



Rapport 609021090/2010

M. Mooij | M.E. Gerlofs-Nijland | D.P.J. Swart

Zeeschepen: metingen van chemische stoffen in rookgassen en brandstoffen

RIVM-rapport 609021090/2010

Zeeschepen: metingen van chemische stoffen in rookgassen en brandstoffen

M. Mooij
M.E. Gerlofs-Nijland
D.P.J. Swart

Contact:
M. Mooij
Inspectie-, Milieu en Gezondheidsadvisering
martje.mooij@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VROM-Inspectie regio Zuidwest, in het kader van van project M/609021/09/SB-S-houdende brandstoffen zeeschepen en project M/609021/09/LI-lidar

© RIVM 2010

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Zeeschepen: metingen van chemische stoffen in brandstoffen en rookgassen

In opdracht van de VROM-Inspectie heeft het RIVM in 2008 de chemische samenstelling vastgesteld van brandstoffen en rookgassen van zeeschepen op de Westerschelde en het Noordzeekanaal. Hieruit blijkt dat stookolie meer zwavel en zware polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) bevat dan gasolie. Het gemiddelde zwavelgehalte in brandstoffen was voor schepen varende op stookolie hoger dan voor schepen varende op gasolie (1,6% versus 0,13%). Voor schepen die aan de wal lagen en hun hulpmotoren of generatoren op gasolie hadden draaien, was het gemiddelde zwavelgehalte in de brandstof 0,21%. In vergelijking met twee jaar geleden is het zwavelgehalte in stookolie gedaald van 2,2 naar 1,6, in lijn met het beleid.

Aan de stofdeeltjes in de rookgassen van schepen kleven allerlei verontreinigingen. De resultaten van de metingen van stofgebonden PAK in de rookgassen van zeeschepen die op stookolie varen waren groter dan in de rookgassen van schepen die op gasolie varen. De meeste stofgebonden elementen in de rookgassen van schepen waren groter bij schepen die op stookolie varen dan die op gasolie varen. Maar dit geldt niet voor alle verontreinigingen. De fijnstoffracties in rookgassen bleek voor 70 massaprocent uit de ultrafijne fracties ($PM_{0,1}$) te bestaan, voor 28% uit de fijne fracties ($PM_{0,1-2,5}$) en voor 2% uit de zogeheten *coarse* fracties ($PM_{2,5-10}$). De ultrafijne fracties zijn schadelijker voor de gezondheid omdat ze kleiner zijn en dus dieper in de luchtwegen terecht kunnen komen. De rookgassen zijn verder nog onderzocht op de zwaveldioxideuitstoot. De gemiddelde emissie zwaveldioxide in rookgassen was 15 gram per seconde.

Het onderzoek is de laatste van een reeks van drie, die in zowel 2006, 2007 en 2008 in een gelijke setting uitgevoerd zijn. Vanaf 2007 werd onderzoek naar fijn stof in rookgassen daaraan toegevoegd.

Trefwoorden:

zeeschepen, brandstoffen, rookgassen, PAK, zwavel, fijn stof, zwaveldioxide

Abstract

Sea-going vessels: measuring chemical substances in fuels and flue gases

In 2008, commissioned by the VROM Inspectorate, RIVM measured the chemical composition of fuels and flue gases of sea-going vessels at the Western Scheldt and the North Sea Canal. The results showed that compared to diesel oil, heavy fuel oil contains more sulphur and heavy polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH). The average sulphur content in fuels for vessels running on heavy fuel oil was higher than for vessels running on diesel oil (1.6 percent against 0.13 percent). For vessels in harbour with their auxiliary engines or generators running on diesel oil, the average fuel sulphur content was 0.21 percent. Relative to previous years, the average sulphur content in heavy fuel oil dropped from 2.2 to 1.6 percent, in line with prevailing policy.

All kinds of pollutants adhere to particulate matter in flue gases from vessels. The results of the flue gases of sea-going vessels showed more PAH and sulphur for ships running on heavy fuel oil than those running on diesel oil. Although, we cannot conclude this for all the pollutants.

It appeared that the particulates in flue gases were composed for 70 percent of ultrafine particles ($PM_{0.1}$), for 28 percent of fine particles ($PM_{0.1-2.5}$) and for 2 percent of coarse particles ($PM_{2.5-10}$). Ultrafine dust with its smaller particle size is more harmful to health because it can penetrate deeper into the respiratory organs.

Furthermore, the flue gases were measured for sulphur dioxide emissions. The average sulphur dioxide emission in flue gases was 15 grams per second.

This survey was the last in a series of three. The 2006, 2007 and 2008 surveys were carried out in a similar setting. From 2007 onwards, particulates were studied as well.

Keywords:

sea-going vessels, fuels, flue gases, PAH, sulphur, particulate matter, sulphur dioxide

Voorwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd met medewerking van de KLPD en de VROM-Inspectie. We willen allen danken voor de goede samenwerking. Verder gaat onze dank uit naar groot aantal personen binnen het RIVM voor hun medewerking aan dit onderzoek: Niels Masselink, Bert van Dijk, Erik Steenbergen, Rene van der Hoff, Stijn Berkhout, Hans Bergwerff, Gerard Boom, Willie Hijman, Rita Berkhof, Ellen Dijkman, John Boere, Paul Fokkens, Daan Leseman, Flemming Cassee, Marcel Broekman, Arthur de Groot, Frank Fortezza, Margot Boshuis, Arnold van de Beek en Edith van Putten.

Inhoud

Samenvatting	11
1 Inleiding	13
1.1 Aanleiding	13
1.2 Vraagstelling en doel	13
1.3 Afbakening en randvoorwaarden	14
1.4 Leeswijzer	14
2 Opzet en uitvoering	15
2.1 Brandstoffen: PAK en elementen	15
2.2 Rookgassen op filters: totaal stof en stofgebonden contaminanten	16
2.3 Rookgassen op filters: fijn stof en stoffracties (< 10 µm)	16
2.4 Rookgassen met lidar: zwaveldioxide	18
3 Resultaten	21
3.1 Brandstofmonsters	21
3.1.1 PAK in brandstof	22
3.1.2 Elementen in brandstof	23
3.1.3 Resultaten Inspectorate Netherlands bv	25
3.2 Rookgassen	26
3.2.1 Elementen en PAK in rookgassen	26
3.2.2 Totaal stof, fijn stof en de stoffracties	29
3.2.3 Zwaveldioxide	31
4 Vergelijking 2006, 2007 en 2008	33
5 Conclusies	37
Literatuur	39
Bijlagen	41
Bijlage 1A Resultaten PAK in brandstoffen	43
Bijlage 1B Resultaten elementen in brandstoffen	49
Bijlage 2 Resultaten Inspectorate Netherlands bv	56
Bijlage 3 Resultaten PAK en elementen in rookgassen	62
Bijlage 4 Resultaten zwaveldioxide in rookgassen (lidar)	85

Samenvatting

Het RIVM heeft in opdracht van de VROM-Inspectie een vervolg onderzoek uitgevoerd naar brandstoffen en luchtemissies van zeeschepen op de Westerschelde en het Noordzeekanaal. Het onderzoek is de laatste van een reeks van drie, die in zowel 2006, 2007 en 2008 in een gelijke setting uitgevoerd zijn. Vanaf 2007 werd onderzoek naar fijn stof in rookgassen daaraan toegevoegd. Onderliggend rapport geeft de resultaten van het onderzoek uit 2008.

Het doel van het onderzoek is inzicht krijgen in de kwaliteit van de brandstoffen en de uitstoot van milieugevaarlijke stoffen. Uit het onderzoek blijkt dat de resultaten door allerlei factoren beïnvloed worden, zoals de methoden van monsterneming (niet isokinetisch) en analyse, de kwaliteit van de brandstoffen, de weersomstandigheden, manoeuvres van het schip. De resultaten zijn daarom indicatief.

Kwaliteit van de brandstoffen

Het onderzoek naar de kwaliteit van de brandstoffen toont dat stookolie meer verontreinigingen bevat dan gasolie. De gemiddelde gehalten aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) zijn groter in stookolie dan in gasolie. Stookolie bevat ook meer zware PAK dan gasolie.

Over het algemeen zijn ook de gemiddelde gehalten aan diverse elementen groter in stookolie dan in gasolie. Het gehalte aan aluminium, titanium, vanadium, koper en nikkel is een factor 10 groter in stookolie dan in gasolie. Alleen het gemiddelde gehalte van fosfor, chroom, arseen, barium en jodium in stookolie zijn kleiner dan of gelijk aan die in gasolie.

Omdat er beleid is over het zwavelgehalte in brandstoffen hebben we in dit onderzoek specifiek gekeken naar het zwavelgehalte in stookolie en gasolie. We stellen dat de gemiddelde zwavelgehalten in stookolie voor varende schepen groter is dan in gasolie (1,6 vs. 0,13%). Maar voor beide brandstoffen geldt dat de zwavelgehalten in lijn zijn met het wettelijk toegestane zwavelgehalten van 1,5% voor stookolie en 0,1% voor gasolie. Voor schepen die aan de wal lagen en hun hulpmotoren of generatoren op gasolie hadden draaien, is het gemiddelde zwavelgehalte 0,21%.

Kwaliteit van de rookgassen

Het onderzoek naar de kwaliteit van de luchtemissies toont dat de gemiddelde emissieconcentraties van zowel totaal stof als fijn stof het grootst is bij schepen op stookolie dan bij schepen op gasolie of marine dieselolie. We hebben fijnstof nader onderzocht naar deeltjesgrootte en ingedeeld in drie fracties:

1. *Coarse* deeltjes met een diameter kleiner dan 0,1 μm
2. Fijne deeltjes met een diameter tussen 0,1 en 2,5 μm
3. Ultrafijne deeltjes met een diameter tussen 2,5 en 10 μm

Hieruit blijkt dat het fijn stof in de rookgassen vooral uit de ultrafijne fracties bestaat (70 massaprocent). Ongeveer 28% bestaat uit de fijne deeltjes en 2% is de *coarse* fractie.

Aan de stofdeeltjes in de rookgassen kleven allerlei gevaarlijke stoffen, zoals zwavel, vanadium, nikkel, ijzer, PAK. Het onderzoek toont dat de gemiddelde emissieconcentratie van PAK in de rookgassen van schepen die op stookolie varen groter is dan bij schepen die op gasolie varen. De gemiddelde emissieconcentraties van stofgebonden aluminium, silicium, fosfor, chloor, kalium, calcium, titanium, chroom, zink en strontium in de rookgassen van schepen die op stookolie varen zijn kleiner dan of gelijk aan die van schepen die op gasolie varen. Voor de overige elementen geldt dat het

gemiddelde emissieconcentratie in de rookgassen van schepen die op stookolie varen groter is dan die van schepen die op gasolie varen.

Met de lidar zijn zwaveldioxidemetingen gedaan bij zeeschepen op de Westerschelde vanaf de wal bij Hansweert. De gemiddelde zwaveldioxide-emissie van de zeeschepen is 15 gram per seconde (g/s) met een standaarddeviatie van 9,7 g/s (min. 0,1 g/s en max. 33 g/s). Niet van alle gemeten schepen zijn gegevens beschikbaar over de brandstofsoorten. Hierdoor is er geen betrouwbaar beeld te geven over het verschil in emissiegetal van schepen varende op stookolie en gasolie.

Vergelijking resultaten uit 2008, 2007 en 2006

In 2006 zijn 40 schepen onderzocht, in 2007 zijn 52 schepen betrokken en in 2008 was dit aantal 48. Voor brandstoffen geldt dat in 2007 en 2008 het gemiddelde gehalte aan 10 VROM PAK in stookolie groter is dan in gasolie. Ook is het gehalte aan zware PAK groter in stookolie dan in gasolie. Dit geldt niet voor de resultaten uit 2006.

Voor het zwavelgehalte in brandstoffen geldt voor alle drie de jaren hetzelfde: het gemiddelde zwavelgehalte in stookolie is groter dan in gasolie. Verder zien we dat het gemiddelde zwavelpercentage voor schepen die op stookolie en op gasolie voeren in 2008 lager is dan in 2007 en 2006. Het gemiddelde zwavelpercentage voor stilliggende schepen is in 2008 hetzelfde als in 2007, in 2006 was dit lager.

Het onderzoek naar fijn stof en de fractieverdeling in de rookgassen van de schepen is sinds 2007 uitgevoerd. Hiervoor geldt dat de gemiddelde emissieconcentratie van fijn stof in 2008 hoger is dan in 2007. Qua verdeling van de stoffracties is in 2008 het aandeel ultrafijne deeltjes groter dan in 2007 en het aandeel fijne deeltjes lager.

Het totaal stof is in alle drie de jaren onderzocht op de stofgebonden contaminanten. Hiervoor geldt dat de gemiddelde PAK gehalten in stookolie groter zijn dan in gasolie. Verder is het gemiddelde gehalte aan stofgebonden PAK in 2008 lager dan in 2006 en 2007.

Het stofgebonden zwavel in de rookgassen is hoger voor schepen die op stookolie varen dan voor schepen die op gasolie varen. We zien hierin wel een afname in 2008 ten opzichte van voorgaande jaren. Voor stofgebonden zwavel in de rookgassen van schepen varende op gasolie zien we geen duidelijke toe- of afname voor het zwavelgehalte in rookgassen.

De gemiddelde emissieconcentraties van zwaveldioxide in rookgassen is in 2008 groter dan in 2007, maar kleiner dan in 2006.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Voor het beperken van luchtverontreiniging zijn wereldwijd allerlei eisen gesteld. In Nederland moet de luchtkwaliteit voldoen aan de EU-doelstellingen. De regelgeving voor luchtverontreiniging is vooral gericht op emissies van stoffen door industrieën en verkeer. Voor schepen is alleen beleid opgesteld voor het gehalte aan zwavel in brandstof. Voor stookolie geldt een maximum percentage van 1,5 zwavel en voor gasolie is dit 0,1% zwavel.

De VROM-Inspectie wil inzicht hebben in de kwaliteit van de brandstoffen en rookgassen van zeeschepen. Ze vraagt het RIVM sinds 2006 onderzoek te doen naar de samenstelling van milieugevaarlijke stoffen in brandstoffen en in rookgassen van zeeschepen. Deze onderzoeken vonden plaats in samenwerking met het Korps Landelijke Politie Diensten (KLPD). Dit is het laatste jaar dat het onderzoek uitgevoerd wordt.

1.2 Vraagstelling en doel

De VROM-Inspectie vraagt het RIVM de kwaliteit van brandstoffen en rookgassen van zeeschepen te onderzoeken. Het RIVM doet dit aan de hand van metingen op zowel varende als stilliggende schepen. De varende schepen zijn bemonsterd op de Westerschelde en de stilliggende schepen op het Noordzeekanaal.

In dit onderzoek staan twee vragen centraal:

1. Wat is de chemische samenstelling van brandstoffen?
2. Wat is de chemische samenstelling van rookgassen?

Om de chemische samenstelling van brandstoffen te bepalen worden de brandstofmonsters van stookolie, marine diesel olie en gasolie onderzocht op de aanwezigheid van polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) en elementen.

Om de chemische samenstelling van rookgassen te bepalen worden de luchtmonsters onderzocht op de aanwezigheid van totaal stof, fijn stof, fractieverdeling van fijn stof en de hieraan gebonden PAK en elementen. Tevens wordt de hoeveelheid zwaveldioxide in de rookgassen gemeten.

Omdat dit onderzoek de laatste is van een reeks van drie, is de VROM-Inspectie geïnteresseerd in een vergelijking van de resultaten uit huidig onderzoek met die van 2006 en 2007. De onderzoeken zijn in zowel 2006, 2007 en 2008 in een gelijke setting uitgevoerd. Vanaf 2007 is het onderzoek naar fijn stof in rookgassen daaraan toegevoegd.

Het doel van dit onderzoek is inzicht krijgen in de kwaliteit van de brandstoffen en de daarmee gerelateerde uitstoot van milieugevaarlijke stoffen.

1.3 Afbakening en randvoorwaarden

Het onderzoek kent een aantal randvoorwaarden en beperkingen:

- De luchtmetingen in de emissiepijpen van de zeeschepen zijn niet isokinetisch uitgevoerd. Isokinetisch meten op zeeschepen onder de omstandigheden waarin dit onderzoek uitgevoerd is, was technisch niet haalbaar. Mede vanwege de korte beschikbare tijd die de onderzoekers hebben op het schip om metingen te doen (ongeveer een bemonstertijd van 10-15 minuten). De resultaten zijn daarmee benaderingen en geven een indicatie van de werkelijke uitstoot.
- Het aantal meetdagen is afhankelijk van de beschikbaarheid van de KLPD om het onderzoek te begeleiden. Onder leiding van de VROM-Inspectie en de KLPD mogen de onderzoekers het schip betreden om metingen in de rookgassen uit te voeren en brandstofmonsters te nemen.
- De metingen worden vanwege arbeidstechnische omstandigheden niet uitgevoerd tijdens slechte weersomstandigheden, zoals harde wind en regen.
- De metingen met de lidar (*light detection and ranging*) voor het bepalen van het gehalte aan zwaveldioxide in rookgassen, zijn zeer gevoelig voor de weersomstandigheden. Vooral de windrichting speelt een belangrijke rol omdat deze meetwagen op de kade gevestigd is. Geschikte metingen kunnen worden gedaan bij windrichtingen van zuidwestenwind tot zuidoostenwind met een snelheid van minimaal 5 m/s.
- De bemonstering van de schepen vindt plaats op de Westerschelde (varende schepen) en het Noordzeekanaal (stilliggende schepen).
- Vanwege de gekozen onderzoeksopzet is het aantal onderzochte schepen beperkt. We hebben in totaal 48 schepen bemonsterd: 21 schepen op stookolie, 2 schepen op marine dieselolie en 25 schepen op gasolie. Voor de interpretatie van de onderzoeksresultaten moet hiermee rekening gehouden worden.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de meetresultaten van de aanwezigheid van milieugevaarlijke stoffen in rookgassen en brandstoffen van zeeschepen. In het eerste hoofdstuk wordt de aanleiding, vraagstelling, doel en afbakening gegeven. In hoofdstuk 2 wordt de onderzoeksopzet besproken. In hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd en in hoofdstuk 4 vergelijken we de resultaten uit 2008 met die uit de voorgaande twee jaren (2006 en 2007). De conclusies worden gegeven in hoofdstuk 5. Als laatste worden de referenties en alle bijlagen weergegeven.



Figuur 1: Zeeschip op de Westerschelde.



Figuur 2: Zeeschip op de Westerschelde.

2 Opzet en uitvoering

We hebben de metingen uitgevoerd tussen 3 april en 18 november 2008. De monsterneming van de rookgassen, de brandstoffen en de lidar-metingen¹ zijn tegelijk van start gegaan. Het uitgangspunt was deze metingen zoveel mogelijk op dezelfde zeeschepen toe te passen.

Onder begeleiding van de KLPD zijn het RIVM en de VROM-Inspectie aan boord van de schepen gegaan. Het RIVM heeft de luchtmetingen uitgevoerd in de emissiepijpen en de VROM-Inspectie heeft samen met de KLPD brandstofmonsters genomen. De scheepsbrandstoffen zijn in alle gevallen bemonsterd uit de dagtank. Gedurende 12 dagen² zijn in totaal bij 48 zeeschepen metingen uitgevoerd. De analyses zijn door verschillende laboratoria van het RIVM uitgevoerd (Tabel 1).

Tabel 1: Overzicht onderzochte parameters en analysemethoden van het RIVM.

CONTAMINANT	BEMONSTERINGSMETHODE	ANALYSEMETHODEN
<i>Scheepsbrandstoffen</i>		
PAK	Brandstof uit dagtank en opslag in glazen pot met schroefdop en teflon inleg	GC/MS
Elementen	Brandstof uit dagtank en opslag in glazen pot met schroefdop en teflon inleg	XRF
<i>Rookgassen</i>		
Totaal stof (TSP)	Kwartsfilters aangesloten op luchtpomp	Verschilweging filters
Fijnstoffracties	Micro Orifice Impactor (MOI) en Sioutas Personal Sampler (SPS)	Verschilweging filters
Stofgebonden metalen	Kwartsfilters aangesloten op luchtpomp	XRF
Stofgebonden totaal chloor, broom, fosfor en zwavel	Kwartsfilters aangesloten op luchtpomp	XRF
Stofgebonden PAK	Kwartsfilters aangesloten op luchtpomp	Extractie en HPLC-Fluorescentie
Zwavel dioxide	Light detection and ranging (lidar)	lidar

2.1 Brandstoffen: PAK en elementen

Door de medewerkers van de KLPD en de VROM-Inspectie zijn aan boord van varende zeeschepen brandstofmonsters genomen. Het gaat om de brandstof waarop het schip tijdens de luchtmetingen voer. De VROM-Inspectie heeft steeds een A-, B- en C- monster genomen van de brandstof. Deze monsters zijn in glazen potten gedaan en voorzien van schroefdop en teflon inleg (Figuur 3). De A-monsters zijn in opdracht van de VROM-Inspectie door de Inspectorate Netherlands bv geanalyseerd op een

¹ Lidar-meetmethode is een techniek waarmee vanaf de wal met behulp van *light detection and ranging* via een laserbundel zwavel dioxide in rookpluimen van passerende schepen gemeten kan worden (Swart et al., 2007).

² 3, 4, 24, 25, 28 april, 15, 16 mei, 9, 10 oktober, 10, 17, 18 november.

standaardpakket van fysische en chemische parameters³ met de ICP-MS. De analyseresultaten zijn door de VROM-Inspectie aan het RIVM beschikbaar gesteld voor de interpretatie. Deze worden kort besproken in paragraaf 3.1.3 en uitgebreid weergegeven in Bijlage 2.

Het RIVM heeft de B-monsters geanalyseerd op het gehalte aan PAK en elementen met resp. GC-MS en XRF. Voor de PAK analyse heeft het RIVM een nieuwe analysemethode ontwikkeld in 2005. Deze methode bestaat in het kort uit het oplossen van circa 1 gram nauwkeurig afgewogen hoeveelheid oliemonster in dichloormethaan. De oplossing in dichloormethaan wordt na clean-up over een gelpermeatiekolom gescheiden van de oliematrix. Na indampen en oplossen van het residu in iso-hexaan worden de meetoplossingen op PAK geanalyseerd met GC-MS. In die gevallen waarbij voor een individuele PAK-component de bepalingsgrens is gemeten, is deze voor de berekeningen gelijkgesteld aan die bepalingsgrens. Dus voor een meetwaarde van $< 0,1$ is *gerekend met 0,1*.

2.2 Rookgassen op filters: totaal stof en stofgebonden contaminanten

Door middel van twee luchtpompen die elk op een filter aangesloten waren, worden twee (vooraf gewogen) kwartsfilters gelijktijdig bemonsterd (Figuur 4). Met een constante aanzuigsnelheid van 10 liter per minuut voor een periode van 5 minuten is lucht aangezogen. Dit gebeurde niet isokinetisch⁴. De chemische analyse van de filters wordt op het RIVM uitgevoerd. Na de monsterneming zijn de filters direct verpakt en gecodeerd voor de chemische analyse van diverse stoffen.

De concentraties van het totaal stof worden bepaald op basis van de verschilweging van het filter en het volume van de rookgassen die door het filter geleid werd.



Figuur 3: Brandstofmonsters.



Figuur 4: Metingen totaal stof en stofgebonden contaminanten.

2.3 Rookgassen op filters: fijn stof en stoffracties ($< 10 \mu\text{m}$)

Net zoals vorig jaar worden ook dit jaar metingen uitgevoerd naar de verdeling van deeltjesgrootte (verschillende fijnstoffracties) van het totaal stof in de emissies (Figuur 5). De analyse wordt op het RIVM uitgevoerd. De metingen worden verricht met een cascade impactor Micro Orifice Impactor

³ Zwavel, aluminium, arseen, kalium, cadmium, chroom, lood, kwik, nikkel, silicium, tin, titanium, vanadium, zink, fosfor, dichtheid, zuurgehalte, EOX en kinetische viscositeit.

⁴ De monsterneming was niet isokinetisch, zoals dat wel gangbaar is bij emissiemetingen van inrichtingen in het kader van toetsing van de emissiewaarden in de NeR. Binnen het kader van dit onderzoek was dit niet haalbaar vanwege het korte verblijf op de schepen voor monsterneming. Dit betekent dat de gemeten luchtconcentraties geen emissieconcentraties zijn volgens de definitie in de NeR en dat de emissievraat niet gekwantificeerd kan worden op basis van de gemeten emissieconcentraties. De resultaten zijn indicatief.

(MOI). De MOI wordt vooral toegepast bij blootstellingsexperimenten met stofconcentraties die circa een factor 1000 x lager zijn dan in dit emissieonderzoek. De toepassing is daarom aangepast aan emissiemetingen van de stoffracties in de rookgassen van zeeschepen. Zo is de bemonsteringstijd aanzienlijk verkort tot maximaal 5 minuten, om verstoppingen van de nozzle openingen in het apparaat te voorkomen. Verder is het aantal stages van maximaal 10 teruggebracht naar 4 stages, om drie fijnstoffracties te verzamelen. De deeltjes worden op basis van hun aerodynamische diameter geclassificeerd. De volgende drie fracties worden op filters verzameld:

- *Coarse*: 2,5-10 μm
- *Fine*: 0,1-2,5 μm
- *Ultrafine*: < 0,1 μm

Deeltjes groter dan 10 μm worden afgevangen in een dun laagje vet dat tijdens de metingen regelmatig vervangen werd. Met behulp van een vacuümpomp wordt 30 l/min van de te bemonsteren luchtmissie door de MOI gezogen. De bemonstertijden variëren van 0,5 tot 1,5 minuten.

In het onderzoek van 2007 werd alleen gebruik gemaakt van de MOI. Dit jaar is ervoor gekozen om separaat aan de MOI-metingen een tweede apparaat in te zetten: de cascade impactor Sioutas Personal Sampler (SPS). Hiermee willen we bekijken of de SPS een goed alternatief is voor de MOI. De SPS is namelijk veel lichter dan de MOI en lijkt daardoor eenvoudiger mee te nemen voor de metingen op de grote zeeschepen dan de MOI. Het nadeel van de MOI is dat de pomp erg zwaar is.

We hebben helaas niet gedurende het hele project metingen met de SPS kunnen uitvoeren, omdat we alleen in het voorjaar het apparaat in bruikleen hadden van de leverancier. Daarom zijn alleen in het voorjaar zowel met de MOI als de SPS luchtmonsters genomen. De cut-points van de SPS en de MOI komen echter niet volledig overeen. Het vergelijken van de twee impactoren kan dus alleen op basis van de totale massa per m^3 . De SPS heeft vijf stages waarvan er in dit project maar drie gebruikt zijn. De eerste stage is de 'coarse+' met deeltjes groter dan 2,5 μm . De tweede stage vangt de deeltjes kleiner dan 2,5 μm en groter dan 0,25 μm . De derde stage vangt de deeltjes op die kleiner zijn dan 0,25 μm .



Figuur 5: Metingen met de MOI naar fijnstoffracties.

2.4 Rookgassen met lidar: zwaveldioxide

Het acroniem lidar staat voor *light detection and ranging* (detectie en afstandmeting met behulp van licht). De techniek vertoont veel overeenkomsten met radar. Een korte lichtpuls wordt uitgezonden en een deel hiervan wordt door moleculen en aerosolen in de lucht teruggekaatst. Dit teruggekaatste licht wordt met een telescoop opgevangen, gedetecteerd en geanalyseerd. Uit de tijd die verlopen is tussen het uitzenden en het ontvangen van het licht kan de afstand tot de terugkaatsende deeltjes afgeleid worden. De lidar meet dus de feitelijke uitstoot van het schip.

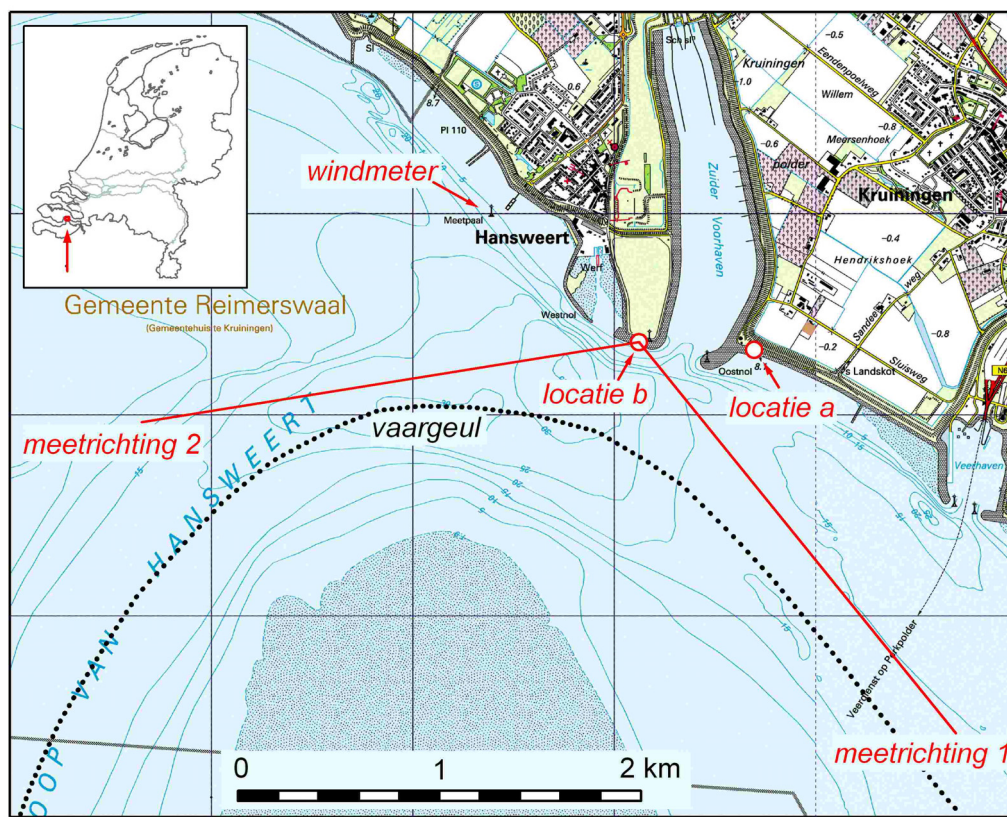
De metingen met de lidar werden zoveel mogelijk op dezelfde dagen uitgevoerd als de emissiemetingen op de zeeschepen. Gedurende zes dagen⁵ werd vanaf de wal bij Hansweert zwaveldioxide-emissies gemeten (Figuur 6 en 7).

De windrichting speelt een belangrijke rol bij de inzetbaarheid van de lidar. Vanaf Hansweert kunnen geschikte metingen worden gedaan bij windrichtingen van zuidwestenwind tot zuidoostenwind. Het voordeel is dat deze windrichtingen in Nederland veel voorkomen. Wel moet er voldoende wind zijn met een snelheid van minimaal 5 m/s. Meer informatie over de methodiek lidar is te vinden in het RIVM-rapport van Swart et al. (2007).



Figuur 6: Zwaveldioxidemetingen met de Lidar bij Hansweert.

⁵ 15, 16 mei, 9, 10 oktober, 17, 18 november.



Figuur 7: Locatie b = positie Lidar.

3 Resultaten

Gedurende 12 dagen hebben we 48 zeeschepen bemonsterd voor emissiemetingen en brandstofbemonstering. De lidar is 6 dagen ingezet en heeft bij 76 schepen het gehalte aan zwaveldioxide gemeten.

In dit hoofdstuk worden de gemiddelde resultaten gegeven van de metingen in brandstoffen en rookgassen. In Bijlage 1 tot en met 4 worden de meetresultaten per schip gegeven.

Soms komen de meetwaarden beneden de aantoonbaarheidsgrenzen. Deze kwalitatieve ondergrens is de laagste concentratie van een component die met een afgesproken zekerheid (95%) kan worden onderscheiden van de ruis of nul. Voor het toepassen van de berekeningen is met een uniforme methodiek een ondergrens gehanteerd die gelijk is aan $3 \cdot \text{stdev}$ van de blancometingen.

We zien tussen de resultaten van het gemiddelde een grote spreiding. Dit is deels te verklaren door de methode van monsterneming (niet isokinetisch) en de chemische analyse. Voor het overige is de spreiding vooral te verklaren in de verschillen in de chemische samenstelling (kwaliteit) van de brandstofsoorten, manoeuvres van het schip en de weersomstandigheden (wind, luchtvochtigheid en temperatuur). De resultaten dienen daarom ook indicatief beschouwd te worden.

3.1 Brandstofmonsters

Van elk zeeschip (varend en stilliggend) is een brandstofmonster genomen (Figuur 8). We hebben eenentwintig stookoliemonsters van varende schepen, dertien gasoliemonsters van varende schepen en twee monsters van varende schepen op marine dieselolie. Van de schepen die aan de wal lagen hadden allen hun generatoren/hulpmotoren op gasolie draaien (Tabel 2).

Tabel 2: Overzicht soorten scheepsbrandstoffen.

soort brandstof	aantal schepen
<i>Varende schepen (Westerschelde)</i>	
Stookolie (HFO)	21
Marine dieselolie (MDO)	2
Gasolie	13
<i>Stilliggende schepen (Noordzeekanaal)</i>	
Gasolie	12
<i>Totaal</i>	<i>48</i>



Figuur 8: Het nemen van brandstofmonsters door VROM-Inspectie en KLPD.

3.1.1 PAK in brandstof

Voor gasolie en stookolie is het gemiddelde van elke individuele PAK, de 16 EPA⁶ PAK en de 10 VROM⁷ PAK berekend (Tabel 3 en 4). Voor de marine diesel olie (MDO) is geen gemiddelde PAK-gehalte berekend, vanwege het lage aantal schepen op MDO (twee). De resultaten van deze schepen zijn te zien in de Bijlage 1A.

Het gemiddelde gehalte van 10 VROM PAK in stookolie is groter dan in gasolie (2662 vs. 1132 en 1635 mg/kg). Ook het gemiddelde gehalte van 16 EPA PAK is in stookolie groter dan in gasolie (3239 vs. 1428 en 2028 mg/kg). De resultaten tonen dat stookolie meer zware PAK bevat dan in gasolie.

Voor gasolie geldt dat de resultaten van de stilliggende schepen iets hoger zijn dan die van de varende schepen.

Tabel 3: Gemiddelde PAK-gehalten in brandstoffen van varende schepen (mg/kg).

	STOOKOLIE (n=21)				GASOLIE (n=13)			
	gem	stdev	min	max	gem	stdev	min	max
Naftaleen	1847	1507	66	6292	780	399	256	1608
Acenaftyleen ^a	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb
Acenafteen	195	90	9,3	377	66	43	28	158
Fluoreen	181	87	20	387	186	83	0,56	345
Fenanthreen	420	140	95	632	312	121	177	508
Anthraceen	86	36	11	160	20	12	9,2	47
Fluorantheen	34	14	4,4	62	8,1	3,3	4,7	15
Pyreen	171	61	21	266	42	16	21	72
Benzo(a)anthraceen	75	35	9,0	155	1,9	1,2	0,47	4,4
Chryseen	108	46	20	214	6,3	2,4	1,1	9,7
Benzo(b)fluorantheen	19	14	0,46	45	0,62	0,26	0,31	1,1
Benzo(k)fluorantheen	4,3	3,0	0,50	10	0,57 ^b	0,0 ^b	0,57 ^b	0,57 ^b
Benzo(a)pyreen	48	23	3,7	94	0,42	0,24	0,13	1,1
Indeno(123cd)pyreen	6,3	2,9	0,64	11	1,46 ^b	0,0 ^b	1,46 ^b	1,46 ^b
Dibenzo(ah)anthraceen	12	5,6	1,4	24	1,51 ^b	0,0 ^b	1,51 ^b	1,51 ^b
Benzo(ghi)peryleen	33	16	3,0	57	0,30	0,23	0,07	0,71
lichte PAK (eerste acht)	2934	1809	226	7942	1414	608	697	2672
zware PAK (tweede acht)	306	135	46	609	13	3,8	6,0	19
16 EPA PAK	3239	1835	275	8258	1428	610	710	2691
10 PAK VROM	2662	1658	218	7410	1132	515	461	2194

a) Acenaftyleen is niet bepaald vanwege een matrixstoring.

b) De meetwaarde van de betreffende PAK lag beneden de aantoonbaarheidsgrens van de analyseapparatuur. Er is gekozen om in deze gevallen een semi-kwantitatieve ondergrens te stellen dat gelijk is aan 3 keer de standaarddeviatie van het gemiddelde van de blancowaarden. Indien alle meetwaarden van één individuele PAK beneden de aantoonbaarheidsgrens van de analyseapparatuur lagen, werden zowel de gemiddelden, de minimale en de maximale waarden van dit element alle gelijk aan de 'nieuwe' ondergrens (3*stdev blanco's). Daardoor is de standaarddeviatie in Tabel 3 gelijk aan 0,0 mg/kg, en zijn de gemiddelde, minimale en maximale waarden gelijk aan deze ondergrens.

⁶ 16 EPA PAK: naftaleen, acenaftyleen, acenafteen, fluoreen, fenanthreen, anthraceen, fluorantheen, pyreen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, indeno(123cd)pyreen, dibenzo(ah)anthraceen, benzo(ghi)peryleen.

⁷ 10 VROM PAK: naftaleen, fenanthreen, anthraceen, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, indeno(123cd)pyreen, benzo(ghi)peryleen.

Tabel 4: Gemiddelde PAK-gehalten in brandstoffen van stilliggende schepen (mg/kg).

	GASOLIE (n=12)			
	gem	stdev	min	max
Naftaleen	1206	591	499	2286
Acenaftyleen ^a	nb	nb	nb	nb
Acenafteen	99,6	55	18	192
Fluoreen	220	94	112	409
Fenanthreen	372	154	134	716
Anthraceen	30	21	6,4	63
Fluoranthreen	12	11	3,7	43
Pyreen	70	59	23	244
Benzo(a)anthraceen	2,3	1,6	0,75	5,2
Chryseen	9,8	5,1	2,7	18
Benzo(b)fluoranthreen	0,76	0,37	0,29	1,5
Benzo(k)fluoranthreen	0,50	0,16	0,11	0,57
Benzo(a)pyreen	0,35	0,21	0,12	0,81
Indeno(123cd)pyreen	1,13	0,61	0,06	1,46
Dibenzo(ah)anthraceen ^b	1,51	0,0	1,51	1,51
Benzo(ghi)peryleen	0,38	0,19	0,11	0,54
lichte PAK (eerste acht)	2011	707	999	3093
zwarte PAK (tweede acht)	17	6,1	7,6	27
16 EPA PAK	2028	709	1015	3113
10 PAK VROM	1635	641	758	2609

a) Acenaftyleen is niet bepaald vanwege een matrixstoring.

b) De meetwaarde van de betreffende PAK lag beneden de aantoonbaarheidsgrens van de analyseapparatuur. Er is gekozen om in deze gevallen een semi-kwantitatieve ondergrens te stellen dat gelijk is aan 3 keer de standaarddeviatie van het gemiddelde van de blancowaarden. Indien alle meetwaarden van één individuele PAK beneden de aantoonbaarheidsgrens van de analyseapparatuur lagen, werden zowel de gemiddelden, de minimale en de maximale waarden van dit element alle gelijk aan de 'nieuwe' ondergrens ($3 \times \text{stdev blanco}$'s). Daardoor is de standaarddeviatie in Tabel 4 gelijk aan 0,0 mg/kg, en zijn de gemiddelde, minimale en maximale waarden gelijk aan deze ondergrens.

3.1.2 Elementen in brandstof

De gemiddelde gehalten van elementen⁸ in brandstoffen van varende (Tabel 5) en stilliggende schepen (Tabel 6) zijn weergegeven in milligram per kilogram (mg/kg). Alleen het zwavelgehalte is gegeven in massaprocenten (m/m%), omdat we dit dan kunnen vergelijken met het wettelijk toegestane zwavelgehalte (website EU-milieubeleid). Deze zijn:

- voor stookolie een maximum van 1,5% zwavel.
- voor gasolie een maximum van 0,1% zwavel.

In bijlage 1B zijn de resultaten van de elementen in brandstoffen per schip gegeven.

De gemiddelde totaalgehalten aan fosfor (P), chroom (Cr), arseen (As), barium (Ba) en jodium (I) in stookolie zijn kleiner dan of gelijk aan die in gasolie. Voor de overige elementen geldt dat het gemiddelde totaalgehalte in stookolie groter is dan in gasolie. Het gehalte aan aluminium, titanium, vanadium, koper en nikkel is een factor 10 groter in stookolie dan in gasolie.

⁸ Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Br, Sr, Sn, Sb, Ba, Pb, Te, I.

Het gemiddelde gehalte aan zwavel is in stookolie groter dan in gasolie (1,6 vs. 0,13 en 0,21%). Het zwavelgehalte van stookolie en gasolie van varende schepen komen ongeveer overeen met de maximale waarden zoals gesteld in het beleid: 1,5% zwavel voor stookolie en 0,1% zwavel voor gasolie. Het gemiddelde zwavelgehalte in gasolie van varende schepen ligt hier iets boven.

Tabel 5: Totaalgehalten van elementen in brandstoffen van varende schepen (mg/kg) en zwavelgehalte in massaprocenten (m/m%).

	STOOKOLIE (n=21)				GASOLIE (n=13)			
	gem	stdev	min	max	gem	stdev	min	max
Mg	180	73	54	295	111	44	24	134
Al	32	26	1,4	74	1,4 ^a	0,0 ^a	1,4 ^a	1,4 ^a
Si	32	8,2	20	56	9,3	5,4	2,4	19
P	0,29 ^a	0,0 ^a	0,29 ^a	0,29 ^a	1,2	1,6	0,29	5,2
S (%)	1,6	0,28	0,91	2,2	0,13	0,04	0,08	0,22
Cl	33	12	5,3	45	13	9,2	8,1	43
K	3,7	2,7	3,1	15	3,1	1,0	1,8	5,2
Ca	16	4,6	9,2	35	14	4,0	1,0	15
Ti	13	30	0,45	98	0,45 ^a	0,0 ^a	0,45 ^a	0,45 ^a
V	59	33	0,51	110	0,84	0,63	0,51	2,3
Cr	1,6	0,34	1,6	3,1	1,9	0,85	1,6	4,1
Mn	2,8	5,2	0,71	18	0,83	0,30	0,71	1,6
Fe	16	14	0,50	60	4,5	0,79	3,2	6,0
Co	5,7	13	0,29	37	0,29	0,0	0,29	0,30
Ni	29	14	0,24	47	0,25	0,02	0,24	0,30
Cu	0,83	0,81	0,30	4,3	0,73	0,18	0,50	1,0
Zn	0,74	0,83	0,15	2,8	0,45	0,95	0,15	3,6
As	0,18	0,01	0,17	0,20	0,18	0,01	0,17	0,20
Br	0,22	0,11	0,10	0,60	0,14	0,03	0,10	0,20
Sr	0,26	0,87	0,0	3,6	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a
Cd	3,9	5,6	0,99	20	2,1	1,4	0,99	4,9
Sn	13	3,3	7,4	20	11	2,8	7,0	15
Sb	8,9	6,8	3,8	37	8,0	0,83	6,3	9,8
Ba	16	12	0,40	36	19	14	9,3	51
Pb	2,8	6,0	0,24	21	0,37	0,09	0,24	0,50
Te	16	4,6	11	28	14	4,9	5,8	21
I	11	7,7	7,7	22	12	3,4	7,7	19

- a) De meetwaarde van het betreffende element lag beneden de aantoonbaarheidsgrens van de analyseapparatuur. Er is gekozen om in deze gevallen een semi-kwantitatieve ondergrens te stellen dat gelijk is aan 3 keer de standaarddeviatie van het gemiddelde van de blancowaarden. Indien alle meetwaarden van één element beneden de aantoonbaarheidsgrens van de analyseapparatuur lagen, werden zowel de gemiddelden, de minimale en de maximale waarden van dit element alle gelijk aan de nieuwe ondergrens ($3 \times \text{stdev blanco's}$). Daardoor is de standaarddeviatie in Tabel 5 gelijk aan $0,0 \mu\text{g/m}^3$.

Tabel 6: Totaalgehalten van elementen in brandstoffen van stilliggende schepen (mg/kg) en zwavelgehalte in massaprocenten (m/m%).

	GASOLIE (n=12)			
	gem	stdev	min	max
Mg	96	50	27	134
Al	2,4	2,4	1,4	8,0
Si	16	6,8	4,8	26
P	1,9	1,9	0,29	5,5
S (%)	0,21	0,24	0,07	0,96
Cl	20	12	9,1	42
K	3,6	1,2	1,7	5,3
Ca	14	3,9	1,6	15
Ti ^a	0,45	0,0	0,45	0,45
V	0,59	0,20	0,51	1,2
Cr	2,1	1,0	1,6	4,0
Mn ^a	0,71	0,0	0,71	0,71
Fe	3,7	1,2	2,1	5,8
Co ^a	0,29	0,0	0,29	0,29
Ni	0,26	0,04	0,24	0,40
Cu	0,89	0,42	0,60	2,1
Zn	0,22	0,16	0,15	0,60
As	0,17	0,0	0,17	0,19
Br	0,14	0,03	0,10	0,20
Sr ^a	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd	2,4	1,6	0,99	6,8
Sn	11	3,9	6,3	19
Sb	6,5	1,5	4,2	8,4
Ba	14	7,5	9,3	27
Pb	0,42	0,12	0,24	0,60
Te	14	4,5	6,1	21
I	13	4,0	7,7	22

- a) De meetwaarde van het betreffende element lag beneden de aantoonbaarheidsgrens van de analyseapparatuur. Er is gekozen om in deze gevallen een semi-kwantitatieve ondergrens te stellen dat gelijk is aan 3 keer de standaarddeviatie van het gemiddelde van de blancowaarden. Indien alle meetwaarden van één element beneden de aantoonbaarheidsgrens van de analyseapparatuur lagen, werden zowel de gemiddelden, de minimale en de maximale waarden van dit element alle gelijk aan de nieuwe ondergrens (3*stdev blanco's). Daardoor is de standaarddeviatie in Tabel 6 gelijk aan 0,0 µg/m³.

3.1.3 Resultaten Inspectorate Netherlands bv

De VROM-Inspectie heeft de brandstofmonsters deels door het RIVM laten analyseren en deels door de Inspectorate Netherlands bv. De monsters van de Inspectorate zijn geanalyseerd op een standaardpakket van fysische en chemische parameters. Deze analyseresultaten zijn door de VROM-Inspectie aan het RIVM beschikbaar gesteld voor de interpretatie.

Omdat beide verschillende analysemethoden gebruiken zijn er verschillen in resultaten. De Inspectorate Netherlands bv maakt gebruik van de ICP-MS, dat preciezer is dan de XRF-methode die het RIVM gebruikt. Over het algemeen kunnen we concluderen dat de resultaten redelijk overeenkomen.

Tabel 7 geeft de verschillen van het zwavelgehalte in brandstoffen. We zien dat de resultaten van het RIVM iets hoger zijn dan die van de Inspectorate, behalve voor varende schepen op gasolie. Uitgebreide resultaten van Inspectorate Netherlands bv worden in Bijlage 2 gegeven.

Tabel 7: Zwavelgehalten in brandstoffen; analyseresultaten van Inspectorate en RIVM.

	<i>Inspectorate Netherlands bv</i>			<i>RIVM</i>		
	Stookolie varende schepen (gem ± stdev)	Gasolie varende schepen (gem ± stdev)	Gasolie stilliggende schepen (gem ± stdev)	Stookolie varende schepen (gem ± stdev)	Gasolie varende schepen (gem ± stdev)	Gasolie stilliggende schepen (gem ± stdev)
Zwavel (%)	1,3 (± 0,23)	0,13 (± 0,14)	0,16 (± 0,19)	1,6 (± 0,28)	0,13 (± 0,04)	0,21 (± 0,24)

3.2 Rookgassen

Bij 48 schepen zijn op de schepen in de rookpluimen metingen uitgevoerd naar totaal stof, fijn stof, fijnstoffracties en de stofgebonden PAK en elementen. Met de lidar werden bij 76 schepen zwaveldioxide-emissies gemeten in de rookpluimen vanaf de wal. Bij een aantal van deze 76 schepen zijn ook metingen in de rookpluimen aan boord van de schepen zelf uitgevoerd.

Deze paragraaf omschrijft de resultaten van de gemiddelde emissiemetingen in rookgassen. Bijlage 3 geeft de uitgebreide resultaten per schip weer.

3.2.1 Elementen en PAK in rookgassen

In Tabel 8 worden de resultaten van de gemiddelde emissieconcentraties van PAK en elementen in de rookgassen van schepen varende op stookolie en gasolie gegeven. In Tabel 9 zijn deze resultaten gegeven voor de schepen die aan wal lagen.

De gemiddelde emissieconcentratie van 10 VROM PAK in de rookgassen van schepen op stookolie is groter dan bij schepen op gasolie (0,87 vs. 0,46 en 0,65 µg/m³). Ook de gemiddelde emissieconcentratie van 16 EPA PAK in de in de rookgassen van schepen op stookolie is groter dan bij schepen op gasolie (1,2 vs. 0,67 en 0,95 µg/m³).

De gemiddelde emissieconcentraties van aluminium, silicium, fosfor, chloor, kalium, calcium, titanium, chroom, zink en strontium in de rookgassen van schepen die op stookolie varen zijn kleiner dan of gelijk aan die in de rookgassen van schepen op gasolie. Voor de overige elementen (inclusief stofgebonden zwavel) geldt dat het gemiddelde emissieconcentratie van schepen varende op stookolie groter is dan die van schepen op gasolie.

Tabel 8: Emissieconcentraties van stofgebonden PAK en elementen in rookgassen van varende schepen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	STOOKOLIE (n=21)				GASOLIE (n=13)			
	gem	stdev	min	max	gem	stdev	min	max
16 EPA PAK	1,2	0,47	0,63	2,5	0,67	0,17	0,54	1,0
10 VROM PAK	0,87	0,39	0,41	1,9	0,46	0,17	0,33	0,79
Mg	151	25	138	216	138 ^a	0,0 ^a	138 ^a	138 ^a
Al	128	79	70	255	133	55	70	193
Si	28634	19488	12098	57780	42701	22960	15020	69366
P	35	39	22	188	64	64	22	204
S	948	889	79	3290	312	319	26	1166
Cl	11	6,7	6,1	26	18	11	6,1	39
K	216	2,0	215	225	222	16	215	268
Ca	2122	1324	1204	5035	2168	1326	1204	4526
Ti	26	20	9,3	61	34	19	9,8	52
V	781	894	29	3850	3,3	12	0,0	43
Cr	29	0,15	29	30	30	1,6	29	34
Mn	9,4	4,7	7,0	25	7,0	0,07	7,0	7,3
Fe	204	193	40	640	108	75	37	307
Co	22	21	10	84	10	0,58	10	12
Ni	417	345	183	1434	188	4,9	183	195
Cu^a	13	0,0	13	13	13	0,0	13	13
Zn	51	39	30	151	91	72	30	220
As	0,18	0,41	0,0	1,7	0,01	0,03	0,0	0,12
Br	6,3 ^a	0,0 ^a	6,3 ^a	6,3 ^a	6,3	0,06	6,3	6,5
Sr	10	7,5	3,9	23	11	5,7	3,9	18
Cd	4,2	2,5	3,0	13	4,1	1,7	3,0	8,9
Sn	44	3,2	42	53	44	2,1	42	48
Sb	7,3	1,7	6,8	14	7,1	0,80	6,8	9,5
Ba	30	1,5	29	33	30	1,2	29	32
Pb	11 ^b	0,88	11 ^b	14	11 ^c	0,26	11 ^c	11 ^c

- a) De meetwaarde van het betreffende element lag beneden de aantoonbaarheidsgrens van de analyseapparatuur. Er is gekozen om in deze gevallen een semi-kwantitatieve ondergrens te stellen dat gelijk is aan 3 keer de standaarddeviatie van het gemiddelde van de blancowaarden. Indien alle meetwaarden van één element beneden de aantoonbaarheidsgrens van de analyseapparatuur lagen, werden zowel de gemiddelden, de minimale en de maximale waarden van dit element alle gelijk aan de nieuwe ondergrens ($3 \times \text{stdev blanco's}$). Daardoor is de standaarddeviatie in Tabel 8 gelijk aan $0,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- b) Door afronding van getallen zijn de gemiddelde, minimale en maximale waarden gelijk aan elkaar (zonder afronding: gem. 11,22 en min. 10,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- c) Door afronding van getallen zijn de gemiddelde, minimale en maximale waarden gelijk aan elkaar (zonder afronding: gem. 10,96, min. 10,81 en max. 11,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabel 9: Emissieconcentraties van stofgebonden PAK en elementen in rookgassen van stilliggende schepen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	GASOLIE (n=12)			
	gem	stdev	min	max
16 EPA PAK	0,95	0,43	0,54	1,7
10 VROM PAK	0,65	0,35	0,33	1,4
Mg	146	10	138	164
Al	177	68	70	240
Si	49123	20534	15416	65898
P	35	29	22	109
S	242	253	32	793
Cl	12	4,8	6,1	23
K	237	16	215	255
Ca	2215	837	1204	3955
Ti	38	16	11	54
V^a	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr	33	2,8	29	39
Mn	8,7	5,8	7,0	27
Fe	110	46	37	166
Co	10	0,70	10	12
Ni	191	6,8	183	202
Cu	13	0,26	13	14
Zn	61	52	30	206
As	0,09	0,25	0,0	0,88
Br	6,3	0,06	6,3	6,5
Sr	12	5,1	3,9	16
Cd	4,3	1,5	3,0	7,5
Sn	54	28	42	142
Sb	8,4	3,2	6,8	18
Ba	30	2,9	29	39
Pb^a	11	0,0	11	11

- a) De meetwaarde van het betreffende element lag beneden de aantoonbaarheidsgrens van de analyseapparatuur. Er is gekozen om in deze gevallen een semi-kwantitatieve ondergrens te stellen dat gelijk is aan 3 keer de standaarddeviatie van het gemiddelde van de blancowaarden. Indien alle meetwaarden van één element beneden de aantoonbaarheidsgrens van de analyseapparatuur lagen, werden zowel de gemiddelden, de minimale en de maximale waarden van dit element alle gelijk aan de nieuwe ondergrens ($3 \cdot \text{stdev blanco's}$). Daardoor is de standaarddeviatie in Tabel 9 gelijk aan $0,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.2.2 Totaal stof, fijn stof en de stoffracties

Totaal stof: emissieconcentraties

Bij 48 schepen zijn de emissieconcentraties van totaal stof bepaald met de actieve monsterneming op kwartsfilters (Tabel 10). Deze zijn het grootste bij schepen varende op stookolie en het kleinste bij schepen op marine diesel olie (58 vs. 16 mg/m³). Schepen die op gasolie voeren hebben een gemiddelde emissieconcentratie totaal stof van 25 mg/m³. Stilliggende schepen die hun motoren draaiende hadden op gasolie, hebben een gemiddelde emissieconcentratie van 30 mg/m³. Wederom is ook hier sprake van een grote spreidingen tussen minimale en maximale waarden.

Tabel 10: Emissieconcentraties van totaal stof op varende schepen en stilliggende schepen bemonsterd met kwartsfilters (mg/m³).

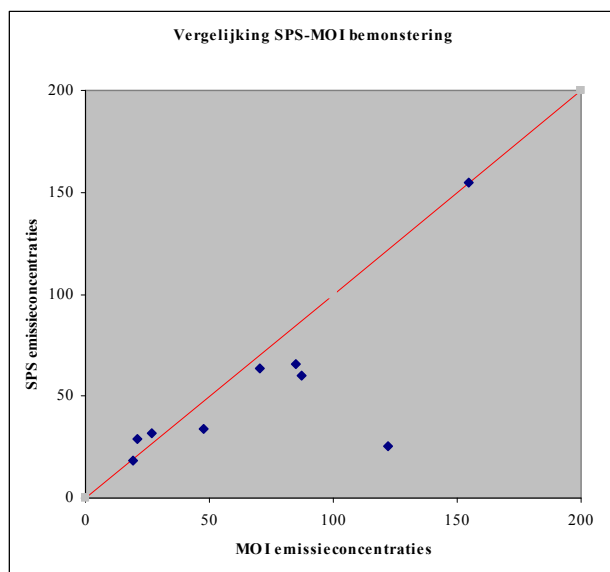
Brandstof	gem	stdev	min	max
<i>Varende schepen</i>				
Gasolie (n=13)	25	23	0,0	77
MDO (n=2)	16	4,0	13	19
Stookolie (n=21)	58	25	6,6	97
<i>Stilliggende schepen</i>				
Gasolie (n=12)	30	28	9,4	107

Fijn stof: emissieconcentraties

Ook voor fijn stof hebben we de emissieconcentraties bepaald. Dit is bij 30 schepen gedaan met de Micro Orifice Impactor (MOI) en bij 11 schepen met de Sioutas Personal Sampler (SPS).

De gemiddelde emissieconcentratie van fijn stof is het grootst bij schepen varend op stookolie en het kleinst bij schepen op marine diesel olie (122 vs. 86 mg/m³). Bij schepen op gasolie is de gemiddelde emissieconcentratie 103 mg/m³. We zien wederom grote spreidingen (Tabel 11).

Zoals verwacht is de SPS handzamer dan de MOI. Het apparaat is veel kleiner en lichter. Een nadeel is dat de pomp van de SPS snel afsloeg bij een aantal metingen. De reden was dat de filters snel volgelopen waren. Bij één meting constateren we een groot verschil in massaconcentratie gemeten met SPS en MOI. De emissieconcentratie gemeten met de MOI is meer dan een factor 4 groter. Voor de overige 8 metingen met de SPS is de gemiddelde emissieconcentraties nagenoeg gelijk met die van de MOI (gemiddeld een factor 1,1 verschillend). De resultaten van deze acht SPS- en MOI-metingen zijn weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9: Emissieconcentraties fijn stof gemeten met MOI en SPS.

Fijn stof: fractieverdeling naar brandstofsoort

De resultaten van de fractieverdeling fijn stof ($< 10 \mu\text{m}$) tonen dat de gemiddelde totale stofemissie grotendeels uit de *ultrafine* fractie bestond ($70 \pm 17\%$). Het percentage *fine* fractie is $28 \pm 16\%$. De *coarse* fractie is $2 \pm 2\%$ van de totale massa (Tabel 11). Dit is, gezien de locatie van metingen direct boven de uitlaatpijp, geen opmerkelijk feit. Op grotere afstand van de uitlaat, bijvoorbeeld op de kade, zou een heel andere verdeling van stoffracties gevonden kunnen worden. Ook willen we hier opmerken dat de metingen niet isokinetisch uitgevoerd zijn. Figuur 10 geeft de filters weer waarop de drie fracties opgevangen zijn.

Tabel 11: Fijn stof: fractieverdeling (massa%) en emissieconcentraties (mg/m^3) per brandstofsoort (gem $\pm$ stdev).

Soort brandstof	Percentage <i>coarse</i> 10- 2,5 μm (%)	Percentage <i>fine</i> 2,5- 0,1 μm (%)	Percentage <i>ultrafine</i> <0,1 μm (%)	Emissie-concentratie (mg/m^3)	Aantal schepen
Gasolie	$2,2 \pm 2,4$	35 ± 17	63 ± 18	103 ± 104	17
Stookolie	$2,4 \pm 1,8$	20 ± 11	78 ± 11	122 ± 80	11
Marine dieselolie	$1,3 \pm 1,7$	$13 \pm 1,3$	$86 \pm 0,50$	86 ± 2	2
<i>Totaal</i>	$2,2 \pm 2,1$	28 ± 16	70 ± 17	109 ± 91	30

Noot: door het afronden van de getallen naar twee significante cijfers, is het gesommeerde aandeel van alle drie de fijnstoffracties samen niet precies op 100%.

We constateren dat de soort brandstof invloed kan hebben op het al dan niet dichtslippen van de MOI. Van de schepen die op gasolie voeren is bij 3 schepen sprake van een overbelasting van de MOI geweest, bij stookolie is dit bij 5 schepen het geval. We kunnen dit echter niet altijd afleiden uit het dichtslippen van de filters, want er zijn ook filters die bij een hoge belading geen of nauwelijks last hadden van dichtslippen. De emissieconcentratie lijkt dus maar een beperkt effect te hebben voor

verstopping van de MOI filters. Mogelijk zijn de chemische samenstelling en temperatuur van het uitlaatmengsel bij de monsternamen van belang voor het al dan niet verstopping van de MOI filters.



Figuur 10: Gemeten fijnstoffracties met de MOI.

Fijn stof: fractieverdeling naar varende/ stilliggende schepen

De resultaten tonen dat varende schepen een groter aandeel leveren in de emissies van *ultrafine* en *coarse* fracties dan stilliggende schepen. De stilliggende schepen hebben weer een iets groter aandeel in de fijne fractie dan de varende schepen (Tabel 12). Ook de gemiddelde emissieconcentratie fijn stof van stilliggende schepen is groter dan van varende schepen.

Tabel 12: Gemiddelde procentuele verdeling van de fijnstoffracties (massa%) en de emissieconcentraties (mg/m³) voor varende, stilliggende en het totaal aan schepen.

	Percentage <i>coarse</i> 10- 2,5 µm (%)	Percentage <i>fine</i> 2,5- 0,1 µm (%)	Percentage <i>ultrafine</i> < 0,1 µm (%)	Emissieconcentratie (mg/m ³)	Aantal schepen
Stilliggende schepen	1,6 ± 1,1	34 ± 21	64 ± 21	137 ± 116	11
Varende schepen	2,5 ± 2,5	24 ± 12	74 ± 13	92 ± 92	19
<i>Totaal</i> ^a	2,2 ± 2,1	28 ± 16	70 ± 17	109 ± 91	30

Algemeen: door het afronden van de getallen naar twee significante cijfers, is het gesommeerde aandeel van alle drie de fijnstoffracties samen niet precies op 100%.

a) zie ook het totaal in Tabel 10.

3.2.3 Zwaveldioxide

Net zoals vorig jaar hebben we zwaveldioxide metingen gedaan in de uitstoot van varende schepen in combinatie met de overige hierboven beschreven emissiemetingen. Gedurende 6 meetdagen zijn metingen uitgevoerd met de lidar (*light detection and ranging*). In totaal hebben we van 76 schepen in de rookpluimen emissiemetingen uitgevoerd. Hiervan waren bij 33 schepen (41%) de emissiegetallen van zwaveldioxide succesvol bepaald. In Bijlage 4 zijn de metingen elk schip weergegeven.

De gemiddelde emissie van zwaveldioxide in rookgasen is 15 g/s met een standaarddeviatie van 9,7 g/s. De laagst gemeten zwaveldioxide-emissie is 0,1 g/s en de hoogst gemeten emissie is 33 g/s.

We zien een flinke spreiding in de emissiegetallen, een klein deel hiervan is te verklaren door de meetmethode van de lidar. Over het algemeen wordt de spreiding vooral veroorzaakt door de verschillen in soort en samenstelling van de brandstoffen waarop de schepen varen en door de variatie in de hoeveelheid per seconde gebruikte brandstof. Deze hoeveelheid is afhankelijk van het gewicht van het schip, de wind, stroming en manoeuvres. In dit lidar onderzoek is onvoldoende informatie over de brandstofsoorten om een volledig en betrouwbaar beeld te geven over het verschil in emissiegetal van schepen varende op stookolie en schepen varende gasolie.

4 Vergelijking 2006, 2007 en 2008

Dit onderzoek naar de chemische samenstelling van brandstoffen en rookgassen van zeeschepen, is in 2006, 2007 en 2008 gelijke setting uitgevoerd. Vanaf 2007 is het onderzoek naar fijn stof en stoffracties in de rookgassen daaraan toegevoegd.

In 2006 zijn 40 schepen betrokken in het onderzoek (Broekman, 2007). In 2007 zijn 52 schepen onderzocht (Broekman et al., 2008) en in 2008 zijn 48 schepen betrokken.

Hieronder worden de verschillende resultaten over deze drie jaren besproken.

Brandstoffen

Tabel 13 geeft een overzicht van de gemiddelde gehalten van PAK en zwavel in brandstoffen gemeten in 2006, 2007 en 2008.

In 2007 en 2008 is het gemiddelde gehalte aan 10 VROM PAK in stookolie groter dan in gasolie. Ook is het gehalte aan zware PAK groter in stookolie dan in gasolie. Voor 2006 geldt dit niet.

Voor het zwavelgehalte in brandstoffen geldt voor alle drie de jaren hetzelfde: het gemiddelde zwavelgehalte in stookolie is groter dan in gasolie. In 2008 is het gemiddelde zwavelpercentage voor schepen die op stookolie en op gasolie voeren lager is dan in 2007 en 2006. Het gemiddelde zwavelpercentage voor stilliggende schepen is in 2008 hetzelfde als in 2007, in 2006 was dit lager.

Rookgassen

Tabel 14 geeft een overzicht van de gemiddelde gehalten van chemische stoffen in rookgassen gemeten in 2006, 2007 en 2008.

Voor alle drie de jaren geldt dat de gemiddelde PAK gehalten in de rookgassen van schepen varende op stookolie groter is dan in de rookgassen van schepen varende op gasolie. Verder zien we dat in 2008 het gemiddelde gehalte van stofgebonden 10 VROM PAK in de rookgassen van alle schepen lager is dan in 2006 en 2007.

Het stofgebonden zwavel in de rookgassen is hoger bij schepen die op stookolie varen dan bij schepen die op gasolie varen. We zien hierin wel een afname in 2008 ten opzichte van voorgaande jaren. Voor stofgebonden zwavel in de rookgassen van schepen varende op gasolie is geen duidelijke toe- of afname te zien.

De gemiddelde emissieconcentratie van fijn stof is in 2008 iets hoger dan in 2007. De verdeling van de stoffracties is dit jaar anders dan vorig jaar. In 2008 is het aandeel van de ultrafijne deeltjes groter dan in 2007. Het aandeel van fijne deeltjes is in 2008 lager dan in 2007.

De gemiddelde emissieconcentraties van zwaveldioxide in rookgassen is in 2008 groter dan in 2007, maar kleiner dan in 2006.

Tabel 13: Gemiddelde gehalten chemische stoffen in brandstoffen uit 2006, 2007 en 2008.

	Resultaten uit 2006	Resultaten uit 2007	Resultaten uit 2008
<i>Brandstoffen</i>	<i>gem ± stdev</i>	<i>gem ± stdev</i>	<i>gem ± stdev</i>
10 VROM PAK in stookolie varende schepen (mg/kg)	2068 ± 2842	4354 ± 3402	2662 ± 1658
10 VROM PAK in gasolie varende schepen (mg/kg)	2345 ± 2976	1454 ± 863	1132 ± 515
10 VROM PAK in gasolie stilliggende schepen (mg/kg)	2310 ± 948	993 ± 424	1635 ± 641
Som van lichte ¹ PAK in stookolie varende schepen (mg/kg)	2695 ± 2867	4721 ± 3532	2934 ± 1809
Som van lichte ¹ PAK in gasolie varende schepen (mg/kg))	2952 ± 2963	1843 ± 999	1414 ± 608
Som van lichte ¹ PAK in gasolie stilliggende schepen (mg/kg)	3535 ± 278	1347 ± 544	2011 ± 707
Som van zware ² PAK in stookolie varende schepen (mg/kg)	267 ± 158	340 ± 132	306 ± 135
Som van zware ² PAK in gasolie varende schepen (mg/kg))	8 ± 6	13 ± 7	13 ± 3,8
Som van zware ² PAK in gasolie stilliggende schepen (mg/kg)	16 ± 5	22 ± 26	17 ± 6,1
Zwavel in stookolie varende schepen (%)	2,1 ± 0,54	1,9 ± 0,49	1,6 ± 0,28
Zwavel in gasolie varende schepen (%)	0,15 ± 0,06	0,18 ± 0,05	0,13 ± 0,04
Zwavel in gasolie stilliggende schepen (%)	0,14 ± 0,07	0,21 ± 0,11	0,21 ± 0,24

¹ Lichte PAK: naftaleen, acenaftyleen, acenaftteen, fluoreen, fenanthreen, anthraceen, fluorantheen, pyreen.

² Zware PAK: benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, indeno(123cd)pyreen, dibenzo(ah)anthraceen, benzo(ghi)peryleen.

Tabel 14: Gemiddelde concentraties chemische stoffen in rookgassen uit 2006, 2007 en 2008.

	Resultaten uit 2006	Resultaten uit 2007	Resultaten uit 2008
<i>Rookgassen</i>	<i>gem ± stdev</i>	<i>gem ± stdev</i>	<i>gem ± stdev</i>
10 VROM PAK in rookgassen van varende schepen op stookolie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$1,35 \pm 0,83$	$1,02 \pm 0,65$	$0,87 \pm 0,39$
10 VROM PAK in rookgassen van varende schepen op gasolie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$1,41 \pm 1,74$	$0,76 \pm 0,67$	$0,46 \pm 0,17$
10 VROM PAK in rookgassen van stilliggende schepen op gasolie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$1,22 \pm 1,02$	$0,99 \pm 0,86$	$0,65 \pm 0,35$
Zwavel in rookgassen van varende schepen op stookolie (mg/m^3)	$3,3 \pm 1,5$	$1,9 \pm 0,9$	$0,95 \pm 0,89$
Zwavel in rookgassen van varende schepen op gasolie (mg/m^3)	$0,24 \pm 0,15$	$0,21 \pm 0,25$	$0,31 \pm 0,32$
Zwavel in rookgassen van stilliggende schepen op gasolie (mg/m^3)	$0,04 \pm 0,04$	$0,39 \pm 0,46$	$0,24 \pm 0,25$
Zwavedioxide in rookgassen van alle schepen (g/s)	12 ± 12	$5,6 \pm 6,7$	$15 \pm 9,7$
Fijn stof: fractie <i>coarse</i> 10-2,5 μm (%)	n.v.t.	$3,0 \pm 2$	$2,2 \pm 2,1$
Fijn stof: fractie <i>fine</i> 2,5-0,1 μm (%)	n.v.t.	42 ± 18	28 ± 16
Fijn stof: fractie <i>ultrafine</i> < 0,1 μm (%)	n.v.t.	55 ± 17	70 ± 17
Emissieconcentratie fijn stof (mg/m^3)	n.v.t.	93 ± 53	109 ± 91

5 Conclusies

Dit is een vervolgonderzoek in opdracht van de VROM-Inspectie de kwaliteit van de brandstoffen en rookgassen van zeeschepen onderzocht. Het onderzoek richt zich op diverse chemische stoffen, namelijk polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK), elementen, metalen, zwavel, zwaveldioxide, maar ook totaal en fijn stof en de fractieverdeling hiervan.

Uit het onderzoek blijkt dat er een grote spreiding is in de resultaten. Dit is deels te verklaren door de methode van monsterneming (niet isokinetisch) en de chemische analyse. Voor het overige is de spreiding vooral te verklaren in de verschillen in de chemische samenstelling (kwaliteit) van de brandstofsoorten, manoeuvres van het schip en de weersomstandigheden (wind, luchtvochtigheid en temperatuur). Verder is de onderzoekspopulatie beperkt, we hebben 48 schepen onderzocht. Deze factoren spelen een belangrijke rol bij de interpretatie van de resultaten, die dan ook indicatief beschouwd moeten worden.

1. Uit de analyses van de brandstoffen blijkt dat stookolie meer verontreinigingen bevat dan gasolie.

- Het gemiddelde PAK gehalte in stookolie is groter dan in gasolie en het aandeel zware PAK is ook groter.
- De gemiddelde totaalgehalten aan fosfor, chroom, arseen, barium en jodium in stookolie zijn kleiner dan of gelijk aan die in gasolie. Voor de overige elementen geldt dat het gemiddelde totaal gehalte in stookolie groter is dan in gasolie.
- Het gehalte aan aluminium, titanium, vanadium, koper en nikkel is een factor 10 groter in stookolie dan in gasolie.
- Het gemiddelde zwavelgehalte van schepen op stookolie was 1,6% met een maximum van 2,2%. Het gemiddelde zwavelgehalte van varende schepen op gasolie was 0,13% met een maximum van 0,22%. Voor alle stilliggende schepen die hun generatoren of hulpmotoren op gasolie hadden draaien, was het gemiddelde zwavelgehalte 0,21% met een maximum van 0,96%.
- De gemiddelde zwavelgehalten van varende schepen in zowel stookolie en gasolie komen overeen met het wettelijk toegestane zwavelgehalten van 1,5% voor stookolie en 0,1% voor gasolie. Het gemiddelde zwavelgehalte in gasolie van stilliggende schepen ligt hier iets boven.

2. Uit de analyse van de rookgassen blijkt dat de emissies van schepen varende op stookolie veelal meer verontreinigingen bevat dan de emissies van schepen varende op gasolie. Dit geldt echter niet voor alle contaminanten.

- De gemiddelde emissieconcentraties van stofgebonden PAK in rookgassen zijn groter bij schepen die op stookolie varen dan bij schepen die op gasolie varen.
- De gemiddelde emissieconcentraties van aluminium, silicium, fosfor, chloor, kalium, calcium, titanium, chroom, zink en strontium in de rookgassen van schepen die op stookolie varen zijn kleiner dan of gelijk aan die in de rookgassen van schepen op gasolie.
- Voor de overige elementen (ook voor zwavel) geldt dat het gemiddelde emissieconcentratie in de rookgassen van schepen varende op stookolie groter is dan die van schepen varende op gasolie.
- De gemiddelde emissieconcentraties van zowel totaal als fijn stof in de rookgassen van schepen op stookolie zijn groter dan die van schepen op gasolie en marine dieselolie. Uit de totale fractieverdeling blijkt dat de rookgassen van schepen voornamelijk uit ultrafijne deeltjes bestaan ($70 \pm 17\%$).
- De gemiddelde emissieconcentratie van zwaveldioxide in rookgassen is $15 \pm 9,7\text{g/s}$. Omdat er onvoldoende informatie beschikbaar was over de brandstof waarop de schepen voeren, kunnen we geen volledig en betrouwbaar beeld geven over de verschillen in emissiegetallen van schepen op stookolie en gasolie.



Figuur 11: Zeeschip Westerschelde (li) en politieboot met KLPD, VROM-Inspectie en RIVM (re).

Literatuur

Broekman M.H., 2007. Luchtemissie van schadelijke stoffen bij zeeschepen. RIVM briefrapport 609021002, RIVM, Bilthoven.

Broekman M.H., Gerlofs-Nijland M.E., Swart D.P.J., 2008. Metingen van de luchtemissie en samenstelling van brandstoffen van zeeschepen. RIVM briefrapport 609021075, RIVM, Bilthoven.

Swart D.P.J., Berkhout A.J.C., Hoff G.R. van der, Bergwerf J.B., Broekman M.H., 2007. Zwaveldioxide-uitstoot van zeeschepen gemeten met lidar. RIVM-rapport 609021039, RIVM, Bilthoven.

Website: www.eu-milieubeleid.nl

Betreft: overzicht EU-regelgeving: zwavelgehalte van bepaalde vloeibare brandstoffen.

Bijlagen

Bijlage 1: Resultaten brandstoffen.

Bijlage 1A: Resultaten PAK in brandstoffen.

Bijlage 1B: Resultaten elementen in brandstoffen.

Bijlage 2: Resultaten Inspectorate Netherlands bv.

Bijlage 3: Resultaten PAK en elementen in rookgassen.

Bijlage 4: Resultaten zwaveldioxide in rookgassen (lidar).

Bijlage 1A Resultaten PAK in brandstoffen

Code RIVM-LVM	2008-1	2008-2	2008-3	2008-4	2008-5	2008-6	2008-7	2008-8	2008-9
Code KLPD	VI 0304ZW001B	VI 0304ZW002B	VI 0304ZW003B	VI 0304ZW004B	VI 0404ZW001B	VI 0404ZW002B	VI 0404ZW003B	VI 2404ZW001B	VI 2404ZW002B
Type olie	HFO	Gasolie	HFO	HFO	HFO	Gasolie	Gasolie	Gasolie	Gasolie
Omschrijving olie	zwarte olie	vloeibaar rood	zwarte olie	zwarte olie	zwarte olie	vloeibaar rood	vloeibaar rood	vloeibaar rood	vloeibaar rood
Varend of stilliggend schip	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	stilliggend	stilliggend
Naftaleen	1457,76	1102,55	4024,46	2932,57	6291,69	741,17	1190,50	609,61	1910,78
Acenafyleen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acenafteen	304,59	58,95	324,97	188,60	291,36	36,69	28,30	41,63	70,38
Fluoreen	332,43	231,57	302,52	203,22	303,73	129,82	143,14	146,47	206,62
Fenanthreen	630,60	454,38	566,08	625,59	631,77	199,81	272,04	241,89	317,97
Anthraceen	133,92	24,87	159,80	103,47	144,89	9,50	10,17	10,51	21,86
Fluorantheen	23,46	7,63	41,11	30,77	39,67	4,68	5,50	5,49	6,96
Pyreen	127,84	38,07	237,02	185,48	238,76	33,41	23,48	32,25	44,87
Benzo(a)anthraceen	12,09	1,54	80,64	63,72	75,89	1,52	1,27	0,88	1,15
Chryseen	19,62	5,05	108,52	94,61	107,71	6,36	6,75	5,54	16,31
Benzo(b)fluorantheen	4,19	0,45	27,37	0,46	0,46	0,59	0,41	0,53	0,46
Benzo(k)fluorantheen	0,50	0,57	4,71	3,86	4,88	0,57	0,57	0,57	0,20
Benzo(a)pyreen	4,05	0,19	44,37	41,04	48,82	0,37	0,17	0,16	0,49
Indeno(123cd)pyreen	0,76	1,46	7,23	5,89	8,42	1,46	1,46	1,46	0,15
Dibenzo(ah)anthraceen	1,39	1,51	10,17	11,03	13,10	1,51	1,51	1,51	1,51
Benzo(ghi)peryleen	3,04	0,08	46,92	38,84	56,63	0,39	0,24	0,16	0,44
lichte PAK (eerste acht)	3010,60	1918,01	5655,95	4269,71	7941,89	1155,08	1673,13	1087,86	2579,45
zwarte PAK (tweede acht)	45,63	10,85	329,93	259,46	315,90	12,76	12,37	10,80	20,71
verhouding licht/zwaar	65,97	176,82	17,14	16,46	25,14	90,51	135,21	100,69	124,56
16 EPA PAK	3056,23	1928,86	5985,88	4529,17	8257,79	1167,85	1685,50	1098,66	2600,16
10 PAK VROM	2285,80	1598,32	5083,84	3940,38	7410,38	965,82	1488,66	876,27	2276,31

Code RIVM-LVM	2008-10	2008-11	2008-12	2008-13	2008-14	2008-15	2008-16	2008-17	2008-18
Code KLPD	VI 2404ZW003B	VI 2504ZW001B	VI 2504ZW002B	VI 2504ZW003B	VI 2804ZW001B	VI 2804ZW002B	VI 2804ZW003B	VI 1505ZW001B	VI 1505ZW002B
Type olie	Gasolie	Gasolie	Gasolie	Gasolie	Gasolie	Gasolie	Gasolie	HFO	HFO
Omschrijving olie	vloeibaar rood	vloeibaar lichtbruin	vloeibaar rood	vloeibaar rood	vloeibaar rood	vloeibaar geel	vloeibaar rood	zwarte olie	zwarte olie
Varend of stilliggend schip	stilliggend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	varend	varend
Naftaleen	1651,82	826,36	2286,00	1399,15	1180,03	810,07	1794,21	2245,07	451,06
Acenafteleen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acenafteen	148,25	95,96	78,73	77,11	156,07	17,82	86,19	175,53	134,42
Fluoreen	387,30	238,87	179,55	164,58	233,21	112,25	244,52	185,13	134,80
Fenantheen	715,96	443,17	273,81	354,88	464,63	133,52	383,74	545,43	521,55
Anthraceen	58,41	23,59	24,35	20,25	48,64	6,35	16,59	99,92	115,36
Fluorantheen	20,64	6,26	3,66	9,60	17,26	4,51	6,59	34,81	17,75
Pyreen	110,93	43,46	44,41	48,26	80,40	22,82	49,30	257,00	136,66
Benzo(a)anthraceen	3,79	0,75	1,26	1,73	5,20	1,01	0,99	101,40	76,98
Chryseen	10,55	2,68	18,13	7,55	11,77	4,88	4,64	136,24	106,05
Benzo(b)fluorantheen	0,81	0,29	0,46	0,90	1,22	1,15	0,45	41,10	0,46
Benzo(k)fluorantheen	0,57	0,57	0,57	0,57	0,11	0,57	0,57	6,93	0,57
Benzo(a)pyreen	0,22	0,21	0,49	0,23	0,41	0,13	0,12	73,08	38,96
Indeno(123cd)pyreen	1,46	1,46	0,14	1,46	0,06	1,46	1,46	9,34	3,96
Dibenzo(ah)anthraceen	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	16,49	10,13
Benzo(ghi)peryleen	0,54	0,16	0,50	0,11	0,29	0,54	0,13	53,60	20,66
lichte PAK (eerste acht)	3093,30	1677,66	2890,50	2073,84	2180,24	1107,33	2581,13	3542,90	1511,60
zwarte PAK (tweede acht)	19,45	7,63	23,05	14,06	20,56	11,24	9,87	438,20	257,77
verhouding licht/zwaar	159,02	219,82	125,38	147,50	106,03	98,47	261,55	8,09	5,86
16 EPA PAK	3112,76	1685,29	2913,55	2087,90	2200,81	1118,57	2591,00	3981,10	1769,37
10 PAK VROM	2463,96	1305,21	2608,89	1795,53	1728,40	963,03	2209,04	3305,84	1352,91

Code RIVM-LVM	2008-19	2008-20	2008-21	2008-22	2008-23	2008-24	2008-25	2008-26	2008-27
Code KLPD	VI 1505ZW003B	VI 1505ZW004B	VI 1505ZW005B	VI 1605ZW001B	VI 1605ZW002B	VI 1605ZW003B	VI 1605ZW004B	VI 1605ZW005B	VI 0910 ZW 001 B
Type olie	HFO	Gasolie	Gasolie	Gasolie	MDO	Gasolie	Gasolie	HFO	Gasolie
Omschrijving olie	zwarte olie	vloeibaar rood	vloeibaar geel	vloeibaar groen	vloeibaar donkerbruin	vloeibaar rood	vloeibaar geel	zwarte olie	vloeibaar rood
Varend of stilliggend schip	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend
Naftaleen	65,90	1151,26	593,74	842,68	1517,91	1607,64	327,89	1374,69	649,67
Acenaftyleen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acenaftteen	9,27	114,64	46,39	57,45	200,04	157,78	29,31	188,04	73,81
Fluoreen	20,32	245,17	216,37	345,25	200,76	264,49	149,52	151,76	169,07
Fenanthreen	95,00	462,56	346,34	443,10	666,03	507,92	225,09	457,21	255,26
Anthraceen	10,66	38,45	12,43	19,07	70,32	47,16	9,28	112,11	22,33
Fluorantheen	4,44	12,28	7,34	9,21	16,88	15,22	5,27	24,96	8,58
Pyreen	20,70	58,90	27,48	45,78	101,17	71,80	21,05	182,94	50,08
Benzo(a)anthraceen	8,98	3,58	0,68	1,40	8,18	4,35	0,47	84,56	1,84
Chryseen	23,81	8,49	3,25	5,52	25,98	9,70	1,10	112,43	5,93
Benzo(b)fluorantheen	5,60	0,66	0,31	0,45	3,93	0,89	0,32	0,46	0,45
Benzo(k)fluorantheen	0,57	0,57	0,57	0,57	0,38	0,57	0,57	0,57	0,57
Benzo(a)pyreen	3,72	0,29	0,49	0,13	1,70	0,33	0,49	45,96	0,33
Indeno(123cd)pyreen	0,64	1,46	1,46	1,46	0,13	1,46	1,46	5,92	1,46
Dibenzo(ah)anthraceen	1,73	1,51	1,51	1,51	0,24	1,51	1,51	11,93	1,51
Benzo(ghi)peryleen	4,08	0,13	0,10	0,09	0,71	0,13	0,07	21,94	0,54
lichte PAK (eerste acht)	226,27	2083,26	1250,10	1762,54	2773,12	2672,01	767,41	2491,71	1228,81
zwarte PAK (tweede acht)	49,14	16,69	8,36	11,12	41,24	18,94	5,99	283,76	12,62
verhouding licht/zwaar	4,60	124,85	149,57	158,49	67,25	141,10	128,18	8,78	97,41
16 EPA PAK	275,41	2099,95	1258,46	1773,66	2814,35	2690,95	773,40	2775,46	1241,42
10 PAK VROM	217,80	1679,06	966,40	1323,22	2308,21	2194,48	571,69	2240,33	946,51

Code RIVM-LVM	2008-28	2008-29	2008-30	2008-31	2008-32	2008-33	2008-34	2008-35	2008-36
Code KLPD	VI 0910 ZW 002 B	VI 0910 ZW 003 B	VI 0910 ZW 004 B	VI 0910 ZW 005 B	VI 1010 ZW 001 B	VI 1010 ZW 002 B	VI 1010 ZW 003 B	VI 1010 ZW 004 B	VI 1010 ZW 005 B
Type olie	HFO	HFO	HFO	Gasolie	MDO	HFO	HFO	HFO	Gasolie
Omschrijving olie	zwarte olie	zwarte olie	zwarte olie	vloeibaar rood	vloeibaar zwart	zwarte olie	zwarte olie	zwarte olie	vloeibaar rood
Varend of stilliggend schip	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend
Naftaleen	1094,90	1535,24	1362,48	434,21	633,90	1236,52	1996,84	491,00	858,10
Acenaftyleen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acenafteen	161,95	200,24	246,76	38,89	35,80	162,07	177,09	145,04	132,59
Fluoreen	128,06	194,88	186,45	0,56	52,07	153,33	152,20	128,59	211,59
Fenanthreen	309,97	345,79	397,65	181,11	149,00	394,39	365,29	345,59	342,86
Anthraceen	65,93	82,67	96,36	13,11	33,51	80,06	67,88	79,30	29,78
Fluorantheen	23,32	49,04	44,26	6,73	37,04	62,28	32,76	36,47	11,95
Pyreen	159,78	142,62	222,40	22,76	132,39	265,89	150,62	193,39	63,42
Benzo(a)anthraceen	21,76	71,79	101,24	2,60	142,65	154,71	64,30	96,82	3,32
Chryseen	29,90	109,41	138,05	6,90	248,73	213,89	103,95	146,40	8,85
Benzo(b)fluorantheen	5,76	23,72	29,72	0,58	12,95	44,57	18,23	27,75	1,06
Benzo(k)fluorantheen	1,41	5,65	6,58	0,57	2,24	10,40	3,98	5,93	0,57
Benzo(a)pyreen	14,46	47,28	65,03	0,65	8,56	94,39	40,19	59,53	1,06
Indeno(123cd)pyreen	2,51	9,31	7,38	1,46	1,12	10,68	4,15	7,82	1,46
Dibenzo(ah)anthraceen	3,50	11,09	16,01	1,51	1,67	23,73	11,12	12,89	1,51
Benzo(ghi)peryleen	11,00	37,21	37,48	0,39	4,52	56,35	21,74	49,83	0,71
lichte PAK (eerste acht)	1943,92	2550,48	2556,36	697,37	1073,71	2354,55	2942,68	1419,38	1650,29
zwarte PAK (tweede acht)	90,30	315,47	401,47	14,66	422,44	608,72	267,67	406,97	18,54
verhouding licht/zwaar	21,53	8,08	6,37	47,57	2,54	3,87	10,99	3,49	89,03
16 EPA PAK	2034,21	2865,95	2957,83	712,03	1496,15	2963,28	3210,35	1826,35	1668,83
10 PAK VROM	1575,16	2293,41	2256,51	647,73	1261,27	2313,68	2701,09	1318,69	1258,66

Code RIVM-LVM	2008-37	2008-38	2008-39	2008-40	2008-41	2008-42	2008-43	2008-44	2008-45
Code KLPD	VI 1011 ZW 001 B	VI 1011 ZW 002 B	VI 1111 ZW 001 B	VI 1711 ZW 001 B	VI 1711 ZW 002 B	VI 1711 ZW 003 B	VI 1711 ZW 004 B	VI 1811 ZW 001 B	VI 1811 ZW 002 B
Type olie	Gasolie	Gasolie	Gasolie	HFO	HFO	HFO	HFO	HFO	Gasolie
Omschrijving olie	vloeibaar zwart	vloeibaar rood	vloeibaar geel	zwarte olie	zwarte olie	zwarte olie	zwarte olie	zwarte olie	vloeibaar rood
Varend of stilliggend schip	stilliggend	stilliggend	stilliggend	varend	varend	varend	varend	varend	varend
Naftaleen	876,86	627,97	499,23	485,58	2330,10	2161,19	2083,50	645,36	385,29
Acenaftyleen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acenafteen	173,75	192,40	57,96	122,66	330,74	181,94	182,57	105,04	47,99
Fluoreen	197,50	409,46	122,98	128,59	183,73	178,91	151,34	95,67	143,93
Fenanthreen	399,92	512,04	226,03	394,05	375,89	425,16	371,73	288,82	191,45
Anthraceen	56,26	63,44	11,57	76,91	75,19	73,30	72,60	41,04	14,52
Fluorantheen	16,83	43,29	8,33	35,78	41,73	48,09	33,50	19,05	5,24
Pyreen	48,92	243,52	73,34	192,64	193,78	192,99	102,76	113,02	42,59
Benzo(a)anthraceen	4,39	4,21	2,22	96,86	121,66	94,58	67,79	56,17	1,68
Chryseen	15,78	12,16	7,87	149,01	167,45	122,03	110,70	89,99	8,64
Benzo(b)fluorantheen	1,45	0,91	0,46	26,46	38,06	27,84	18,93	16,21	1,10
Benzo(k)fluorantheen	0,57	0,57	0,57	6,15	8,36	7,48	4,80	0,57	0,57
Benzo(a)pyreen	0,81	0,49	0,49	65,09	75,52	62,72	48,17	31,76	0,55
Indeno(123cd)pyreen	1,46	1,46	1,46	5,88	9,66	7,36	10,26	4,02	1,46
Dibenzo(ah)anthraceen	1,51	1,51	1,51	17,88	19,12	14,66	10,31	7,05	1,51
Benzo(ghi)peryleen	0,54	0,54	0,54	31,25	35,07	34,27	42,46	24,14	0,54
lichte PAK (eerste acht)	1770,04	2092,12	999,43	1436,20	3531,15	3261,58	2997,99	1308,00	831,00
zwarte PAK (tweede acht)	26,51	21,85	15,12	398,59	474,90	370,95	313,40	229,90	16,04
verhouding licht/zwart	66,76	95,74	66,11	3,60	7,44	8,79	9,57	5,69	51,80
16 EPA PAK	1796,56	2113,98	1014,55	1834,79	4006,05	3632,53	3311,40	1537,91	847,05
10 PAK VROM	1373,43	1266,18	758,31	1346,56	3240,63	3036,18	2845,49	1200,92	609,93

Code RIVM-LVM	2008-46	2008-47	2008-48
Code KLPD	VI 1811 ZW 003 B	VI 1811 ZW 004 B	VI 1811 ZW 005 B
Type olie	HFO	Gasolie	HFO
Omschrijving olie	zwarte olie	vloeibaar zwart	zwarte olie
Varend of stilliggend schip	varend	varend	varend
Naftaleen	404,40	256,12	4123,88
Acenaftyleen	0,00	0,00	0,00
Acenaften	80,24	29,83	377,00
Fluoreen	93,14	170,73	387,07
Fenanthreen	209,21	176,98	525,40
Anthraceen	23,06	13,81	86,06
Fluorantheen	16,60	5,19	55,10
Pyreen	82,21	46,29	192,49
Benzo(a)anthraceen	52,80	0,98	63,21
Chryseen	88,84	4,96	95,26
Benzo(b)fluorantheen	29,93	0,77	19,16
Benzo(k)fluorantheen	0,57	0,57	5,03
Benzo(a)pyreen	63,52	0,44	42,57
Indeno(123cd)pyreen	5,45	1,46	5,55
Dibenzo(ah)anthraceen	17,60	1,51	9,26
Benzo(ghi)peryleen	33,52	0,54	26,08
lichte PAK (eerste acht)	908,86	698,95	5746,99
zwarte PAK (tweede acht)	292,23	11,23	266,12
verhouding licht/zwaar	3,11	62,21	21,60
16 EPA PAK	1201,09	710,19	6013,11
10 PAK VROM	897,97	461,06	5028,13

Bijlage 1B Resultaten elementen in brandstoffen

Code KLPD	VI0304ZW001B	VI0304ZW002B	VI0304ZW003B	VI0304ZW004B	VI0404ZW001B	VI0404ZW002B	VI0404ZW003B	VI2404ZW001B	VI2404ZW002B
Type olie	HFO	Gasolie	HFO	HFO	HFO	Gasolie	Gasolie	Gasolie	Gasolie
Omschrijving olie	zwarte olie	vloeibaar rood	zwarte olie	zwarte olie	zwarte olie	vloeibaar rood	vloeibaar rood	vloeibaar rood	vloeibaar rood
Varend of stilliggend schip	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	stilliggend	stilliggend
Mg	73,20	42,60	254,80	184,40	172,40	133,50	133,50	133,50	31,70
Al	22,00	1,39	73,80	74,30	52,10	1,39	1,39	1,39	1,39
Si	29,70	11,20	39,00	56,30	33,90	2,60	2,40	13,20	18,70
P	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	1,60	2,60
S %	1,16	0,14	1,75	1,83	1,80	0,12	0,15	0,13	0,13
Cl	38,90	11,30	44,90	40,80	42,30	8,10	9,30	13,20	14,00
K	3,09	5,20	3,09	3,09	3,09	3,20	2,00	3,80	5,20
Ca	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16
Ti	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
V	35,20	2,10	78,10	110,30	77,60	0,51	0,51	0,51	0,51
Cr	3,10	3,50	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	4,00
Mn	0,71	1,60	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Fe	11,90	5,70	12,60	16,10	11,80	3,20	4,60	2,10	5,80
Co	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Ni	19,10	0,24	35,50	47,00	31,30	0,24	0,24	0,24	0,24
Cu	0,77	0,90	0,30	0,77	0,60	0,60	0,50	0,70	1,10
Zn	0,50	0,15	0,40	1,90	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
As	0,17	0,17	0,17	0,20	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Br	0,20	0,15	0,30	0,20	0,20	0,10	0,15	0,15	0,20
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,99	0,99	3,90	0,99	0,99	3,30	0,99	6,80	0,99
Sn	17,30	7,00	14,90	16,30	13,90	7,80	10,60	10,80	6,30

Sb	8,35	8,35	9,20	5,50	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35
Ba	34,70	9,28	9,28	9,28	29,80	29,40	9,28	9,28	9,28
Pb	0,60	0,24	0,30	0,24	0,40	0,30	0,40	0,50	0,60
Te	16,50	5,80	11,62	19,80	17,20	11,62	7,50	13,80	9,90
I	7,66	9,80	7,66	15,20	7,66	12,30	11,40	21,70	9,70

Code KLPD	VI2404ZW003B	VI2504ZW001B	VI2504ZW002B	VI2504ZW003B	VI2804ZW001B	VI2804ZW002B	VI2804ZW003gemidd van B en BB	VI1505ZW001B	VI1505ZW002B
Type olie	Gasolie	Gasolie	Gasolie	Gasolie	Gasolie	Gasolie	gasolie	HFO	HFO
Omschrijving olie	vloeibaar rood	vloeibaar lichtbruin	vloeibaar rood	vloeibaar rood	vloeibaar rood	vloeibaar geel	vloeibaar rood	zwarte olie	zwarte olie
Varend of stilliggend schip	stilliggend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	varend	varend
Mg	133,50	29,60	133,50	133,50	32,50	133,50	133,50	61,40	158,50
Al	1,39	1,39	1,39	1,39	8,00	1,39	7,05	53,50	14,60
Si	13,15	24,60	4,80	18,00	26,40	5,70	17,05	41,20	43,30
P	0,29	3,50	0,29	0,29	5,50	0,29	3,14	0,29	0,29
S %	0,12	0,18	0,12	0,13	0,13	0,07	0,12	1,75	1,40
Cl	11,80	40,10	9,10	20,00	41,80	9,60	14,90	43,80	35,70
K	4,00	1,70	2,60	5,10	3,00	2,50	3,25	3,09	3,09
Ca	15,16	15,16	15,16	1,60	15,16	15,16	15,16	9,20	15,16
Ti	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
V	0,51	0,51	0,51	0,51	1,20	0,60	0,51	54,70	53,60
Cr	3,40	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
Mn	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Fe	5,30	2,50	3,30	5,50	3,40	2,20	3,60	14,00	48,50
Co	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	2,40
Ni	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,40	0,24	37,70	42,90
Cu	0,70	0,80	0,60	2,10	0,60	0,70	0,65	0,77	0,77
Zn	0,15	0,15	0,15	0,60	0,50	0,15	0,15	2,10	1,80
As	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,19	0,17	0,17
Br	0,15	0,15	0,15	0,10	0,10	0,15	0,15	0,20	0,10

Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,99	1,80	3,00	0,99	3,20	2,00	1,65	0,99	2,40
Sn	7,20	10,10	18,50	9,30	16,60	16,80	10,30	13,40	14,60
Sb	8,35	4,20	6,00	6,10	5,90	7,00	6,00	8,35	8,35
Ba	22,00	9,28	9,28	23,90	26,90	9,28	24,59	9,28	9,28
Pb	0,60	0,24	0,40	0,24	0,40	0,40	0,32	0,60	0,80
Te	16,50	19,20	21,10	6,10	11,62	11,70	11,80	24,70	27,50
I	14,00	13,60	14,80	12,30	18,30	7,66	9,83	10,80	7,66

Code KLPD	VI1505ZW003B	VI1505ZW004B	VI1505ZW005B	VI1605ZW001B	VI1605ZW002B	VI1605ZW003B	VI1605ZW004B	VI1605ZW005B	VI0910ZW001B
Type olie	HFO	Gasolie	Gasolie	Gasolie	MDO	Gasolie	Gasolie	HFO	Gasolie
Omschrijving olie	zwarte olie	vloeibaar rood	vloeibaar geel	vloeibaar groen	vloeibaar donkerbruin	vloeibaar rood	vloeibaar geel	zwarte olie	vloeibaar rood
Varend of stilliggend schip	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend
Mg	200,80	133,50	34,70	133,50	94,10	133,50	133,50	196,20	133,50
Al	53,70	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	47,60	1,39
Si	29,30	13,15	17,80	9,80	14,80	13,00	18,70	21,70	6,10
P	0,29	0,29	5,20	0,29	0,29	1,20	3,50	0,29	0,29
S %	1,69	0,13	0,22	0,10	1,44	0,12	0,14	1,70	0,08
Cl	36,60	10,00	43,30	10,20	35,20	14,60	13,30	35,30	9,00
K	3,09	2,70	3,09	4,00	3,09	3,80	2,10	3,09	1,80
Ca	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	35,20	1,00
Ti	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
V	61,60	1,10	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	95,40	0,51
Cr	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
Mn	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	1,40
Fe	59,80	4,10	3,80	4,80	2,90	4,10	3,70	14,00	3,90
Co	0,29	0,29	0,29	0,30	0,29	0,29	0,29	4,80	0,29
Ni	28,40	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	36,90	0,24

Cu	0,40	0,90	0,60	0,90	1,10	1,00	0,80	0,77	0,50
Zn	0,15	0,15	0,15	0,60	0,15	0,15	0,15	2,80	0,15
As	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,20	0,17	0,17	0,20
Br	0,20	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,99	3,90	0,99	0,99	0,99	4,90	3,00	3,30	0,99
Sn	7,40	14,90	12,80	7,60	12,40	14,10	10,20	14,90	14,90
Sb	8,35	7,70	7,60	9,80	8,35	8,35	7,70	3,80	8,35
Ba	9,28	9,28	50,80	21,60	9,28	9,28	9,28	28,00	9,28
Pb	0,60	0,50	0,40	0,40	0,40	0,24	0,50	0,30	0,24
Te	12,50	16,30	14,10	17,90	12,90	14,50	9,30	15,70	14,90
I	22,40	13,80	12,50	9,90	12,50	7,66	15,10	16,80	7,66

Code KLPD	VI0910ZW002B	VI0910ZW003B	VI0910ZW004B	VI0910ZW005B	VI1010ZW001B	VI1010ZW002B	VI1010ZW003B	VI1010ZW004B	VI1010ZW005B
Type olie	HFO	HFO	HFO	Gasolie	MDO	HFO	HFO	HFO	Gasolie
Omschrijving olie	zwarte olie	zwarte olie	zwarte olie	vloeibaar rood	vloeibaar zwart	zwarte olie	zwarte olie	zwarte olie	vloeibaar rood
Varend of stilliggend schip	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend
Mg	78,70	295,10	178,60	24,10	198,60	132,10	249,90	201,20	133,50
Al	1,39	67,10	1,39	1,39	1,39	1,39	24,80	1,39	1,39
Si	26,90	23,40	32,80	8,50	27,10	30,10	36,40	27,10	9,10
P	0,29	0,29	0,29	3,10	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
S %	1,24	1,78	1,49	0,16	1,47	1,64	1,74	1,64	0,12
Cl	33,00	33,90	35,80	12,30	39,10	36,10	43,70	34,80	8,60
K	3,09	3,09	3,09	3,30	3,09	3,09	3,09	3,09	3,40
Ca	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16
Ti	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
V	39,90	104,10	66,50	0,51	1,20	82,30	70,70	76,50	2,30
Cr	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	4,10
Mn	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Fe	7,40	11,00	13,00	4,60	17,20	12,30	28,10	12,10	6,00

Co	1,00	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Ni	38,30	41,10	34,80	0,24	0,24	32,70	42,20	33,70	0,24
Cu	0,40	0,40	0,77	0,70	0,80	0,77	0,50	0,77	0,60
Zn	0,15	0,50	0,30	0,15	3,80	0,30	2,10	0,15	3,60
As	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Br	0,10	0,20	0,10	0,10	0,20	0,60	0,40	0,20	0,15
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	1,90	3,20	0,99	2,90	0,99	0,99	0,99	1,80	0,99
Sn	14,60	20,20	17,00	10,15	13,00	13,30	12,50	12,60	11,30
Sb	4,60	9,80	5,70	8,35	8,30	9,40	6,80	8,35	7,00
Ba	9,28	36,10	33,30	9,28	9,28	9,28	30,90	9,28	32,10
Pb	0,24	0,40	0,70	0,40	0,60	0,24	0,70	0,24	0,40
Te	15,10	14,80	21,00	7,60	9,10	10,80	19,10	12,60	19,40
I	7,66	11,10	14,00	12,30	13,60	11,60	14,50	14,90	17,30

Code KLPD	VI1011ZW001B	VI1011ZW002B	VI1111ZW001B	VI1711ZW001B	VI1711ZW002B	VI1711ZW003B	VI1711ZW004B	VI1811ZW001B	VI1811ZW002B
Type olie	Gasolie	Gasolie	Gasolie	HFO	HFO	HFO	HFO	HFO	Gasolie
Omschrijving olie	vloeibaar zwart	vloeibaar rood	vloeibaar geel	zwarte olie	zwarte olie	zwarte olie	zwarte olie	zwarte olie	vloeibaar rood
Varend of stilliggend schip	stilliggend	stilliggend	stilliggend	varend	varend	varend	varend	varend	varend
Mg	96,60	133,50	26,60	247,10	104,10	227,30	283,20	250,20	133,50
Al	1,39	1,39	1,39	21,50	27,50	30,40	58,50	38,80	1,39
Si	24,10	14,10	15,60	29,60	32,80	23,90	29,00	30,00	5,30
P	0,29	0,29	4,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
S %	0,96	0,13	0,26	1,64	1,28	1,58	2,24	1,61	0,08
Cl	37,50	9,30	17,10	32,70	36,60	5,29	5,29	5,29	10,60
K	3,09	5,30	3,09	3,09	15,30	3,09	3,09	3,09	4,20
Ca	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16
Ti	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	70,40	80,80	97,80	0,45
V	0,51	0,51	0,70	85,90	43,10	0,51	0,51	0,51	0,51

Cr	1,56	3,90	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
Mn	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	17,80	14,30	13,20	0,71
Fe	3,30	4,00	3,80	16,40	10,50	0,50	5,88	5,88	4,50
Co	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	34,60	35,40	36,50	0,29
Ni	0,24	0,24	0,24	40,80	19,70	0,24	0,24	0,24	0,30
Cu	1,10	0,80	0,80	0,40	4,30	0,77	0,77	0,77	0,90
Zn	0,15	0,15	0,15	0,40	0,40	0,15	0,15	0,15	0,15
As	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,20	0,20	0,20	0,17
Br	0,10	0,10	0,15	0,15	0,30	0,15	0,15	0,15	0,15
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,90	3,60	0,00	0,00
Cd	3,60	2,50	1,60	1,90	3,10	16,90	13,90	20,00	0,99
Sn	8,60	10,15	10,90	11,90	11,20	7,60	10,15	9,30	8,10
Sb	5,00	8,35	4,80	4,40	9,30	37,40	8,35	8,35	8,20
Ba	9,28	9,28	9,28	9,28	9,28	0,50	9,28	0,40	9,28
Pb	0,40	0,40	0,50	0,50	0,60	20,70	12,00	17,60	0,40
Te	18,10	8,80	15,40	12,50	12,80	11,62	11,62	10,60	21,20
I	9,60	13,30	9,90	7,66	13,40	7,66	7,66	10,60	12,70

Code KLPD	VI1811ZW003B	VI1811ZW004B	VI1811ZW005B
Type olie	HFO	Gasolie	HFO
Omschrijving olie	zwarte olie	vloeibaar zwart	zwarte olie
Varend of stilliggend schip	varend	varend	varend
Mg	54,40	133,50	176,10
Al	1,39	1,39	1,39
Si	19,90	3,00	32,00
P	0,29	0,29	0,29
S %	0,91	0,10	1,54
Cl	36,60	12,70	40,10
K	3,09	1,80	3,09
Ca	15,16	15,16	15,16

Ti	0,45	0,45	0,45
V	26,30	0,80	80,60
Cr	1,56	1,56	1,56
Mn	0,71	0,71	0,71
Fe	12,80	4,90	15,50
Co	0,60	0,29	0,29
Ni	17,00	0,24	36,60
Cu	0,77	0,60	0,77
Zn	0,60	0,15	0,40
As	0,17	0,17	0,17
Br	0,20	0,15	0,30
Sr	0,00	0,00	0,00
Cd	0,99	2,50	0,99
Sn	13,00	10,30	9,10
Sb	6,10	6,30	8,35
Ba	9,28	34,40	24,50
Pb	0,50	0,40	0,24
Te	16,10	16,80	14,30
I	7,66	19,00	13,90

Bijlage 2 Resultaten Inspectorate Netherlands bv

Monstercode Inspectorate Netherlands bv		804266-01	804266-02	804266-03	804266-04	804266-05	804266-06	807654-01	803159-01
Monstercode VI		VI0304ZW001A	VI0304ZW002A	VI0304ZW003A	VI0304ZW004A	VI0404ZW001A	VI0404ZW002A	VI0404ZW003A	VI2404ZW001A
Soort brandstof		HFO	Gasolie	HFO	HFO	HFO	gasolie	gasolie	gasolie
Varend of stilliggend schip		varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	stilliggend
Total acid number	mg KOH/g	0,13	0,05	0,19	0,34	0,19	0,19	0,19	0,06
Strong acid number	mg KOH/g	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero	nil
Flash point	°C	106	64	99	100	95	63	62,5	62
Density @ 15°C	kg/L	0,9707	0,842	0,9855	0,9888	0,9855	0,8447	0,8415	0,8425
Sulphur	%m/m	1,09	0,099	1,55	1,53	1,47	0,091	0,104	0,1
EOX (totaal aan gehalooncerde waterstoffen)	mg/kg	10	<1	14	8	10	<1	<1	<1
Kinematic Viscosity @ 50°C	mm ² /s	328,7	2,841	383,6	389,9	186,3	9,198	3,264	3,212
Al	mg/kg	<5	<5	6	5	<5	<5	<5	<5
As	ug/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<5	<10	<10
Ca	mg/kg	5	<5	10	17	<5	<10	<5	<5
Cd	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cr	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Pb	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hg (mercury)	ug/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ni	mg/kg	5	<5	22	21	>5	<5	<5	<5
Si (silicon)	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sn (tin)	mg/kg	1	<5	5	<5	<5	<5	<5	<5
Ti	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
V	mg/kg	<5	<5	10	<5	<5	<5	<5	<5
Zn	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
P	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5

Monstercode Inspectorate Netherlands bv		803159-02	803159-03	803159-04	803159-05	803159-06	803159-07	803159-08	803159-09	803159-10
Monstercode VI		VI2404ZW002A	VI2404ZW003A	VI2504ZW001A	VI2504ZW002A	VI2504ZW003A	VI2804ZW001A	VI2804ZW002A	VI2804ZW003A	VI1505ZW001A
Soort brandstof		gasolie	gasolie	gasolie	gasolie	gasolie	gasolie	gasolie	gasolie	HFO
Varend of stilliggend schip		stilliggend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	varend
Total acid number	mg KOH/g	0,03	0,06	0,01	0,03	0,07	0,08	0,03	0,11	13
Strong acid number	mg KOH/g	nil	nil	nil	nil	nil	nil	nil	nil	nil
Flash point	°C	58	59	70	62	56	*	64	69	94
Density @ 15°C	kg/L	0,8477	0,856	0,8374	0,8501	0,8374	0,8542	0,8483	0,8561	0,9876
Sulphur	%m/m	0,09	0,08	0,13	0,09	0,09	0,1	0,06	0,1	1,46
EOX (totaal aan gehalooncerde waterstoffen)	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	38
Kinematic Viscosity @ 50°C	mm2/s	2,817	3,221	2,769	2,651	2,628	3,195	3,741	3,399	367,7
Al	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6
As	ug/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ca	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	19
Cd	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cr	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Pb	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hg (mercury)	ug/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ni	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	25
Si (silicon)	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sn (tin)	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ti	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
V	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zn	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5
P	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5

Monstercode Inspectorate Netherlands bv		803159-11	803159-12	803159-13	803159-14	803159-15	803159-16	803159-17	803159-18	803159-19
Monstercode VI		VI1505ZW002A	VI1505ZW003A	VI1505ZW004A	VI1505ZW005A	VI1605ZW001A	VI1605ZW002A	VI1605ZW003A	VI1605ZW004A	VI1605ZW005A
Soort brandstof		HFO	HFO	gasolie	gasolie	gasolie	MDO	gasolie	gasolie	HFO
Varend of stilliggend schip		varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend
Total acid number	mg KOH/g	0,08	0,04	0,11	0,06	0,19	2,06	0,08	0,01	0,2
Strong acid number	mg KOH/g	nil	nil	nil	nil	nil	nil	nil	nil	nil
Flash point	°C	88	>110,0	65	64	61	74	59	77	84
Density @ 15°C	kg/L	0,9877	0,9502	0,8566	0,8396	0,8517	0,8934	0,8582	0,8497	0,9886
Sulphur	%m/m	1,22	1,41	0,09	0,16	0,07	1,17	0,59	0,11	1,43
EOX (totaal aan gehalooncerde waterstoffen)	mg/kg	27	24	<1	<1	1	<1	<1	<1	26
Kinematic Viscosity @ 50°C	mm2/s	395,8	317,4	3,227	2,915	3,073	5,811	3,231	3,882	397,2
Al	mg/kg	10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6
As	ug/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ca	mg/kg	5	8	<5	<5	5	<5	<5	<5	24
Cd	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cr	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Pb	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hg (mercury)	ug/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ni	mg/kg	32	22	<5	<5	<5	<5	<5	<5	30
Si (silicon)	mg/kg	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5
Sn (tin)	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ti	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
V	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zn	mg/kg	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
P	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	22

Monstercode Inspectorate Netherlands bv		807654-02	807654-03	807654-04	807654-05	807654-06	807654-07	807654-08	807654-09	807654-10
Monstercode VI		VI0910ZW001A	VI0910ZW002A	VI0910ZW003A	VI0910ZW004A	VI0910ZW005A	VI1010ZW001A	VI1010ZW002A	VI1010ZW003A	VI1010ZW004A
Soort brandstof		gasolie	HFO	HFO	HFO	gasolie	MDO	HFO	HFO	HFO
Varend of stilliggend schip		varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend	varend
Total acid number	mg KOH/g	0,08	0,2	0,35	0,28	0,12	3	0,26	0,17	0,27
Strong acid number	mg KOH/g	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero
Flash point	°C	63,5	>110	82	91	63,5	76	92	93,5	>110
Density @ 15°C	kg/L	0,8552	0,9802	0,9854	0,9901	0,8426	0,8952	0,9842	0,9843	0,9919
Sulphur	%m/m	0,0615	1,01	1,53	1,3	0,111	1,09	1,34	1,47	1,33
EOX (totaal aan gehalonerde waterstoffen)	mg/kg	<1	13	<1	76	<1	10	67	<1	49
Kinematic Viscosity @ 50°C	mm ² /s	3,234	356,3	380,4	294,1	3,151	10,48	369,3	312,9	441,8
Al	mg/kg	<5	<5	<5	5	<5	<5	5	8	6
As	ug/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	250
Ca	mg/kg	<5	<5	6	9	<5	9	8	10	6
Cd	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5
Cr	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Pb	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hg (mercury)	ug/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ni	mg/kg	<5	23	29	19	<5	<5	23	32	25
Si (silicon)	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sn (tin)	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ti	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
V	mg/kg	<5	28	78	58	<5	<5	63	57	60
Zn	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	<5
P	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	6	<5	<5	<5

Monstercode Inspectorate Netherlands bv		807654-11	807654-12	807654-13	807654-14	807654-15	807654-16	807654-17	807654-18	807654-19
Monstercode VI		VI1010ZW005A	VI1011ZW001A	VI1011ZW002A	VI1111ZW001A	VI1711ZW001A	VI1711ZW002A	VI1711ZW003A	VI1711ZW004A	VI1811ZW001A
Soort brandstof		gasolie	gasolie	gasolie	gasolie	HFO	HFO	HFO	HFO	HFO
Varend of stilliggend schip		varend	stilliggend	stilliggend	stilliggend	varend	varend	varend	varend	varend
Total acid number	mg KOH/g	0,13	0,14	1,08	0,04	0,32	0,44	0,23	0,4	0,45
Strong acid number	mg KOH/g	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero
Flash point	°C	64	66	79,5	61,5	103	104	101	86	>110
Density @ 15°C	kg/L	0,8539	0,866	0,8634	0,8388	0,9812	0,9908	0,984	0,9884	0,9711
Sulphur	%m/m	0,087	0,739	0,1	0,19	1,38	1,07	1,34	1,89	1,36
EOX (totaal aan gehalooncerde waterstoffen)	mg/kg	<1	<1	<1	<1	23	38	<1	<1	<1
Kinematic Viscosity @ 50°C	mm2/s	2,954	4,712	3,343	2,699	297,4	235,3	338,7	359,9	166,7
Al	mg/kg	<5	<5	<5	<5	8	<5	6	<5	<5
As	ug/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ca	mg/kg	<5	<5	<5	<5	8	5	10	7	<5
Cd	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cr	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Pb	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hg (mercury)	ug/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ni	mg/kg	<5	<5	<5	<5	29	11	30	26	28
Si (silicon)	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sn (tin)	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ti	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
V	mg/kg	<5	<5	<5	<5	66	35	61	63	82
Zn	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
P	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5

Monstercode Inspectorate Netherlands bv		807654-20	807654-21	807654-22	807654-23
Monstercode VI		VI1811ZW002A	VI1811ZW003A	VI1811ZW004A	VI1811ZW005A
Soort brandstof		gasolie	HFO	gasolie	HFO
Varend of stilliggend schip		varend	varend	varend	varend
Total acid number	mg KOH/g	0,06	0,44	0,06	0,32
Strong acid number	mg KOH/g	zero	zero	zero	zero
Flash point	°C	70	93	78,5	>110
Density @ 15°C	kg/L	0,8519	0,971	0,8539	0,9612
Sulphur	%m/m	0,0615	0,77	0,08	1,25
EOX (totaal aan gehalonerde waterstoffen)	mg/kg	<1	<1	<1	24
Kinematic Viscosity @ 50°C	mm ² /s	3,478	197,8	4,115	165,5
Al	mg/kg	<5	<5	<5	7
As	ug/kg	<10	<10	<10	<10
Ca	mg/kg	<5	<5	<5	13
Cd	mg/kg	<5	<5	<5	<5
Cr	mg/kg	<5	<5	<5	<5
Pb	mg/kg	<5	<5	<5	<5
Hg (mercury)	ug/kg	<10	<10	<10	<10
Ni	mg/kg	<5	9	<5	16
Si (silicon)	mg/kg	<5	<5	<5	<5
Sn (tin)	mg/kg	<5	<5	<5	<5
Ti	mg/kg	<5	<5	<5	<5
V	mg/kg	<5	23	<5	62
Zn	mg/kg	<5	<5	<5	<5
P	mg/kg	<5	<5	<5	<5

Bijlage 3 Resultaten PAK en elementen in rookgassen

KLPD monstercode (brandstof)	VI0304ZW001 A/B/C		VI0304ZW002 A/B/C		VI0304ZW003 A/B/C		VI0304ZW004 A/B/C		VI0404ZW001 A/B	
IMG monstercode (luchtmonster)	IMG030408027	IMG030408026	IMG030408023	IMG030408024	IMG030408031	IMG030408039	IMG030408022	IMG030408037	IMG040408036	IMG040408046
Varend of stilliggend schip	varend		varend		varend		varend		varend	
Soort brandstof	HFO		gasolie		HFO		HFO		HFO	
Emissieconcentratie TSP (mg/m3)	54,10		25,00		78,90		89,70		55,40	
Lichte PAK	0,63		0,35		0,79		0,98		0,71	
Zware PAK	0,16		0,07		0,13		0,07		0,20	
verhouding lichte/zware PAK	3,99		5,34		6,19		14,20		3,48	
16 EPA PAK	0,79		0,41		0,92		1,05		0,92	
10 VROM PAK	0,56		0,21		0,68		0,80		0,68	
Mg	142,75	141,50	138,16	138,16	196,29	211,87	209,86	222,17	142,25	161,35
Al	197,54	198,30	193,52	184,47	248,81	258,36	238,51	238,51	213,63	226,95
Si	54412,38	53381,94	54135,92	57202,12	48682,12	48405,66	43730,97	44082,83	53733,80	54965,31
P	22,15	22,15	87,94	110,21	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15
S	946,25	851,25	254,09	304,86	2043,04	2054,85	3304,96	3274,80	1381,80	1326,00
Cl	11,31	11,46	16,03	20,73	18,00	18,05	20,38	21,74	13,22	12,19
K	215,26	215,26	236,00	256,61	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26
Ca	2378,31	2268,48	2455,97	2777,17	3591,47	3639,22	5250,23	4820,46	2809,84	2922,94
Ti	50,01	47,00	45,49	47,00	62,83	59,06	47,50	50,27	47,75	47,00

V	547,89	471,49	0,00	0,00	2267,73	2311,71	3802,58	3898,09	1324,75	1280,51
Cr	29,24	29,24	32,92	35,19	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24
Mn	8,04	9,45	7,04	7,04	24,13	13,19	23,37	25,89	7,04	9,68
Fe	239,26	233,48	128,18	130,94	461,44	422,23	503,16	518,74	281,49	255,85
Co	28,65	23,37	10,06	10,06	34,68	34,93	43,98	39,21	22,37	16,59
Ni	443,09	403,63	183,33	200,31	1013,10	1009,08	1421,26	1445,89	636,61	603,44
Cu	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69
Zn	35,09	30,41	138,73	169,90	65,85	67,86	143,76	157,83	38,05	31,57
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	2,31	0,00	0,00
Br	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28
Sr	21,79	18,17	14,58	16,21	20,58	22,12	23,07	21,99	16,31	17,07
Cd	4,83	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02
Sn	44,99	42,22	42,22	46,50	56,05	42,22	42,22	42,22	48,00	58,81
Sb	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	13,82	6,77	13,07	15,08
Ba	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94
Pb	12,32	12,39	10,81	10,81	12,06	10,81	10,88	10,81	11,39	10,81

KLPD monstercode (brandstof)	VI0404ZW002 A/B		VI0404ZW003 A/B		VI2404ZW001 A/B/C		VI2404ZW002 A/B/C		VI2404ZW003 A/B/C	
IMG monstercode (luchtmonster)	IMG040408048	IMG040408049	IMG040408044	IMG040408045	IMG240408030	IMG240408041	IMG240408038	IMG240408042	IMG240408043	IMG240408050
Varend of stilliggend schip	varend		varend		stilliggend		stilliggend		stilliggend	
Soort brandstof	gasolie		gasolie		gasolie		gasolie		gasolie	
Emissieconcentratie TSP (mg/m3)	18,40		19,20		35,30		106,70		9,80	
Lichte PAK	0,35		0,49		0,73		1,15		1,15	
Zware PAK	0,07		0,07		0,07		0,57		0,57	
verhouding lichte/zware PAK	5,34		7,52		11,19		2,02		2,02	
16 EPA PAK	0,41		0,56		0,80		1,72		1,72	
10 VROM PAK	0,21		0,33		0,55		1,21		1,21	
Mg	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	164,12	158,59
Al	190,00	195,28	192,01	184,98	210,36	200,56	161,85	181,21	227,95	237,50
Si	57051,32	57755,04	53809,20	55467,96	60946,90	55090,97	50793,27	54538,05	61901,94	65596,45
P	158,03	170,75	142,33	131,85	22,15	22,15	130,97	87,41	22,15	22,15
S	524,02	547,39	586,10	511,70	148,23	125,11	898,75	687,63	105,61	121,97
Cl	19,68	20,61	24,58	38,10	12,06	12,94	15,21	14,45	10,73	11,69
K	275,20	260,38	215,26	215,26	289,03	215,26	215,26	228,46	215,26	247,05
Ca	4400,74	4652,07	4589,24	4385,66	2208,92	1886,97	3015,93	2724,39	2078,48	2216,96
Ti	45,99	45,24	41,34	46,02	49,76	40,74	45,74	47,50	39,79	56,80
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	35,69	29,24	33,43	29,24	35,94	32,42	35,94	29,24	30,91	39,96

Mn	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04
Fe	164,12	150,80	128,43	125,92	109,83	139,99	136,97	140,74	126,92	126,42
Co	10,06	10,56	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06
Ni	198,80	190,51	189,50	199,55	183,33	187,49	199,55	198,30	198,80	205,84
Cu	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69
Zn	180,70	195,78	209,10	193,02	30,00	30,00	241,02	171,15	30,00	36,79
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	1,76
Br	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28
Sr	16,96	15,31	15,28	14,70	14,88	15,78	16,34	14,83	14,75	13,92
Cd	3,02	8,29	4,85	3,02	4,85	3,02	3,02	8,29	4,85	3,02
Sn	42,22	42,22	42,22	45,74	45,74	42,22	42,22	42,47	42,22	55,54
Sb	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	12,32	6,77	6,77
Ba	28,94	35,44	28,94	29,66	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94
Pb	10,81	10,81	10,81	12,04	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81

KLPD monstercode (brandstof)	VI2504ZW001 A/B/C		VI2504ZW002 A/B/C		VI2504ZW003 A/B/C		VI2804ZW001 A/B/C		VI2804ZW002 A/B/C	
IMG monstercode (luchtmonster)	IMG250408032	IMG250408033	IMG250408035	IMG250408047	IMG250408009	IMG250408011	IMG280408008	IMG280408028	IMG280408007	IMG280408040
Varend of stilliggend schip	stilliggend		stilliggend		stilliggend		stilliggend		stilliggend	
Soort brandstof	gasolie		gasolie		gasolie		gasolie		gasolie	
Emissieconcentratie TSP (mg/m3)	47,80		12,80		42,80		9,40		9,80	
Lichte PAK	1,50		0,47		0,35		0,42		0,37	
Zware PAK	0,07		0,07		0,07		0,07		0,07	
verhouding lichte/zware PAK	23,00		7,19		5,34		6,24		5,38	
16 EPA PAK	1,57		0,53		0,41		0,49		0,43	
10 VROM PAK	1,32		0,32		0,21		0,28		0,23	
Mg	138,16	138,16	165,12	138,16	138,16	138,16	143,26	145,77	160,60	168,14
Al	191,26	196,79	224,94	220,92	199,05	195,03	239,52	239,77	221,67	238,01
Si	56875,39	57855,57	58383,36	62856,99	59112,21	57403,18	65797,52	65998,58	64716,81	62856,99
P	86,83	72,78	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	34,51	22,15
S	706,23	586,35	131,39	126,07	139,64	159,01	149,14	166,33	123,63	118,25
Cl	24,18	21,26	11,18	10,78	10,63	11,76	11,89	11,03	9,78	13,17
K	248,81	232,73	218,15	276,46	272,44	236,75	241,27	258,36	215,26	265,40
Ca	4126,80	3782,48	2036,25	2190,07	2152,37	2158,15	2240,33	2230,28	2162,67	2175,99
Ti	45,74	48,51	41,92	48,25	48,25	46,50	55,79	51,27	40,09	41,97
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	30,91	33,93	33,43	29,66	35,44	32,67	30,66	46,50	33,18	33,93

Mn	7,04	7,62	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	47,00	7,04	7,04
Fe	136,97	140,24	166,63	164,87	148,79	146,27	126,17	90,73	120,64	134,96
Co	10,06	10,06	10,06	12,82	10,06	14,33	10,06	10,06	10,06	10,06
Ni	206,09	193,52	191,26	193,52	188,24	199,30	193,77	183,33	193,02	187,99
Cu	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69
Zn	107,32	102,04	67,36	40,72	46,24	57,05	38,45	46,75	30,51	30,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Br	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28
Sr	15,58	13,62	14,90	16,01	16,74	14,20	13,45	14,85	15,93	15,68
Cd	5,96	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	9,30	6,03	3,02
Sn	45,24	42,47	42,22	59,56	46,50	42,22	42,22	242,03	43,73	42,22
Sb	6,77	6,77	6,77	12,32	6,77	8,04	6,77	28,90	6,77	6,77
Ba	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	48,25	28,94	28,94
Pb	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81

KLPD monstercode (brandstof)	VI2804ZW003 A/B/C				VI1505ZW001 A/B/C		VI1505ZW002 A/B/C			
IMG monstercode (luchtmonster)	IMG280408001	IMG280408014	IMG280408021	IMG280408029	IMG15050805	IMG15050806	IMG15050803	IMG15050804	IMG15050802	IMG15050810
Varend of stilliggend schip	stilliggend				varend		varend			
Soort brandstof	gasolie				HFO		HFO			
Emissieconcentratie TSP (mg/m3)	30,50				47,60		89,50			
Lichte PAK	1,07				0,54		1,58			
Zware PAK	0,22				0,07		0,19			
verhouding lichte/zware PAK	5,88				7,63		7,36			
16 EPA PAK	1,29				0,61		1,77			
10 VROM PAK	0,84				0,39		1,51			
Mg	138,16	165,88	138,16	185,73	212,37	185,98	145,27	138,16	172,91	168,39
Al	230,47	219,41	221,42	230,72	253,84	257,11	234,49	226,95	277,72	280,48
Si	62304,07	61198,22	63560,70	62505,13	57252,38	58307,96	46043,18	41846,01	61022,30	60042,12
P	22,15	22,15	22,15	22,15	105,38	73,09	22,15	22,15	22,15	22,15
S	574,53	675,32	350,10	362,67	1746,98	1399,64	2145,08	2633,91	1046,28	1116,15
Cl	27,77	15,13	13,50	12,79	13,87	13,60	18,98	19,05	15,76	48,86
K	255,10	245,80	263,89	252,33	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26
Ca	3443,19	3644,25	2998,34	3020,96	3810,12	3536,18	2752,04	3023,47	2626,37	2651,50
Ti	47,25	49,41	49,51	45,47	62,08	55,29	45,74	55,54	48,25	55,54
V	0,00	0,00	0,00	0,00	1526,31	1150,83	838,18	1064,37	606,70	683,36
Cr	30,16	29,24	36,69	33,68	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24

Mn	7,11	7,04	7,04	7,04	18,60	14,33	8,52	13,32	11,79	10,88
Fe	125,41	146,27	120,39	121,14	367,19	312,40	628,07	792,18	561,47	579,06
Co	10,06	10,06	10,06	10,06	37,95	35,69	71,38	75,15	59,06	67,61
Ni	199,30	193,27	191,76	195,78	963,34	767,30	710,00	862,05	624,55	663,50
Cu	12,69	16,26	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69
Zn	94,50	100,78	66,60	71,13	118,38	98,02	58,31	71,38	51,52	60,82
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,04	1,33	0,00	0,70
Br	7,11	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28
Sr	14,15	15,31	13,30	16,51	19,98	20,78	18,25	17,72	19,55	16,08
Cd	3,72	3,02	3,02	20,36	9,30	17,09	3,02	4,83	12,57	3,02
Sn	42,22	51,27	85,45	44,99	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22
Sb	6,77	6,77	13,82	6,77	7,29	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77
Ba	28,94	28,94	41,47	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	44,23	28,94
Pb	10,81	10,81	10,81	10,81	14,83	12,39	11,74	16,34	14,23	12,32

KLPD monstercode (brandstof)	VI1505ZW003 A/B/C				VI1505ZW004 A/B/C		VI1505ZW005 A/B/C		VI1605ZW001 A/B/C	
IMG monstercode (luchtmonster)	IMG15050818	IMG15050819	IMG15050879	IMG15050880	IMG15050875	IMG15050876	IMG15050877	IMG15050878	IMG16050866	IMG16050867
Varend of stilliggend schip	varend				varend		varend		varend	
Soort brandstof	HFO				gasolie		gasolie		gasolie	
Emissieconcentratie TSP (mg/m3)	76,45				15,00		76,90		0,00	
Lichte PAK	0,73				0,35		0,35		0,36	
Zware PAK	0,18				0,07		0,07		0,07	
verhouding lichte/zware PAK	6,39				5,34		5,34		5,52	
16 EPA PAK	0,91				0,41		0,41		0,43	
10 VROM PAK	0,63				0,21		0,21		0,22	
Mg	209,10	211,37	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16
Al	234,74	226,45	129,68	137,73	160,85	201,82	131,44	125,41	188,24	186,99
Si	61675,75	60293,45	48355,39	47123,89	64440,35	70899,46	55392,56	54688,84	69165,30	69567,43
P	22,15	22,15	104,25	110,61	22,15	22,15	189,68	217,83	36,24	22,15
S	1366,97	1536,87	2446,17	2714,34	117,19	35,81	1111,12	1221,70	193,12	171,36
Cl	13,32	14,35	23,93	25,21	26,39	18,45	36,67	41,37	17,12	18,72
K	245,80	221,92	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26
Ca	2875,19	3204,42	4674,69	4948,64	1248,09	1203,85	3913,17	4199,68	1447,90	1471,02
Ti	39,21	35,19	38,96	41,97	50,77	52,53	49,26	45,74	54,29	47,00
V	176,18	277,21	1228,74	1313,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	29,24	31,92	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24

Mn	7,04	7,04	9,48	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,56
Fe	253,59	346,58	880,40	922,37	109,58	118,88	323,71	290,28	127,17	130,44
Co	10,06	10,06	15,83	20,86	10,06	11,06	12,06	11,81	10,06	10,06
Ni	275,20	313,41	632,34	670,04	191,76	186,99	189,50	183,33	204,58	183,33
Cu	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69
Zn	30,00	30,00	133,71	151,05	38,45	30,00	211,12	229,46	82,94	82,94
As	0,00	0,00	0,00	1,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Br	6,28	6,28	6,28	6,28	6,69	6,28	6,28	6,36	6,28	6,28
Sr	16,41	16,16	18,45	17,14	15,68	14,00	16,06	19,15	12,59	13,87
Cd	3,02	3,02	17,09	7,04	14,83	3,02	6,03	3,02	3,02	6,03
Sn	47,25	42,22	53,28	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	52,78
Sb	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	8,80
Ba	34,18	28,94	41,72	28,94	34,18	28,94	28,94	28,94	28,94	33,43
Pb	10,81	12,19	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	11,89

KLPD monstercode (brandstof)	VI1605ZW002 A/B/C		VI1605ZW003 A/B/C		VI1605ZW004 A/B/C		VI1605ZW005 A/B/C		VI 0910 ZW 001 A, B, C	
IMG monstercode (luchtmonster)	IMG16050868	IMG16050869	IMG16050873	IMG16050874	IMG16050871	IMG16050872	IMG16050852	IMG16050853	imd091008 001	imd091008 002
Varend of stilliggend schip	varend		varend		varend		varend		varend	
Soort brandstof	MDO		gasolie		gasolie		HFO		Gasolie	
Emissieconcentratie TSP (mg/m3)	13,20		53,60		50,40		60,30		26,70	
Lichte PAK	0,53		0,35		0,35		0,63		0,54	
Zware PAK	0,07		0,07		0,07		0,14		0,07	
verhouding lichte/zware PAK	8,08		5,34		5,34		4,40		8,34	
16 EPA PAK	0,59		0,41		0,41		0,77		0,61	
10 VROM PAK	0,38		0,21		0,21		0,55		0,39	
Mg	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16
Al	197,79	187,24	153,31	144,26	163,11	149,29	184,47	179,45	70,00	70,00
Si	66978,76	68159,99	58559,29	57202,12	60695,57	61072,56	56020,88	55995,75	15645,13	14451,33
P	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	198,95	176,56	22,15	22,15
S	129,41	492,60	435,80	502,65	409,66	403,13	2548,46	2180,27	39,37	123,90
Cl	24,76	23,17	24,58	24,10	22,64	34,88	24,15	23,85	6,14	6,14
K	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26
Ca	1203,85	1790,71	1563,51	1599,70	2231,54	2179,51	4951,15	4473,63	1203,85	1203,85
Ti	49,26	55,54	47,00	50,01	48,71	55,04	49,51	45,99	10,64	8,92
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1553,45	1351,64	0,00	85,64
Cr	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24

Mn	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	10,35	9,48	7,04	7,04
Fe	113,85	134,46	117,12	124,41	117,37	127,67	265,90	241,53	36,96	55,73
Co	10,06	10,81	10,06	12,32	10,06	10,06	87,21	80,68	10,06	10,06
Ni	185,23	193,77	195,28	190,25	183,33	185,98	639,13	582,83	183,33	183,33
Cu	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69
Zn	30,00	119,13	36,19	32,57	65,35	62,58	153,06	134,71	30,00	30,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
Br	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28
Sr	14,58	15,23	16,91	13,57	14,25	12,09	20,31	17,37	3,87	3,87
Cd	3,02	11,56	3,02	3,02	3,02	5,98	3,02	10,30	3,02	3,02
Sn	61,58	52,78	47,25	42,22	53,28	42,22	43,23	56,05	42,22	42,22
Sb	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	12,32	6,77	6,77	6,77	6,77
Ba	32,67	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	32,67	33,68	28,94	28,94
Pb	10,81	14,33	12,06	10,88	10,81	11,03	10,81	10,81	10,81	10,81

KLDP monstercode (brandstof)	VI 0910 ZW 002 A, B, C		VI 0910 ZW 003 A, B, C		VI 0910 ZW 004 A, B, C		VI 0910 ZW005 A, B, C		VI 1010 ZW 001 A, B, C	
IMG monstercode (lichtmonster)	imd091008 003	imd091008 004	imd091008 005	imd091008 006	imd091008 007	imd091008 008	imd101008 001	imd101008 002	imd101008 003	imd101008 004
Varend of stilliggend schip	varend		varend		varend		varend		varend	
Soort brandstof	HFO		HFO		HFO		Gasolie		MDO	
Emissieconcentratie TSP (mg/m3)	6,60		38,40		46,30		17,50		18,80	
Lichte PAK	0,45		0,65		0,72		0,60		0,75	
Zware PAK	0,07		0,13		0,15		0,07		0,35	
verhouding lichte/zware PAK	6,94		5,11		4,68		9,22		2,14	
16 EPA PAK	0,52		0,78		0,87		0,67		1,10	
10 VROM PAK	0,31		0,50		0,63		0,46		0,80	
Mg	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16
Al	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Si	15192,74	14771,77	14218,85	14910,00	14589,56	14369,64	15186,46	15136,19	15839,91	15450,35
P	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	43,62	48,50	22,15	22,15
S	66,79	91,04	354,31	254,59	312,84	327,17	96,89	106,75	78,60	86,14
Cl	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14
K	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26
Ca	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85
Ti	10,13	10,37	10,74	9,42	15,39	13,63	12,30	11,75	13,46	11,08
V	0,00	57,24	348,21	249,95	399,67	423,74	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24

Mn	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04
Fe	36,96	60,32	62,02	48,76	84,63	88,72	36,96	36,96	43,42	42,79
Co	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06
Ni	183,33	183,33	183,33	183,33	201,06	214,76	183,33	183,33	183,33	183,33
Cu	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69
Zn	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	65,97	69,24	30,00	30,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Br	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28
Sr	3,87	3,87	4,49	3,87	4,64	3,87	3,87	4,02	4,58	3,87
Cd	6,79	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02
Sn	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22
Sb	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77
Ba	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94
Pb	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81

KLPD monstercode (brandstof)	VI 1010 ZW 002 A, B, C		VI 1010 ZW 003 A, B, C		VI 1010 ZW 004 A, B, C		VI 1010 ZW 005 A, B, C		VI 1011 ZW 001 A, B, C	
IMG monstercode (lichtmonster)	imd101008 005	imd101008 006	imd101008 007	imd101008 008	imd101008 009	imd101008 010	imd101008 011	imd101008 012	img10110801	img10110802
Varend of stilliggend schip	varend		varend		varend		varend		stilliggend	
Soort brandstof	HFO		HFO		HFO		Gasolie		Gasolie	
Emissieconcentratie TSP (mg/m3)	35,50		97,40		94,70		7,20		39,40	
Lichte PAK	0,66		1,88		1,23		0,82		0,35	
Zware PAK	0,31		0,49		0,07		0,07		1,01	
verhouding lichte/zware PAK	2,14		3,82		18,92		12,65		0,34	
16 EPA PAK	0,97		2,37		1,30		0,89		1,36	
10 VROM PAK	0,67		1,88		1,07		0,69		0,67	
Mg	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16
Al	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Si	14099,47	15312,12	12635,49	13113,01	12189,38	12007,17	15701,68	15701,68	15236,72	15594,87
P	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15
S	411,30	155,13	645,28	557,95	571,64	565,74	25,87	25,19	111,97	78,73
Cl	6,14	6,14	6,14	10,59	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14
K	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26
Ca	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85
Ti	8,67	9,93	10,18	12,19	12,19	11,12	13,63	10,64	10,30	11,31
V	207,28	63,02	307,75	260,75	494,61	478,15	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24

Mn	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04
Fe	61,20	39,52	120,26	109,96	92,87	95,25	36,96	37,07	36,96	36,96
Co	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,12	10,06	10,06	10,06	10,06
Ni	183,33	183,33	201,38	183,33	214,07	215,39	183,33	183,33	183,33	183,33
Cu	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69
Zn	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	31,67	33,05	30,00	30,00
As	0,44	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Br	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28
Sr	4,36	4,26	4,43	5,40	4,55	4,30	3,87	3,87	3,87	3,87
Cd	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02
Sn	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22
Sb	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77
Ba	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94
Pb	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81

KLPD monstercode (brandstof)	VI 1011 ZW 002 A, B, C		VI 1111 ZW 001 A, B, C		VI 1711 ZW 001 A, B, C		VI 1711 ZW 002 A, B, C		VI 1711 ZW 003 A, B, C	
IMG monstercode (lichtmonster)	img10110803	img10110804	img11110801	img11110802	img17110801	img17110802	img17110803	img17110804	img17110807	img17110808
Varend of stilliggend schip	stilliggend		stilliggend		varend		varend		varend	
Soort brandstof	Gasolie		Gasolie		HFO		HFO		HFO	
Emissieconcentratie TSP (mg/m3)	10,30		10,30		69,10		23,30		72,00	
Lichte PAK	0,72		0,61		1,15		0,53		1,10	
Zware PAK	0,07		0,07		0,12		0,24		0,08	
verhouding lichte/zware PAK	11,09		8,88		9,77		2,19		13,63	
16 EPA PAK	0,79		0,68		1,26		0,78		1,18	
10 VROM PAK	0,48		0,40		1,05		0,46		0,87	
Mg	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16
Al	70,00	70,00	70,00	70,00	70,31	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Si	15588,58	15839,91	15418,94	15770,80	12823,98	13760,18	14702,65	15676,55	13590,53	13647,08
P	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15
S	30,30	34,49	52,84	36,73	414,25	284,57	204,83	111,65	451,89	397,98
Cl	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14
K	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26
Ca	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85
Ti	10,81	12,19	11,12	12,22	17,03	14,39	9,93	11,62	13,45	13,07
V	0,00	0,00	0,00	0,00	614,31	384,41	140,99	65,91	408,16	323,40
Cr	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24

Mn	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04
Fe	36,96	36,96	36,96	36,96	111,59	77,53	41,59	38,70	92,99	83,88
Co	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06
Ni	183,33	183,33	183,33	183,33	280,48	190,32	183,33	183,33	212,43	183,33
Cu	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69
Zn	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,58
Br	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28
Sr	3,87	3,95	3,87	3,87	5,22	4,15	3,87	4,29	5,64	5,37
Cd	4,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02
Sn	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22
Sb	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77
Ba	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94
Pb	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81

KLPD monstercode (brandstof)	VI 1711 ZW 004 A, B, C		VI 1811 ZW 001 A, B, C		VI 1811 ZW 002 A, B, C		VI 1811 ZW 003 A, B, C		VI 1811 ZW 004 A, B, C	
IMG monstercode (lichtmonster)	img17110809	img17110810	img18110801	img18110802	img18110803	img18110804	img18110805	img18110806	img18110807	img18110808
Varend of stilliggend schip	varend		varend		varend		varend		varend	
Soort brandstof	HFO		HFO		Gasolie		HFO		Gasolie	
Emissieconcentratie TSP (mg/m3)	23,10		54,00		1,00		64,10		10,00	
Lichte PAK	0,95		0,92		0,58		0,80		0,82	
Zware PAK	0,07		0,07		0,07		1,34		0,07	
verhouding lichte/zware PAK	14,53		14,13		8,90		0,60		12,61	
16 EPA PAK	1,01		0,99		0,65		2,14		0,89	
10 VROM PAK	0,70		0,77		0,45		1,55		0,66	
Mg	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16	138,16
Al	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Si	14162,30	14677,52	12811,41	14030,35	15525,75	15726,81	14394,78	14401,06	14966,55	15073,36
P	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	24,56	22,66
S	406,96	238,51	517,80	355,57	93,24	85,64	363,61	343,69	94,12	90,10
Cl	6,58	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	9,64	13,74
K	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26	215,26
Ca	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85	1203,85
Ti	12,63	10,68	11,75	13,32	11,18	9,90	11,25	10,24	10,69	12,00
V	499,89	249,32	684,24	447,17	0,00	0,00	103,30	88,72	0,00	0,00
Cr	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24

Mn	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04
Fe	89,79	64,65	100,41	78,29	36,96	36,96	63,71	54,73	36,96	37,13
Co	11,44	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06
Ni	214,95	183,33	243,28	183,33	183,33	183,33	183,33	183,33	183,33	183,33
Cu	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69
Zn	30,00	30,00	30,00	30,00	39,96	34,81	30,00	30,00	42,79	40,40
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Br	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28
Sr	4,56	4,40	4,32	4,26	4,10	3,87	4,87	4,13	4,37	3,90
Cd	3,02	3,02	3,46	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02
Sn	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22	42,22
Sb	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77
Ba	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94	28,94
Pb	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81

KLPD monstercode (brandstof)	VI 1811 ZW 005 A, B, C	
IMG monstercode (luchtmonster)	img18110809	img18110810
Varend of stilliggend schip	varend	
Soort brandstof	HFO	
Emissieconcentratie TSP (mg/m3)	34,80	
Lichte PAK	1,14	
Zware PAK	0,07	
verhouding lichte/zware PAK	17,46	
16 EPA PAK	1,20	
10 VROM PAK	0,94	
Mg	138,16	138,16
Al	70,00	70,00
Si	11466,81	12911,95
P	22,15	22,15
S	537,02	328,48
Cl	6,14	7,04
K	215,26	215,26
Ca	1203,85	1203,85
Ti	11,31	10,05
V	577,30	332,13
Cr	29,24	29,24

Mn	7,04	7,04
Fe	99,27	72,13
Co	10,06	10,06
Ni	250,82	183,33
Cu	12,69	12,69
Zn	30,00	30,00
As	0,00	0,00
Br	6,28	6,28
Sr	4,49	4,19
Cd	3,02	3,02
Sn	42,22	42,22
Sb	6,77	6,77
Ba	28,94	28,94
Pb	10,81	10,81

Bijlage 4 Resultaten zwaveldioxide in rookgassen (lidar)

meet-locatie	naam schip	brand-stof	datum	aantal metingen	gemiddelde SO ₂ emissie (G/S)	stdev afwijking (G/S)	%S Hoofdmotor	%S Generator
Walsoorden	Gerd Sibum	HFO	15-5-2008	-	-	-	1,46	0,099
Walsoorden	Nord Bell	HFO	15-5-2008	-	-	-	1,46	0,099
Walsoorden	Stolt Avocet		15-5-2008	-	-	-		
Walsoorden	Alana		15-5-2008	-	-	-		
Walsoorden	Knud Lauritzen		15-5-2008	1	2,9	-		
Walsoorden	MSC Sindy		15-5-2008	-	-	-		
Walsoorden	Doerte		15-5-2008	-	-	-		
Walsoorden	Gent		15-5-2008	-	-	-		
Walsoorden	Jaeger Arrow		15-5-2008	-	-	-		
Walsoorden	Poplar Arrow		15-5-2008	-	-	-		
Walsoorden	Shipolbrock Luban		15-5-2008	-	-	-		
Walsoorden	Gwenn		15-5-2008	-	-	-		
Hansweert	OOCL Tokyo		16-5-2008	-	-	-		
Hansweert	MSC Malin		16-5-2008	-	-	-		
Hansweert	Arco Dijk	gasolie	16-5-2008	-	-	-	0,59	0,095
Hansweert	Grande America		16-5-2008	-	-	-		
Hansweert	Al Bahia		16-5-2008	1	32,5	-		
Hansweert	Russisch schip		16-5-2008	-	-	-		
Hansweert	Fry Stream	gasolie	16-5-2008	-	-	-	0,07	0,07
Hansweert	MSC Lauren		16-5-2008	-	-	-		

MEET-LOCATIE	NAAM SCHIP	BRAND-STOF	DATUM	AANTAL METINGEN	GEMIDDELDE SO ₂ EMISSIE (g/s)	STDEV AFWIJKING (g/s)	%S HOOFDMOTOR	%S GENERATOR
Hansweert	Sigas Earl		16-5-2008	-	-	-		
Hansweert	Nord Bell		16-5-2008	3	3,6	1,8		
Hansweert	Tinsdal		16-5-2008	-	-	-		
Hansweert	Saint Roch + Clipper Nadja*	HFO	9-10-2008	4	8,7	1,7	1,53	
Hansweert	Atlantic Companion		9-10-2008	1	10,1	-		
Hansweert	Birka Express		9-10-2008	-	-	-		
Hansweert	Atlantic Concert		9-10-2008	2	20,2	9,5		
Hansweert	Emotion		9-10-2008	-	-	-		
Hansweert	Zim Rio Grande		9-10-2008	-	-	-		
Hansweert	Grande Francia		9-10-2008	3	23,2	10,0		
Hansweert	Nakskov Maersk	HFO	9-10-2008	-	-	-	1,3	
Hansweert	San Fernando		9-10-2008	-	-	-		
Hansweert	Ym Utopia		9-10-2008	2	21,9	10,4		
Hansweert	Frisia Lissabon		9-10-2008	-	-	-		
Hansweert	Free Impala		9-10-2008	-	-	-		
Hansweert	Mejana		9-10-2008	-	-	-		
Hansweert	Xim Pu Dong		9-10-2008	-	-	-		
Hansweert	Toronto Express		9-10-2008	-	-	-		
Hansweert	Cmacgm Cortess		9-10-2008	-	-	-		
Hansweert	Kraftca		10-10-2008	3	12,4	4,7		
Hansweert	Emotion + Stolt Jade*		10-10-2008	5	10,5	3,8		
Hansweert	Sigas Earl		10-10-2008	2	6,3	1,1		

MEET-LOCATIE	NAAM SCHIP	BRAND-STOF	DATUM	AANTAL METINGEN	GEMIDDELDE SO ₂ EMISSIE (g/s)	STDEV AFWIJKing (g/s)	%S HOOFDMOTOR	%S GENERATOR
Hansweert	Mary Bonsild		10-10-2008	-	-	-		
Hansweert	John Mitchell		10-10-2008	3	6,2	1,1		
Hansweert	APL London		10-10-2008	2	29,3	11,0		
Hansweert	Reinbek WG Huggin		10-10-2008	3	21,1	4,8		
Hansweert	Manzanillo II		10-10-2008	2	6,3	3,0		
Hansweert	Stolt Tern		10-10-2008	-	-	-		
Hansweert	MSC Togo		10-10-2008	3	21,4	11,8		
Hansweert	Cmacgm Quetzal		10-10-2008	-	-	-		
Hansweert	MSC France		10-10-2008	2	24,2	12,3		
Hansweert	Cool Water		10-10-2008	-	-	-		
Hansweert	MSC Sweden		10-10-2008	2	21,1	5,2		
Hansweert	Ruth Borghard		10-10-2008	-	-	-		
Hansweert	KLPD P41		10-10-2008	1	0,3	-		
Hansweert	Frisia Lissabon		10-10-2008	3	19,8	4,1		
Hansweert	Mar Patricia		10-10-2008	1	0,1	-		
Hansweert	Manzanillo II		10-10-2008	-	-	-		
Hansweert	Tempest		10-10-2008	-	-	-		
Hansweert	Xin Pu Dong		10-10-2008	4	29,5	10,4		
Hansweert	Happy Falcon		17-11-2008	-	-	-		
Hansweert	JRS Capella	HFO	17-11-2008	2	14,1	8,7	1,38	0,7
Hansweert	Petrohue + Lisa *	HFO	17-11-2008	4	21,9	9,7	1,07	
Hansweert	Hibiyapark		17-11-2008	4	10,3	7,0		

MEET-LOCATIE	NAAM SCHIP	BRAND-STOF	DATUM	AANTAL METINGEN	GEMIDDELDE SO ₂ EMISSIE (g/s)	STDEV AFWIJKING (g/s)	%S HOOFDMOTOR	%S GENERATOR
Hansweert	Beautrophy		17-11-2008	-	-	-		
Hansweert	MSC Bremen		17-11-2008	4	30,1	11,2		
Hansweert	Bro Distributor		17-11-2008	-	-	-		
Hansweert	Amsteldijk		17-11-2008	3	9,1	1,3		
Hansweert	Ionian Princess		17-11-2008	-	-	-		
Hansweert	Mary Wonsild		17-11-2008	2	0,4	0,2		
Hansweert	Selandia Swan	HFO	17-11-2008	2	9,6	3,3	1,34	
Hansweert	Skier Star		17-11-2008	-	-	-		
Hansweert	Bertina		18-11-2008	3	8,1	1,6		
* Schepen voeren gelijk op: sombepaling van emissiegetal								
Aantal gemeten boten: 76								
Waarvan succesvol: 34								

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl