Onderzoek

BIJDRAGE BINNENSCHEEPVAART EN DIESELTREINEN AAN ROET EN ULTRAFIJNSTOF

Februari 2013

Veiligheids- en Gezondheidsregio
Gelderland-Midden
GGD

www.vggm.nl

BIJDRAGE BINNENSCHEEPVAART EN DIESELTREINEN AAN ROET EN ULTRAFIJNSTOF

Moniek Zuurbier[1]
Lex Groenewold[2]
Bernard Groot[1]
Manon Vaal[1]

[1] GGD Gelderland-Midden, Postbus 5364, 6802 EJ Arnhem
[2] GGD Noord- en Oost-Gelderland, Postbus 51, 7300 AB Apeldoorn

Academische Werkplaats
MILIEU EN GEZONDHEID

Dit project wordt mogelijk gemaakt door

ZonMw

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Veiligheids- en Gezondheidsregio Gelderland-Midden (VGGM) en is onderdeel van de Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid.
Het is financieel mogelijk gemaakt door ZonMW, de provincies Utrecht en Gelderland, de gemeenten Arnhem, Nieuwegein en Nijmegen, VGGM (GGD Gelderland-Midden) en GGD Noord- en Oost-Gelderland, GGD Midden-Nederland, GGD Utrecht, en GGD Regio Nijmegen.

Veiligheids- en Gezondheidsregio Gelderland-Midden

VOORWOORD

Aanleiding voor het project ‘Bijdrage binnenscheepvaart en dieseltreinen aan roet en ultrafijn stof’ was de beperkte kennis over de immissies van de binnenscheepvaart en dieseltreinen met betrekking tot roet en ultrafijn stof. Daarnaast was er de mogelijkheid om deze indicatoren met mobiele apparaten te meten.
Roet en ultrafijn stof zijn belangrijke indicatoren voor de gezondheid. Dit speelt met name bij de beoordeling van lokale effecten. Van gemotoriseerd wegverkeer is inmiddels bekend dat dat deze bronnen lokaal een belangrijke bijdrage aan ultrafijn stof en roet leveren, maar van de andere bronnen, zoals treinen en schepen, is veel minder bekend.
De resultaten van dit project zijn gepresenteerd op het symposium ‘Bijdrage lokale bronnen aan roet en ultrafijn stof’ op 29 oktober 2012[1].

Aan dit project hebben veel mensen met groot enthousiasme deelgenomen. Wij willen de uitvoerders Francée Aarts, Anoek Besselink, Vivian Benz, Steven van der Lelie, Simone Lops, Wim Ovaa en Chris Zwerver hartelijk bedanken voor hun inzet en toewijding.
De begeleiders hebben ons geholpen bij de opzet van dit project, de data-analyse en de rapportage. Daarvoor willen wij Gerard Hoek, Nicole Janssen en last but not least Saskia van der Zee hartelijk voor bedanken.
Als laatste willen we Ype Schat en onze financiers hartelijk bedanken, want zonder hen zou dit onderzoek niet mogelijk zijn geweest.

Met dit project hebben wij weer een puzzelstukje aangelegd bij het in kaart brengen van de immissies van ultrafijn stof en roet. Ons uiteindelijk doel is om ervoor zorgen dat iedereen zoveel mogelijk beschermd wordt tegen de schadelijke gezondheidseffecten van ultrafijne stofdeeltjes en roet. Daarvoor blijft het belangrijk dat wij blijven werken aan het reduceren van de uitstoot van deze stoffen

Arnhem, februari 2013

Moniek Zuurbier
Lex Groenewold
Bernard Groot
Manon Vaal

[1] Zie www.academischewerkplaatsmmk.nl

SAMENVATTING

Vrachtschepen en dieseltreinen leveren een meetbare bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes (deeltjes ≤ 0,1 µmeter) en roetconcentraties in de directe woonomgeving. Dat blijkt uit het oriënterend onderzoek van de Gelderse en Utrechtse GGD'en.

Dit onderzoek komt voort uit de vraag van de GGD'en of naast wegverkeer ook binnenvaartschepen en dieseltreinen een bron van betekenis kunnen zijn voor de blootstelling aan ultrafijne stofdeeltjes en roet. Roet en ultrafijn stof zijn belangrijk omdat zij luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten kunnen veroorzaken. Het zijn luchtverontreinigende stoffen die vrijkomen bij verbrandingsprocessen. Het onderzoek maakt deel uit van de Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid. De Academische Werkplaats is een samenwerkingsverband tussen GGD'en en universiteiten. Het doel van de Academische Werkplaats is om gemeenten te adviseren op het terrein van Milieu en Gezondheid met behulp van onderzoek. Hier hebben de GGD'en samen met de Universiteit Utrecht, het RIVM en de GGD Amsterdam metingen gedaan naar de lokale bijdrage van treinen en schepen aan de gehaltes roet en ultrafijn stof.

De bijdrage van de schepen is langs de Waal bij Nijmegen en het Amsterdam Rijnkanaal bij Nieuwegein gemeten en de bijdrage van de treinen is langs het spoor in Arnhem en Eefde gemeten. De metingen naar ultrafijne stofdeeltjes zijn uitgevoerd met draagbare CPC-meters en de metingen naar roetconcentraties zijn uitgevoerd met draagbare Aethalometers.
De resultaten laten zien dat binnenvaartschepen en dieseltreinen een bijdrage van ongeveer 5% leveren aan ultrafijne stofdeeltjes in de directe omgeving. Optrekkende dieseltreinen leveren een grotere bijdrage dan afremmende dieseltreinen. Voor elektrische treinen en kleine schepen is geen meetbare bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties gevonden.
De precieze lokale bijdrage van dieseltreinen en binnenvaartschepen is per situatie verschillend. Die hangt niet alleen af van het aantal en type schepen en treinen, maar ook van de weersomstandigheden. Om een precieze schatting van deze bijdrage te maken is meer onderzoek nodig.
Beperking van de uitstoot van binnenvaartschepen en dieseltreinen zal leiden tot een kleinere lokale bijdrage. Hiertoe zijn al initiatieven genomen, maar de reducties zijn minder dan die van het wegverkeer.

Voor het lokale beleid wordt geadviseerd om die locaties in beeld te brengen waar een sterke bijdrage van binnenvaartschepen of dieseltreinen aan de lokale luchtkwaliteit wordt verwacht. Voor die situaties wordt aanbevolen om vervolgonderzoek uit te voeren. Voor binnenvaartschepen kan gedacht worden aan situaties waar woonlocaties dicht langs drukke vaarroutes liggen of steigers zonder walstroom, die dichtbij woonlocaties liggen en intensief worden gebruikt. Voor dieseltreinen kan gedacht worden aan rangeerstations die dicht tegen de bebouwing aan liggen.
Hoewel het onderzoek niet gericht is op brommers, werd voor brommers ook een behoorlijke bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes gemeten. Voor brommers wordt geadviseerd om beleid te ontwikkelen dat erop gericht is om de uitstoot van brommers te reduceren. Een voorbeeld is het stimuleren van elektrische brommers, die ook geluidsarm zijn.
Tenslotte wordt geadviseerd om toe te werken naar een rekenmodel waar de bijdrage van ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties door schepen (en dieseltreinen) kan worden gekwantificeerd.

INHOUD

Samenvatting ***4***

Inhoud ***5***

1 Inleiding ***6***

2 Materiaal en methode ***8***

2.1 Studieopzet *8*

2.2 Meetprocedure *8*

2.3 Meetmethoden *10*

2.4 Correctie voor de meetwaarden van de CPC-meter (ultrafijn stof) *11*

2.5 Correcties voor de meetwaarden van de Aethalometer (roetdeeltjes) *11*

2.6 Gegevens over het weer *12*

2.7 Data-analyse *12*

3 Resultaten ***14***

3.1 Tellingen tijdens meetdagen en meetcondities *14*

3.2 Concentraties ultrafijnstof en roet *14*

3.3 Bijdrage van schepen en treinen aan ultrafijnstof en roet *18*

4 Discussie ***21***

5 Conclusies en aanbevelingen ***24***

Referenties ***25***

Bijlagen ***27***

Bijlage 1 Overzicht en beschrijvingen meetlocaties *27*

Bijlage 2 Veldformulieren schepen en treinen *44*

Bijlage 3 Overzicht van de meteorologische omstandigheden tijdens alle meetdagen *49*

Bijlage 4 Gemiddelde, mediaan, minimum en maximum van de ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties van alle meetlocaties *51*

Bijlage 5 Overzicht van alle dagelijkse metingen van ultrafijnstof (UFP) en roet voor de belaste en de achtergrondlocatie. *54*

1 INLEIDING

Aanleiding
Tot nu toe is er weinig bekend over het effect van de uitstoot van binnenvaartschepen en dieseltreinen op de lokale luchtkwaliteit. De lokale luchtkwaliteit kan sterk worden beïnvloed door gemotoriseerd verkeer (Boogaard, 2012; Hoek et al., 2010; Janssen et al., 2011; Zuurbier, 2011; Strak et al., 2011), maar van de overig bronnen is veel minder bekend. Het is mogelijk dat binnenvaartschepen en dieseltreinen lokaal een belangrijk onderdeel uitmaken van deze overige bronnen. Omdat het huidig beleid sterk gericht is op het beperken van de uitstoot van het gemotoriseerd wegverkeer ligt het in de verwachting dat de relatieve bijdrage van de overige bronnen zal stijgen. Daarnaast wordt aanvullend beleid om lokale bronnen van luchtverontreiniging aan te pakken steeds belangrijker.
Als binnenvaartschepen en dieseltreinen inderdaad een belangrijk onderdeel van de overige bronnen uitmaken, is het te verwachten dat die uitstoot steeds belangrijker wordt voor het lokale beleid. Dat was de reden voor de Gelderse en Utrechtse GGD'en om een oriënterend onderzoek te starten naar de beïnvloeding van de lokale luchtkwaliteit door schepen en dieseltreinen.

Lokaal beleid van luchtverontreiniging
Het kabinet vraagt in de Landelijke Nota Gezondheidsbeleid aandacht voor 'Gezondheidsrisico's in de leefomgeving' (Ministerie VWS, 2011). Deze nota verwijst naar de 'Nationale Aanpak Milieu en Gezondheid' (Ministerie IenM, 2008). De Nationale Aanpak Milieu en Gezondheid 2008-2012 onderstreept het belang van luchtverontreiniging en 'gezond ontwerp en inrichting van de fysieke leefomgeving'. De Rijksoverheid voert beleid om emissies te verminderen. Gemeenten en provincies kunnen daarnaast aanvullend beleid ontwikkelen. In dat beleid kunnen zij maatregelen nemen die erop gericht zijn om de uitstoot van lokale bronnen te beperken. Samen met de decentralisatie van de ruimtelijke ordening geeft dat de gemeenten en provincies belangrijke instrumenten om lokaal maatwerk te leveren.
De Landelijke Nota Gezondheidsbeleid geeft de GGD'en een belangrijke rol om de gezondheid van burgers te beschermen bij lokale invloeden zoals luchtverontreiniging en geluidsoverlast. In deze rol adviseert de GGD de gemeenten. Om deze rol goed te kunnen uitvoeren heeft de GGD kennis nodig. Als deze kennis onvoldoende aanwezig is dan kan de GGD besluiten om een aanvullend onderzoek te doen naar deze kennis. Voor dit soort onderzoek hebben de GGD'en een samenwerkingsverband gezocht met universiteiten. Dat is de Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid. Dit onderzoek maakt daar onderdeel van uit.

Ultrafijn stof en roet betere indicator voor lokale luchtverontreiniging dan PM10
Buitenluchtverontreiniging wordt op basis van Europese regelgeving beoordeeld op basis van normen voor fijn stof (PM_{10} en over enkele jaren ook $PM_{2,5}$) en stikstofdioxide (NO_2). Fijn stof wordt daarbij gekarakteriseerd via de massa van deeltjes, zonder onderscheid te maken naar de samenstelling. Voor beoordeling van gezondheidseffecten op landelijke schaal is PM_{10} geschikt, maar voor de beoordeling van het effect van lokale bronnen (bijvoorbeeld wegverkeer) is PM_{10} ongeschikt. Gezondheidskundig gezien zijn dan ultrafijne stofdeeltjes (deeltjes tot 100 nanometer) en roet belangrijker. Vanuit zowel GGD'en als de wetenschap wordt al jaren het gezondheidskundige belang van ultrafijn stof en roet benadrukt. Inmiddels schaart de WHO zich achter deze gedachte. In het rapport Health Effects of Carbon stelt de WHO dat roet een zinvolle additionele indicator is om de gezondheidseffectiviteit van luchtbeleid te meten (Janssen et al., 2012).

Lokale bronnen van ultrafijn stof en roet
In de lokale milieubeleidsplannen wordt relatief weinig aandacht besteed aan PM_{10}, $PM_{2,5}$ en NOx. Maar er wordt nog nauwelijks aandacht besteed aan het verlagen van de blootstelling van de

bevolking aan roet en ultrafijn stof. Er is inmiddels veel onderzoek dat laat zien dat lokale bronnen de concentraties van roet en ultrafijne stofdeeltjes veel meer verhogen dan PM_{10} en $PM_{2,5}$. Het is al aangetoond dat het gemotoriseerde wegverkeer (auto's, brommers) lokaal bijdraagt aan een sterke toename van roet en concentraties ultrafijnstof (Boogaard, 2012; Hoek et al., 2010; Janssen et al., 2011; Zuurbier. 2011; Strak et al., 2011). Niet alle toename kan door het wegverkeer worden verklaard. Het is duidelijk dat ook andere bronnen lokaal een bijdrage leveren. Hierbij kan gedacht worden aan binnenscheepvaart en dieseltreinen.
De uitstoot van binnenvaartschepen en dieseltreinen is niet verwaarloosbaar. Zo blijkt uit de Studie naar TRansport Emissies van Alle Modaliteiten (STREAM) studie dat de uitstoot van PM_{10} per ton kilometer voor de binnenscheepvaart ongeveer 35 mg is en voor dieseltreinen ongeveer 10 mg. Dit in vergelijking met een uitstoot van 17,5 mg per ton-kilometer voor vrachtauto's (Boer et al., 2008).

Onderzoek naar schepen en treinen
Tot nu toe is er weinig onderzoek gedaan naar de bijdrage van binnenvaartschepen en dieseltreinen aan roet en ultrafijn stof. In Amsterdam zijn door van der Zee (van der Zee et al., 2012a) metingen uitgevoerd naar de bijdrage van plezierschepen, rondvaartboten en binnenvaartschepen aan NO_2 concentraties en ultrafijn stof. Uit dat onderzoek bleek dat binnenvaartschepen voor NO_2 een extra bijdrage van wel 75% kunnen leveren aan de gevel van de woningen. Voor ultrafijne stofdeeltjes is deze bijdrage 20%. Bloemen heeft in 2006 een onderzoek uitgevoerd naar de bijdrage van NO_2 en PM_{10} door de binnenscheepvaart in Nijmegen. Daar was de bijdrage aan NO_2 vergelijkbaar met de bijdrage van een drukke snelweg (Bloemen et al., 2006). Voor PM_{10} werd geen significante bijdrage gemeten. Keuken heeft in 2005 onderzoek uitgevoerd naar de bijdrage van scheepvaart langs de oevers van de Nieuwe Waterweg en de Oude Maas. De bijdrage van NO_2 was vergelijkbaar met de bijdrage van een snelweg. Voor PM_{10} kon geen significante bijdrage worden gemeten. Voor zwarte rook konden geen conclusies worden getrokken (Keuken et al., 2005). In Arnhem zijn recent metingen uitgevoerd naar PM_{10} en NO_2 van railverkeer. Daar zijn beperkte verhogingen van de niveaus gemeten (Buro Blauw, 2011).

Afbakening en doelstelling van het onderzoek
In dit inventariserend onderzoek wordt gekeken naar de bijdrage van dieseltreinen en binnenvaartschepen aan ultrafijne stofdeeltjes (Ultrafine particles: UFP, deeltjes $\leq$ 0,1 µmeter) en roetdeeltjes (black carbon: BC). Deze concentraties worden in de directe omgeving op leefniveau gemeten. Er is geen onderzoek naar de bronsterkte of een gradiënt gedaan. Verder is het onderzoek beperkt tot bepaalde weersomstandigheden.
Het doel van dit onderzoek is om te inventariseren of en in welke mate de uitstoot van binnenvaartschepen en dieseltreinen bijdraagt aan de gemeten concentraties van ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties. Daarmee krijgen gemeenten inzicht in de vraag in hoeverre zij rekening moeten houden met deze bronnen om de lokale luchtkwaliteit te verbeteren.

2 MATERIAAL EN METHODE

2.1 Studieopzet

Voor het meten van de immissieconcentraties zijn locaties geselecteerd die aan een aantal kenmerken voldeden. De locaties moesten op vijf tot tien meter langs drukke vaarwegen liggen en op vijftien tot twintig meter langs sporen waarover dieseltreinen rijden. Zij moesten aan beide kanten bereikbaar zijn om benedenwinds te kunnen meten. Als laatste moesten zij zoveel mogelijk autoluw zijn om de verstoring door wegverkeer zoveel mogelijk te minimaliseren. Dit gold ook voor de referentiepunten die benedenwinds op zo'n honderd vijftig tot vierhonderd meter vanaf de belaste locatie werden gekozen.
Voor de binnenvaart zijn twee locaties geselecteerd: het Amsterdam Rijnkanaal bij Nieuwegein en de Waal bij Nijmegen. Dit zijn drukke vaarwegen.
Voor het treinverkeer zijn drie locaties geselecteerd: de verbinding tussen Arnhem en Zutphen/Duitsland bij Arnhem, de verbinding tussen Zutphen en Lochem bij Eefde en de verbinding tussen Amersfoort en Zwolle bij Ermelo. Bij de eerste locatie passeren dieselgoederen- en dieselpassagierstreinen, bij de tweede locatie passeren alleen dieselpassagierstreinen in de frequentie van vier treinen per uur en bij de derde locatie passeren incidenteel dieseltreinen.
Figuur 1 toont een afbeelding van de meetlocatie aan de Heemsteedseweg aan de oostzijde van het Amsterdam-Rijnkanaal. Figuur 2 toont een afbeelding van de meetlocatie aan de Graswinckelstraat aan de zuidzijde van het spoor. Tabel 1 en 2 vatten de kenmerken samen van de meetlocaties van respectievelijk de binnenvaartschepen en de treinen. Een uitgebreide beschrijving van de meetlocaties staat in Bijlage 1.

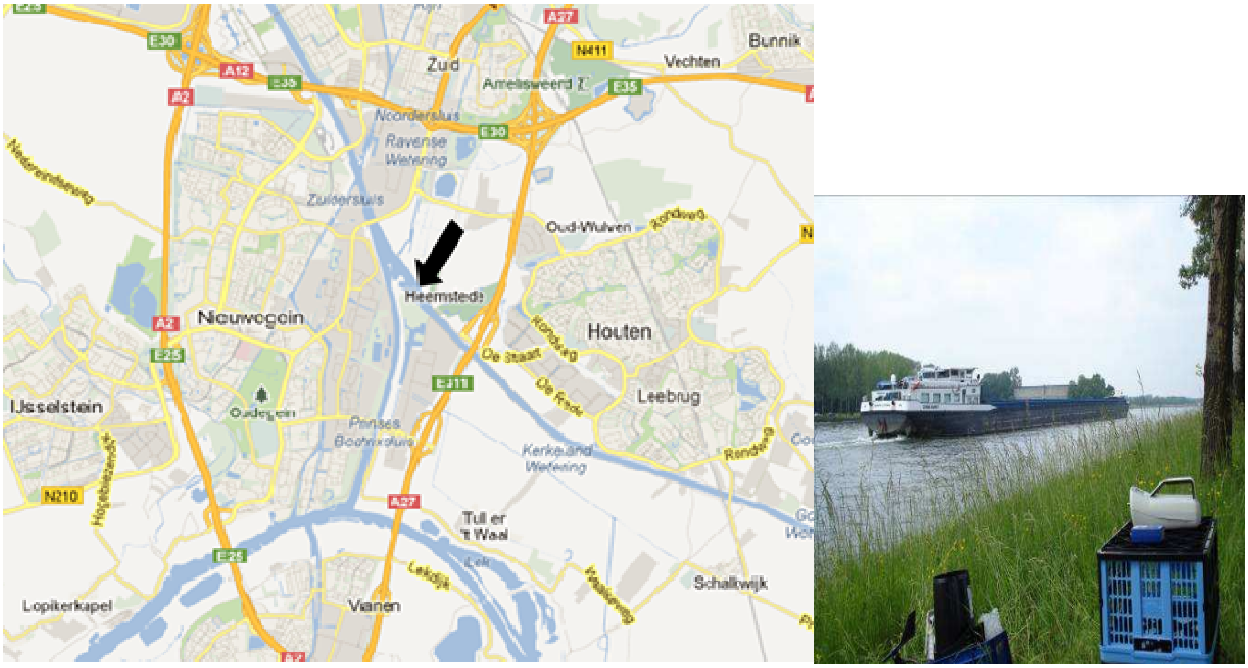
De metingen zijn tussen 29 mei en 6 juli 2012 uitgevoerd. Er is zoveel mogelijk op twee achtereenvolgende dagen op één locatie gemeten. Dit kon niet altijd worden gerealiseerd omdat er bij regen niet kon worden gemeten. Elke meetdag is op twee plekken gemeten: de belaste en de achtergrond locatie. Alle metingen vonden buiten het spitsuur tussen 10.00 uur en 16.00 uur plaats.

2.2 Meetprocedure

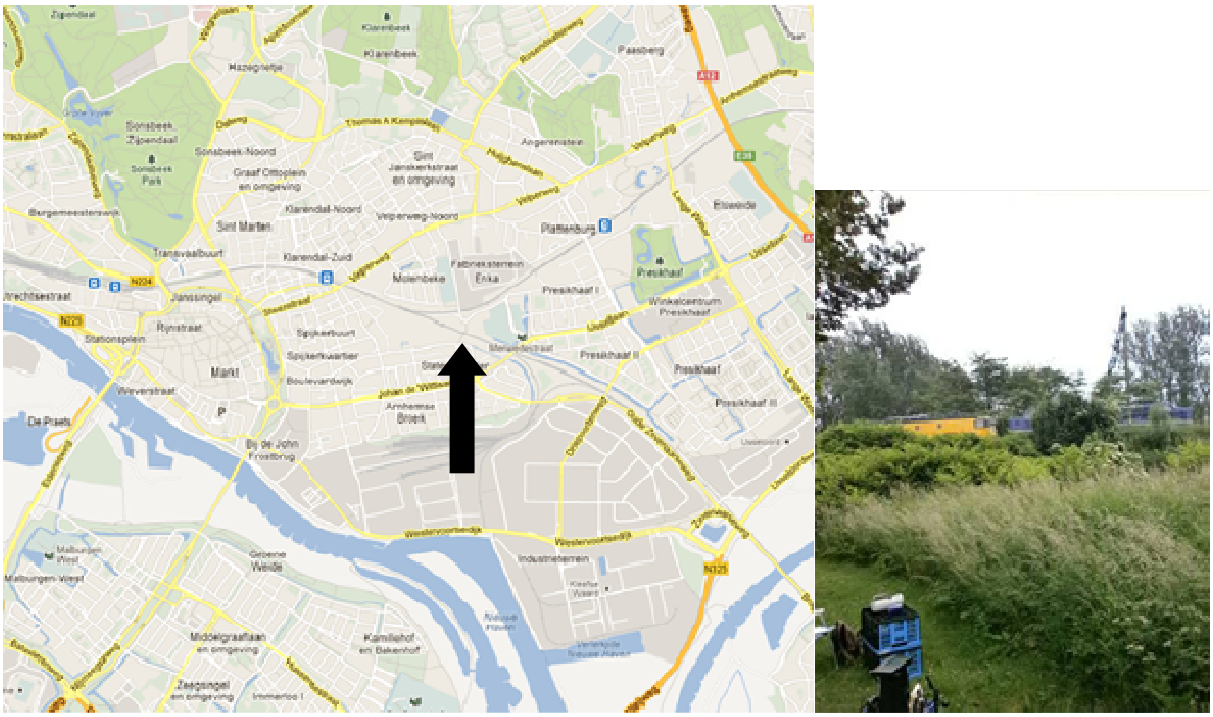
De meters werden voor vertrek geijkt, en gesynchroniseerd op datum en atoomtijd. Bij aankomst bepaalde de veldwerker met een windvaan waar de benedenwindse locatie lag om de metingen uit te voeren. Hij (zij) checkte met een hepafilter of de CPC-meters lekvrij waren aangesloten. Daarna startte hij met parallelmetingen van zowel de CPC-meter als de Aethalometer. Daarvoor stelde hij de apparaten gedurende vijftien minuten naast elkaar op. Vanaf 13 juni hebben de veldwerkers deze parallelmetingen ook na afloop van de metingen herhaald. De belangrijkste reden om deze parallelmetingen te herhalen was dat een CPC-meter vanaf 8 juni minder nauwkeurig mat. Tot 8 juni werden zowel de CPC-meters als de Aethalometers at random over de belaste en de onbelast locatie verdeeld. Na deze datum is de minder goed functionerende CPC-meter alleen nog maar voor het meten van de achtergrondconcentraties ingezet (zie verder: correctie voor de meetwaarde van de CPC).
De veldwerker bracht na de parallelmeting de ene meetset naar de achtergrondlocatie en de andere meetset naar de belaste locatie. De meetsets werden op een hoogte van ongeveer een meter geplaatst. De veldwerker bleef gedurende de meetperiode op de belaste locatie. Daar noteerde hij kenmerken van de meetlocatie, weersomstandigheden, meettijden en eventuele bijzonderheden. Op een ander formulier noteerde de veldwerker het tijdstip van passeren en belangrijke kenmerken van vaartuigen, treinen en eventueel overige voertuigen, zoals brommers, auto's en tractors. Bij de metingen van de treinen in Arnhem zijn alleen op 28 juni gegevens verzameld over het passerende overige verkeer. Voor de andere vier meetdagen ontbreken deze gegevens. Vaartuigen werden ingedeeld in vracht- passagiers en overige schepen. Ook registreerde de veldwerker de vaarrichting. De treinen werden ingedeeld in goederen- en passagierstreinen, en in diesel- en elektrische treinen.

Daar registreerde hij eveneens de rijrichting. Het tijdstip van passeren werd bepaald op het moment dat de voorkant van de boot of trein de meetopstelling passeerde. Het tijdstip werd met de klokken van de meetapparatuur gemeten. De veldwerker rondde deze tijd af op tien seconden (zie Bijlage 2).

Figuur 1 Meetlocatie aan de Heemsteedseweg aan de oostzijde van het Amsterdam Rijnkanaal.



Figuur 2 Meetlocatie Graswinckelstraat aan de zuidzijde van het spoor in Arnhem.



Tabel 1 Kenmerken van de meetlocaties van de binnenscheepvaart.

Loc	Omschrijving	Belast/ Achter grond	Breedte Vaarweg	Afstand Waterrand	Be-bouwing	Opmerkingen
1	Heemsteedseweg Nieuwegein	B	220 meter	5 meter	50 meter	Oostzijde A-R kanaal 1 woning
2	Heemsteedseweg Nieuwegein	A	220 meter	350 meter	30 meter	Oostzijde A-R kanaal. Weerszijde 1 woning 30 m
3	Vlietberg strand Ooij	B	380 meter	3-10 meter	nvt	Zuidzijde Waal
4	Vlietberg 6 Nijmegen	A	380 meter	380 meter	5 meter	Zuidzijde Waal Tuin, woning
5	Bemmelsedijk Ooij	B	380 meter	4-6 meter	100 meter	Noordzijde Waal Restaurant
6	Doornink Bemmel	A	380 meter	450 meter	100 meter	Noordzijde Waal

Tabel 2 Kenmerken van de meetlocaties van het treinverkeer

Loc	Omschrijving	Belast/ Achter grond	Breedte Vaarweg	Afstand Waterrand	Be-bouwing	Opmerkingen
1	Graswinckelstraat Arnhem	B	15 meter	4-5 meter	Ca 60 meter	Zuidzijde berm
2	Vosdijk/Merwedestraat Arnhem	B	20 meter	4-5 meter	Ca 75 meter	Noordzijde fietspad
3	Megenstraat 15 Arnhem	A	150 meter	4-5 meter	1 meter	Woonwijk
4	Hoornestraat 26 Arnhem	A	150 meter	4-5 meter	5 meter	Dak fietsenschuur Woonwijk
5	Emmastraat 64 Arnhem	A	200 meter	4-5 meter	1 meter	Woonwijk NW/ZO
6	Hulzerdijk Eefde	B	15 meter	4- 5 meter	Nvt	
7	Wagenvoortsdijk Eefde	B	20 meter	1,5 meter	Nvt	Zuidzijde
8	Elzerdijk 52 Eefde	A	400 meter	0,5 meter	25 meter	Tuin Noordzijde
9	Watervalweg Ermelo	B	10 meter	0,5 meter	30 meter	1 woning Noord en zuidzijde

2.3 Meetmethoden

Ultrafijne stofdeeltjes zijn gemeten met draagbare Condensation Particle Counters (CPC model 3007, TSI). De CPC gebruikt 1-propanol als condensatievloeistof en telt deeltjes met een diameter vanaf 0,01 µm tot meer dan 1 µm. De maat voor de ultrafijne stofdeeltjes (UFP) is het aantal deeltjes per

kubieke centimeter. De meetwaarden worden per seconde geregistreerd en opgeslagen in het interne geheugen. De CPC werkt op batterijen en kan tot ongeveer 6 uur betrouwbare meetwaarden produceren.
Roetdeeltjes zijn gemeten met een draagbare Aethalometer (micro Aeth , model AE51, Magee Scientific). De Aethalometer meet de lichtabsorptie van de opgevangen aerosoldeeltjes op een filter bij een golflengte van 880 nanometer. De verandering van de absorptie is een maat voor het roet (Black Carbon). De maat is nanogram per kubieke meter (ng/m^3). De meetwaarden worden per seconde geregistreerd en opgeslagen in het interne geheugen. Om te voorkomen dat het filter verzadigd raakt moet het in ieder geval na een belasting van 24 uur worden vervangen.

2.4 Correctie voor de meetwaarden van de CPC-meter (ultrafijn stof)

De CPC-meter meet nauwkeurig tot 200.000 deeltjes/cm^3 (Hameri et al., 2002). Boven deze waarde dienen de uitkomsten te worden gecorrigeerd. In deze studie was dat niet nodig, omdat deze waarden slechts gedurende 33 seconden van de totale meettijd van 70 uur werden gemeten.
Daarnaast bleek dat één CPC-meter vanaf 8 juni te lage waarden[1] gaf. Voor deze meter is aan de hand van de parallelmetingen gecorrigeerd, waarbij de andere CPC-meter als gouden standaard diende. De slechte CPC-meter is op 8 juni op de belaste locatie gebruikt. Na deze meting is deze meter alleen voor het meten van de achtergrondconcentraties gebruikt. Vóór 8 juni varieerden de correctieratio's tussen 0,97 en 1,03. Op 8 juni werd deze ratio 1,47. Na 8 juni varieerden de correctieratio's tussen 1,00 en 2,00.
Om de gegevens van deze studie te kunnen vergelijken met de resultaten van de studie uit Amsterdam (van der Zee, 2012a) is het moving average voor elke 10 seconden waarde berekend.

2.5 Correcties voor de meetwaarden van de Aethalometer (roetdeeltjes)

Een probleem van de Aethalometer is dat deze bij lage concentraties en een hoge tijdresolutie (1 meting per seconde) negatieve meetwaarden kan registeren. In theorie zou het filter steeds donkerder moeten worden. Er zou dan altijd een positief verschil moeten zijn tussen de waarde van (t +1) seconden en de waarde op tijdstip t0 seconden. In de praktijk kunnen er echter situaties voorkomen waarin de sensitiviteit van het apparaat onvoldoende is om het verschil tussen die twee opeenvolgende meetwaarden te detecteren. Het apparaat kan dan een negatieve waarde geven, als de eerste meetwaarde (t0) net iets hoger is dan de tweede meetwaarde (t1). Als gevolg van de negatieve waarde geeft het apparaat in de daaropvolgende meting een te hoge waarde, omdat deze wordt gerelateerd aan de negatieve waarde. De daaropvolgende meting geeft dan weer een negatieve waarde. Op deze manier ontstaan positieve en negatieve piekjes. Bij een meting waar gedurende lange tijd lage concentraties worden gemeten met een hoge tijdsresolutie kan het aantal negatieve waarden oplopen tot zo'n 30%. Voor deze fluctuatie moet worden gecorrigeerd door de positieve en de negatieve waarden uit te middelen. Het probleem van deze techniek is dat daarmee ook de reële pieken, die worden veroorzaakt door een bron, worden weggemiddeld. Om aan beide aspecten tegemoet te komen heeft de US-Environmetal Protection Agency een methode ontwikkeld om enerzijds de ruis te corrigeren en anderzijds de piekwaarden zoveel mogelijk in stand te houden (Hagler et al., 2011). Kort gezegd komt deze correctie erop neer dat de tijdresolutie (de middelingtijd) wordt bepaald door het moment dat een van te voren vastgestelde toename van de gemiddelde roetconcentratie wordt bereikt met de meetwaarden tussen het tijdstip t0 en t1. Een voorbeeld: stel de waarde van de tijdsresolutie wordt bepaald op een verhoging van de gemiddelde roetconcentratie met 50 nanogram per kubieke meter (ng/m^3). Als de meting begint is er geen bron en ontstaat er ruis met negatieve en positieve waarden. De negatieve waarden middelen uit tegenover de positieve waarden. Ondertussen loopt de waarde van de gemiddelde roetconcentratie heel langzaam op, omdat er steeds aerosol deeltjes op het roetfilter neerslaan. Na een bepaalde periode komt er een schip langs dat een

[1] De oorzaak is waarschijnlijk een te lage flow.

piekbijdrage levert van 150 ng/m^3. Het eerste deel van de bijdrage van het schip maakt onderdeel uit van de (lange) tijdsperiode van de achtergrondconcentratie, totdat de toename van de gemiddelde roetconcentratie de van tevoren vastgestelde drempel van 50 ng/m^3 bereikt. De twee daaropvolgende verhogingen van elk 50 ng/m^3 zijn precies gelijk aan de (korte) perioden dat het schip een extra bijdrage van 50 ng/m^3 levert. Vervolgens vult het laatste deel van de 150 ng/m^3 (van het schip) het eerste deel van de nieuwe achtergrondconcentratie. Op deze manier is de piekbelasting van het schip terug te vinden in de twee korte perioden, waarin het schip een bijdrage levert van twee keer 50 ng/m^3. In de daaraan voorafgaande periode is de ruis zoveel mogelijk uitgemiddeld door een veel langere blootstellingstijd aangevuld met het eerste deel van de bijdrage van het schip. De duur van de laatste periode, waarin het schip een bijdrage van minder dan 50 ng/m^3 levert, hangt sterk af van de vraag of er al dan niet een nieuwe bron met een hoge piekbelasting voorbij komt. Op deze manier wordt de ruis zoveel mogelijk uitgemiddeld en worden de piekbelastingen zoveel mogelijk in stand gehouden.

2.6 Gegevens over het weer

De veldwerkers registreerden aan het begin van de meting de windrichting, die met een windvaan werd bepaald. Vervolgens registreerden de veldwerkers specifieke kenmerken, zoals het draaien van de wind, het parallel draaien van de wind en neerslag.
Daarnaast zijn voor alle meetdagen de meteorologische gegevens van het datacentrum van het KNMI de Bilt verzameld (KNMI, 2012). De uurgemiddelde data van de dichtstbijzijnde weerstations zijn gebruikt. Dit zijn het weerstation van De Bilt (Nieuwegein), Volkel (Nijmegen), Deelen (Arnhem) en Hupsel (Eefde). Daar zijn gegevens verzameld over temperatuur, windrichting, windsnelheid en neerslag. Deze gegevens zijn vergeleken met de gegevens van de veldwerkers.

2.7 Data-analyse

De data zijn geanalyseerd met IBM SPSS Statistics versie 19 voor Windows en SAS versie 9.3 voor Windows. De data zijn gecheckt op onverwachte uitbijters en registratiefouten. Daarna zijn de analyses gestart met beschrijvende technieken, zoals het berekenen van gemiddelden en het maken van grafieken. De data van Ermelo zijn niet verder geanalyseerd, omdat er nauwelijks dieseltreinen passeerden tijdens de meetdagen. Na deze analyses is onderzocht of de bijdrage van schepen en dieseltreinen aan de achtergrondconcentraties van fijn stof en roet kon worden berekend. Voor deze analyse is de methode van de Amsterdamse studie van van der Zee gebruikt (van der Zee et al., 2012a). Van der Zee heeft responstijden voor schepen en verkeer berekend. Een responstijd is de tijd die nodig is voor een rookpluim om vanaf het schip of ander vervoermiddel, zoals een brommer, helemaal over de meetapparatuur te trekken. Voor schepen kwam van der Zee op een responstijd van 120 seconden en voor verkeer was de responstijd 60 seconden. Deze responstijden zijn voor de analyse gebruikt. Vervolgens heeft van der Zee een vergelijking gemaakt tussen de belaste perioden en de onbelaste perioden. Belaste perioden waren perioden waarin op het moment zelf of in de voorgaande responstijd een schip of brommer passeerde. Onbelaste perioden waren perioden waarin geen schepen en/of verkeer voorbijkwamen op het moment zelf of in de voorgaande responstijd. Deze waarden beschouwde zij als achtergrondwaarden. Daarna heeft zij per locatie de invloed van de passerende boten, gecombineerd met verkeer in één regressiemodel berekend. De uitkomsten zijn regressiecoëfficiënten. Deze zijn een maat voor de concentratiebijdrage van het type boot of verkeersvoertuig.
In de huidige studie is de methode van van der Zee gebruikt (van der Zee et al., 2012a). Er zijn variabelen voor de responstijden van schepen, treinen, brommers en overig verkeer gecreëerd. De responstijd voor schepen en treinen was 120 seconden en de responstijd voor verkeer was 60 seconden. Vervolgens is per dag en per plaats met een multiple regressie berekend wat de

concentratiebijdrage van het schip, de trein, de brommer en het overig verkeer is. Deze berekeningen lieten zien dat er onvoldoende statistische power was om significante bijdragen aan te tonen. Vervolgens zijn de berekeningen opnieuw uitgevoerd met het ´mixed model´. In dit model is meetdag als cluster gebruikt (random intercept). Daarmee kunnen de bijdragen van alle dagen bij elkaar worden gevoegd, terwijl wordt gecorrigeerd voor de verschillen in achtergrondconcentratie. Het voordeel daarvan is dat dit model een hogere statistische power bereikt dan de afzonderlijke regressieberekeningen.
Bij deze berekeningen is een vergelijking gemaakt tussen de logaritmisch getransformeerde waarden van het aantal ultrafijne stofdeeltjes en de roetconcentraties en de niet-logaritmisch getransformeerde waarden. Uit deze vergelijking bleek dat de uitkomsten nauwelijks verschilden. In dit rapport zijn de resultaten van de niet-logaritmisch getransformeerde waarden gerapporteerd. Het effect van outliers is geanalyseerd door hoge waarden van ultrafijne stofdeeltjes (meer dan 100.000 deeltjes/cm^3) en roetconcentraties (hoger dan 15.000 ng/m^3) weg te laten. Het weglaten van de outliers had nauwelijks een effect op de resultaten.
Verder is gekeken naar de invloed van vrachtschepen, passagiersschepen en overig schepen, de invloed van de vaarrichting, de invloed van elektrische treinen en dieseltreinen, de invloed van goederen- en passagierstreinen en de invloed van remmende en optrekkende treinen.
Tenslotte is de relatieve bijdrage van schepen en dieseltreinen berekend. De relatieve bijdrage is de ratio van de gemiddelde extra bijdrage per uur en de achtergrondconcentratie. De gemiddelde bijdrage per uur is berekend door de concentratiebijdrage (regressiecoëfficiënt) te vermeerderen met een factor twee en het gemiddeld aantal schepen of treinen dat per uur passeert. De factor is nodig, omdat de responstijd voor zowel de schepen als de treinen twee minuten bedraagt. Voor de achtergrondconcentratie is de mediaan berekend, die geldt voor de onbelaste perioden.

3 RESULTATEN

3.1 Tellingen tijdens meetdagen en meetcondities

Tabel 3 toont het aantal meetdagen, het totaal aantal meeturen en het gemiddelde aantal schepen, dieseltreinen, brommers en overig verkeer, dat de meetopstelling op de belaste locatie passeerde. In Nieuwegein, Nijmegen en Arnhem werd 5 dagen gemeten en in Eefde 3 dagen. Er werd ongeveer 4 uur per dag gemeten. In Nijmegen passeerden veel meer schepen dan in Nieuwegein. In Nijmegen waren dat zo'n 20 schepen per uur en in Nieuwegein zo'n 7 schepen per uur. In Arnhem passeerden meer dieseltreinen dan in Eefde (10 versus 4). Het aantal passerende brommers en voertuigen varieerde behoorlijk. In Nijmegen was er helemaal geen verkeer en in Nieuwegein passeerden zo'n 6 brommers en 23 andere voertuigen per uur. Het aantal brommers en het overige verkeer in Arnhem is alleen op 28 juni geregistreerd. Daar is het percentage een onderschatting, omdat het aantal brommers en het overige verkeer voor de andere dagen op '0' is gecodeerd. Tabel 3 vat de kenmerken van de verschillende locaties samen.

Tabel 3 Aantal meetdagen, meeturen en gemiddeld aantal passages van de vier meetlocaties.

Kenmerk	Nieuwegein	Nijmegen	Arnhem	Eefde
Meetdagen	5	5	5	3
Uren	20,0	20,2	16,8	12,1
Schepen per uur	7,2	23,2	-	-
Dieseltreinen per uur	-	-	9,8	3,6
Brommers per uur	5,8	0	3,4*	0,4
Overige voertuigen per uur	23,1	0	0,4*	4,8

* alleen gegevens van 28 juni geregistreerd.

Tabel 4 vat de meteorologische gegevens van de vier locaties samen. Een uitgebreider overzicht staat in Bijlage 3. De meeste meetdagen was er sprake van een zwakke wind (minder dan 3,4 m/s). Tijdens 4 meetdagen was de wind matig (Beaufort 3) en tijdens 4 dagen was de wind krachtiger (meer dan Beaufort 3: tussen 5,5 en 8 m/s). Alleen in Eefde zijn de metingen door een te krachtige wind afgebroken. Gedurende 4 meetdagen was de wind variabel en bij 3 dagen waren er ook momenten waarin de wind parallel aan de meetopstelling draaide. In Arnhem moest op 31 mei zelfs de meetopstelling naar de overkant worden verplaatst, omdat de wind draaide.

3.2 Concentraties ultrafijnstof en roet

Tabel 5 toont het aantal 10 seconden metingen, de gemiddelden, mediaan, minimum en het maximum van de ultrafijnstofdeeltjes en roetconcentraties voor de meetdagen van Nieuwegein. De aantallen zijn afgerond op honderdtallen. In bijlage 4 staan de tabellen voor alle meetlocaties. Uit deze tabel valt op dat er grote verschillen tussen de meetdagen zijn. Zo worden op 8 juni op de belaste locatie gemiddeld 26.300 ultrafijne stofdeeltjes/cm^3 gemeten en op 26 juni 4.900 stofdeeltjes/cm^3. Voor de achtergrondlocatie variëren deze waarden tussen respectievelijk 19.900 stofdeeltjes/cm^3 en 4.100 stofdeeltjes/cm^3. Ook bij de roetconcentraties wordt een grote variatie tussen de meetdagen gevonden. Daar variëren de roetconcentraties tussen 1,43 µg/m^3 en 0,57 µg/m^3, respectievelijk 1,59 µg/m^3 en 0,56 µg/m^3 . De pieken vallen op andere dagen dan die van de ultrafijne stofdeeltjes. Op sommige dagen zijn de gemiddelde achtergrond concentraties hoger dan de concentraties van de belaste locaties. In het algemeen zijn de verschillen tussen de belaste en de achtergrondlocaties niet zeer groot. Voor alle metingen geldt dat de mediaan lager is dan het gemiddelde. Dit is een indicatie voor een 'schuine verdeling'.

Tabel 4 Meteorologische gegevens van de vier meetlocaties.

Locatie	Wind in Beaufort			Wind parallel	Wind variabel	Meetkant
	1-2	3	> 3			
Nieuwegein	4	0	1 (8 m/s)	0	0	5 x oostzijde
Nijmegen	3	2	0	1	1	2 x noordzijde, 3 x zuidzijde
Arnhem	2	1	2 (5,5 en 5,7 m/s)	2	3	31 mei: eerst zuid, dan noord 2 x noordzijde, 2x zuidzijde
Eefde	2	1		0	0	2 x noordzijde, 1 x zuidzijde

Tabel 5 Verdeling van de gehaltes ultrafijnstof (UFP in aantal deeltjes/cm^3) en roetconcentraties (BC in µg/m^3) van de meetlocatie in Nieuwegein voor de belaste meetlocatie en de achtergrondlocatie, per meetdag.

Datum	N	Belaste meetlocatie UFP Aantal deeltjes/cm^3		Achtergrondlocatie UFP Aantal deeltjes/cm^3	
		Gem	Mediaan (min-max)	Gem	Mediaan (min-max)
29-mei-2012	1429	9800	7800 (4200- 164300)	7900	6900 (3700- 44500)
30-mei-2012	1813	8200	6900 (4900- 150000)	7400	6200 (4700- 169400)
08-jun-2012	1342	26300	24700 (15300- 89900)	19900	18000 (7500- 71500)
26-jun-2012	1402	4900	4100 (3000- 69100)	4100	3900 (2900- 41000)
27-jun-2012	1264	5500	4700 (3100- 87800)	5400	5200 (2900- 56900)
Datum	**N**	**Belaste meetlocatie BC (µg/m³)**		**Achtergrondlocatie BC (µg/m³)**	
29-mei-2012	1429	1,43	1,15 (0,14-40,93)	1,59	1,00 (0,33-38,51)
30-mei-2012	1813	0,95	0,66 (0,18-85,52)	0,60	0,40 (0,01-17,24)
08-jun-2012	1342	0,57	0,34 (-0,28-46,26)	0,56	0,37 (0,11-11,01)
26-jun-2012	1402	0,91	0,61 (0,14-183,41)	1,03	0,53 (0,27-201,42)
27-jun-2012	1264	0,86	0,44 (0,13-28,33)	1,25	1,02 (0,17-20,66)

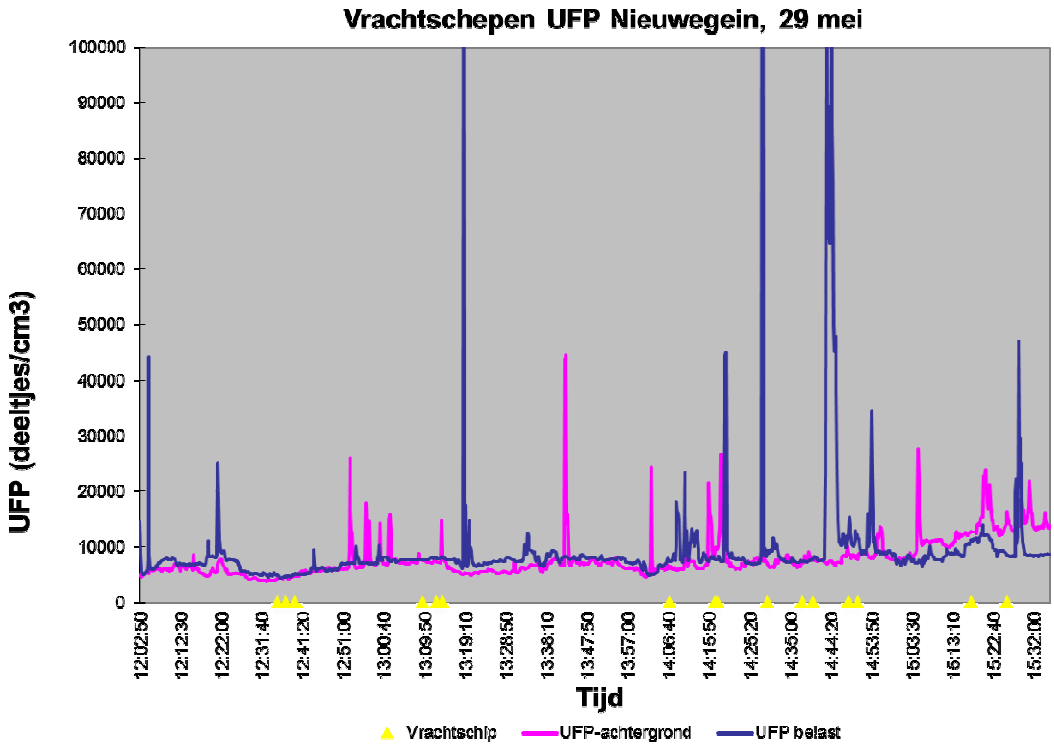
Tabel 6 Gemiddelden en mediaan van ultrafijnstof (UFP in aantal deeltjes/cm^3) en roetconcentraties (BC in µg/m^3) van de belaste meetlocatie en de achtergrondlocatie voor de vier meetlocaties Nieuwegein, Nijmegen, Arnhem en Eefde.

Plaats	Belaste meetlocatie UFP deeltjes/cm³		Achtergrondlocatie UFP deeltjes/cm	
	Gemiddelde	Mediaan	Gemiddelde	Mediaan
Nieuwegein	10800	9600	8900	6100
Nijmegen	7000	5300	5400	4700
Arnhem	10100	8000	8500	7400
Eefde	5400	4600	3700	3500
Plaats	**Belaste meetlocatie BC µg/m³**		**Achtergrondlocatie BC µg/m³**	
Nieuwegein	0,95	0,64	0,98	0,58
Nijmegen	0,78	0,59	0,58	0,55
Arnhem	0,95	0,59	0,75	0,39
Eefde	0,51	0,25	0,46	0,45

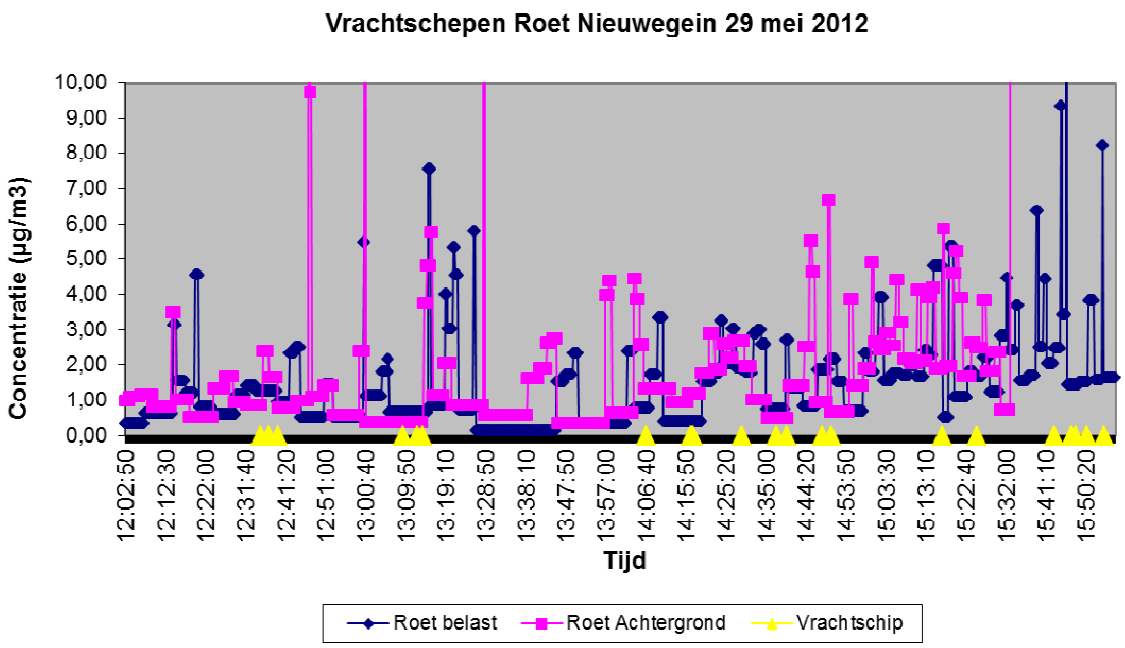
Tabel 6 vat de gemiddelden en mediaan van ultrafijnstofdeeltjes en roetconcentraties van alle belaste meetlocaties en alle achtergrondlocaties. Uit deze tabel blijkt dat het gemiddeld aantal ultrafijnstofdeeltjes op de achtergrondlocatie altijd lager is dan op de belaste locatie. Voor de roetconcentraties zijn deze verschillen minder duidelijk. Verder valt op dat de achtergrondconcentraties van de stedelijke locaties (Nieuwegein en Arnhem) hoger zijn dan die van de plattelandslocaties (Ooijpolder- Nijmegen en Eefde).

Figuur 3 en 4 illustreren de invloed van passerende schepen in Nieuwegein op het aantal ultrafijnstofdeeltjes en roetconcentraties in vergelijking met de achtergrondlocaties. De invloed van passerende schepen leidt tot pieken die sterk in hoogte verschillen. Deze figuren laten zien dat er ook op de achtergrond pieken zijn die worden veroorzaakt door passerende voertuigen. Omdat de veldwerker alleen op de belaste locatie noteerde welke schepen en andere voertuigen passeerden is onbekend welke passerende voertuigen op de achtergrondlocaties voor de piekconcentraties zorgen. Figuur 5 en 6 illustreren de invloed van passerende dieseltreinen op het aantal ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties. Dit beeld is vergelijkbaar met het beeld van de passerende vaartuigen. In bijlage 5 staan alle grafieken van de belaste en onbelaste locaties per dag.

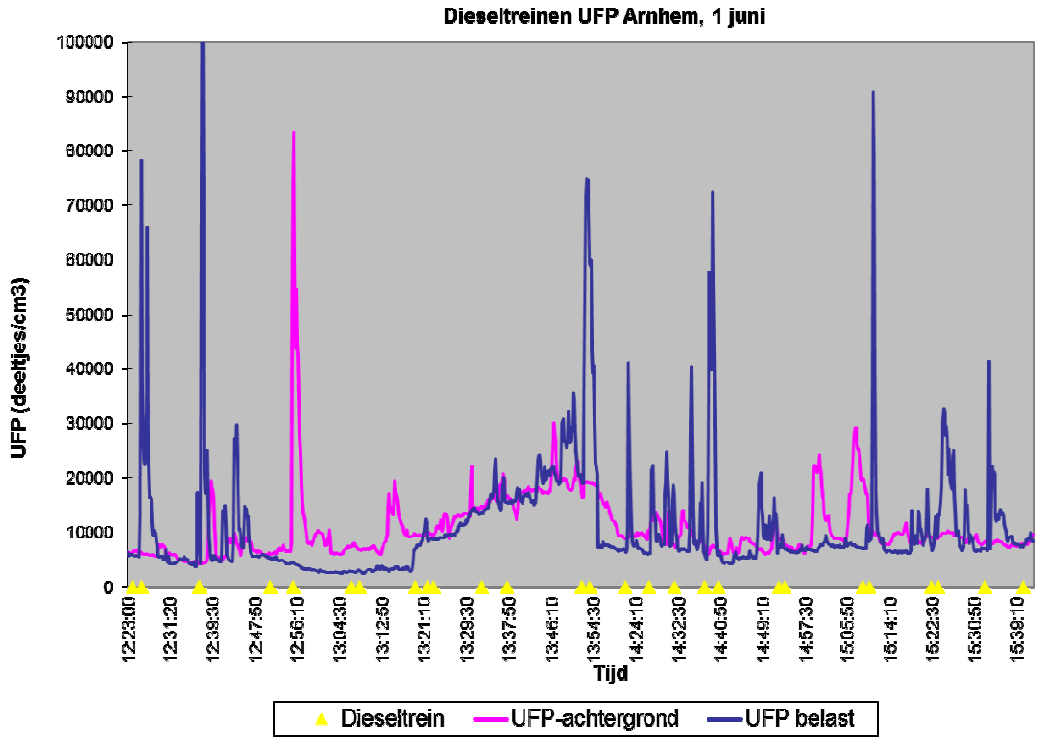
Figuur 3 De invloed van passerende schepen in Nieuwegein van 29 mei op het aantal ultrafijne stofdeeltjes in vergelijking met de achtergrondconcentraties.



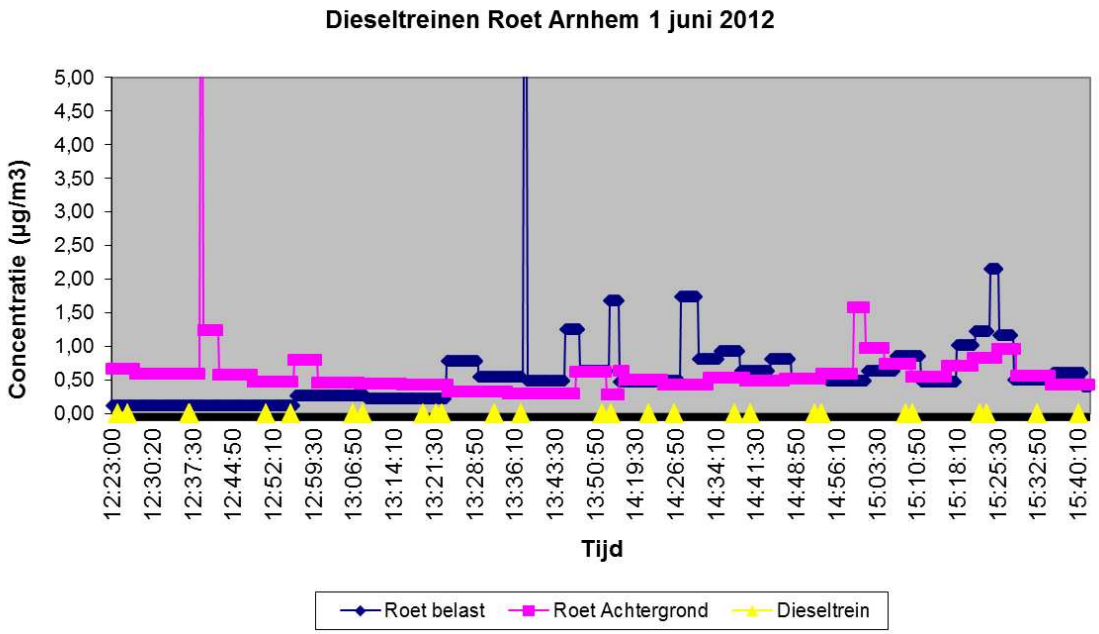
Figuur 4 De invloed van passerende schepen in Nieuwegein van 29 mei op de roetconcentraties in vergelijking met de achtergrondconcentraties.



Figuur 5 De invloed van passerende treinen in Arnhem van 1 juni op het aantal ultrafijne stofdeeltjes in vergelijking met de achtergrondconcentraties.



Figuur 6 De invloed van passerende treinen in Arnhem van 1 juni op de roetconcentraties in vergelijking met de achtergrondconcentraties.



3.3 Bijdrage van schepen en treinen aan ultrafijnstof en roet

Tabel 7 toont de resultaten van de 'mixed model' analyses voor het effect van schepen en treinen op de aantallen ultrafijne stofdeeltjes en de concentraties roet. Voor schepen wordt een significante bijdrage aan de aantallen ultrafijne stofdeeltjes gevonden, maar deze is niet significant voor de bijdrage aan roetconcentraties. Voor Nieuwegein is de bijdrage aan ultrafijnstof zo'n 1000 deeltjes/cm^3 en voor Nijmegen is deze bijdrage zo'n 500 ultrafijne deeltjes/cm^3.
Voor de dieseltreinen wordt ook een significante bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes gevonden. Deze zijn respectievelijk voor Arnhem en Eefde 1750 en 500 deeltjes/cm^3. Voor roet wordt alleen voor de dieseltreinen in Arnhem een significante bijdrage gevonden. Deze bedraagt circa 75 ng/m^3.
Opvallend is de bijdrage van brommers aan ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties. Deze bedraagt in Nieuwegein 2000 en in Eefde 4500 deeltjes/cm^3. In Arnhem is het verschil niet significant voor ultrafijnstof. Voor roetconcentraties is deze bijdrage net significant.

Tabel 8 toont de resultaten van de mixed model analyses voor de vaarrichting en het optrekken en afremmen van treinen. In tegenstelling tot onze verwachting leveren schepen die in Nijmegen stroomafwaarts voeren een hogere bijdrage aan ultrafijnstofdeeltjes dan de schepen die stroomopwaarts voeren.
Voor de dieseltreinen uit Arnhem en Eefde kon de rijrichting worden gekoppeld aan het optrekken en afremmen van de treinen. Het optrekken veroorzaakt een hogere bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes dan het afremmen (Tabel 8). Voor het afremmen wordt voor beide locaties geen significante bijdrage meer gevonden. Voor het optrekken is deze bijdrage zo'n 3000 ultrafijne stofdeeltjes/cm^3 in Arnhem en 900 ultrafijne stofdeeltjes/cm^3 in Eefde.

Bij de analyse van de vracht- passagiers- en overige schepen zijn alleen significante bijdragen voor de vrachtschepen gevonden (Tabel 9). Voor Nieuwegein is ook een significante bijdrage aan roetconcentraties gevonden. Deze bedraagt afgerond 150 ng/m^3.
Bij de treinen leveren de elektrische treinen geen significante bijdragen aan ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties. Deze bijdragen zijn er uiteraard wel voor de dieseltreinen (Tabel 7).

Tabel 10 en 11 tonen de relatieve bijdragen, zoals deze berekend zijn op basis van de gegevens uit tabel 7 en 9. Tabel 10 toont de resultaten van deze berekeningen voor de schepen en de dieseltreinen. Tabel 11 toont de resultaten van de berekeningen voor de vrachtschepen. Uit deze tabellen blijkt dat de extra bijdragen voor ultrafijne stofdeeltjes voor schepen tussen 4 en 7% variëren en voor dieseltreinen tussen 1% en 8%. Voor roetconcentraties zijn deze effecten minder duidelijk. Voor de dieseltreinen in Arnhem is de bijdrage 5% en voor de vrachtschepen in Nieuwegein 15%. Voor vrachtschepen in Nijmegen is de bijdrage niet significant.

Tabel 7 Bijdragen aan ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties berekend met het mixed model voor schepen, dieseltreinen, brommers en het overige verkeer van de belaste locaties.

Plaats	UFP (deeltjes/cm³) of BC (ng/m³)	Schip of dieseltrein	Brommer	Overig verkeer
Nieuwegein Schip	UFP	1140 (785-1500)	1965 (1420-2505)	-240 (-510 – 35)*
	BC	87 (-52 – 225)*	-46 (-256 – 164)*	-46 (-152 – 600)*
Nijmegen Schip	UFP	445 (290-595)	Geen verkeer	Geen verkeer
	BC	27 (-26 – 79)*	Geen verkeer	Geen verkeer
Arnhem Dieseltrein	UFP	1815 (1390-2245)	-355 (-1290 – 580)*	-2250 (-7355 – 2855)*
	BC	78 (17-139)		
Eefde Dieseltrein	UFP	445 (175-715)	4695 (3665-5720)	1790 (1495-2085)
	BC	-39 (-265 – 186)*	-277 (-1134 – 580)*	130 (-116 – 376)*

* niet significant p <0,05

Tabel 8 Bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes berekend met het mixed model voor de vaarrichting van de schepen en het optrekken en afremmen door de dieseltreinen.

Plaats	Bijdrage UFP Stroomafwaarts (deeltjes/cm³)	Bijdrage UFP Stroomopwaarts (deeltjes/cm³)	Bijdrage UFP door afremmen (deeltjes/cm³)	Bijdrage UFP door optrekken (deeltjes/cm³)
Nieuwegein	1330 (795-1870)	1010 (515-1705)	nvt	nvt
Nijmegen	770 (565-970)	50 (-175 – 280)*	nvt	nvt
Arnhem	nvt	nvt	580 (-40 – 1195)*	2990 (2365-3610
Eefde	nvt	nvt	-60 (-445 – 325)*	880 (520-1235)

* niet significant p<0,05

Tabel 9 Bijdrage van aantallen ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties voor vracht- passagiers- en overige schepen.

Plaats	UFP (deeltjes/cm³)/BC (ng/m³)	Vrachtschepen	Passagiersschepen	Overige schepen
Nieuwegein	UFP	1285 (905-1665)	-440 (-1775 – 900)*	705 (-800 – 2210)*
	BC	154 (7-301)	-494 (-1010 – 23)*	-314 (-895 – 267)*
Nijmegen	UFP	555 (3820-725)	305 (-100 – 710)*	-750 (-1450 – 55)*
	BC	20 (-39 – 79)*	46 (-94 – 186)*	79 (-163 – 320)*

* niet significant p<0,05

Tabel 10 Procentuele bijdragen van schepen en treinen ten opzichte van de achtergrondmediaan.

Plaats	Schip UFP	Schip BC	Dieseltrein UFP	Dieseltrein BC
Nieuwegein	4,0%	NS		
Nijmegen	6.8%	NS		
Arnhem			7,6%	4,9%
Eefde			1,2%	NS

NS niet significant p<0,05

Tabel 11 Procentuele bijdrage van vrachtschepen ten opzichte van de achtergrondmediaan.

Plaats	UFP	BC
Nieuwegein	3,9%	16,3%
Nijmegen	2,3%	NS

NS niet significant p<0,05

4 DISCUSSIE

Deze studie toont aan dat vrachtschepen, dieseltreinen en brommers een lokale bijdrage leveren aan ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties (onderzoeksvraag 1). De tweede onderzoeksvraag is de vraag in welke mate de uitstoot van schepen en dieseltreinen bijdraagt aan de hoeveelheid ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties.
In deze studie is de bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes ongeveer 5%. Dit kan over een jaar gemiddeld afwijken, bijvoorbeeld omdat alleen gemeten is wanneer de wind van de bron kwam (overschatting) en omdat alleen in mei, juni en juli is gemeten (onderschatting).
De bijdrage aan roetconcentraties is moeilijker te interpreteren, omdat de roetmeters minder goed werkten bij lagere concentraties en hoge tijdresoluties. De door ons gebruikte mobiele roetmeters (AE51, Aethlabs) zijn pas sinds enkele jaren op de markt. Internationaal zijn deze roetmeters al in verschillende onderzoeken gebruikt. Echter, er is nog geen consensus over het optimale gebruik van deze roetmeters. De correctie, zoals die door ons is gebruikt, is niet volledig toereikend gebleken. Zo zijn er na correctie nog steeds negatieve waarden overgebleven. Ook zijn er perioden waar de middelingtijd langer dan 90 minuten is. Het is vrijwel zeker dat voor die perioden kleine bijdragen van schepen of treinen zijn uitgemiddeld.

Binnenvaartschepen
In de literatuur is gezocht naar vergelijkbare gegevens voor binnenvaartschepen. Deze staan in tabel 13. Van der Zee (2012b) heeft in Amsterdam de bijdrage van ultrafijne stofdeeltjes door binnenvaartschepen onderzocht. Zij heeft met eenzelfde CPC-meter het aantal ultrafijne stofdeeltjes/cm^3 aan de waterkant en aan de woongevel gemeten langs het Amsterdam Rijnkanaal. Zij vond bijdragen van 3% en 20%. In deze studie is op elke locatie gedurende een aantal uren gemeten. Bij de berekening van de relatieve bijdrage heeft van der Zee de gemiddelde achtergrondconcentratie gebruikt van zowel de belaste als de onbelaste perioden. Daardoor vallen de berekeningen - in vergelijking met deze studie - lager uit.

Tabel 13 Vergelijking van de bijdrage van vrachtschepen aan ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties met overige studies uit de literatuur.

Onderzoek	UFP Aantal deeltje/cm^3	UFP Bijdrage	BC ng/m^3	BC Bijdrage
Nieuwegein (deze studie)	1250	3,9%	150	16,3%
Nijmegen (deze studie)	500	2,3%	-	-
van der Zee et al., 2012b (woongevel)	4200	20%		
van der Zee, 2012b (waterkant)	700	3%		
Bloemen et al., 2006			200	

Een opvallende bevinding bij van der Zee is dat de concentraties van ultrafijne stofdeeltjes aan de woongevel hoger waren dan die aan de waterkant. Als mogelijke verklaring werd de nieuwvorming van ultrafijne stofdeeltjes genoemd. Van sommige gasvormige verbindingen is bekend dat deze zich kunnen omvormen tot ultrafijne stofdeeltjes. Zo kan bijvoorbeeld SO_2 worden omgezet in sulfaatdeeltjes. Dit effect is voor zeeschepen in de nabijheid van industrie aangetoond (Fernandez-Camacho et al., 2010). In de huidige studie worden bij Nieuwegein hogere bijdragen aan de concentraties ultrafijne stofdeeltjes gevonden dan in Nijmegen. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat er meer ultrafijne stofdeeltjes worden gevormd bij een hogere stadsachtergrondconcentratie.

Bloemen (Bloemen et al., 2006) heeft in 2005 en 2006 op beide oevers van de Waal bovenstrooms van Nijmegen onderzoek naar fijn stof (PM_{10}) en stikstofdioxide gedaan. Ook heeft hij gedurende twee perioden van drie maanden intensief gemeten. In die periode heeft hij ook uurgemiddelde roetconcentraties met een Aethalometer bepaald. Daar was de gemiddelde bijdrage 200 ng/m$^{3.}$ In die studie waren de roetconcentraties sterk asymmetrisch verdeeld. Dat is een indicatie dat de uitstoot per schip behoorlijk verschilt. In de huidige studie was deze verdeling veel minder asymmetrisch.
Tabel 13 vergelijkt de gegevens van de huidige studie met de gegevens van de studies van Van der Zee en Bloemen (Zee et al. 2012b, Bloemen et al., 2006). Uit deze tabel kan geconcludeerd worden dat alle studies aantonen dat schepen lokaal een bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties leveren.

Dieseltreinen
Er is nauwelijks onderzoek gedaan naar de bijdrage van het aantal ultrafijne stofdeeltjes en de roetconcentraties op leefniveau van dieseltreinen. Bij een onderzoek naar de bijdrage van PM_{10} aan de Velperweg 10 in Arnhem vond Buro Blauw (2011) een bijdrage van 0,8 µg/m³. Bij een achtergrondconcentratie van zo'n 25 µg/m³ is deze bijdrage ongeveer 3%. De metingen zijn gedaan bij het kruispunt van twee sporen in Arnhem, de sporen naar Dieren/Zutphen en Zevenaar/Duitsland. De meetlocatie van het huidige onderzoek lag iets ten oosten van dit meetpunt, langs het spoor naar Zevenaar/Duitsland.
In dit onderzoek passeerden weinig goederentreinen langs de meetlocatie in Arnhem. Dit was niet verwacht. Navraag leert dat de hoge dieselprijzen en de Betuweroute (Ministerie V&W, 2009) tot een sterke afname van dieselgoederentreinen heeft geleid. Het is onbekend hoe sterk die afname precies is. Prorail heeft geen volledig overzicht van de hoeveelheid dieselgoederentreinen op de spoortrajecten in Nederland.
In tegenstelling tot de schepen is bij de treinen een duidelijk effect van optrekken gevonden. De bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes is hoger als de dieseltreinen optrekken.

Brommers
Behalve dieseltreinen en vrachtschepen leveren brommers belangrijke bijdragen aan ultrafijne stofdeeltjes. Hoewel de onderzoeksvragen zich niet richten op de bijdragen van brommers, toont de analyse aan dat brommers een belangrijke bron van ultrafijne stofdeeltjes zijn. Boogaard, van der Zee en Zuurbier (Boogaard et al., 2008; Boogaard et al., 2009; van der Zee et al., 2012a; Zuurbier et al., 2010) hebben in eerdere studies ook al op deze belangrijke bron gewezen.

Lokaal beleid
De derde onderzoeksvraag is de vraag in hoeverre gemeenten rekening moeten houden met de bijdragen van schepen en dieseltreinen om de lokale luchtkwaliteit te verbeteren.
De resultaten van de huidige studies tonen aan dat schepen en dieseltreinen (in mindere mate) een lokale bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties leveren. Schepen en dieseltreinen kunnen dus lokaal een beperkte, maar niet te verwaarlozen bijdrage leveren. De bijdrage kan hoger zijn op locaties met meer frequent passerende schepen/treinen. Een hogere bijdrage van binnenvaartschepen en dieseltreinen is te verwachten op plaatsen die zeer dicht tegen het spoor aanliggen en waar veel dieseltreinen passeren (bijvoorbeeld rangeerterreinen) of plaatsen die dichtbij intensieve binnenvaarroutes liggen. Daar zal nader onderzoek moeten uitwijzen in welke mate de schepen en dieseltreinen een nadelig effect op de gezondheid hebben. Ook kunnen steigers voor grotere schepen, die intensief worden gebruikt en die dichtbij woonlocaties liggen, een belangrijke bron voor ultrafijne stofdeeltje en/of roet vormen. Daar kan walstroom uitkomst bieden.
Behalve ultrafijn stof en roet leveren binnenvaartschepen een hoge bijdrage aan NOx (Keuken et al., 2005; Bloemen et al., 2006; den Boeft et al., 2010; van der Zee et al., 2012b). Deze bijdrage ligt tussen de 2 en 5 µg/m³**.** Op sommige plaatsen is deze bijdrage vergelijkbaar met de bijdrage van een

snelweg (Bloemen et al., 2006; den Boeft et al., 2010). Voor de binnenscheepvaart zijn binnen de Centrale Commissie Rijnvaart (CCR) afspraken gemaakt om de uitstoot te verminderen. In 2015 zal CCR fase 3 ingaan. Voor fase 3 wordt geschat dat de uitstoot van PM_{10} met 25% zal afnemen in vergelijking met de uitstoot uit 2007. Voor NOx is deze reductie zo'n 20% (den Boeft et al., 2010). Beide reducties zijn lager dan die van het wegverkeer. Daardoor zal de relatieve bijdrage van de schepen aan ultrafijn stof en roet alleen maar toenemen.
Naast binnenvaartschepen en dieseltreinen blijken brommers een belangrijke bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes te leveren. Van de tweetakt motoren is het algemeen bekend dat deze veel ultrafijne stofdeeltjes uitstoten. Voor ultrafijn stof zijn elektrische brommers/scooters verre te prefereren. Bovendien maken deze brommers nauwelijks geluid.

Vervolgonderzoek
Vervolgonderzoek zal zich moeten richten op het kwantificeren van de bijdragen van schepen en dieseltreinen op de lokale bijdrage van ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties. Daarvoor is het noodzakelijk dat gradiënten worden gemeten. Idealiter zouden deze onderzoeken moeten leiden tot een model.
Daarnaast is het aan te bevelen om kwetsbare locaties die dichtbij vaarwegen of dichtbij spoorwegen met veel dieseltreinen liggen te onderzoeken.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Dit hoofdstuk geeft de belangrijkste conclusies uit dit onderzoek. Het hoofdstuk wordt afgesloten met aanbevelingen.

Conclusies

- Vrachtschepen leveren lokaal een meetbare bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties.
- Andere kleinere schepen leveren geen meetbare bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties.
- Dieseltreinen leveren in de directe omgeving een meetbare bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties.
- Optrekkende dieseltreinen leveren een hogere bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes dan afremmende dieseltreinen.
- Elektrische treinen leveren geen meetbare bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties.
- Brommers leveren in de directe omgeving een meetbare bijdrage aan ultrafijne stofdeeltjes
- De gebruikte mobiele roetmeters werken minder goed bij lagere roetconcentraties en hoge tijdresoluties.

Aanbevelingen

- Beperk in het algemeen de uitstoot van binnenvaartschepen en dieseltreinen.
- Breng de locaties waar een sterke bijdrage van binnenvaartschepen aan de lokale luchtkwaliteit wordt verwacht in kaart. Voor die situaties wordt aanbevolen om een vervolgonderzoek uit te voeren.
- Breng locaties waar een sterke bijdrage van dieseltreinen aan de lokale luchtkwaliteit wordt verwacht in kaart. Voor die situaties wordt aanbevolen om een vervolgonderzoek uit te voeren.
- Breng steigers zonder walstroom in kaart die dichtbij woonlocaties liggen en intensief worden gebruikt.
- Ontwikkeling beleid om de uitstoot van brommers te reduceren door het stimuleren van schone motoren (zoals elektrische brommers).
- Overweeg vervolgonderzoek om de bijdrage van de lokale emissie van binnenvaartschepen en eventueel dieseltreinen te kwantificeren.
- Ontwikkel een rekenmodel om de bijdrage van ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties van schepen en eventueel dieseltreinen in kaart te brengen.

REFERENTIES

Bloemen HJTh, Uiterwijk JW, Putten EM van, Verboom JH. (2006)
Locale Invloed Scheepvaart Emissies-LISE Een verkenning. 2006, RIVM-rapport 680280001.

Boeft J den, Hulskotte JHJ. (2010)
Emissie en immissie tengevolge van het scheepvaartverkeer op de Waal en het Maas-Waalkanaal bij Nijmegen (2007, 2010 en 2015). TNO-rapport, 2010, TNO-034-UT-2010-00760_RPT-ML.

Boer LC den, Brouwer FPE, Essen HP van. (2008)
STREAM Studie naar TRansport Emissies van Alle Modaliteiten. Versie 2.0 2008, CE Delft.

Boogaard JCM, Hoek G. (2008)
Blootstelling aan ultrafijn stof tijdens fietsen en autorijden in Nederlandse steden. 2008, Kennispunt Betawetenschappen, Universiteit Utrecht, rapport P-UB-2008-02.

Boogaard JCM, Borgman F, Kamminga J, Hoek G (2009)
Exposure to ultrafine and fine particles and noise during cycling and driving in 11 Dutch cities. Atmospheric Environment 2009;43:4234-4242.

Boogaard JCM. (2012)
Effects of traffic pollicies on air pollution and health- an intervention study.
2012 Thesis Utrecht University.

Buro Blauw. (2011)
Onderzoek naar de lokale fijnstofbelasting van het spoor aan de Velperweg in Arnhem, Buro Blauw, Rapportnr BL2011.5092.02-V01, Wageningen.

Fernandez-Camacho R, Rodriguez S, Rosa J de la, Sanchez de la Campa AM, Viana M, Alastuey A, Querol X. (2010)
Ultrafine particle formation in the inland sea breeze air flow in Southwest Europe. Atmospheric Chemistry and Physics 2010;10: 9615-9630.

Hagler GSW, Yelverton TLB, Vedantham R, Hansen ADA, Turner JR. (2011)
Post-processing Method to Reduce Noise while Preserving High Time Resolution in Aethalometer Real-time Black Carbon Data. Aerosol and Air Quality Research 2011;11:539-546.

Hameri K, Koponen IK, Aalto PP, Kulmala M. (2002)
The particle detection efficiency of the TSI-3007 condensation particle counter. Journal of Aerosol Science 2002;33:1463-1469.

Hoek G, Boogaard H, Knol A, de Hartog J, Slottje P, Ayres J.G, Borm P, Brunekreef B, Donaldson K, Forastiere F, Holgate S, Kreyling W.G, Nemery B, Pekkanen J, Stone V, Wichmann H.E, van der Sluijs, J. (2009)
Concentration Response Functions for Ultrafine Particles and All-Cause Mortality and Hospital Admissions: Results of a European Expert Panel Elicitation. Environmental Science&Technology 2009;44:476-482.

Janssen NAH, Hoek G, Simic-Lawson M, Fischer P, Bree LV, Brink HT, Keuken M, Atkinson R, Anderson HR, Brunekreef B, Cassee FR. (2011)
Black carbon as an additional indicator of the adverse health effects of airborne particles compared to PM_{10} and $PM_{2,5}$. Environmental Health Perspectives 2011; Doi:ehp.1003369.

Janssen NAH, Gerlofs-Nijland ME, Lanki T, Salonen RO, Cassee FR, Hoek G, Fischer PH, Brunekreef B, Kryzanowski K. (2012)
Health effects of black carbon. 2012, WHO European Center for Environment and Health Bonn.

Keuken MP, Wesseling J, Hollander JCT, Verhagen H. Luchtkwaliteit in relatie tot scheepvaart. (2005) TNO rapport 2005, TNO-rapport B&O-A R2005/085.

KNMI. (2012)
Daggegevens van het weer in Nederland.
http://www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/download.html.

Ministerie van BZK (2008)
Nationale aanpak milieu en gezondheid 2008-2012.
http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/milieu-en-gezondheid/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2008/04/09/nationale-aanpak-milieu-en-gezondheid-2008-2012-kamerbrief.html.

Ministerie van V&W. (2009)
Brief voortgangsrapportage Betuweroute 2009. https://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2009/09/29/20098394-voortgangsrapportage-betuweroute/20098394.pdf.

Ministerie van VWS. (2011)
Gezondheid dichtbij Landelijke nota gezondheidsbeleid 2011. http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/notas/2011/05/25/landelijke-nota-gezondheidsbeleid.html.

Strak M, Steenhof M, Godri KJ, Gosens I, Mudway IS, Cassee FR, Lebret E, Brunekreef B, Kelly FJ, Harrison RM, Hoek G, Janssen NAH. (2011)
Variation in characteristics of ambient particulate matter at eight locations in the Netherlands–The RAPTES project. Atmospheric Environment 2011;45:4442-4453.

Zee S van der, Dijkema M, van der Laan J, Hoek G. (2012a)
De bijdrage van scheepvaartemissies aan de gemeten concentraties van stikstofoxiden en ultrafijn stof langs vaarwegen in Amsterdam en Diemen. GGD Amsterdam 18 april 2012.

Zee S van der, Dijkema M, van der Laan J, Hoek G. (2012b)
The contribution of inland ships and recreational boats to measured NOx and ultrafine particle concentrations along waterways in Amsterdam. Atmospheric Environment 2012; 55 :368-376.

Zuurbier M, Hoek G, Oldenwening M, Lenters V, Meliefste K, Van den Hazel P, Brunekreef B. (2010)
Commuters' exposure to particulate matter air pollution is affected by mode of transport, fuel type, and route. Environmental Health Perspectives 2010,118:783-789.

Zuurbier M. (2011)
Commuters'air pollution and acute health effects. Thesis Utrecht University.

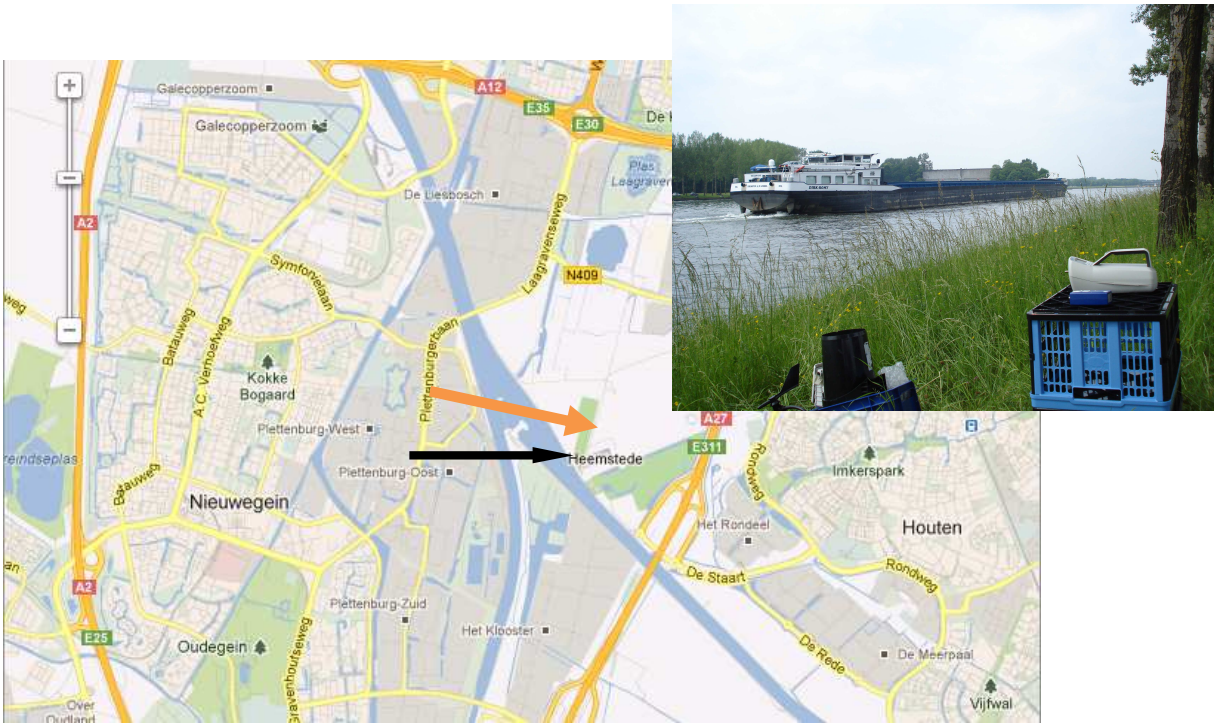
BIJLAGEN

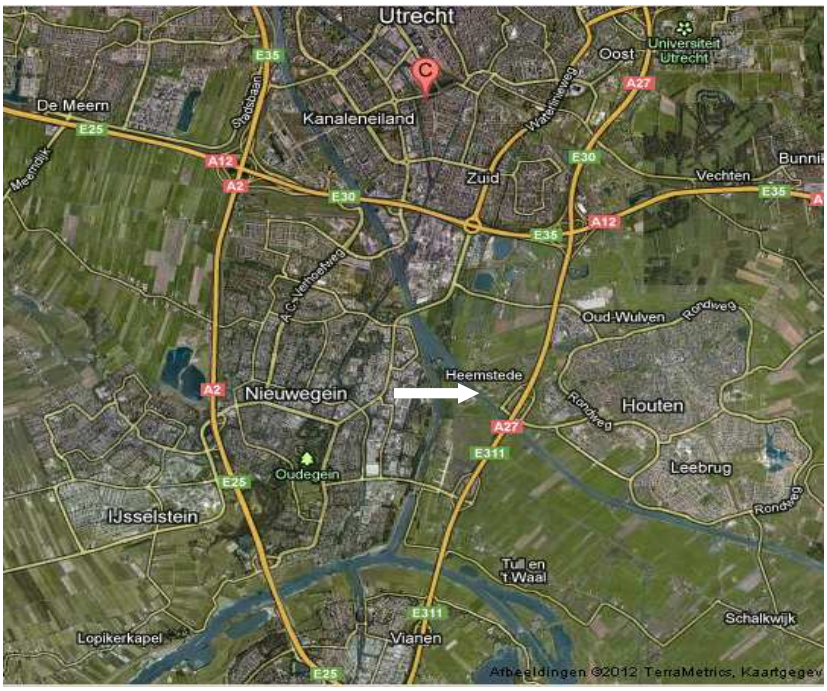
Bijlage 1 Overzicht en beschrijvingen meetlocaties

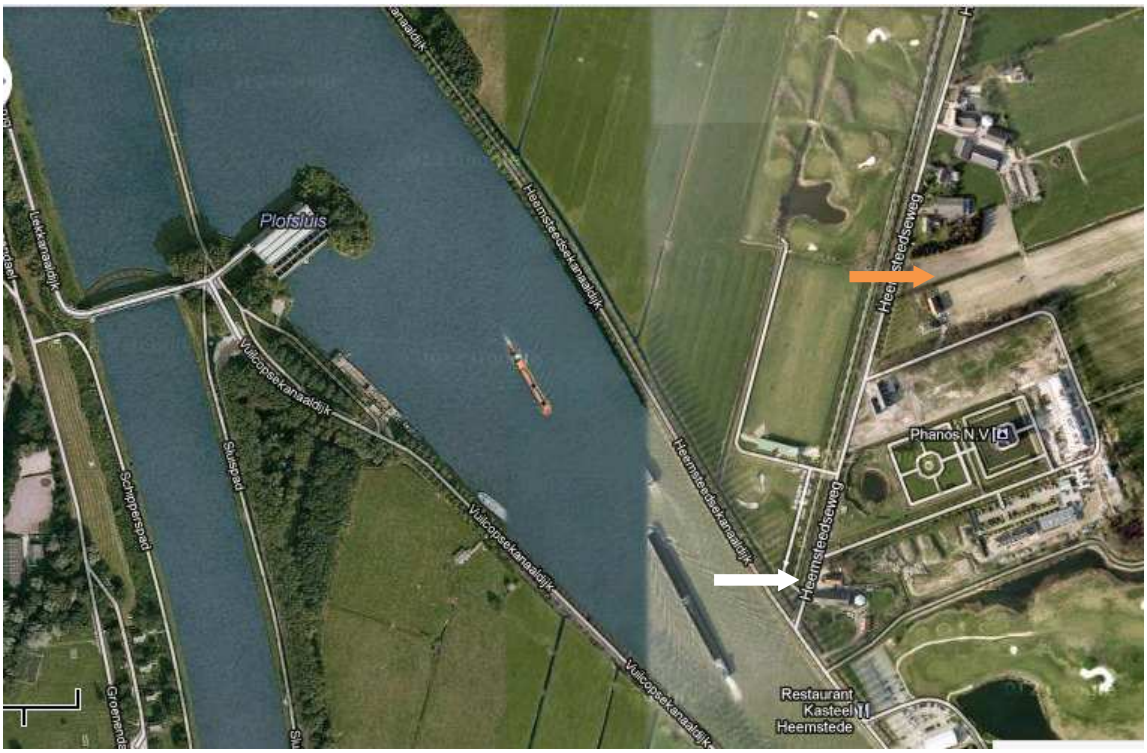
Meetlocatie schepen Nieuwegein – Amsterdam-Rijnkanaal

De meetlocatie Nieuwegein lag aan de Heemsteedseweg aan de oostzijde van het Amsterdam-Rijnkanaal, ter hoogte van de golfbaan. De locatie aan de westzijde is niet gebruikt omdat de wind op de meetdagen steeds westelijk was.
Mogelijke storingsbronnen waren de Heemsteedseweg, Heemsteedse kanaaldijk, Golfterrein en de Vuilcopsekanaaldijk aan de overkant van kanaal.
De locatie was makkelijk bereikbaar. Het achtergrondstation was vanwege de lokale situatie bemand.

Ligging meetlocaties Nieuwegein – belast (zwart/wit) en achtergrond (oranje)






Plofsluis
Lekkanaaldijk
Heemsteedsekanaaldijk
Vuilcopsekanaaldijk
Schipperspad
Skispad
Heemsteedseweg
Phanos N.V.
Restaurant
Kasteel
Heemstede

Meetlocatie schepen Amsterdam-Rijnkanaal Nieuwegein

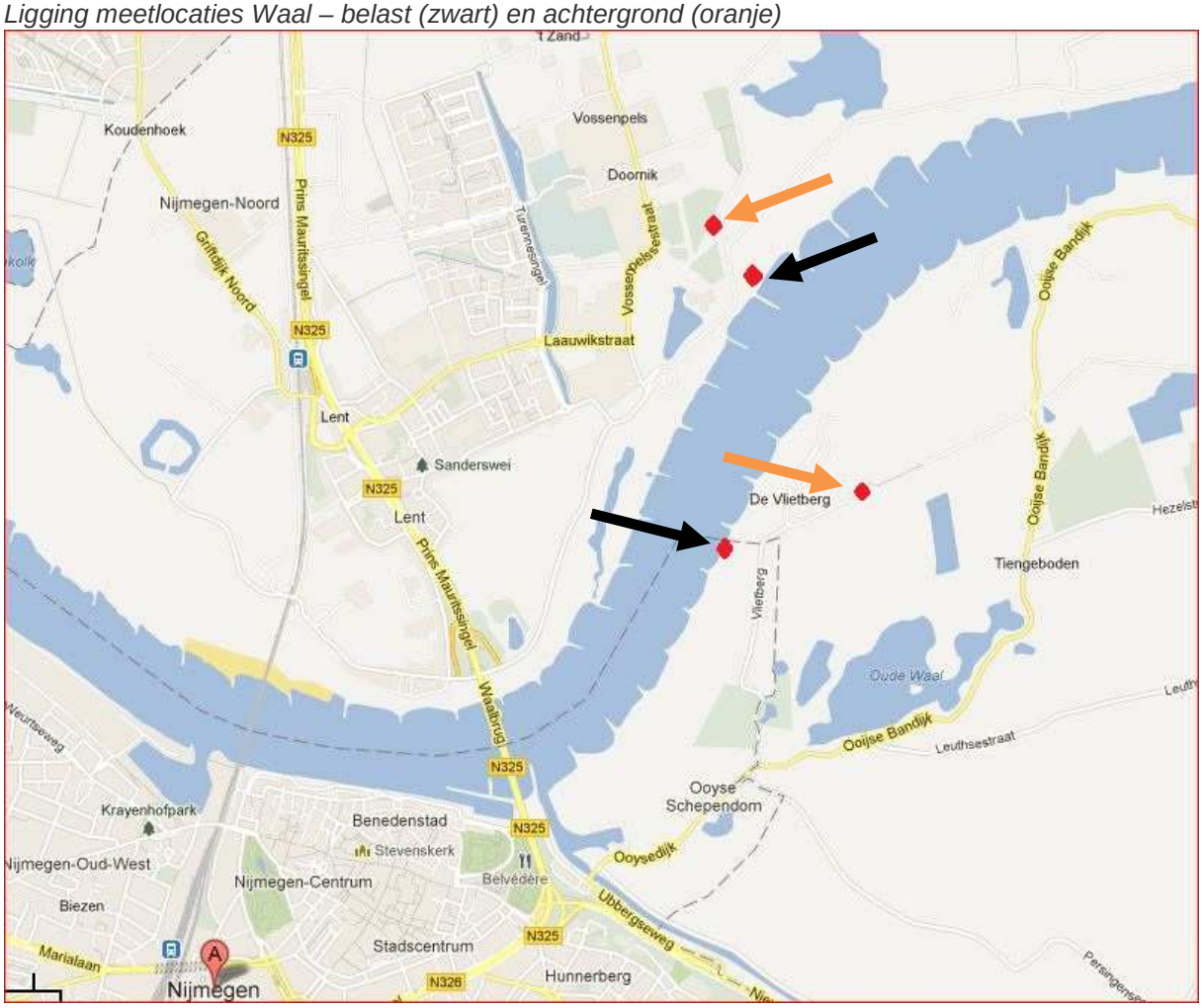
		belaste meetlocatie				achtergrondlocatie				
meetdatum	**locatie**	**adres meetlocatie**	**gps coördinaten**	**afstand tot vaarwater /rails (m)**	**tijd gemeten**	**adres achtergrondlocatie**	**GPS coördinaten**	**afstand tot vaarwater /rails (m)**	**Tijd gemeten**	**weer (globaal)**
29-05-2012	Water	Heemsteedseweg Nieuwegein	52°1'9"N - 5°7'20"O	5	12.01-16.06	Heemsteedseweg 28, Houten	52°1'41"N - 5°7'52"O	300	11.42-16.04	n-nw wind, temp. ong 19 graden, wind sterk
30-05-2012	Water	Heemsteedseweg Nieuwegein	52°1'33"N - 5°7'20"O	5	10.31-15.35	Heemsteedseweg 28, Houten	52°2'5"N - 5°7'25"O	300	10.42-15.30	z-zw wind, temp ong 22 graden, wind matig tot sterk
08-06-2012	Water	Heemsteedseweg Nieuwegein	52°1'54"N - 5°7'20"O	5	10.52-14.40	Heemsteedseweg 28, Houten	52°1'47"N - 5°7'54"O	300	10.23-14.43	z-zw wind, temp ong 18 graden, wind zeer sterk
26-06-2012	Water	Heemsteedseweg Nieuwegein	52°1'54"N - 5°7'20"O	5	11.40-15.53	Heemsteedseweg 28, Houten	52°1'47"N - 5°7'56"O	300	11.53-15.42	n-nw wind, temp. ong 23 graden, wind zwak
27-06-2012	Water	Heemsteedseweg	52°1'34"N - 5°7'43"O	5	8.50-13.27	Heemsteedseweg 28, Houten	52°1'47"N - 5°7'56"O	300	8.56-13.35	z-zw wind, temp ong 17 graden, wind sterk tot zeer sterk, motregen

Meetlocatie schepen Nijmegen

De meetlocatie Nijmegen lag aan de Waal in het buitengebied van Nijmegen ca. 1.100m ten noordoosten van de Waalbrug. De locatie aan de zuidzijde lag op het strand aan de Vlietberg. Het achtergrondstation stond bij Vlietberg 6 Nijmegen. Aan de noordzijde is voor de belaste locatie gekozen voor het strandje ten noorden van restaurant Sprok (Bemmelsedijk/Waaldijk). Het achtergrondstation stond bij Doornik 3 in Bemmel.

Mogelijke storingsbronnen waren het verkeer op de Vlietberg (Z) en de Bemmelsedijk/ Waaldijk (N), beide rustige wegen. Verder weg mogelijk verkeersbronnen (N325) en industrie.
De locaties waren makkelijk bereikbaar. Het achtergrondstation kon vanwege de lokale situatie onbemand worden achtergelaten.

Ligging meetlocaties Waal – belast (zwart) en achtergrond (oranje)



Zuidzijde

Meetlocatie waal: strandje bij de Vlietberg. Afstand tot de Waalbrug: 1.4 km.

Achtergrondlocatie: Vlietberg 6, Apparaat in de tuin. Toestemming eigenaar. Afstand tot de Waal 380m.

Meetlocatie: strandje bij de Vlietberg en achtergrondstation Vlietberg 6 Ooij.

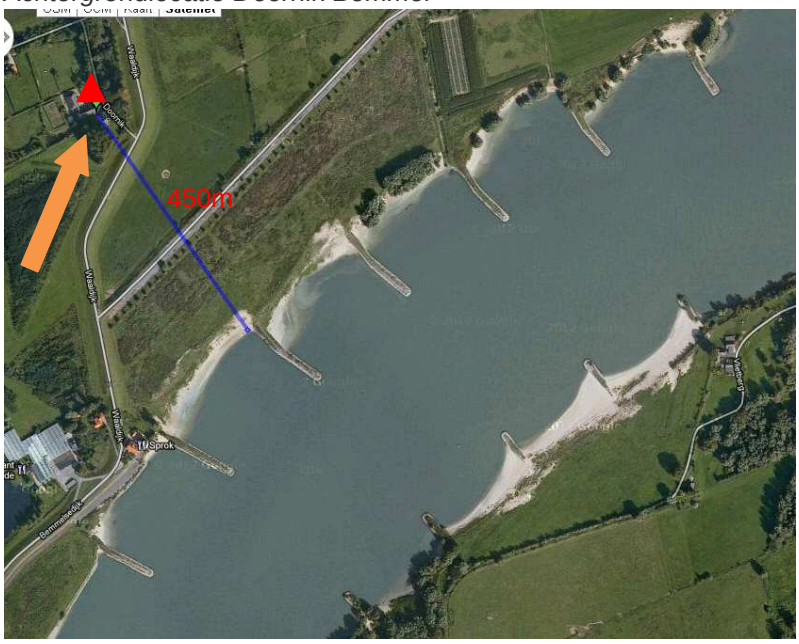
Noordzijde

Meetlocatie Waal: strandje voorbij restaurant Sprok. Afstand tot de Waalbrug: 2,3 km.

Achtergrondlocatie: Doornik 1a/3, Bemmel. Te bereiken via Vossenpelsestraat. Toestemming van eigenaar. Op woensdagen wordt op kleine schaal ambachtelijk zalm gerookt. Landgoed is vrij groot (heeft ook weilanden, met hekken afgezet), het apparaat is op zo ruim mogelijke afstand van zalmrokerij gezet (windrichting). Afstand tot waal: 450 meter.

Meetlocatie:strandje voorbij Sprok

Achtergrondlocatie Doornik Bemmel



Overzicht meetgegevens Waal Nijmegen

		belaste meetlocatie				achtergrondlocatie				
Meet-datum	**locatie**	**adres meetlocatie**	**gps coordinaten**	**afstand tot vaarwater/ rails**	**tijd gemeten**	**adres achtergrond-locatie**	**afstand tot vaarwater /rails**	**tijd gemeten**	**weer (globaal)**	**Opmerkingen**
7-6-2012	water	Sprok, strand Nijmegen	51.867896-5.885955	6 m	11.24-15.12	Doornik 3, Bemmel	450m	10.55-15.33	Windrichting ZW, bewolkt	
12-6-2012	water	Vlietberg-strand Nijmegen	51.859495-5.884775	10m	11.12-15.35	Vlietberg 6, nijmegen	380m	10.56-15.52	NW	bij ophalen van apparaat waren 2 bewoners aan het roken nabij apparaat
13-6-2012	water	Vlietberg-strand Nijmegen	51.859495-5.884775	10m	09.55-14.19	Vlietberg 6, nijmegen	380m	10.05-14.30	Windrichting NW, windkracht 2-3, 10-17 graden	geen secondentijden genoteerd
20-6-2012	water	Vlietberg-strand Nijmegen	51.859495-5.884775	3 m	11.59-15.52	Vlietberg 6, nijmegen	380m	11.30-16.00	Windrichting parallel NO, bewolkt/af en toe zon, 18 graden	*meetbestanden AETH, niet zeker welke belast en onbelast heeft gestaan. Controleren langste is onbelast)
21-6-2012	water	Sprok strand Nijmegen	51.867896-5.885955	4 m	10.48-14.56	Doornik 3, Bemmel	450m	10.28-15.03	Draaiende wind ZW/ZO, bewolkt	

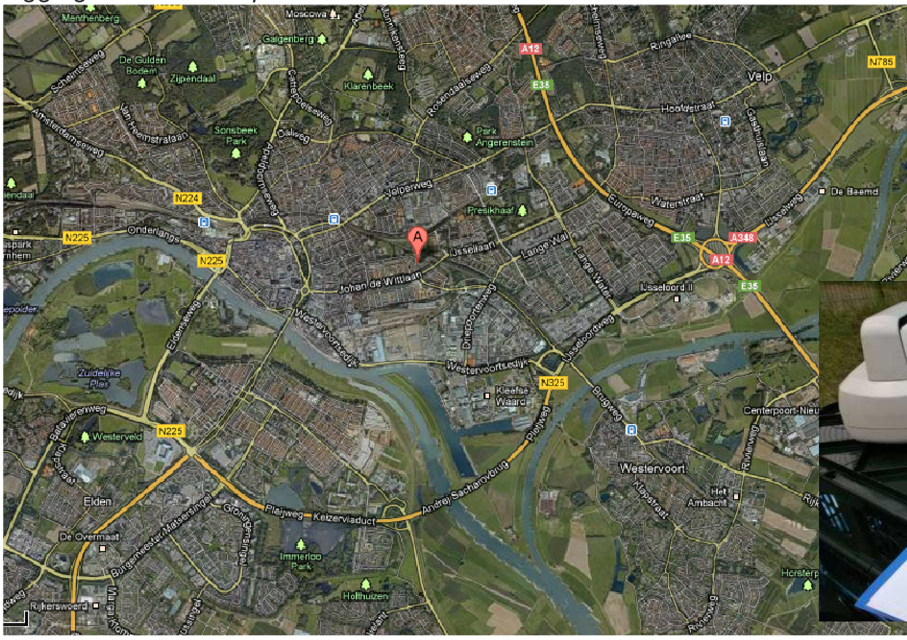
Meetlocaties en gegevens spoor Arnhem

De meetlocatie Arnhem ligt in het centrum van Arnhem op een relatief rustige plaats voor wat betreft het verkeer. De selectie van de locatie bleek lastig. Op veel plaatsen ligt een hoog talud en/of zijn drukke wegen aanwezig, waardoor niet aan beide zijden een geschikte meetlocatie aanwezig was. Uiteindelijk is gekozen voor een locatie na de splitsing van het tracé richting Zutphen en Duitsland. De meeste goederentransporten komen of gaan dan richting Duitsland. Ook passeerden hier dieselpersonentreinen.

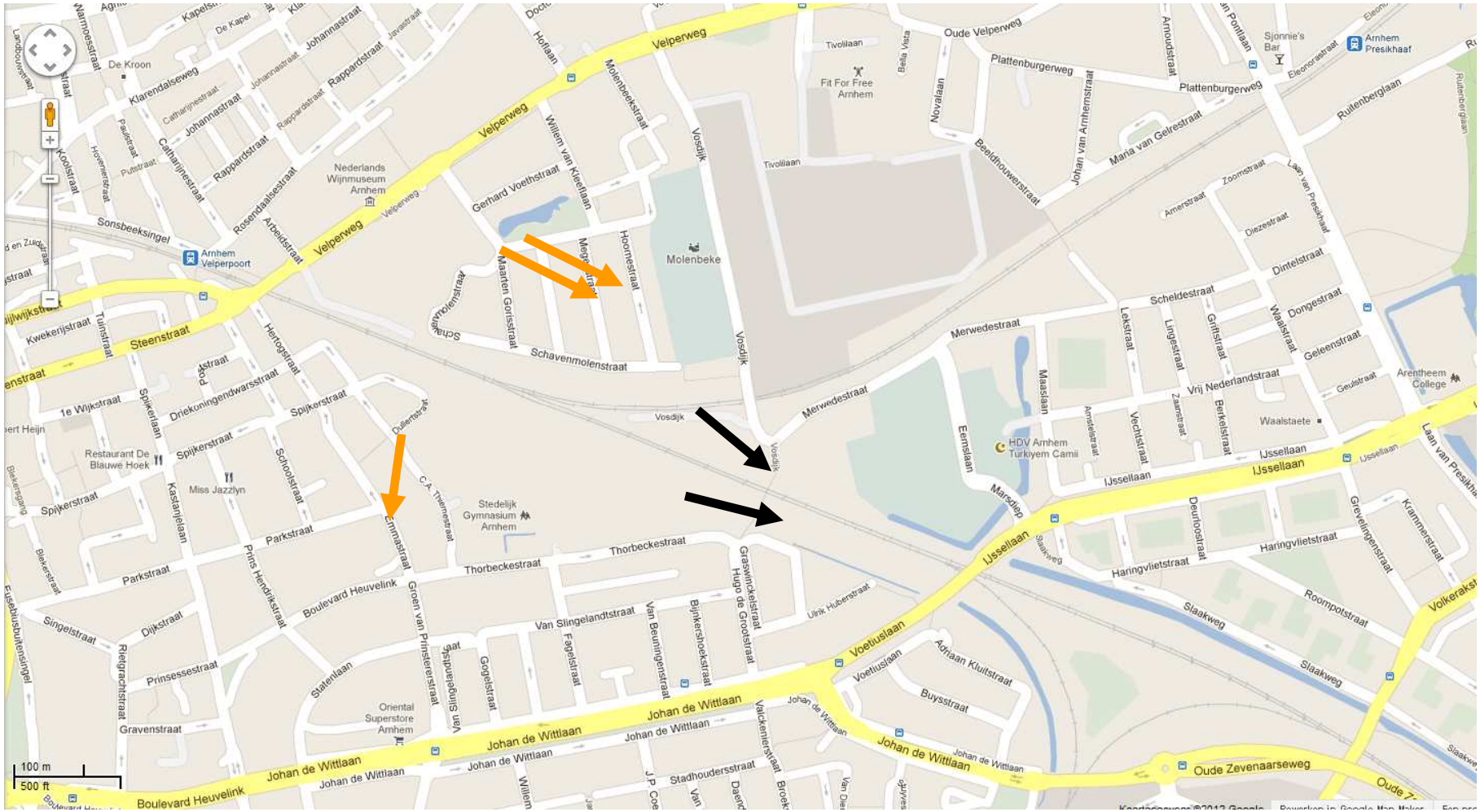
Mogelijke stoorbronnen waren het verkeer en enkele industriële bronnen.

Op de locatie Graswinckelstraat (Z)/Vosdijk (N) kon gemakkelijk aan beide zijden van het spoor worden gemeten.

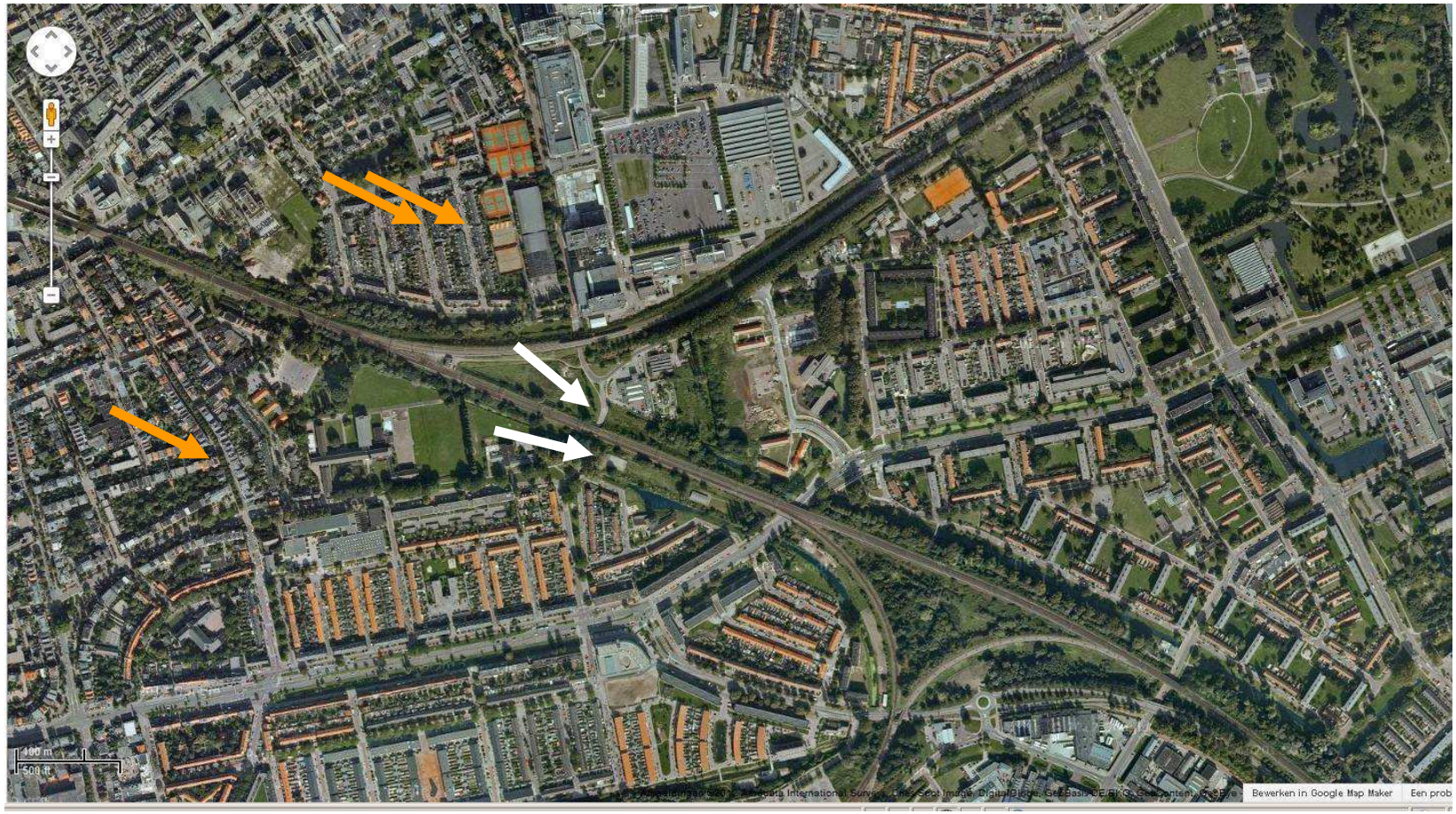
Ligging meetlocatie spoor Arnhem



Meetlocaties spoor Arnhem: vlnr: Vosdijk, Graswinckelstraat en achtergrond Emmastraat



Meetlocaties Arnhem: Achtergrond (oranje): Emmastraat, Hoornsestraat en Megenstraat, belaste locaties (zwart): Vosdijk en Graswinckelstraat.



Meetlocaties Arnhem:Achtergrond (oranje) Emmastraat, Hoornsestraat en Megenstraat, belaste locaties (wit): Vosdijk en Graswinckelstraat

Overzicht meetlocaties spoor Arnhem

belaste meetlocatie					achtergrondlocatie			
meetdatum	**adres meetlocatie**	**gps coordinaten**	**afstand tot vaarwater/rails m**	**tijd gemeten**	**adres achtergrondlocatie**	**afstand tot vaarwater/rails m**	**tijd gemeten**	**weer (globaal)**
31-05-2012	locatie1: Graswinckelstraat, locatie 2: Vosdijk fietspad *)		locatie 1: 15 hoogte: 4-5 locatie 2: 20 hoogte 4-5	locatie 1: 11.55-14:00; locatie 2: 14:10-16:00	Emmastraat 64	ong. 200	12:10-16:00	variabele wind, W-ZW, 21 graden
1-6-2012	Graswinckelstraat	51,98208 / 5,93105	15	10.10-14.20	Emmastraat 64	ong. 200	10.15-14-30	nw wind, temp. Ong 18 graden, zwakke wind
5-6-2012	Vosdijk fietspad	51,98277 / 5,93178	20	10:30-14:30	Hoornsestraat 26	ong. 150	10:40-14:40	Variabele wind, vaak parallel, ong. 14-16 graden, N/NW-W
14-6-2012	Graswinckelstraat		15	11:20-15:25	Megenstraat 15	ong. 150	11:15-15:50	ong. 16 graden,variabele wind, eerst weining later meer, N-NW, N-NO, O
28-6-2012	Vosdijk fietspad		20	10:10-14:10	Hoornsestraat 26	0ng. 150	10:15-14:20	ong. 24-25 graden, zwakke wind, variabel, ZO parallel

**) Vanwege het draaien van de wind is de meetlocatie in de loop van de dag aangepast.*

Meetlocatie Eefde

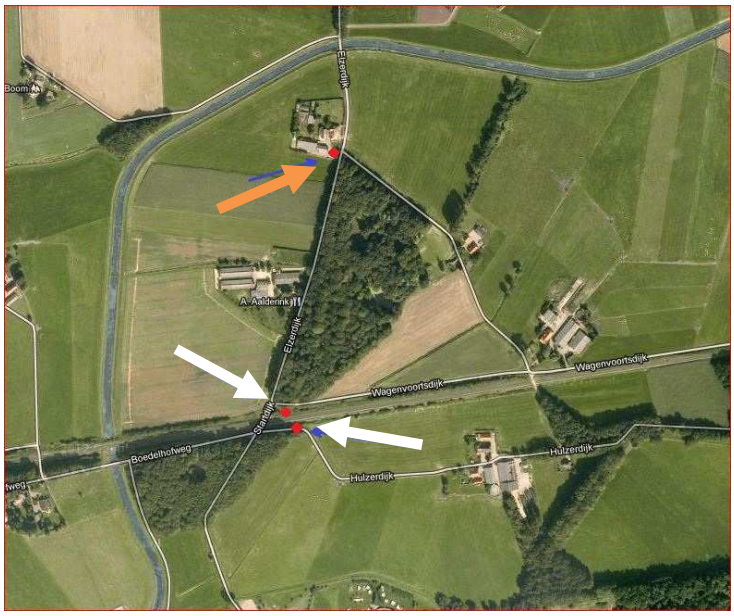
In Zutphen ligt de spoorbaan richting Arnhem op veel plaatsen op een dijk en zijn er op veel plaatsen bosjes. Gekozen is voor de lijn van Zutphen naar Lochem. Daar is geen elektrische bovenleiding aanwezig en reden 4 keer per uur de diesel boemeltreinen van Syntus.
Ook is nog gekeken bij de Veluwelijn ter hoogte van Ermelo – hier passeert regelmatig een dieselloc, al is het zeker niet elk uur. Meestal betreft het elektrisch materieel.

Stoorbronnen waren het verkeer en mogelijk een enkele agrarische bron op grotere afstand.
De locatie Wagenvoortsdijk ligt aan de noordzijde van het spoor (ca. 60m). Verkeer kan passeren over zowel de Elzerdijk als de Wagenvoortsdijk. Op de Wagenvoortsdijk passeren auto's op 2-5m afstand, verkeer op de Elzerdijk op ca. 60m.

De Hulzerdijk (weinig doorgaand verkeer) ligt ten zuiden van het spoor op. ca. 60m van de overweg (tevens doorgaande route). De Hulzerdijk ligt wat lager t.o.v. het spoor dan de Wagenvoortsdijk. Het achtergrondstation stond in de tuin van Elzerdijk 52 op ca. 400m ten noorden van het spoor.

Meetlocaties Eefde – Wagenvoortsdijk/Hulzerdijk (spoor Zutphen-Lochem)

Meetlocaties Eefde: achtergrond (oranje) Elzerdijk 52, belaste locaties (wit): Wagenvoortsedijk (noord) en Hulzerdijk



Meetlocatie spoor /Eefde:

Meetlocatie Eefde: locaties Hulzerdijk (L) en Wagenvoortsdijk (R)

Meetlocatie Ermelo - Watervalweg

De meetlocatie Watervalweg Ermelo ligt aan de spoorbaan Zwolle-Amersfoort. Stoorbron is het verkeer op de Watervalweg. Juist bij de passage van een goederentrein staat veel verkeer bij de overweg te wachten.

Vanwege de variabele wind op de meetdagen en het lage aantal goederentreinen zijn de meetgegevens verder niet betrokken in de statistische analyse.

WACHT

Meetgegevens en locaties treinen Eefde en Ermelo

belaste meetlocatie					achtergrondlocatie				
meetdatum	adres meetlocatie	gps coordinaten	afstand tot rails (m)	tijd gemeten	adres achtergrondlocatie	GPS coordinaten achtergrondlocatie	afstand tot rails (m)	tijd gemeten	weer (globaal)
18-6-12	Hulzerdijk Eefde	52,16672 / 6,24897	15	12.14-15.45	Elzerdijk 52	52,17077, 6,24974	400	12.15-16.00	nw wind, temp. Ong 18 graden, matige wind
19-6-12	Wagenvoortsdijk Eefde	52,1672 / 6,24911	15	9.43-13.50	Elzerdijk 52		400	9.30-14.00	ZO, var. 1-2m/s, 20°C
25-6-12	Hulzerdijk Eefde		15	meting na demo afgebroken i.v.m. harde wind					NW 4-6 m/s
2-7-12	Wagenvoortsdijk Eefde		15	10.27-14.25	Elzerdijk 52		400	10.20-14.20	Zuid, 1-2m/s, 19°C
22-6-12	Watervalweg 828 en 414 Z Ermelo	52,281822 / 5,597121	9	19.30-20.30	niet				
3-7-12	Watervalweg 827 en 430 N Ermelo		9	19.15-21.00	niet				
	22-6-12 Windrichting variabel en vrijwel parallel spoor - verder slechts een paar goederentreinen in de dienstregeling verwacht (dit uur 3 en verder niet of nauwelijks). Daarom ter indicatie meters aan weerszijden spoor neergezet Verder vrij veel auto's cq verstoring								

Bijlage 2 Veldformulieren schepen en treinen

Veldformulier voor registratie scheepvaart

Naam / namen onderzoeker	
Datum	

Info Metingen	**Omschrijving / adres**	**Afstand oever (m)**	**CPC MMK (227 of 228)**	**Aethalom. (414 of 430)**	**Starttijd meting**	**Eindtijd Meting**	**Bijzonderheden / storingen e.d.**
Meetlocatie	Adres: GPS X: GPS Y:						
Achtergrond	Adres: GPS X: GPS Y:						

Meteo	**Tijdstip (hh:mm)**	**Windrichting (°)**	**Windsnelheid (m/s)**	**Temperatuur (°C)**
Voor start metingen				
Tussentijds				
Tussentijds				
Na afloop metingen				

Maak enkele mooie foto's, voor in artikel / rapport. Fotonr: Je kunt je camera meestal zo instellen dat hij het fotonr op de display laat zien. Als het niet lukt: maak dan meteen na je foto

Parallelmeting op belaste locatie van CPCs en Aethalometers	
Starttijd (hh:mm:ss)	
Eindtijd (hh:mm:ss)	

Overige opmerkingen/bijzonderheden:

CPC check:
- O Check hepafilter voor
- O Check tijd synchroon
- O Isopropanol in CPC

Algemene check:
- O Check windvenster
- O Foto's meetlocatie

Veiligheids- en Gezondheidsregio Gelderland-Midden

Datum:

Pag.nr.:

Veldformulier scheepvaart: Noteer als tijd het moment waarop de boot met de voorkant van de boot ter hoogte van de meetopstelling vaart

Tijd (hh:mm:ss)	Vrachtboot	Anders	Stroom-op/ -af	Belading (Vol/half/ leeg)	Afstand wal (m)	Aflezen piek-waarde (event.)	Bijzonderheden bv naam / zichtbare pluim / fotonr* e.d.

Veldformulier voor registratie dieseltreinen

Naam / namen onderzoeker	
Datum	

Info Metingen	**Omschrijving / adres**	**Afstand rails (m)**	**CPC Code** (827 of 828)	**Aethalo m. Code** (414 of 430)	**Starttijd meting**	**Eindtijd Meting**	**Bijzonderheden / storingen e.d.**
Meetlocatie	Adres: GPS X: GPS Y:						
Achtergrond	Adres: GPS X: GPS Y:						

Meteo	**Tijdstip (hh:mm)**	**Windrichting (°)**	**Windsnelheid (m/s)**	**Temperatuur (°C)**
Voor start metingen				
Tussentijds				
Tussentijds				
Na afloop metingen				

Maak enkele mooie foto's, voor in artikel / rapport. Fotonr: Je kunt je camera meestal zo instellen dat hij het fotonr op de display laat zien. Als het niet lukt:

Parallelmeting op belaste locatie van CPCs en Aethalometers	
Starttijd (hh:mm:ss)	
Eindtijd (hh:mm:ss)	

Overige opmerkingen/bijzonderheden:

CPC check:
- O Check hepafilter voor
- O Check tijd synchroon
- O Isopropanol in CPC

Algemene check:
- O Check windvenster
- O Foto's meetlocatie

Aeth check :
- O Filter verwisseld ja/nee

Veiligheids- en Gezondheidsregio Gelderland-Midden

Veldformulier treinen: Noteer als tijd het moment waarop de trein met de voorkant van de trein ter hoogte is van de meetopstelling

Locatie :
Datum:
Pag nr :

Tijd (hh:mm:ss)	Diesel / Electrisch (D/E)	Goederen/ Passagier (G/P)	Snelheid ± km/u	Richting	Aantal wagons/bakken	Aflezen piek-waarde (event.)	Bijzonderheden bv naam / zichtbare pluim / fotonr*. e.d.

Bijlage 3 Overzicht van de meteorologische omstandigheden tijdens alle meetdagen

Overzicht metereologische omstandighden tijdens meetdagen (KNMI, 2012)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	**Datum**	**Meetlocatie**	**Meettijd**	**Wind genoteerd**	**Weerstation**	**Gem. windrichting**	**Gem. windrichting**	**uurgem snelh**	**temp**	**tijd regen**	**Windr_min**	**Windr_max**
2						**gr.**	**tekst**	**m/s**	**gr**	**mm**	**gr**	**gr**
3	29-5-2012	Nieuwegein (oost)	11.40-16.05	NNW sterk	De Bilt	320	NNW	2,2	17,,1	0,0	310	340
4	30-5-2012	Nieuwegein (oost)	10.40-15.30	ZZW matig-sterk	De Bilt	288	W	2,0	19,9	0,0	270	310
5	31-5-2012	Arnhem (zuid)	11.55-14.00	W (var.)	Deelen	247	WZW	5,7	17,2	0,0	210	270
6	31-5-2012	Arnhem (noord)	14.10-16.00	ZW (var.)	Deelen	247	WZW	5,7	17,2	0,0	210	270
7	1-6-2012	Arnhem (zuid)	10.10-14.20	NW zwak	Deelen	315	NW	4,3	14,4	0,0	290	340
8	5-6-2012	Arnhem (noord)	10.30-14.30	NNW-W (deels parallel)	Deelen	213	ZW	2,7	13,5	0,0	170	260
9	7-6-2012	Nijmegen (Noord)	15.55-15.35	ZW	Volkel	150	ZZO	4,2	20,4	0,0	110	180
10	8-6-2012	Nieuwegein (oost)	10.20-14.40	ZZW zeer sterk	De Bilt	220	ZW	8,0	16,7	0,1	210	240
11	12-6-2012	Nijmegen (zuid)	10.55-15.50	NW	Volkel	325	NW	2,8	15,9	0,4	290	340
12	13-6-2012	Nijmegen (zuid)	10.05-14.30	NW	Volkel	270	W	2,5	14,0	0,0	210	310
13	14-6-2012	Arnhem (zuid)	11.20-15.25	eerst NNW, draaiend NNO, O	Deelen	58 (zeer variabel)	ONO	1,8	16,2	0,0	50	350
14	18-6-2012	Zutphen	12.15-16.00	NW matig	Hupsel	262	W	4,3	17,6	0,0	240	290
15	19-6-2012	Zutphen	9.30-14.00	ZO 1-2 m/s	Hupsel	325	NW	1,2	18,5	0,0	40	260
16	20-6-2012	Nijmegen (zuid)	11.30-16.00	NO (parallel)	Volkel	32	NNO	3,8	20,7	0,0	20	50
17	21-6-2012	Nijmegen (Noord)	10.30-15.00	ZW/ZO draaiend	Volkel	95	O	5,0	21,2	0,0	90	110
18	25-6-2012	Zutphen	afgebroken door teveel wind	NW 5-6	De Bilt	280	W	6,8				
19	26-6-2012	Nieuwegein (oost)	11.50-15.40	NNW zwak	De Bilt	320	NW	2,7	19,5	0,0	260	340
20	27-6-2012	Nieuwegein (oost)	8.55-13.35	ZZW sterk-zeer sterk	De Bilt	261	W	3,2	19,3	0,1	240	290
21	28-6-2012	Arnhem (noord)	10.10-14.10	variabel, zwak, parallel ZO	Deelen	130	ZO	5,5	26,1	0,0	120	150
22	2-7-2012	Zutphen	10.20-14.20	Z 1-2 m/s	Hupsel	193	ZZW	2,3	18,5	0,0	130	230
23	3-7-2012	Ermelo	19.15-21.00	variabel, zwak, parallel Z	Lelystad	205	ZZW	3,8	22,7	0,0	180	240

Bijlage 4 Gemiddelde, mediaan, minimum en maximum van de ultrafijne stofdeeltjes en roetconcentraties van alle meetlocaties

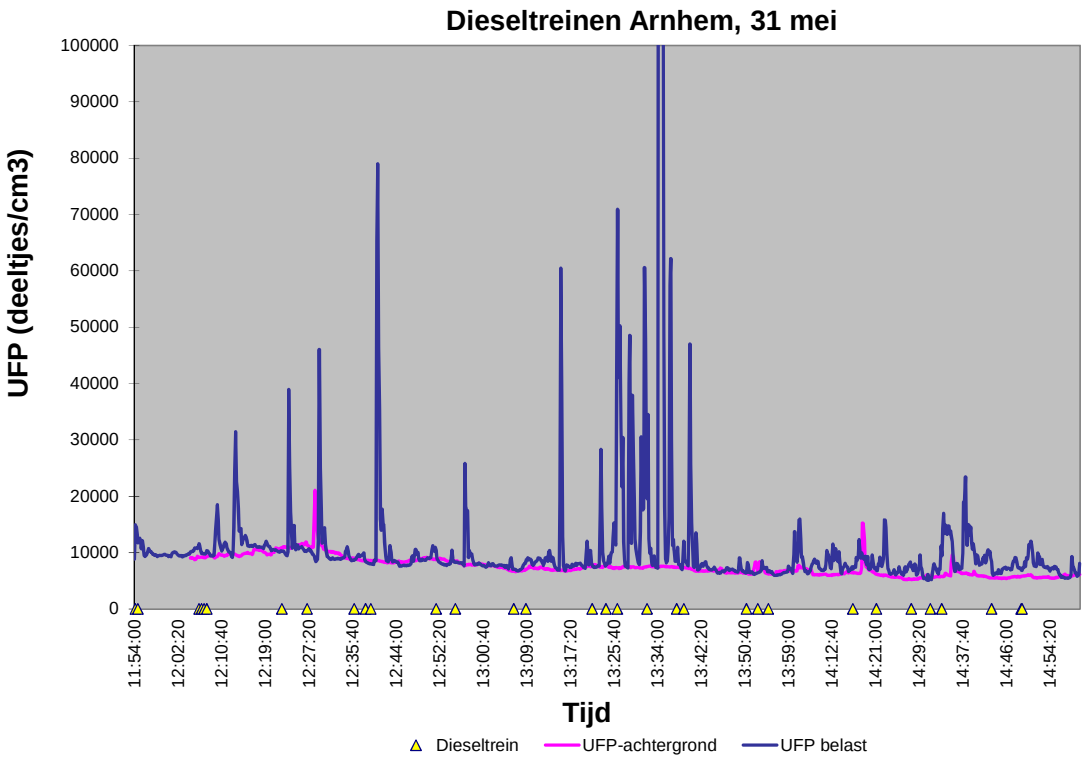
Tabel 1 Concentraties ultrafijne deeltjes op de meetlocaties en achtergrondlocaties
Afgerond op 100 tallen

Plaats	Meetdatum	Ultrafijn stof Belaste meetlocatie (aantal deeltjes/cm3)					Ultrafijn stof Achtergrondlocatie (aantal deeltjes/cm³)				
		Aantal	Gemiddelde	Mediaan	Minimum	Maximum	Aantal	Gemiddelde	Mediaan	Minimum	Maximum
nieuwegein	29-mei-2012	1290	9800	7800	4200	164300	1290	7900	6900	3700	44500
nieuwegein	30-mei-2012	1731	8200	6900	4900	150000	1731	7400	6200	4700	169400
nieuwegein	08-jun-2012	1342	26300	24700	15300	89900	1342	19900	18000	7500	71500
nieuwegein	26-jun-2012	1345	4900	4100	3000	69100	1345	4100	3900	2900	41000
nieuwegein	27-jun-2012	1264	5500	4700	3100	87800	1264	5400	5200	2900	56900
nijmegen	07-jun-2012	1383	10600	8400	4900	86300	1383	6600	5400	3700	15100
nijmegen	12-jun-2012	1482	5000	4200	2900	56700	1482	4200	4000	2400	17500
nijmegen	13-jun-2012	1423	9700	8200	4400	117300	1423	7400	6500	3900	16300
nijmegen	20-jun-2012	1414	4700	4300	3400	23600	1414	5000	4400	3600	41900
nijmegen	21-jun-2012	1513	5200	3700	2400	82300	1513	3700	3400	1800	12500
arnhem	31-mei-2012	1231	10600	8300	5100	246700	1231	7400	7000	5200	21000
arnhem	01-jun-2012	1069	11200	7600	2500	129000	1069	10800	9000	4300	83300
arnhem	05-jun-2012	1351	10000	9200	4400	35000	1351	8500	8000	5100	23300
arnhem	14-jun-2012	1459	6700	5600	3800	80200	1459	5200	5200	3200	16800
arnhem	28-jun-2012	874	14000	12200	6700	42200	874	12800	10100	7600	25300
zutphen	18-jun-2012	1265	5200	4700	2700	62700	1265	3900	4000	2500	8000
zutphen	19-jun-2012	1376	3100	2800	2100	61400	1376	2700	2500	1700	28300
zutphen	02-jul-2012	1307	7900	7300	3400	33800	1307	4600	4300	2800	9800

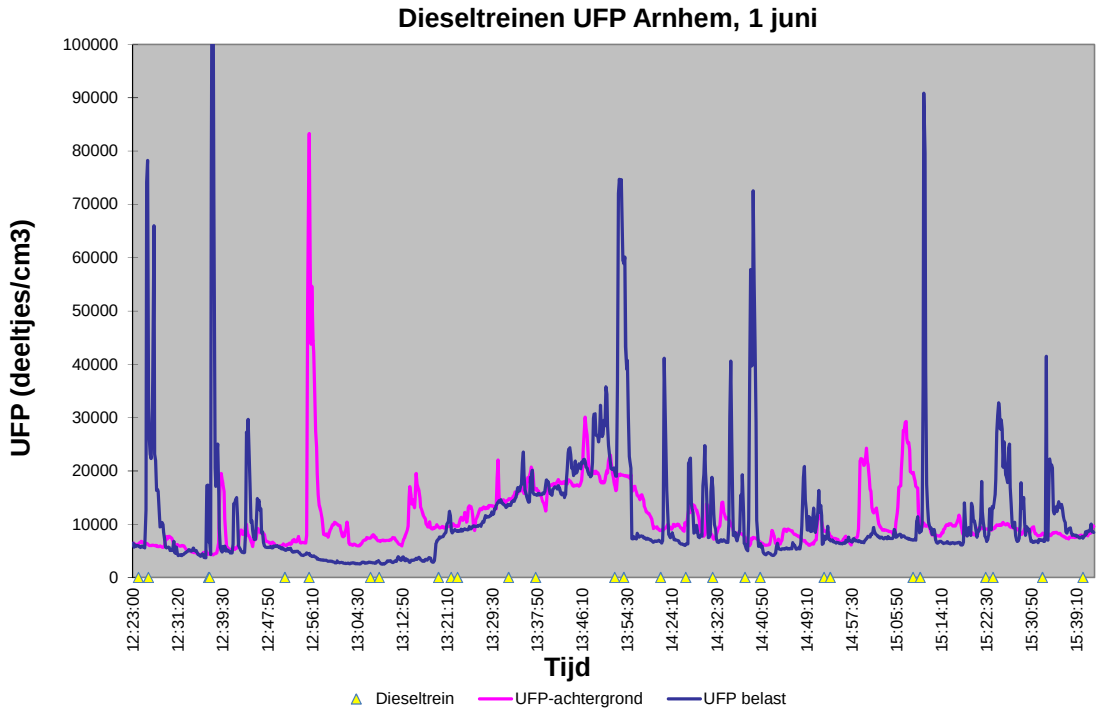
Tabel 2 Concentraties roet (Black Carbon) op de meetlocaties en achtergrondlocaties. Roetconcentraties gecorrigeerd met EPA software (Hagler et al., 2011)

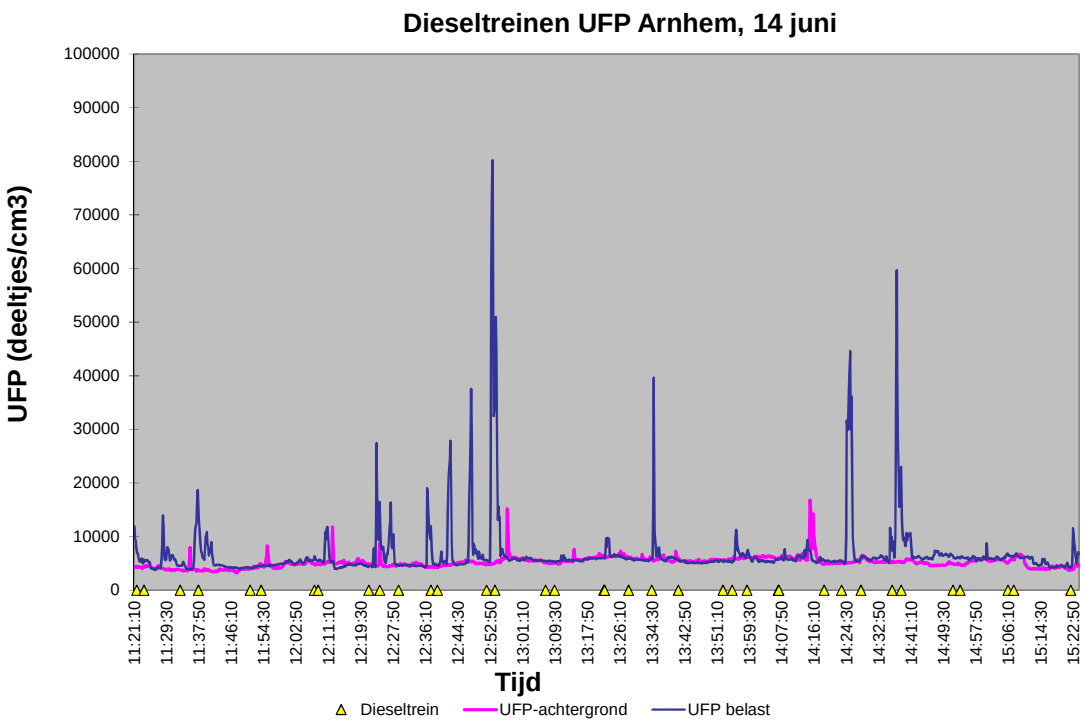
Plaats	Meetdatum	Roet (BC-EPA) Belaste meetlocatie (µg/m³)					Roet (BC-EPA) Achtergrondlocatie (µg/m³)				
		Aantal	Gemiddelde	Mediaan	Minimum	Maximum	Aantal	Gemiddelde	Mediaan	Minimum	Maximum
nieuwegein	29-mei-2012	1429	1,43	1,15	0,14	40,93	1278	1,60	1,00	0,33	38,51
nieuwegein	30-mei-2012	1813	0,95	0,66	0,18	85,52	1734	0,60	0,40	0,01	17,24
nieuwegein	08-jun-2012	1342	0,58	0,34	-0,29	46,26	1342	0,56	0,37	0,11	11,01
nieuwegein	26-jun-2012	1402	0,91	0,61	0,14	183,41	1352	1,03	0,53	0,27	201,42
nieuwegein	27-jun-2012	1264	0,86	0,44	0,13	28,33	1264	1,25	1,02	0,17	20,66
nijmegen	07-jun-2012	1383	0,64	0,59	0,13	90,09	1383	0,44	0,41	0,30	0,87
nijmegen	12-jun-2012	1482	0,87	0,65	0,21	37,05	1482	0,71	0,66	0,16	6,51
nijmegen	13-jun-2012	1452	0,74	0,60	0,06	17,47	1417	0,27	0,23	0,10	0,69
nijmegen	20-jun-2012	1414	0,66	0,49	0,10	43,33	1414	0,64	0,59	0,39	1,91
nijmegen	21-jun-2012	1513	0,97	0,50	0,06	96,19	1513	0,80	0,76	0,47	1,57
arnhem	31-mei-2012	1295	1,96	1,66	0,57	13,00	1295	1,41	1,34	0,64	4,19
arnhem	01-jun-2012	1069	0,54	0,48	0,11	5,07	1069	0,56	0,51	0,27	6,33
arnhem	05-jun-2012	1400	0,64	0,29	0,06	44,84	1345	0,24	0,24	0,04	1,14
arnhem	14-jun-2012	1459	0,36	0,29	0,09	8,50	1459	0,31	0,09	0,07	75,21
arnhem	28-jun-2012	874	1,46	1,35	0,16	13,88	874	1,55	0,68	0,14	99,49
zutphen	18-jun-2012	1265	0,48	0,09	-0,03	2,99	1265	0,50	0,50	0,16	1,77
zutphen	19-jun-2012	1376	0,57	0,33	-0,04	141,05	1376	0,46	0,43	0,09	1,94
zutphen	02-jul-2012	1307	0,49	0,12	0,08	13,00	1307	0,41	0,46	0,04	1,28

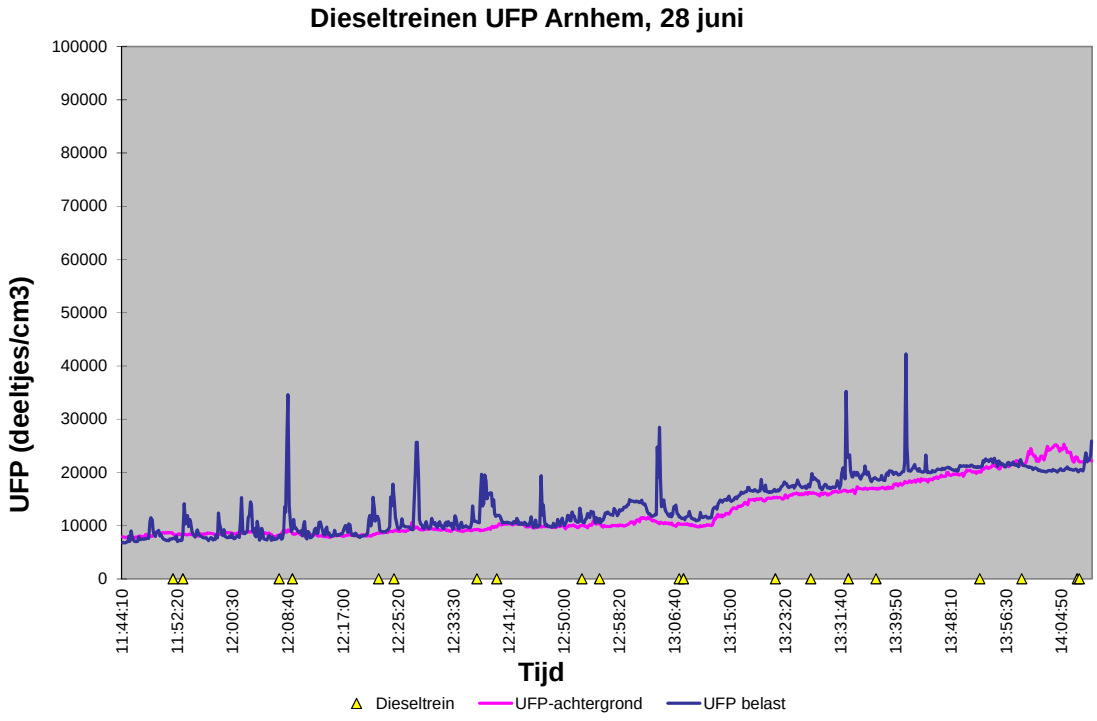
Bijlage 5 Overzicht van alle dagelijkse metingen van ultrafijnstof (UFP) en roet voor de belaste en de achtergrondlocatie.

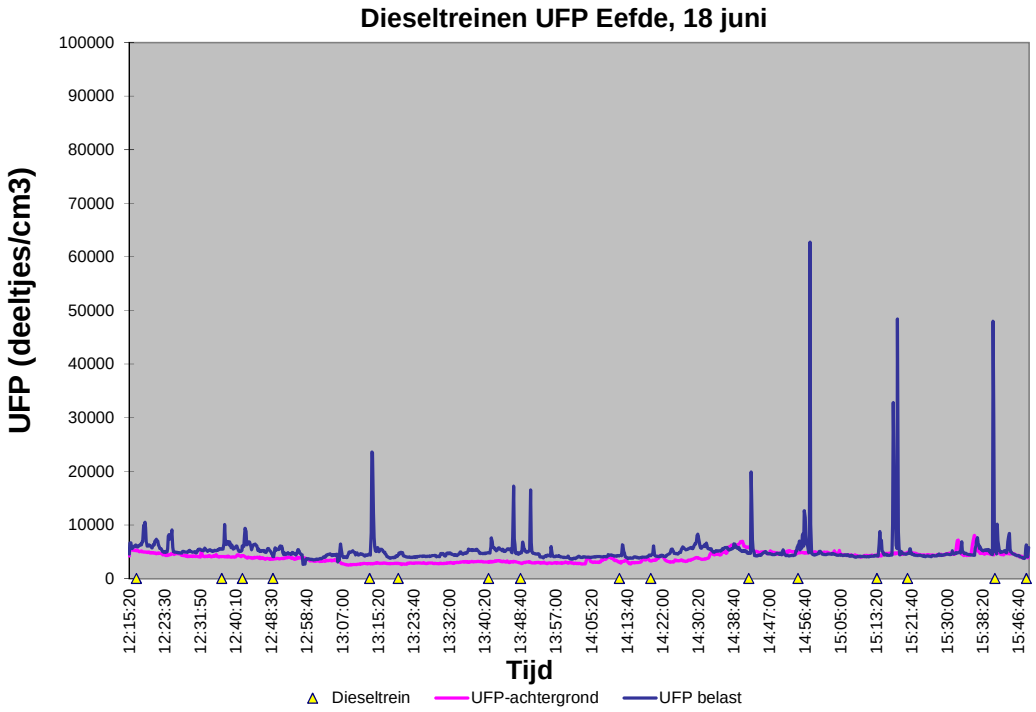


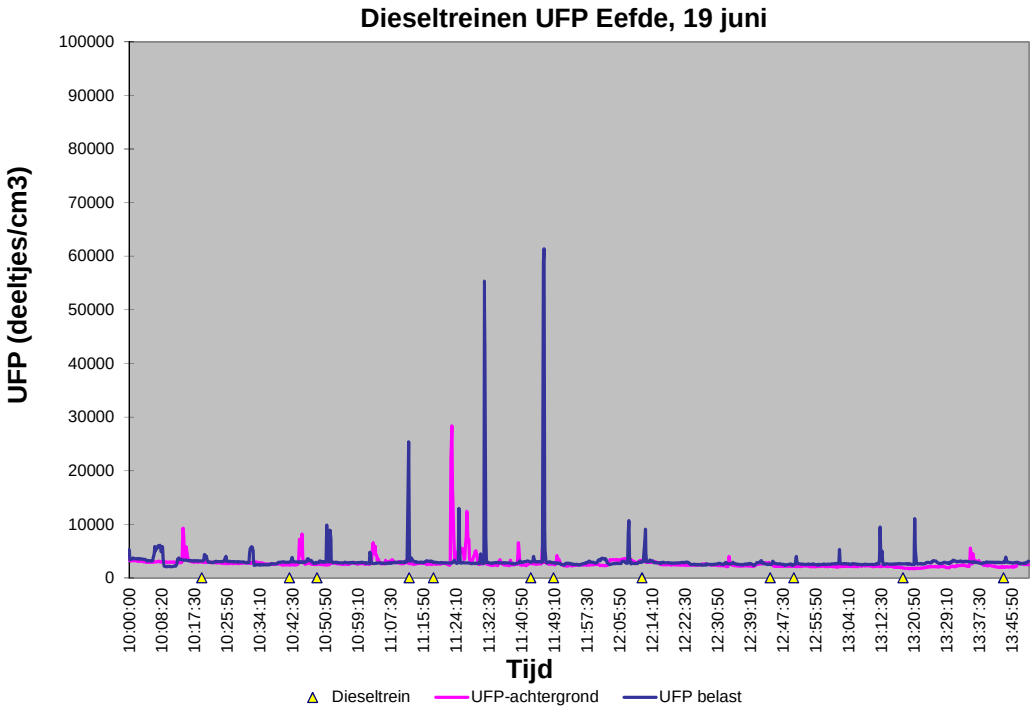
(vanaf 14.00 uur is aan andere zijde spoor gemeten, vanwege draaiende wind)

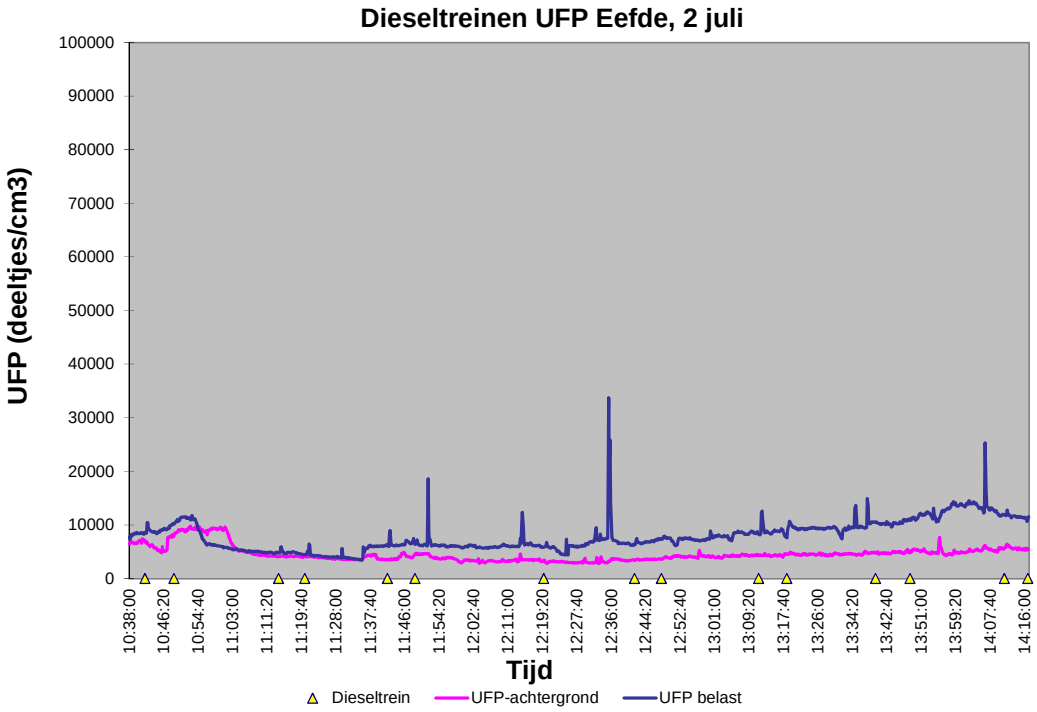


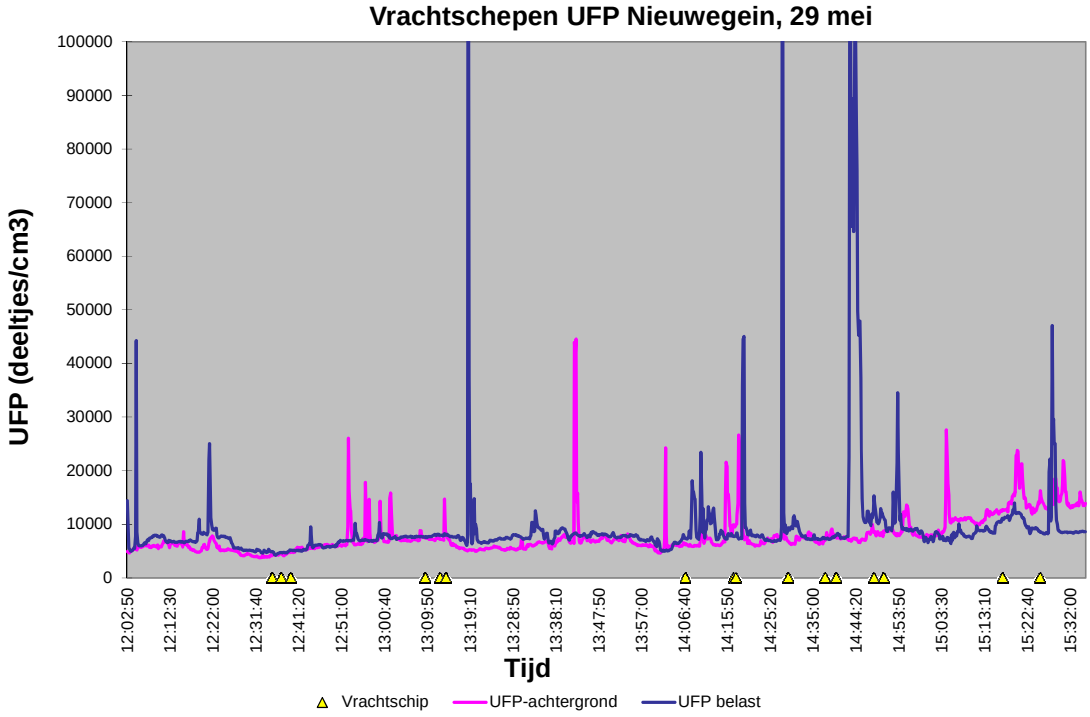

Dieseltreinen UFP Arnhem, 14 juni
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
11:21:10
11:29:30
11:37:50
11:46:10
11:54:30
12:02:50
12:11:10
12:19:30
12:27:50
12:36:10
12:44:30
12:52:50
13:01:10
13:09:30
13:17:50
13:26:10
13:34:30
13:42:50
13:51:10
13:59:30
14:07:50
14:16:10
14:24:30
14:32:50
14:41:10
14:49:30
14:57:50
15:06:10
15:14:30
15:22:50
Tijd
Dieseltrein
UFP-achtergrond
UFP belast

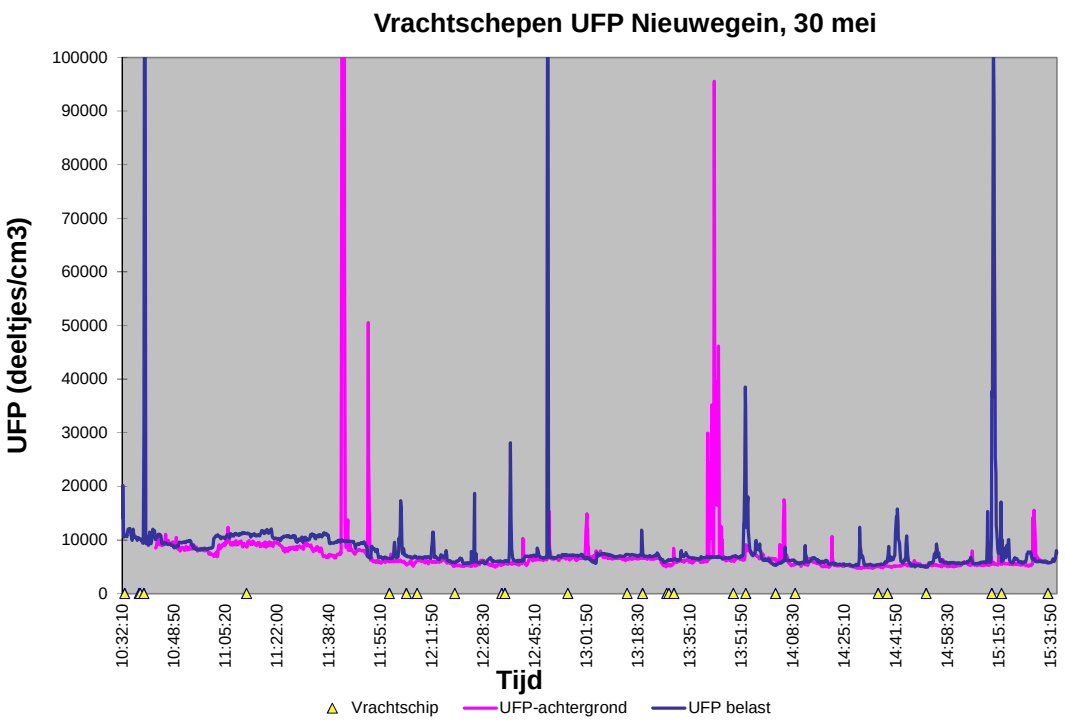

Dieseltreinen UFP Arnhem, 28 juni
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
11:44:10
11:52:20
12:00:30
12:08:40
12:17:00
12:25:20
12:33:30
12:41:40
12:50:00
12:58:20
13:06:40
13:15:00
13:23:20
13:31:40
13:39:50
13:48:10
13:56:30
14:04:50
Tijd
Dieseltrein
UFP-achtergrond
UFP belast

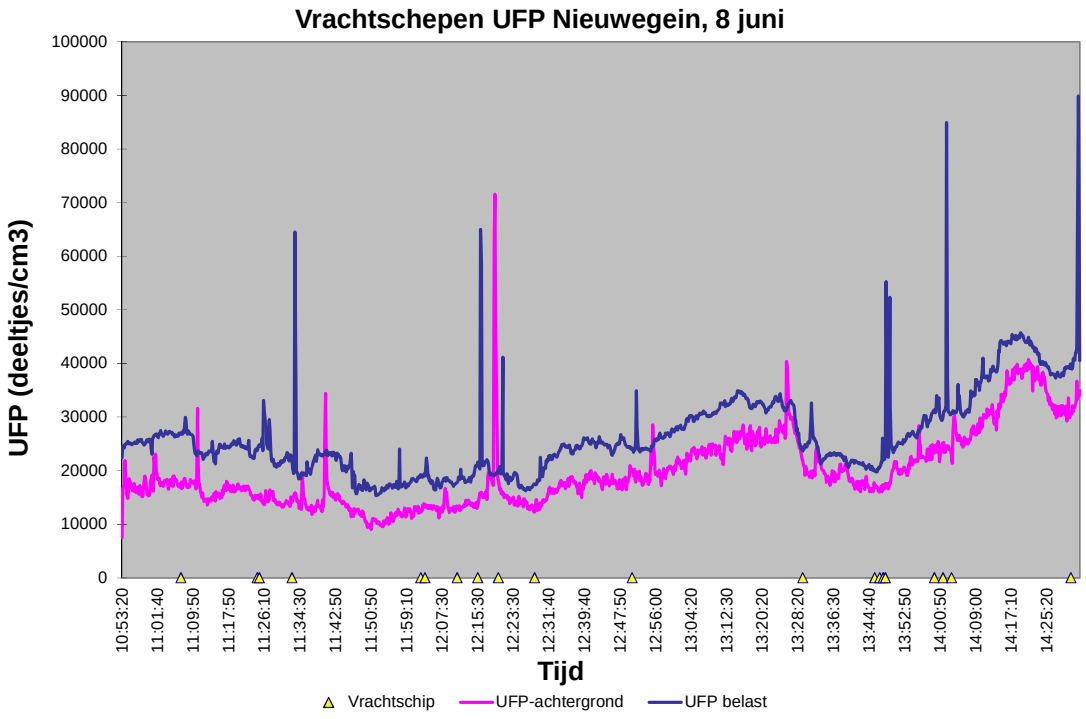

Dieseltreinen UFP Eefde, 18 juni
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
12:15:20
12:23:30
12:31:50
12:40:10
12:48:30
12:58:40
13:07:00
13:15:20
13:23:40
13:32:00
13:40:20
13:48:40
13:57:00
14:05:20
14:13:40
14:22:00
14:30:20
14:38:40
14:47:00
14:56:40
15:05:00
15:13:20
15:21:40
15:30:00
15:38:20
15:46:40
Tijd
Dieseltrein
UFP-achtergrond
UFP belast

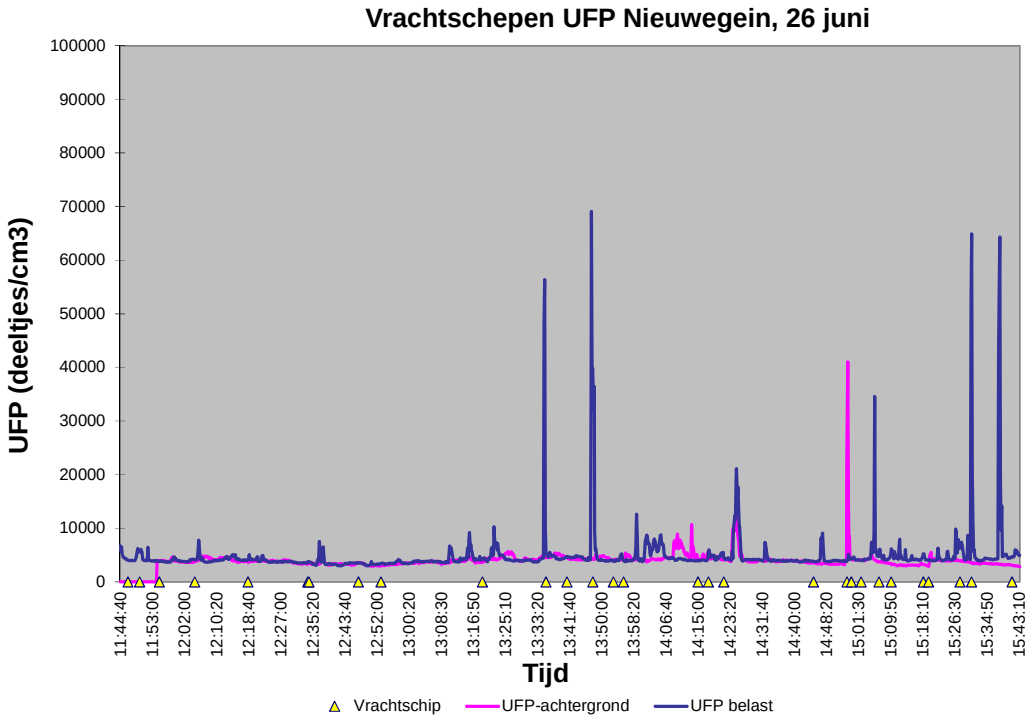

Dieseltreinen UFP Eefde, 19 juni
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
10:00:00
10:08:20
10:17:30
10:25:50
10:34:10
10:42:30
10:50:50
10:59:10
11:07:30
11:15:50
11:24:10
11:32:30
11:40:50
11:49:10
11:57:30
12:05:50
12:14:10
12:22:30
12:30:50
12:39:10
12:47:30
12:55:50
13:04:10
13:12:30
13:20:50
13:29:10
13:37:30
13:45:50
Tijd
Dieseltrein
UFP-achtergrond
UFP belast

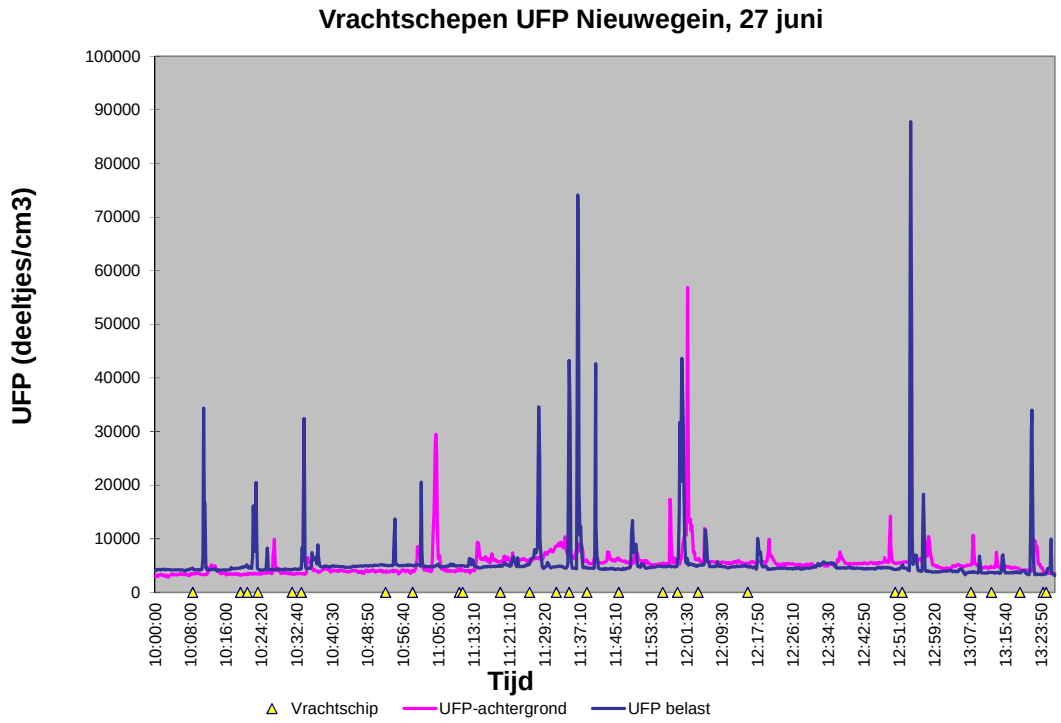

Dieseltreinen UFP Eefde, 2 juli
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
10:38:00
10:46:20
10:54:40
11:03:00
11:11:20
11:19:40
11:28:00
11:37:40
11:46:00
11:54:20
12:02:40
12:11:00
12:19:20
12:27:40
12:36:00
12:44:20
12:52:40
13:01:00
13:09:20
13:17:40
13:26:00
13:34:20
13:42:40
13:51:00
13:59:20
14:07:40
14:16:00
Tijd
Dieseltrein
UFP-achtergrond
UFP belast

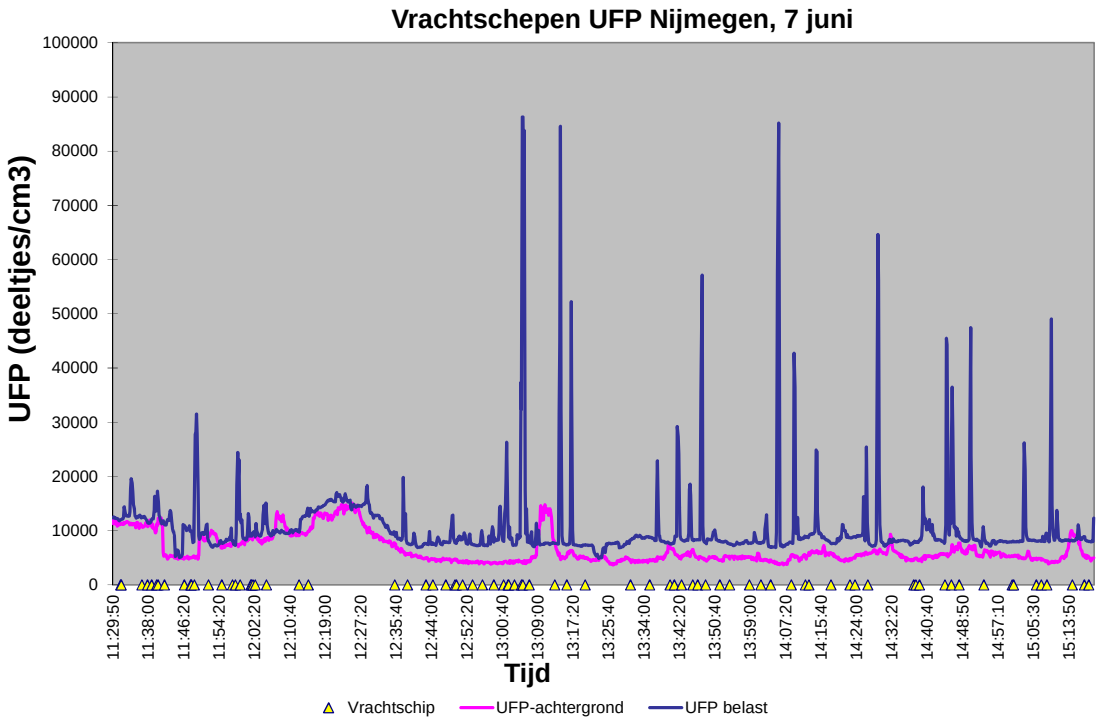

Vrachtschepen UFP Nieuwegein, 29 mei
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
12:02:50
12:12:30
12:22:00
12:31:40
12:41:20
12:51:00
13:00:40
13:09:50
13:19:10
13:28:50
13:38:10
13:47:50
13:57:00
14:06:40
14:15:50
14:25:20
14:35:00
14:44:20
14:53:50
15:03:30
15:13:10
15:22:40
15:32:00
Tijd
Vrachtschip
UFP-achtergrond
UFP belast

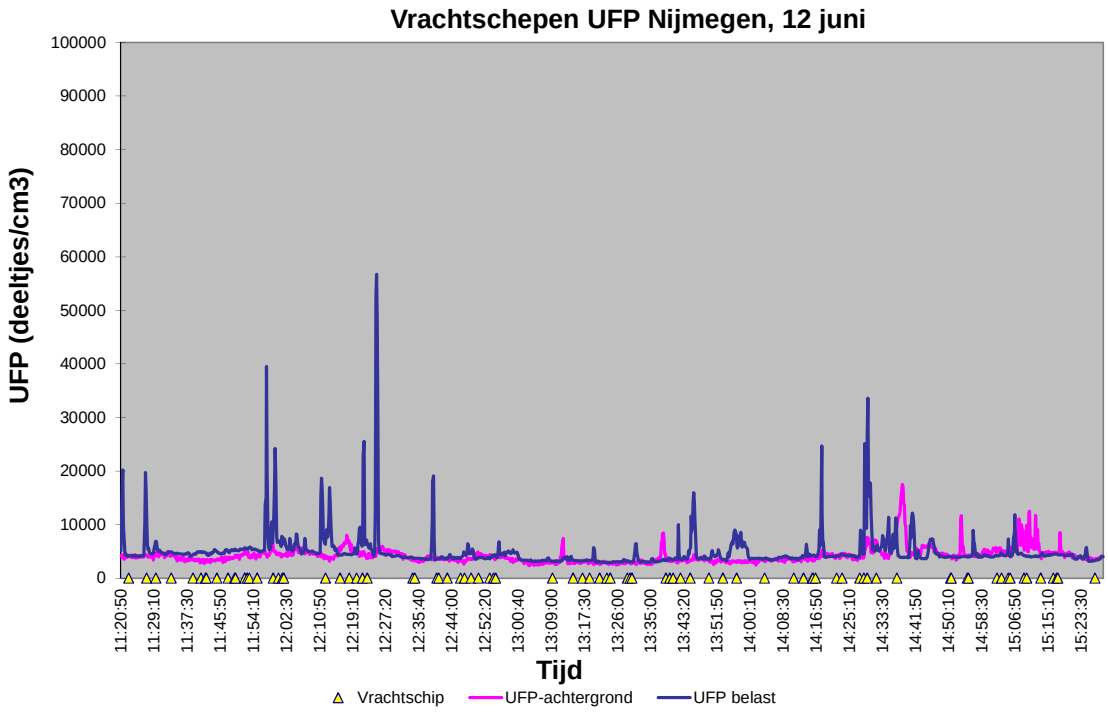

Vrachtschepen UFP Nieuwegein, 30 mei
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
10:32:10
10:48:50
11:05:20
11:22:00
11:38:40
11:55:10
12:11:50
12:28:30
12:45:10
13:01:50
13:18:30
13:35:10
13:51:50
14:08:30
14:25:10
14:41:50
14:58:30
15:15:10
15:31:50
Tijd
Vrachtschip
UFP-achtergrond
UFP belast

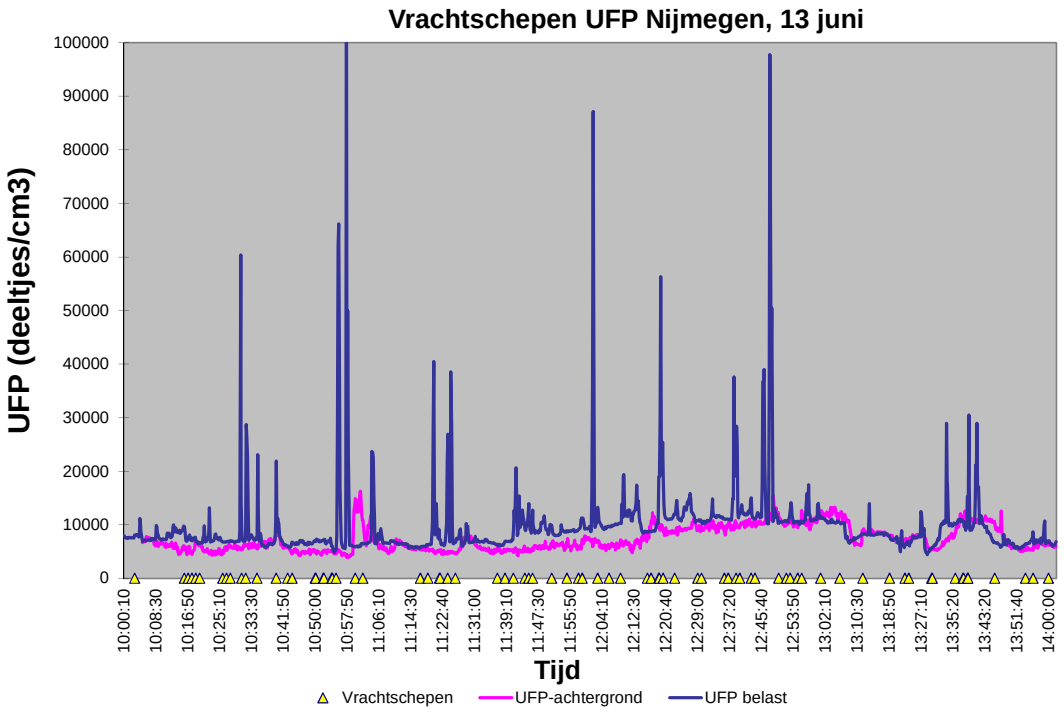

Vrachtschepen UFP Nieuwegein, 8 juni
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
10:53:20
11:01:40
11:09:50
11:17:50
11:26:10
11:34:30
11:42:50
11:50:50
11:59:10
12:07:30
12:15:30
12:23:30
12:31:40
12:39:40
12:47:50
12:56:00
13:04:20
13:12:30
13:20:20
13:28:20
13:36:30
13:44:40
13:52:50
14:00:50
14:09:00
14:17:10
14:25:20
Tijd
Vrachtschip
UFP-achtergrond
UFP belast

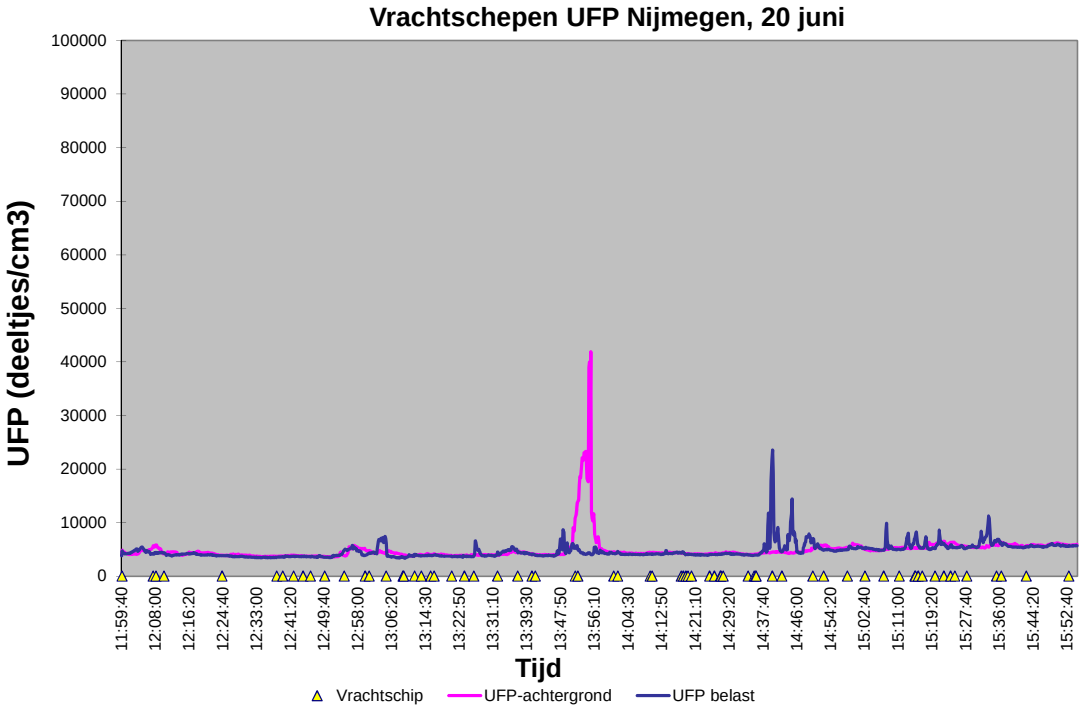

Vrachtschepen UFP Nieuwegein, 26 juni
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
11:44:40
11:53:00
12:02:00
12:10:20
12:18:40
12:27:00
12:35:20
12:43:40
12:52:00
13:00:20
13:08:30
13:16:50
13:25:10
13:33:20
13:41:40
13:50:00
13:58:20
14:06:40
14:15:00
14:23:20
14:31:40
14:40:00
14:48:20
15:01:30
15:09:50
15:18:10
15:26:30
15:34:50
15:43:10
Tijd
Vrachtschip
UFP-achtergrond
UFP belast

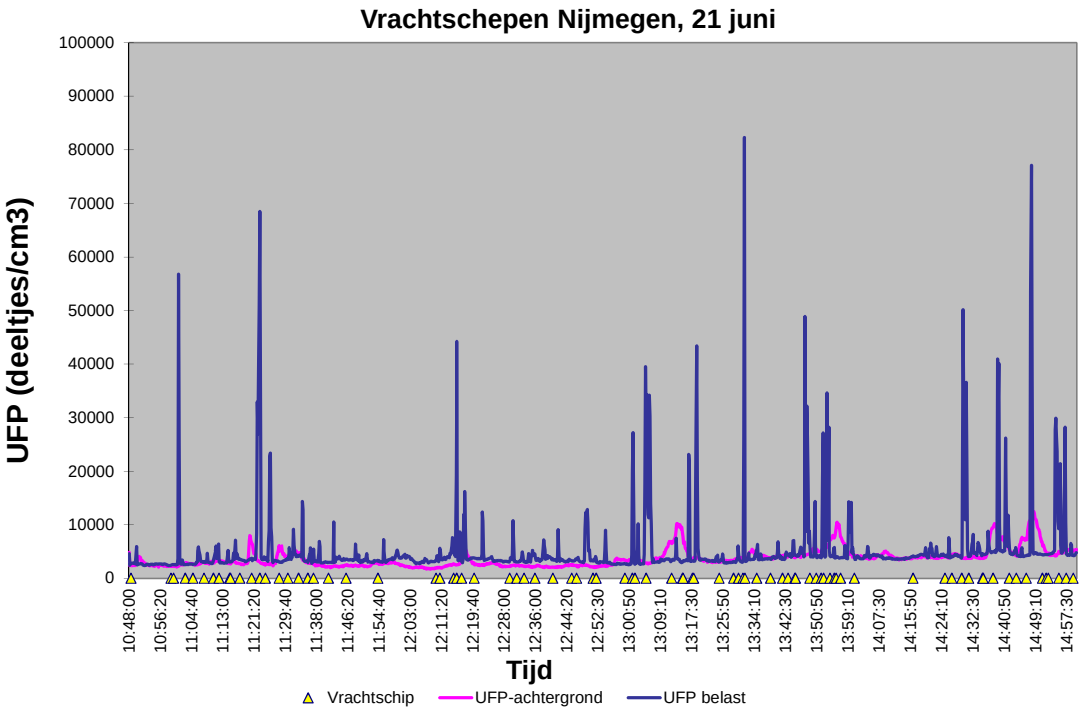

Vrachtschepen UFP Nieuwegein, 27 juni
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
10:00:00
10:08:00
10:16:00
10:24:20
10:32:40
10:40:30
10:48:50
10:56:40
11:05:00
11:13:10
11:21:10
11:29:20
11:37:10
11:45:10
11:53:30
12:01:30
12:09:30
12:17:50
12:26:10
12:34:30
12:42:50
12:51:00
12:59:20
13:07:40
13:15:40
13:23:50
Tijd
Vrachtschip
UFP-achtergrond
UFP belast

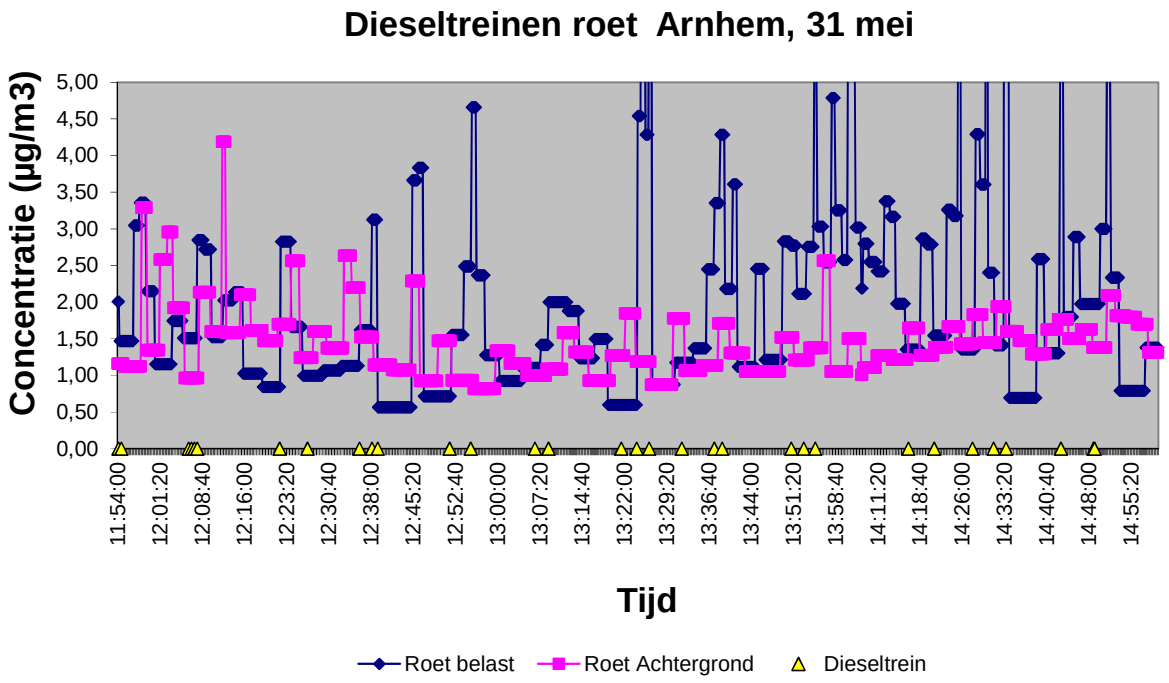

Vrachtschepen UFP Nijmegen, 7 juni
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
11:29:50
11:38:00
11:46:20
11:54:20
12:02:20
12:10:40
12:19:00
12:27:20
12:35:40
12:44:00
12:52:20
13:00:40
13:09:00
13:17:20
13:25:40
13:34:00
13:42:20
13:50:40
13:59:00
14:07:20
14:15:40
14:24:00
14:32:20
14:40:40
14:48:50
14:57:10
15:05:30
15:13:50
Tijd
Vrachtschip
UFP-achtergrond
UFP belast

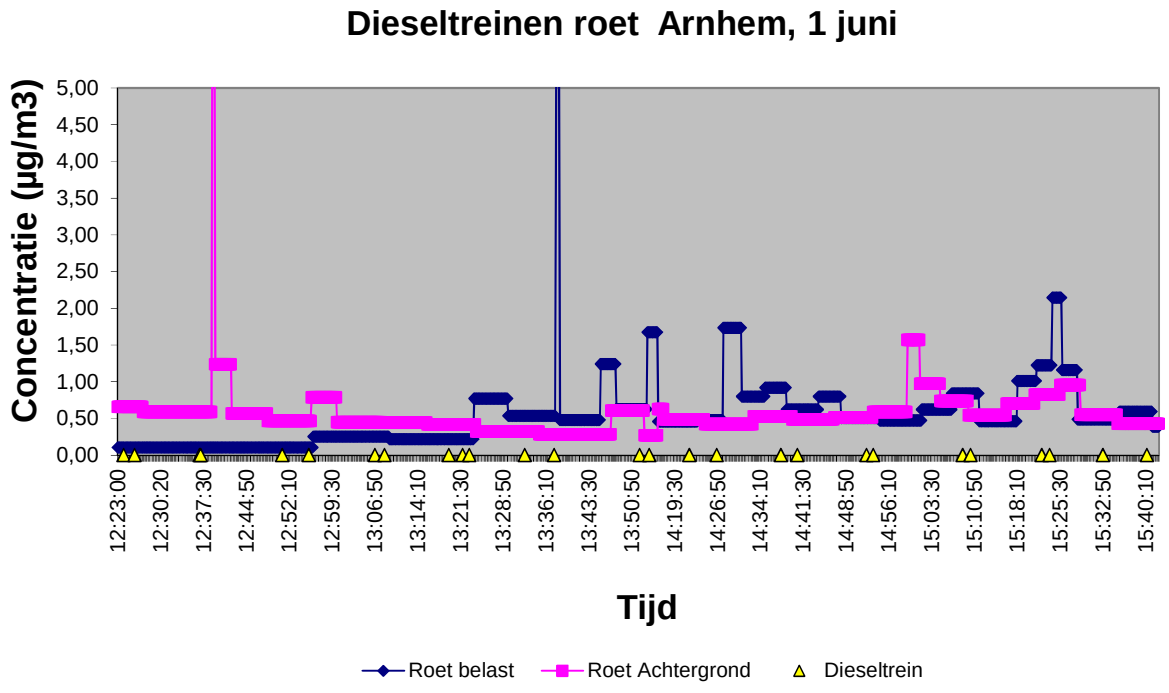

Vrachtschepen UFP Nijmegen, 12 juni
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
11:20:50
11:29:10
11:37:30
11:45:50
11:54:10
12:02:30
12:10:50
12:19:10
12:27:20
12:35:40
12:44:00
12:52:20
13:00:40
13:09:00
13:17:30
13:26:00
13:35:00
13:43:20
13:51:50
14:00:10
14:08:30
14:16:50
14:25:10
14:33:30
14:41:50
14:50:10
14:58:30
15:06:50
15:15:10
15:23:30
Tijd
Vrachtschip
UFP-achtergrond
UFP belast

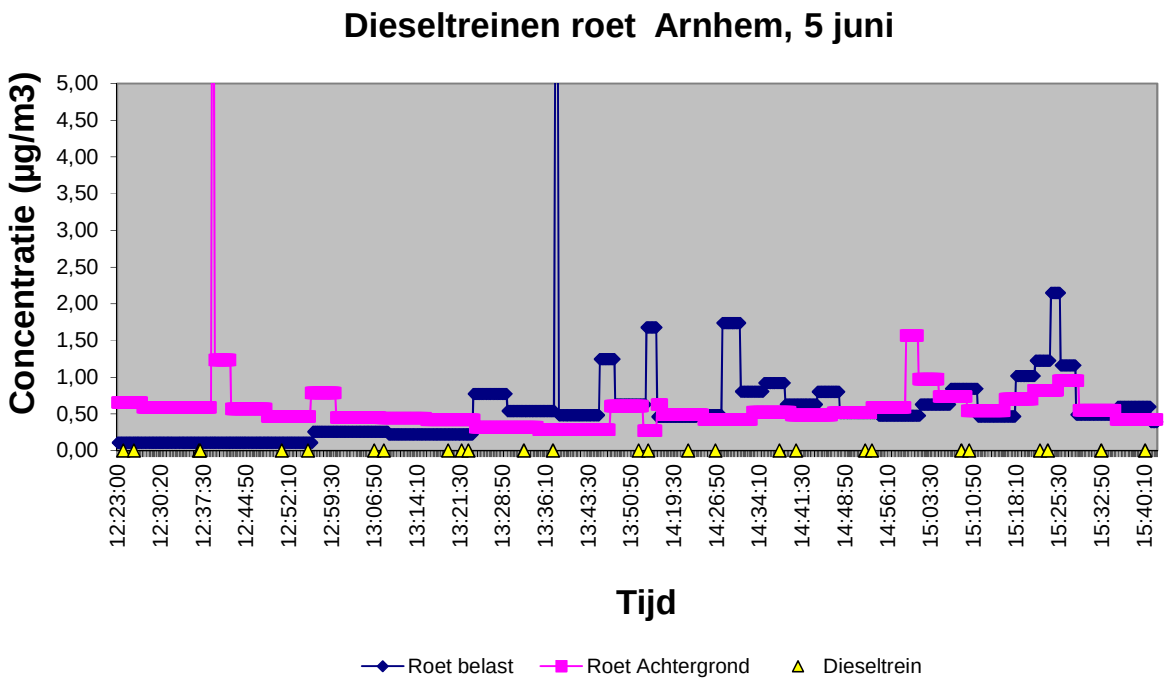

Vrachtschepen UFP Nijmegen, 13 juni
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
10:00:10
10:08:30
10:16:50
10:25:10
10:33:30
10:41:50
10:50:00
10:57:50
11:06:10
11:14:30
11:22:40
11:31:00
11:39:10
11:47:30
11:55:50
12:04:10
12:12:30
12:20:40
12:29:00
12:37:20
12:45:40
12:53:50
13:02:10
13:10:30
13:18:50
13:27:10
13:35:20
13:43:20
13:51:40
14:00:00
Tijd
Vrachtschepen
UFP-achtergrond
UFP belast

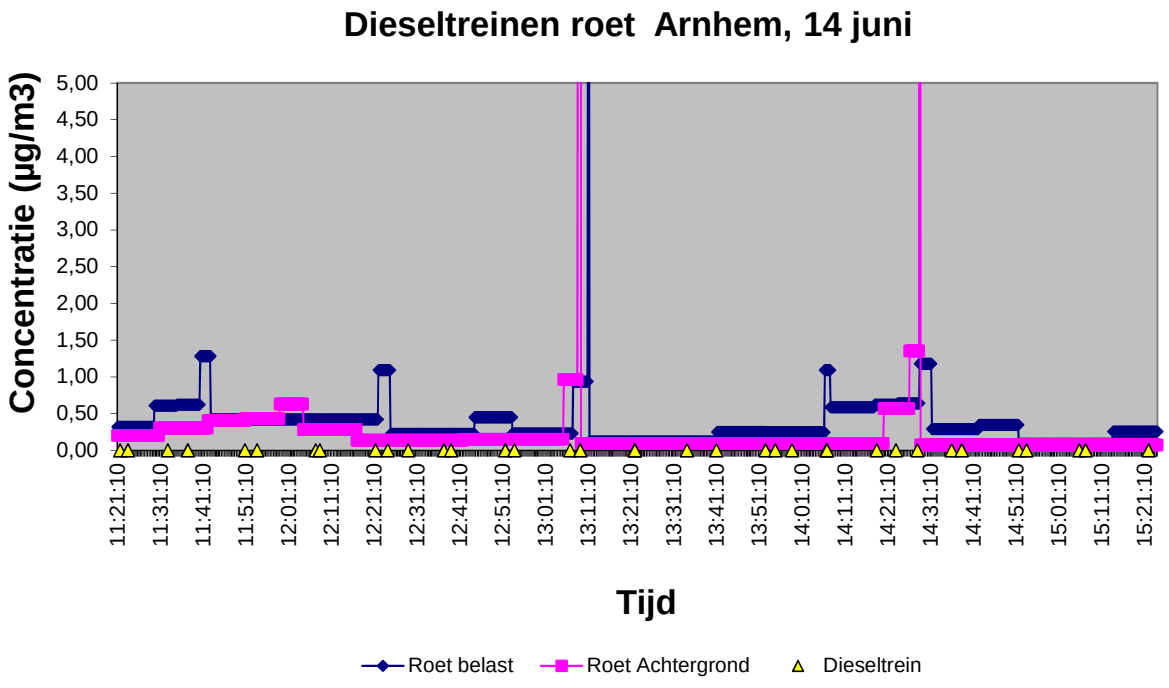

Vrachtschepen UFP Nijmegen, 20 juni
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
11:59:40
12:08:00
12:16:20
12:24:40
12:33:00
12:41:20
12:49:40
12:58:00
13:06:20
13:14:30
13:22:50
13:31:10
13:39:30
13:47:50
13:56:10
14:04:30
14:12:50
14:21:10
14:29:20
14:37:40
14:46:00
14:54:20
15:02:40
15:11:00
15:19:20
15:27:40
15:36:00
15:44:20
15:52:40
Tijd
Vrachtschip
UFP-achtergrond
UFP belast

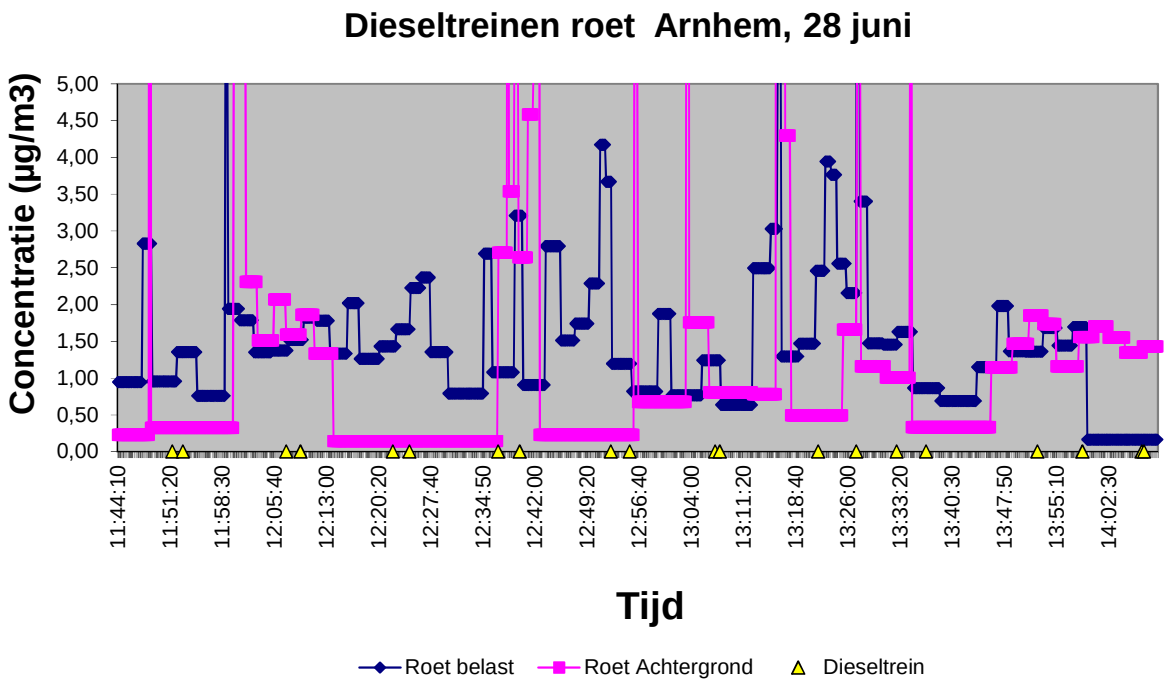

Vrachtschepen Nijmegen, 21 juni
UFP (deeltjes/cm3)
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
10:48:00
10:56:20
11:04:40
11:13:00
11:21:20
11:29:40
11:38:00
11:46:20
11:54:40
12:03:00
12:11:20
12:19:40
12:28:00
12:36:00
12:44:20
12:52:30
13:00:50
13:09:10
13:17:30
13:25:50
13:34:10
13:42:30
13:50:50
13:59:10
14:07:30
14:15:50
14:24:10
14:32:30
14:40:50
14:49:10
14:57:30
Tijd
Vrachtschip
UFP-achtergrond
UFP belast

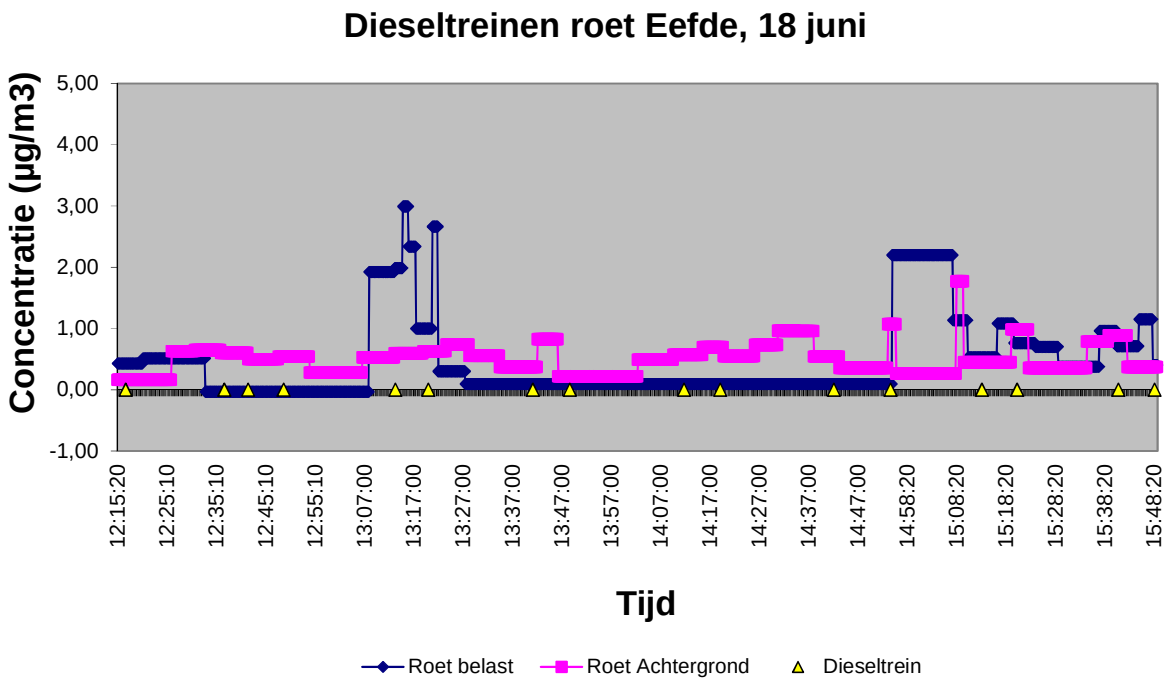

Dieseltreinen roet Arnhem, 31 mei
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
11:54:00
12:01:20
12:08:40
12:16:00
12:23:20
12:30:40
12:38:00
12:45:20
12:52:40
13:00:00
13:07:20
13:14:40
13:22:00
13:29:20
13:36:40
13:44:00
13:51:20
13:58:40
14:11:20
14:18:40
14:26:00
14:33:20
14:40:40
14:48:00
14:55:20
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Dieseltrein

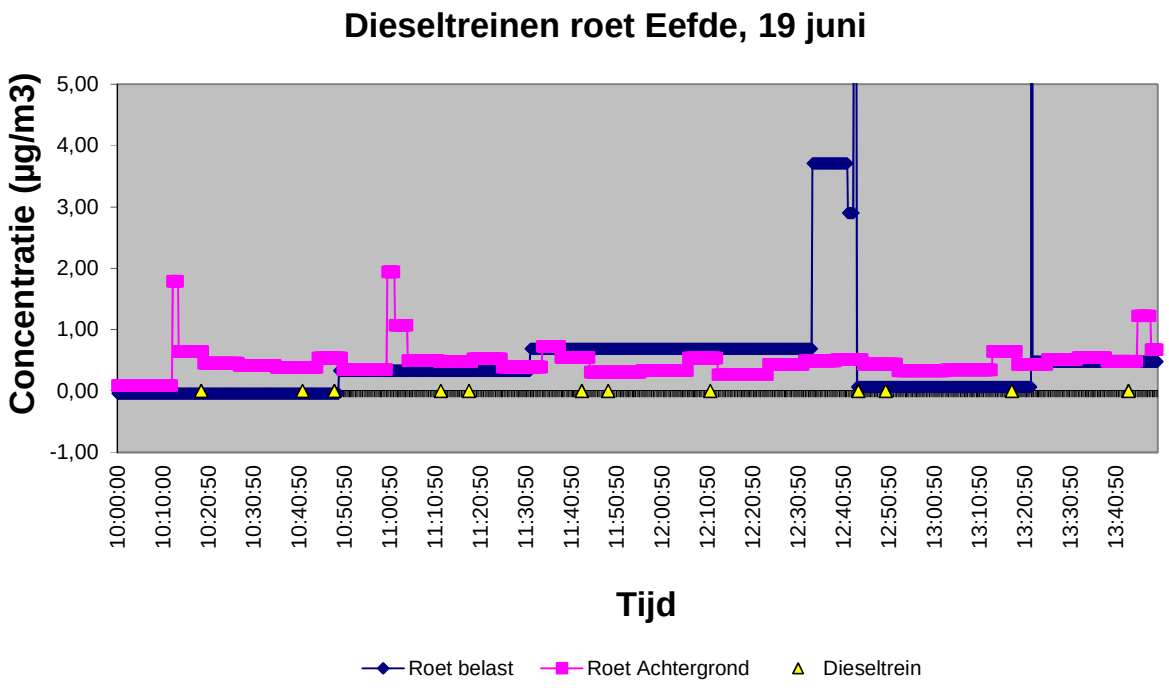

Dieseltreinen roet Arnhem, 1 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
12:23:00
12:30:20
12:37:30
12:44:50
12:52:10
12:59:30
13:06:50
13:14:10
13:21:30
13:28:50
13:36:10
13:43:30
13:50:50
14:19:30
14:26:50
14:34:10
14:41:30
14:48:50
14:56:10
15:03:30
15:10:50
15:18:10
15:25:30
15:32:50
15:40:10
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Dieseltrein

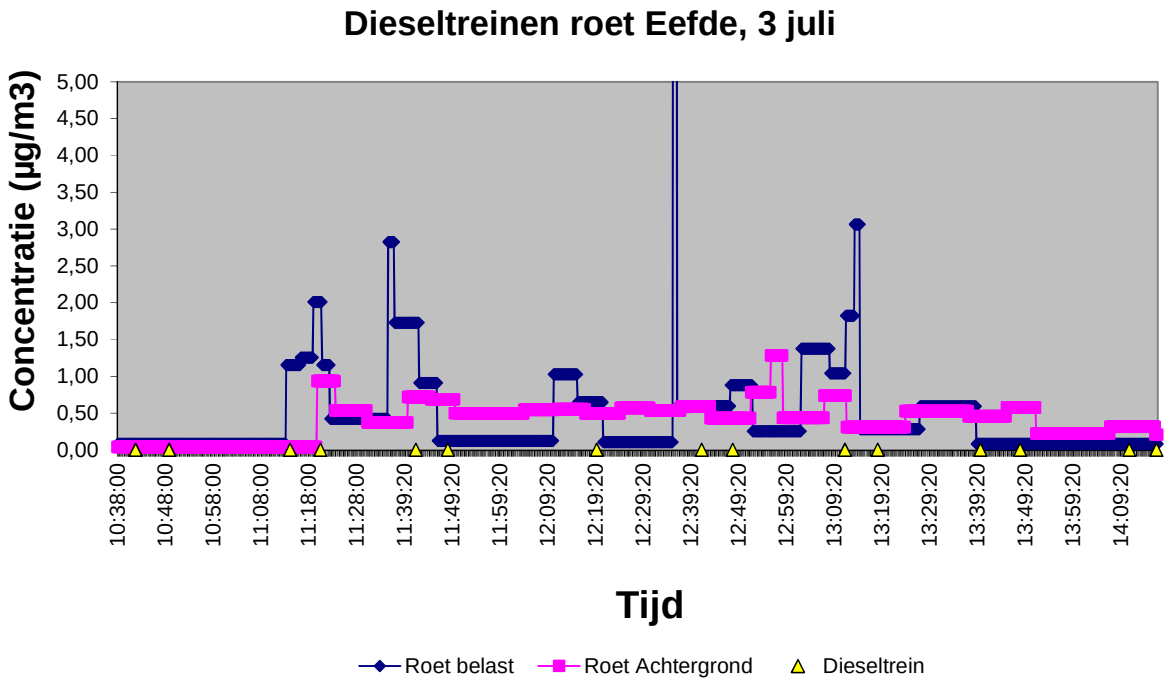

Dieseltreinen roet Arnhem, 5 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
12:23:00
12:30:20
12:37:30
12:44:50
12:52:10
12:59:30
13:06:50
13:14:10
13:21:30
13:28:50
13:36:10
13:43:30
13:50:50
14:19:30
14:26:50
14:34:10
14:41:30
14:48:50
14:56:10
15:03:30
15:10:50
15:18:10
15:25:30
15:32:50
15:40:10
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Dieseltrein

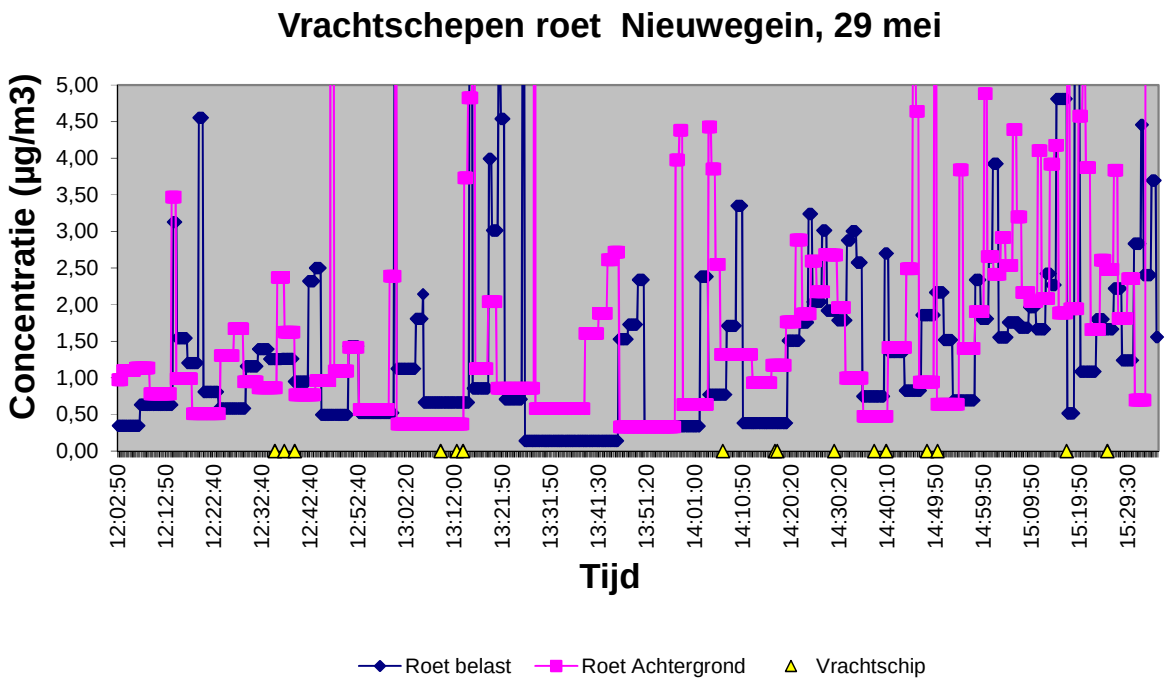

Dieseltreinen roet Arnhem, 14 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
11:21:10
11:31:10
11:41:10
11:51:10
12:01:10
12:11:10
12:21:10
12:31:10
12:41:10
12:51:10
13:01:10
13:11:10
13:21:10
13:31:10
13:41:10
13:51:10
14:01:10
14:11:10
14:21:10
14:31:10
14:41:10
14:51:10
15:01:10
15:11:10
15:21:10
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Dieseltrein

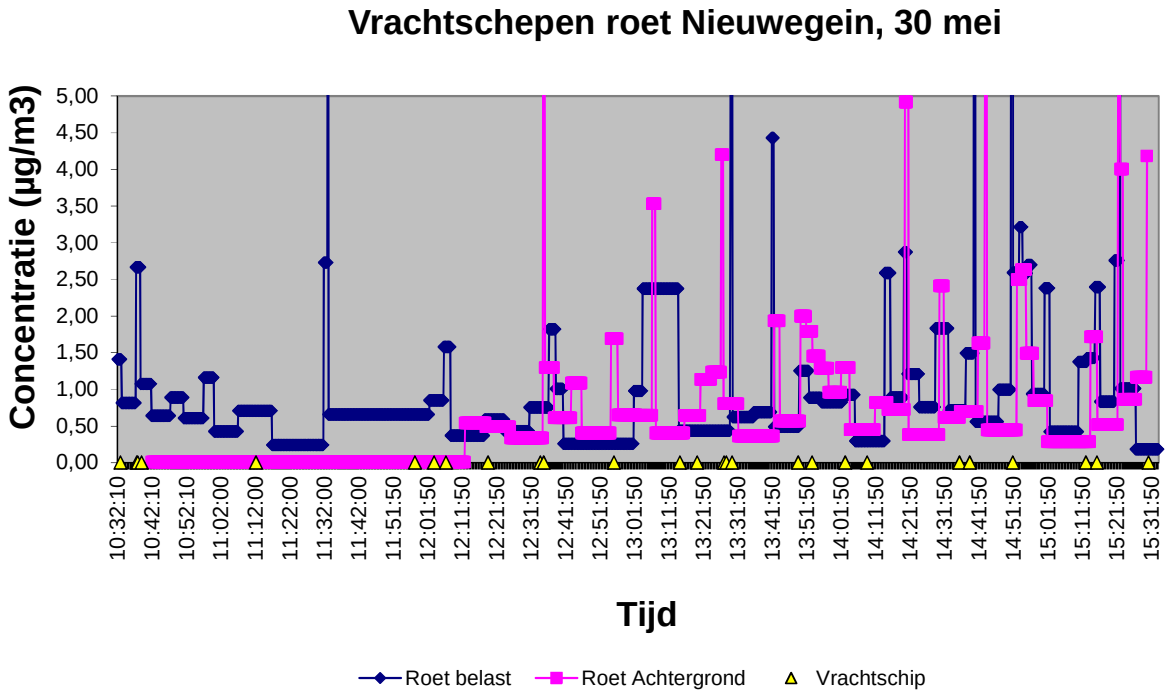

Dieseltreinen roet Arnhem, 28 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
11:44:10
11:51:20
11:58:30
12:05:40
12:13:00
12:20:20
12:27:40
12:34:50
12:42:00
12:49:20
12:56:40
13:04:00
13:11:20
13:18:40
13:26:00
13:33:20
13:40:30
13:47:50
13:55:10
14:02:30
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Dieseltrein

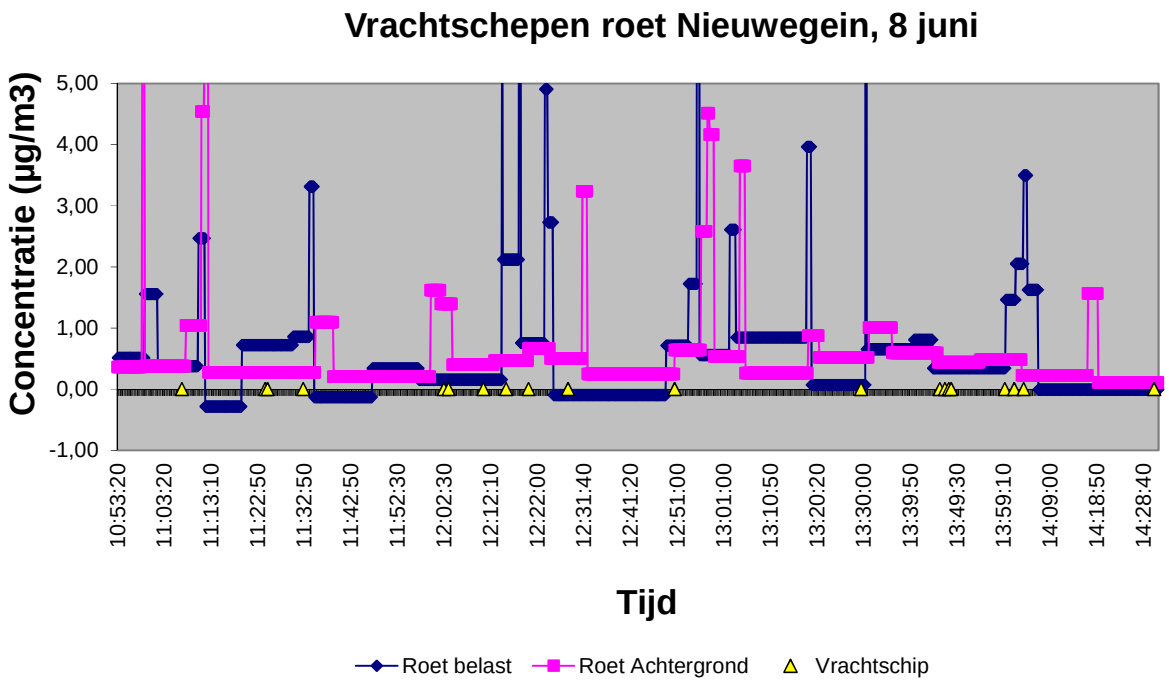

Dieseltreinen roet Eefde, 18 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
-1,00
12:15:20
12:25:10
12:35:10
12:45:10
12:55:10
13:07:00
13:17:00
13:27:00
13:37:00
13:47:00
13:57:00
14:07:00
14:17:00
14:27:00
14:37:00
14:47:00
14:58:20
15:08:20
15:18:20
15:28:20
15:38:20
15:48:20
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Dieseltrein

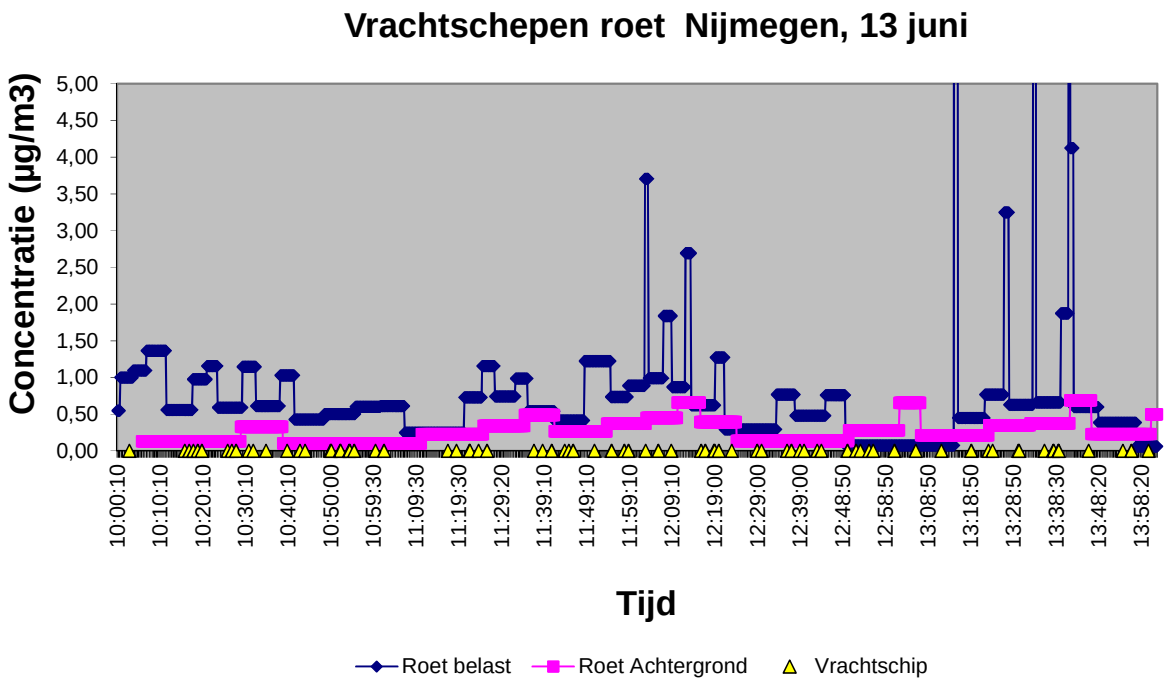

Dieseltreinen roet Eefde, 19 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
-1,00
10:00:00
10:10:00
10:20:50
10:30:50
10:40:50
10:50:50
11:00:50
11:10:50
11:20:50
11:30:50
11:40:50
11:50:50
12:00:50
12:10:50
12:20:50
12:30:50
12:40:50
12:50:50
13:00:50
13:10:50
13:20:50
13:30:50
13:40:50
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Dieseltrein

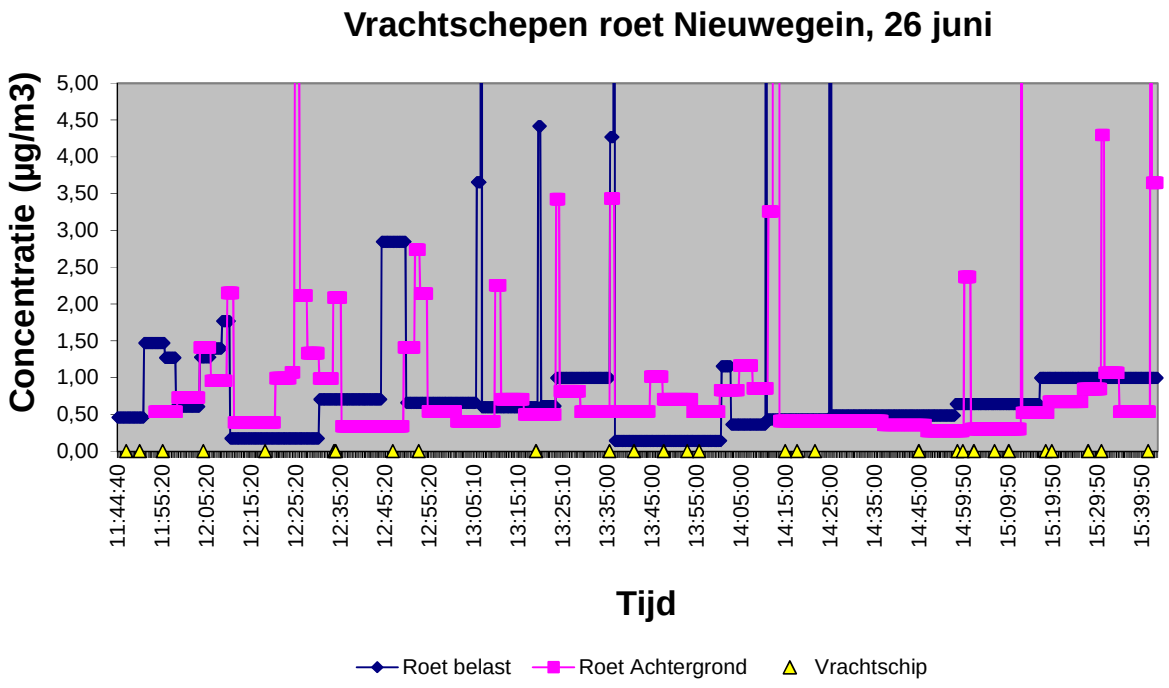

Dieseltreinen roet Eefde, 3 juli
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
10:38:00
10:48:00
10:58:00
11:08:00
11:18:00
11:28:00
11:39:20
11:49:20
11:59:20
12:09:20
12:19:20
12:29:20
12:39:20
12:49:20
12:59:20
13:09:20
13:19:20
13:29:20
13:39:20
13:49:20
13:59:20
14:09:20
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Dieseltrein

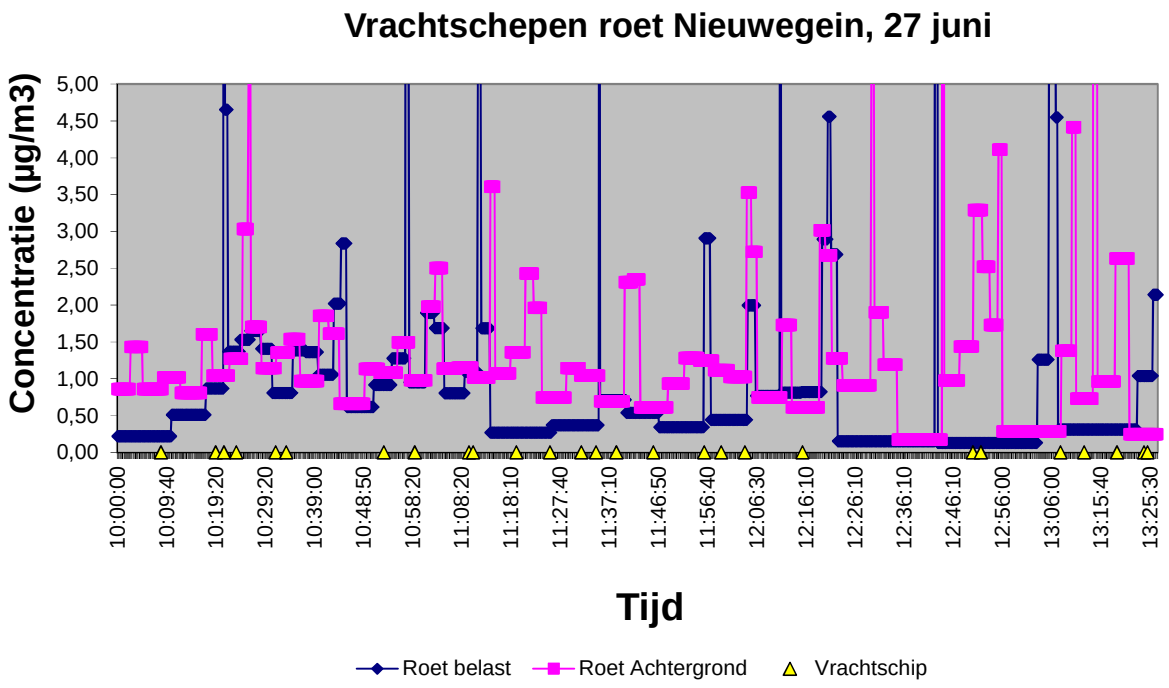

Vrachtschepen roet Nieuwegein, 29 mei
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
12:02:50
12:12:50
12:22:40
12:32:40
12:42:40
12:52:40
13:02:20
13:12:00
13:21:50
13:31:50
13:41:30
13:51:20
14:01:00
14:10:50
14:20:20
14:30:20
14:40:10
14:49:50
14:59:50
15:09:50
15:19:50
15:29:30
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Vrachtschip

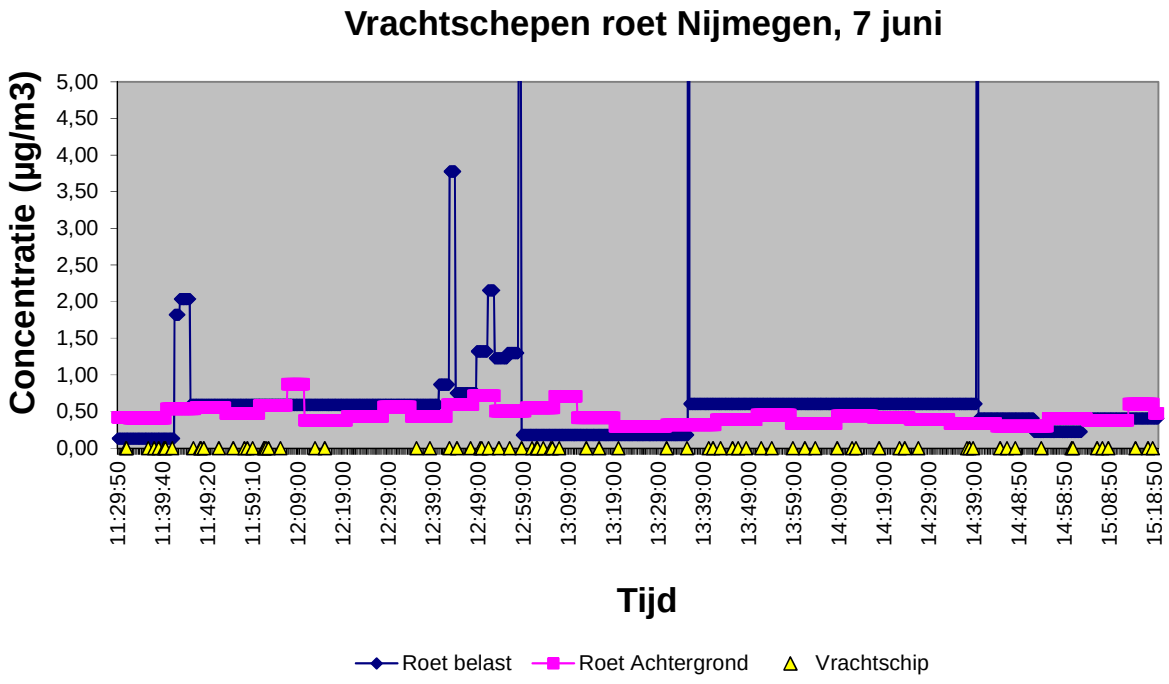

Vrachtschepen roet Nieuwegein, 30 mei
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
10:32:10
10:42:10
10:52:10
11:02:00
11:12:00
11:22:00
11:32:00
11:42:00
11:51:50
12:01:50
12:11:50
12:21:50
12:31:50
12:41:50
12:51:50
13:01:50
13:11:50
13:21:50
13:31:50
13:41:50
13:51:50
14:01:50
14:11:50
14:21:50
14:31:50
14:41:50
14:51:50
15:01:50
15:11:50
15:21:50
15:31:50
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Vrachtschip

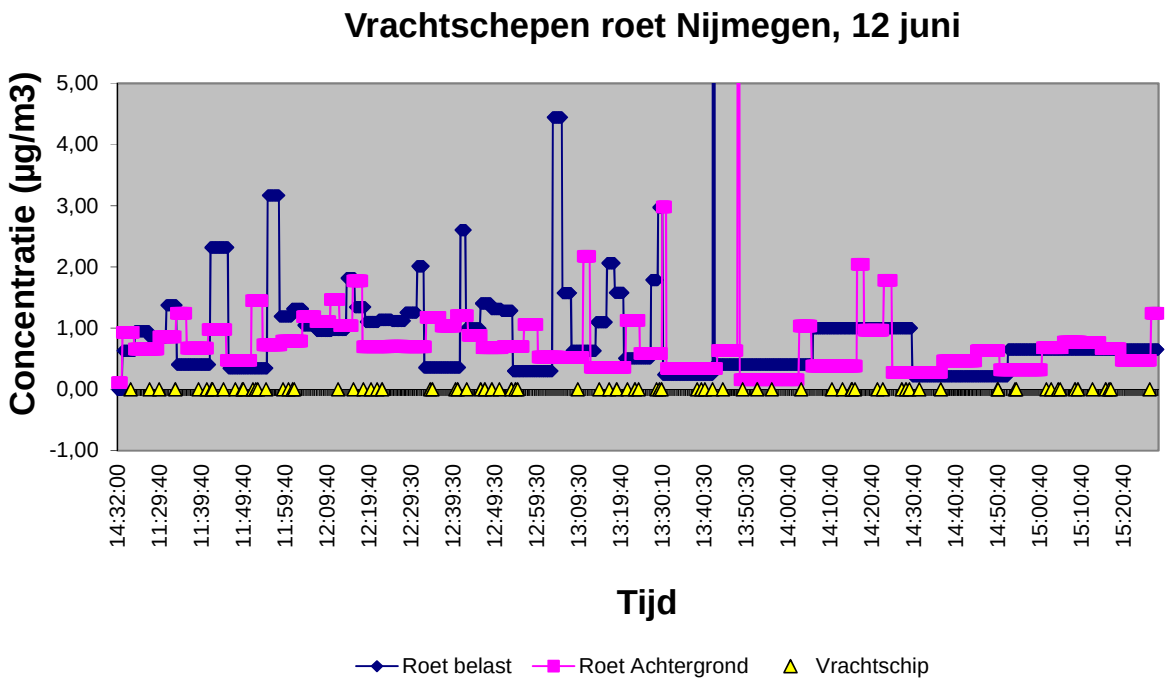

Vrachtschepen roet Nieuwegein, 8 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
-1,00
10:53:20
11:03:20
11:13:10
11:22:50
11:32:50
11:42:50
11:52:30
12:02:30
12:12:10
12:22:00
12:31:40
12:41:20
12:51:00
13:01:00
13:10:50
13:20:20
13:30:00
13:39:50
13:49:30
13:59:10
14:09:00
14:18:50
14:28:40
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Vrachtschip

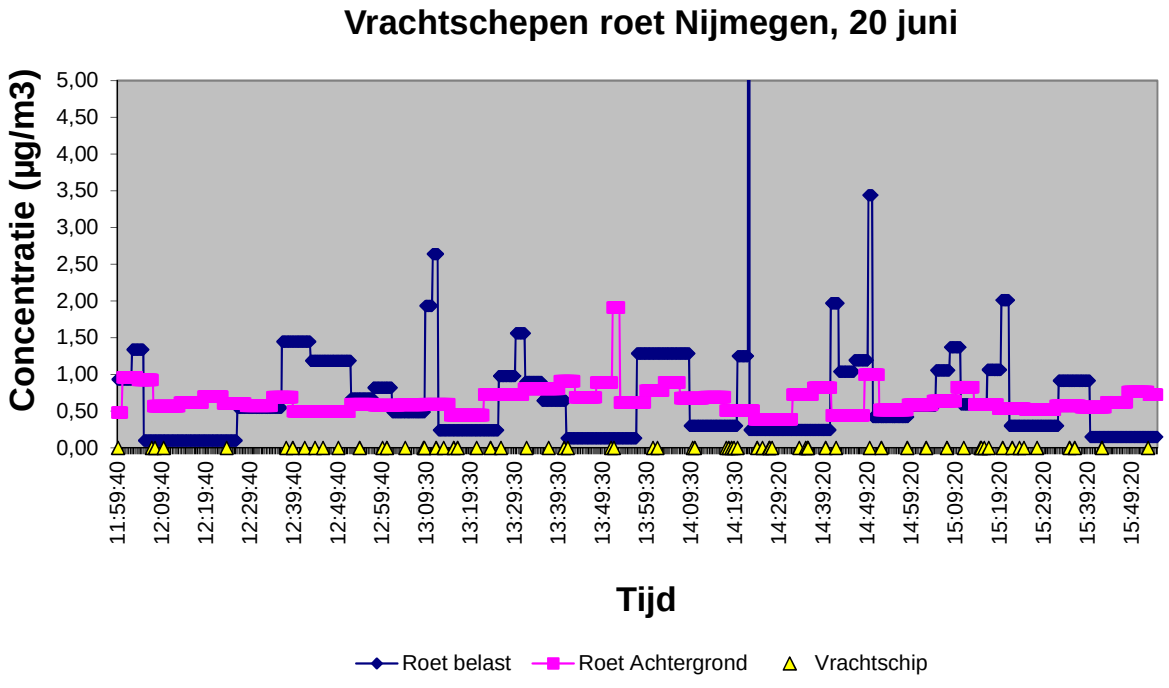

Vrachtschepen roet Nijmegen, 13 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
10:00:10
10:10:10
10:20:10
10:30:10
10:40:10
10:50:00
10:59:30
11:09:30
11:19:30
11:29:20
11:39:10
11:49:10
11:59:10
12:09:10
12:19:00
12:29:00
12:39:00
12:48:50
12:58:50
13:08:50
13:18:50
13:28:50
13:38:30
13:48:20
13:58:20
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Vrachtschip

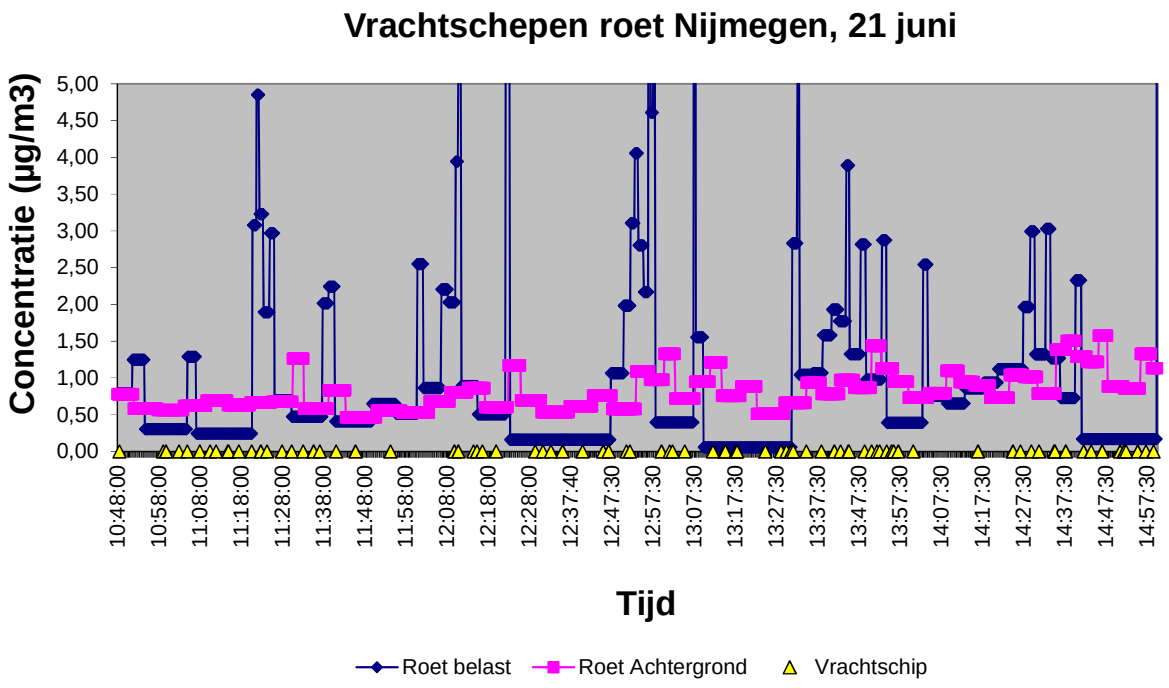

Vrachtschepen roet Nieuwegein, 26 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
11:44:40
11:55:20
12:05:20
12:15:20
12:25:20
12:35:20
12:45:20
12:55:20
13:05:10
13:15:10
13:25:10
13:35:00
13:45:00
13:55:00
14:05:00
14:15:00
14:25:00
14:35:00
14:45:00
14:59:50
15:09:50
15:19:50
15:29:50
15:39:50
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Vrachtschip


Vrachtschepen roet Nieuwegein, 27 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
10:00:00
10:09:40
10:19:20
10:29:20
10:39:00
10:48:50
10:58:20
11:08:20
11:18:10
11:27:40
11:37:10
11:46:50
11:56:40
12:06:30
12:16:10
12:26:10
12:36:10
12:46:10
12:56:00
13:06:00
13:15:40
13:25:30
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Vrachtschip


Vrachtschepen roet Nijmegen, 7 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
11:29:50
11:39:40
11:49:20
11:59:10
12:09:00
12:19:00
12:29:00
12:39:00
12:49:00
12:59:00
13:09:00
13:19:00
13:29:00
13:39:00
13:49:00
13:59:00
14:09:00
14:19:00
14:29:00
14:39:00
14:48:50
14:58:50
15:08:50
15:18:50
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Vrachtschip


Vrachtschepen roet Nijmegen, 12 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
-1,00
14:32:00
11:29:40
11:39:40
11:49:40
11:59:40
12:09:40
12:19:40
12:29:30
12:39:30
12:49:30
12:59:30
13:09:30
13:19:40
13:30:10
13:40:30
13:50:30
14:00:40
14:10:40
14:20:40
14:30:40
14:40:40
14:50:40
15:00:40
15:10:40
15:20:40
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Vrachtschip


Vrachtschepen roet Nijmegen, 20 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
11:59:40
12:09:40
12:19:40
12:29:40
12:39:40
12:49:40
12:59:40
13:09:30
13:19:30
13:29:30
13:39:30
13:49:30
13:59:30
14:09:30
14:19:30
14:29:20
14:39:20
14:49:20
14:59:20
15:09:20
15:19:20
15:29:20
15:39:20
15:49:20
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Vrachtschip


Vrachtschepen roet Nijmegen, 21 juni
Concentratie (µg/m3)
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
10:48:00
10:58:00
11:08:00
11:18:00
11:28:00
11:38:00
11:48:00
11:58:00
12:08:00
12:18:00
12:28:00
12:37:40
12:47:30
12:57:30
13:07:30
13:17:30
13:27:30
13:37:30
13:47:30
13:57:30
14:07:30
14:17:30
14:27:30
14:37:30
14:47:30
14:57:30
Tijd
Roet belast
Roet Achtergrond
Vrachtschip

Veiligheids- en Gezondheidsregio Gelderland-Midden (VGGM):
Brandweer, Regionale ambulancevoorziening en GGD onder één dak.

Veiligheids- en Gezondheidsregio Gelderland-Midden
Postbus 5364
6802 EJ ARNHEM
T 0800 8446 000
E info@vggm.nl
I www.vggm.nl

Veiligheids- en Gezondheidsregio Gelderland-Midden GGD