen. De gegevens hiervan worden niet getoond.

Tabel 2: De modelinvoergegevens voor de snelweg locaties.

	Lv	Mz	zw	Snelheid lv	snelheid mv/zv	ruw	wegh	schermh	congestie
A2- Breukelen	131503	6715	7258	100	80	2/3	2	0	<0.05
A10- Zuid	187063	6589	5908	100	80	4	0	0	<0.05

Toelichting op tabel 2:

De voertuigintensiteiten⁵ zijn gegeven in aantal per etmaal. Er zijn drie voertuigklassen onderscheiden:

- “lv” : lichte voertuigen
- “mz” : middelzware voertuigen
- “zv” : zware voertuigen

Op beide locaties is de rijsnelheid 100 km/uur voor lichte voertuigen en 80 km/uur voor zware voertuigen. Volgens de voorgeschreven ruwheidskaart is de ruwheid (“ruw”) op locatie A10 1 m (“klasse 4”). Op locatie A2 is de ruwheid variabel. Rondom de meetlocatie varieert de ruwheid volgens de ruwheidskaart tussen 10 cm (“klasse 2”) en 30 cm (“klasse 3”).

De congestiekans is ter plekke zowel op de A2 als de A10 kleiner dan 5% (“congestie < 0.05”). De weghoogte (“wegh”) op locatie A2 is 2m. Er zijn ter plekke geen geluidsschermen (“schermh 0”). Volgens de monitoringstool zijn de weghoogte 8 m en de geluidsschermhoogte 1 m op locatie A10-zuid. Echter, de meetlocatie is op gelijke hoogte met het wegdek en de inlaat van de meetinstrumenten zijn net boven het geluidsscherm. Daarom zijn de weghoogte en schermhoogte in de berekeningen op deze locatie teruggebracht tot 0 m.

⁵ De verkeersintensiteit in 2010 is bepaald door 2009 en 2011 te middelen.

Referenties

1. I&M, (2007) 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)
2. Keuken M.P., Jedynska A.D., Henzing J.S. and de Jonge D. (2011), The MAAP as a monitoring instrument for combustion aerosol near road traffic: an explorative study. BOPII-report: TNO-060-UT-2011-01333, TNO, Utrecht, the Netherlands
http://www.rivm.nl/Onderwerpen/Onderwerpen/F/Fijn_stof/BOP_II_het_vervolg_op_het_Nederlands_onderzoeksprogramma_fijn_stof