

# **Stand der techniek - dieselmotoremissies**

## **EINDRAPPORT**

### **Eindrapport**

Delft, september 2004

Opgesteld door: M. (Kiek) Singels (CE)  
G.E.A. (Geert) Warringa (CE)  
B.H. (Bart) Boon (CE)  
H. (Hans) Kromhout (IRAS)  
D. (Dick) Heederik (IRAS)  
R. (Roy) Veldhof (IRAS)

## Uitvoerders

### **IRAS**

IRAS voert interdisciplinair onderzoek uit naar aspecten van risicobeoordeling van chemische, fysische en biologische agentia voor mens en milieu. IRAS verzorgt onderwijs en training in de disciplines toxicologie, milieu- en arbeidsgezondheidskunde en epidemiologie op Masters en PhD niveau

Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS)  
Environmental and Occupational Health Division

P.O.Box 80176

3508 TD Utrecht

Tel.: + 31 317 484147/482080

Fax: + 31 317 484457

De meest actuele informatie van IRAS is te vinden op de website:  
[www.iras.um.nl](http://www.iras.um.nl)

### **CE**

#### **Oplossingen voor milieu, economie en technologie**

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

#### **CE-Transform**

##### **Visies voor duurzame verandering**

CE-Transform, een business unit van CE, adviseert en begeleidt bedrijven en overheden bij veranderingen gericht op duurzame ontwikkeling.

### **CE**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

Tel.: + 31 15 2150150

Fax: + 31 15 150151

De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

# Inhoud

Uitvoerders	II
Inhoud	III
Samenvatting	1
Summary	6
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding voor het onderzoek	11
1.1.1 Doel	11
1.1.2 Onderzoeksopzet	12
1.2 Onderzoeks- en beleidskader	13
1.2.1 DME en carcinogeniteit; risicobepaling	13
1.2.2 Beleidskader	16
1.3 Leeswijzer	18
2 Inventarisatie arbeidssituaties (fase 1)	19
2.1 Inventarisatie arbeidssituaties	19
2.2 Selectie arbeidssituaties voor nader onderzoek	22
3 Vervangings- en beheersmaatregelen in vier arbeidssituaties	24
3.1 Inleiding	24
3.1.1 Huisvuilinzameling	25
3.1.2 Garagewerkzaamheden	25
3.1.3 Bouwwerkzaamheden	26
3.1.4 Havenactiviteiten	27
3.2 Vervangingsmaatregelen	28
3.3 Beheersmaatregelen	31
3.3.1 Maatregelen categorie 1	32
3.3.2 Maatregelen categorie 2	34
3.3.3 Maatregelen categorie 3	35
3.3.4 Maatregelen categorie 4	35
4 Metingen en risico-evaluatie in twee arbeidssituaties	36
4.1 Inleiding	36
4.2 Metingen bij huisvuilophalers	36
4.3 Metingen bij asfalteerders	37

4.4	Conclusies blootstellingonderzoek en risicoanalyse	38
5	Conclusies	40
5.1	Inleiding	40
5.2	Effecten van maatregelen	41
5.3	Stand der techniek	42
5.3.1	Vervangingsmaatregelen	45
5.3.2	Beheersmaatregelen	46
A	Bijlage: inventarisatie arbeidssituaties (fase 1)	48
B	Resultaten praktijkmetingen (fase 2)	71
C	Vervangings- en beheersmaatregelen	97
D	Lijst van afkortingen	131
E	Referenties	132

## Samenvatting

Dieselmotoremissies (DME) zijn in Nederland als kankerverwekkend geclassificeerd. Werkgevers zijn dan ook verplicht om maatregelen te treffen om deze kankerverwekkende stoffen te vervangen door niet kankerverwekkende stoffen. Indien vervanging technisch niet mogelijk is, dienen zij de blootstelling van hun werknemers aan DME zo veel mogelijk te reduceren, en wel door het treffen van beheersmaatregelen op basis van de arbeidshygiënische strategie (artikel 4.17 en 4.18 Arbeidsomstandighedenbesluit). Dit onderzoek behelst de bepaling van de stand der techniek van maatregelen ter vervanging en beheersing van dieselmotoremissies in een viertal arbeidssituaties.

Na een inventarisatie naar de arbeidssituaties waarin blootstelling aan dieselmotoremissies plaatsvindt, is op grond van een aantal criteria een selectie gemaakt voor nader onderzoek. Gekozen is om maatregelen voor havenactiviteiten, garages, huisvuilinzameling en bouwwerkzaamheden nader in beeld te brengen. In de laatste twee sectoren is tevens een beperkt aantal metingen gedaan naar blootstelling en het effect van vervangings- en beheersmaatregelen.

### *Meetresultaten*

Praktijkmetingen hebben uitgewezen dat *vuilnisophalers* op een dieselhuisvuilwagen een gemiddelde blootstelling aan DME hebben van bijna  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemeten als elementair koolstof in het respirabele stof (EC). Dit ligt dicht in de buurt van de in dit onderzoek afgeleide grenswaarde van  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Het gebruik van een aardgasmotor of een roetfilter op de vuilnisauto reduceert de blootstelling van DME bij huisvuilophalers met ongeveer 50% ten opzichte van rijden met een dieselwagen. Op basis hiervan is berekend dat roetfilters en aardgasmotoren in deze situatie een aanzienlijke reductie - met circa 30% - van de extra kans op longkanker bewerkstelligen. Bij asfalteerders is getracht het effect van nieuwere

machines (asfalspreidmachines) vast te stellen. De metingen bij asfalteerders hebben niet informatieve resultaten opgeleverd om conclusies te kunnen trekken over het effect van maatregelen in deze werksituatie. De aanwezigheid van verkeer en andere machines met DME heeft hierbij een grote rol gespeeld. Enig effect van het reduceren van slechts één bron van DME was niet aantoonbaar. Bij de asfalteerders werd een gemiddelde blootstelling gemeten van  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC.

Hoewel geen uitputtende meetseries zijn uitgevoerd, bevestigen de gemeten blootstellingconcentraties eerdere (internationale) onderzoeksresultaten voor wat betreft de gemiddelde blootstellingsniveaus.

Gegeven de door de onderzoekers afgeleide grenswaarde van  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  waarbij uitgegaan is van één extra sterfgeval per 250 sterfgevallen, ten gevolge van een 40 jaar beroepsmatige blootstelling aan de chemische stof, kunnen de gerapporteerde niveaus onder enig voorbehoud benut worden als indicatie is van een substantieel probleem in sommige sectoren waar geen beheersmaatregelen zijn getroffen.

#### *Stand der techniek*

Het onderhavige stand der techniek onderzoek kwalificeert de volgende maatregelen als technisch beschikbaar en toepasbaar in bepaalde werksituaties. Hoewel ook onderzocht is welke de kosten, de voorwaarden van implementatie en de beleidsontwikkelingen zijn met betrekking tot deze maatregelen, is voor werkgevers en de Arbeidsinspectie met name het effect op de blootstelling van belang. Van een groot aantal maatregelen is echter nog niet aangetoond welke immissie reductie zij opleveren. Dit effect is afhankelijk van de specifieke arbeidssituatie, de aard van de DME-bronnen, het aantal blootgestelden, de hoogte en duur van de blootstelling, enzovoort. In dit onderzoek zijn met name de emissie-effecten in beeld gebracht. Nader onderzoek in meer arbeidssituaties is nodig om het niveau van de blootstelling en het effect van risicobeperkende maatregelen vast te stellen.

### *Vervangingsmaatregelen*

Ter vervanging van dieselmotoremissies kan in eerste instantie gekeken worden naar het inzetten van alternatieve brandstoffen en motoren, zoals elektrisch, LPG en aardgas.

Voor binnensituaties is de elektrische heftruck tot 4 ton lastvermogen, en in voorkomende gevallen tot 6 ton, vaak een goede optie. In buitensituaties is het rijden op LPG of aardgas een alternatief voor diesel, althans voor bepaalde typen voertuigen en machines. De hoeveelheid emissies en elementair koolstof zijn dan veel lager dan in DME. De inzet van LPG en aardgas stuit in de praktijk echter vaak op praktische bezwaren, zoals beschikbaarheid, veiligheid of toepasbaarheid in de bedrijfssituatie. Aanscherping in normstelling van dieselmotoren en stimuleringsbeleid rond alternatieve brandstoffen zorgt er bovendien voor dat tegen 2010 de effecten op luchtkwaliteit van de verschillende brandstoffen niet veel meer zullen verschillen; de toekomstige samenstelling van de zogenaamde 'brandstofmix' is nog onbekend. Aanbevolen wordt dan ook bij het plegen van investeringen sterk rekening te houden met ontwikkelingen op dit terrein. Tot de vervangingsmaatregelen binnen garages kunnen de zogenaamde elektrisch verrijdbare bruggen en de rolschaatsen gerekend worden. Deze worden nog niet op grote schaal toegepast en de inzet en het effect is afhankelijk van de aard en de inrichting van de garage.

### *Beheersmaatregelen*

Ter beheersing van de blootstelling aan dieselmotoremissies zijn een aantal opties aan te bevelen, verdeeld over meerdere categorieën. Aangezien de beschikbaarheid van aromatenarme brandstof voor andere dan personenwagens vooralsnog niet op de markt beschikbaar gesteld wordt, komt in de eerste categorie de inzet van roetfilters of opzetfilters als maatregel in aanmerking om blootstelling te beheersen. Permanente roetfilters zijn een effectieve en breed toepasbare oplossing voor gezondheidsproblemen door fijn stof. Daarbij spoort deze maatregel met de ontwikkeling van het wegverkeer, waardoor geprofiteerd kan worden van

schaaleffecten. Voor werksituaties waarin de DME-bronnen niet onder beheer van de werkgever vallen, is het tijdelijke opsteekfilter een alternatief.

Aanvullende gedragsmaatregelen waarbij de chauffeur de motor vooraf opwarmt, de motor niet stationair laat draaien, de motor goed laat onderhouden of zijn rijgedrag aanpast, kunnen eveneens leiden tot een beperkte verlaging van DME.

Tot de tweede categorie beheersmaatregelen behoort de toepassing van overdrukfiltersystemen, puntafzuiging en ventilatie in binnenruimtes.

Puntafzuiging, welke met name in garages al vrijwel overal wordt toegepast, is daarbij duidelijk effectiever dan de (dure) algemene ventilatiesystemen.

Theoretisch gezien kunnen behoorlijke effecten te behalen met het treffen van organisatorische beheersmaatregelen waarbij mens en bron gescheiden worden en werknemers korter, minder vaak of van een grotere afstand blootgesteld worden aan DME (categorie 3). Te denken valt aan het aanpassen van dienstroosters, het optimaal positioneren van werknemers ten opzichte van DME-bronnen, het gunstig routeren van voertuigen, het rekening houden met de windrichting, enzovoort.

Concluderend kan worden gesteld dat in de onderzochte arbeidssituaties een beperkt aantal vervangingsmogelijkheden mogelijk is, met name voor de wat lichtere motoren in bouw en havens, alsmede voor heftrucks in binnensituaties. Er bestaan diverse – wat breder toepasbare – vervangingsmaatregelen, maar de effectiviteit van beheersmaatregelen moet niet worden overschat. Wel aangetoond is dat beheersmaatregelen bij huisvuilinzameling de blootstelling aan DME en dientengevolge het gezondheidsrisico aanzienlijk kunnen beperken. Voor andere arbeidssituaties zal het effect van de ingezette maatregelen sterk afhangen van de situatie ter plekke, waarbij andere, niet of minder beheersbare factoren – zoals weersomstandigheden, voorbijrijdend verkeer en opeenstapeling van diffuse bronnen - van grote invloed kunnen zijn. Aanbevolen wordt voor de introductie van maatregelen in kaart te brengen of deze – gezien de externe factoren –



voldoende effectief geacht kunnen worden. Voor sommige investeringen wordt bovendien aanbevolen rekening te houden met ontwikkelingen op aanpalende beleidsterreinen (verkeer, milieu, energie).

DME behelst een complexe materie. Zo spelen nog enkele discussies rond de carcinogeniteit van DME (niet geclassificeerd als bewezen humaan carcinogeen door het IARC en nog in behandeling bij de Gezondheidsraad), spelen achtergrondconcentraties een rol (waaronder in dit specifieke onderzoek die van de scheepsvaart), zijn meerdere milieucompartimenten relevant, zijn diverse ontwikkelingen van belang en derhalve ook meerdere ministeries betrokken, enzovoort. Dit betekent een grote uitdaging voor werkgevers (en uitvoeringsinstanties) om die mix van maatregelen te treffen die zowel voor werknemers als maatschappelijk gezien het meest effectief en rechtvaardig is.

## Summary

In the Netherlands diesel engine emissions (DE) are classified as carcinogenic and employers therefore have a mandatory duty to take steps to replace these carcinogens by non-carcinogens, i.e. to curtail use of diesel fuel wherever possible. If such replacement is technically unfeasible, they are obliged to reduce employee exposure to DE as far as possible, by implementing control measures based on a detailed strategy under the terms of sections 4.17 and 4.18 of the Dutch Working Conditions Act (*Arbeidsomstandighedenbesluit*). This study aims to assess the technological state of the art of the measures at hand to replace and control DE in four working environments.

After an inventory of environments where workers are regularly exposed to DE, several were selected for further study based on a number of criteria. Dockside activities, garages, domestic refuse collection and road-building were selected for further study. In the latter two sectors a limited number of measurements were also made of worker exposure to DE and the effect of replacement and control measures.

### *Measurement results*

As a marker for worker exposure to DE we used the quantity of elementary carbon (EC) present in respirable particles in the air breathed by workers. Measurements showed that the average DE levels to which *refuse collectors* operating diesel-fuelled refuse trucks are exposed are almost  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  elementary carbon. This level approaches the value of the threshold derived in this study ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Installing a gas-fuelled engine or particle filter on refuse trucks cuts DE exposure of refuse collectors by about 50% compared with operating a diesel-driven truck. On this basis it was calculated that fitting particle filters and using gas-fuelled vehicles would lead to a marked reduction of about 30% in the additional risk of worker lung cancer.

In the case of *road-building* we endeavoured to assess the effect of using newer road-surfacing machines (macadam spreaders). Here, however, measurements were not informative enough for any conclusions to be drawn on the effect of such measures in this working environment. This was due mainly to the presence of traffic and other machines emitting DE. Under these conditions, reducing just one source of DE had no observable effect. The average exposure of macadam workers was 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  EC.

Although no extensive measurements have been executed, the measured exposure quantities corroborate values reported in international exposure surveys. The reported levels may, given their closeness to the derived threshold of 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  – under due reservation – be considered as evidence of a substantial problem.

#### *Technological state of the art*

Given the current technological state of the art, there are a number of measures that can today be technically and practically implemented in certain working environments. Although we also investigated costs, implementation conditions and policy trends for each of these measures, for employers and the Labour Inspectorate the key issue is their impact on exposure. For many of the measures, however, there has never been any demonstration of the associated exposure reduction. In practice this will depend on the specifics of the working environment, the nature of the DE sources, the number of people exposed, the level and duration of exposure and other such factors. In this study mainly emission effects could be established. Further study in a wider range of working environments is required to determine actual exposure effects and practical reductions of risk.

#### *Replacement measures*

The first strategy investigated for avoiding workplace DE emissions was use of alternative fuels and engines, viz. electric, LPG and natural gas.

In indoor situations, electric fork-lift trucks (loading capacity up to 4 tonnes, or if necessary 6) are often an attractive option. In open-air situations, LPG or natural gas can be used as an alternative to diesel, at least for certain (lighter) types of vehicle and machinery. These fuels generate far lower emissions of elementary carbon and other pollutants than diesel. In actual practice, however, use of LPG and natural gas is often beset with practical problems in terms of availability, safety and/or suitability in the given working environment. In addition, progressive tightening of standards for diesel engines and policies to promote alternative fuels will mean that by 2010 the various fuels will differ little in terms of impact on air quality. What the 'fuel mix' will then be is as yet unknown. When it comes to investments, then, it is recommended to make due allowance for trends in this area. At garages, possible replacement measures include electrically powered 'movable bridges' and roller skates. These are not presently used on any major scale and usage and impact will depend on the nature and lay-out of the individual garage.

#### *Control measures*

A number of options can be recommended for controlling worker exposure to DE, assigned to several categories. Given the fact that there are as yet no plans to market low-aromatic fuel except for passenger vehicles, prime consideration should be given to use of fixed particle filters or detachable filters to reduce emissions and exposure. Fixed particle filters are an effective and widely applicable means of addressing the health problems caused by fine particulates. This measure also dovetails with developments in the road transport field, giving the added benefit of scale effects. In working environments in which DE sources are not owned or administered by the employer, temporary use of detachable filters provides an alternative.

Additional, behavioural measures whereby drivers are encouraged to 'hot start' their vehicles, avoid stationary engine-running, adopt an 'eco-friendly' driving style and ensure proper engine maintenance, can also help reduce DE to some extent.

An option in the second category with regard to indoor or cab working environments is to install some form of extraction system such as an over-pressure filter system, point extraction or air conditioning. In such situations point extraction, already installed at virtually every garage, is clearly more effective than (expensive) general air conditioning systems.

Options in the third category that can theoretically lead to substantial improvements are organisational measures to segregate workers from DE sources entirely or at least reduce their proximity and their frequency of exposure. Possibilities here include changes to shift organisation, optimum location of workers relative to DE sources, improved vehicle routing and due allowance for wind direction.

It can be concluded that in the working environments we investigated there are a limited number of viable replacement options, particularly for the lighter-duty engines used in road-building and dockside activities and for fork-lift trucks in indoor situations. There are a variety of – more widely applicable – control measures, but their effectiveness should not be overestimated. In the case of refuse collection vehicles, however, it has been demonstrated that measures to control vehicle emissions can reduce worker exposure to DME and consequently worker health risks substantially.

In other working environments, the effect of any measures implemented will depend largely on particular circumstances, with other, more or less uncontrollable factors – such as weather conditions, passing traffic and culmination of diffuse sources. Given these extraneous factors, it is recommended that before particular measures are implemented there should be through examination of whether they will in fact be sufficiently effective in practice. For some investments it is further recommended to make due allowance for trends in related policy areas (transport, environment, energy).

The DE issue is a complex one. There is still debate on several aspects of the presumed carcinogenicity of DE (it is not classified as a proven human carcinogen by IARC and it is still being evaluated by the Dutch Expert Committee on Occupational Standards); background concentrations play a major role (in this particular study, also due to shipping emissions); several environmental compartments are relevant; trends in a variety of areas impinge on the issue, drawing in several ministries; and so on. Adequate decisions on adopting a mix of measures that is effective as well as equitable, for workers and for society as a whole, will pose a major challenge to employers and to agencies implementing such measures.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding voor het onderzoek

Dieselmotoremissies (DME) zijn in Nederland als kankerverwekkend geclassificeerd<sup>1</sup> en staan op de ‘SZW-lijst van kankerverwekkende stoffen en processen’<sup>2</sup>. Uitgangspunt van het beleid op het gebied van kankerverwekkende stoffen is de verplichte vervanging van een kankerverwekkende stof door een niet-kankerverwekkende stof.

De ‘stand der techniek’ is bepalend of technisch gezien vervanging mogelijk is of dat – in tweede instantie - met behulp van beheersmaatregelen getracht moet worden de blootstelling aan DME zoveel mogelijk te beperken.

### 1.1.1 Doel

Doel van het onderzoek is om de stand der techniek in beeld te brengen voor maatregelen met betrekking tot blootstelling aan dieselmotoremissies (DME) in een viertal branches, en daarmee zicht te krijgen op de vervangings- en beheersmaatregelen welke daar momenteel technisch gezien te treffen zijn. De resultaten van het onderzoek kunnen worden gebruikt door werkgevers om te bepalen wanneer technisch gezien tot vervanging dient te worden overgegaan dan wel met beheersmaatregelen getracht moet worden de blootstelling te reduceren. Tevens kan het als een handvat dienen voor het uitvoerings- en handhavingsbeleid van de Arbeidsinspectie, en voor het formuleren van beleidsregels ter uitwerking van de arbeidsomstandighedenwetgeving door de beleidsdirectie Arbeidsveiligheid en -gezondheid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

---

<sup>1</sup> Scientific documentation on the Dutch list of occupational carcinogens, RA2/95, Ministry of Social Affairs and Employment, commissie WGD, 1995 (diesel, whole exhaust) Op basis van een IARC-advies is DME in 1989 geclassificeerd als ‘probable carcinogenic for humans (categorie 2A);

<sup>2</sup> Een recente versie van deze SZW-lijst is te vinden in Staatscourant 17 december 2003, nr. 244/pag. 23.

Onder stand der techniek wordt in dit onderzoek verstaan een inventarisatie van de thans technisch en operationeel haalbare maatregelen ter vervanging en ter beheersing van DME, die enerzijds ‘beschikbaar’ zijn (reeds leverbaar) en anderzijds ‘ter plaatse toepasbaar’ zijn (praktische toepassing vinden in de branche).

### **1.1.2 Onderzoeksopzet**

Het project bestaat uit twee fasen.

*Fase 1: Inventarisatie arbeidssituaties met gezondheidsrisico's door dieselmotoremissies*

In fase 1 wordt de volgende onderzoeksvraag beantwoord:

- In welke branches komen arbeidssituaties voor met gezondheidsrisico's door dieselmotoremissies?

In fase 1 is een uitputtend overzicht gegeven van arbeidssituaties waarin blootstelling aan dieselmotoremissies plaatsvindt. Voor de belangrijkste arbeidssituaties is een quick-scan uitgevoerd op basis waarvan een gefundeerde keuze is voor nader onderzoek bij 4 situaties in fase 2. Voor de factsheets en de selectieprocedure uit fase 1 wordt verwezen naar bijlage A. Aan het eind van fase 1 zijn de resultaten in een klankbordgroep van belanghebbenden besproken.

*Fase 2: Heersende concentraties, vervangingsmogelijkheden en blootstellingbeperkende maatregelen*

In fase 2 is een viertal arbeidssituaties nader onder de loep genomen; bij twee daarvan zijn metingen gedaan. Hierbij wordt antwoord gegeven op de volgende onderzoeksvragen:

- 1 Wat zijn de heersende blootstellingconcentraties in de geselecteerde arbeidssituaties?
- 2 Welke vervangings- of beheersmaatregelen zijn beschikbaar en welke maatregelen geven adequate reductie waardoor sprake is van zo laag mogelijke blootstellingconcentraties en gezondheidseffecten?



- 3 Waar is vervanging technisch mogelijk en welke omstandigheden en afwegingen spelen daarbij een rol?
- 4 Welke blootstellingverlagende maatregelen moeten worden genomen in de gevallen dat vervanging niet mogelijk is? Welke omstandigheden en afwegingen spelen daarbij een rol?

Aan het eind van fase 2 zijn de resultaten met een klankbordgroep van belanghebbenden besproken.

## **1.2 Onderzoeks- en beleidskader**

In deze paragraaf wordt een kort overzicht gegeven van de huidige stand van de wetenschap rond de gezondheidseffecten van DME, en van het huidige beleid rond kankerverwekkende stoffen.

### **1.2.1 DME en carcinogeniteit; risicobepaling**

Dieselmotoremissies (DME) zijn in Nederland als kankerverwekkend geclassificeerd; er bestaat echter nog geen gezondheidkundige advieswaarde<sup>3</sup> voor beroepsmatige blootstelling aan dieselmotoremissies. Binnen niet al te lange tijd zal de Gezondheidsraad deze echter op basis van een thans lopende herevaluatie van de classificatie wel vaststellen. Hierbij zal de Gezondheidsraad uitgaan van elementair koolstof als maat voor dieseluitlaatgassen in de lucht. Omdat er nog geen grenswaarde is, hebben de onderzoekers zelf een risico evaluatie uitgevoerd, waarbij dezelfde methodiek is gebruikt als die wordt gehanteerd door de Gezondheidsraad.

De basis voor de door onderzoekers gehanteerde risico evaluatie wordt hieronder toegelicht.

---

<sup>3</sup> In Duitsland wordt – bij gebrek aan wettelijke grenswaarde – tijdelijk als praktijknorm de zogenaamde TRK-waarde gehanteerd ('Technische Richt Konzentration') van 100µg per m<sup>3</sup> (= 0,1 mg per m<sup>3</sup>) elementair koolstof. Deze TRK is echter gebaseerd op wat technisch mogelijk is, en heeft geen betekenis in de zin van wat qua gezondheid nog aanvaardbaar is. In Amerika is een paar jaar geleden een grenswaarde van 20µg per m<sup>3</sup> voorgesteld, maar dit voorstel is vervolgens weer ingetrokken.

DME komen naar aanleiding van de classificatie voor op de SZW-lijst van kankerverwekkende stoffen, hetgeen tot gevolg heeft dat het kankerverwekkendestoffenbeleid van toepassing is.

Het Nederlandse beleid ter beperking van kankerverwekkende stoffen gaat uit van een risicobenadering. Bij normgeving voor genotoxisch werkende carcinogenen wordt verondersteld dat er geen drempelwaarde bestaat waaronder geen kankerrisico zal optreden. Er is dus geen 'veilige' advieswaarde af te geven. Daarom is door de onderzoekers gekozen voor de berekening van een bepaald, erg klein risico als uitgangspunt voor het vaststellen van een (voorlopige?) grenswaarde. Dit risico is vastgesteld op één extra sterfgeval per 250 sterfgevallen, ten gevolge van een 40 jaar beroepsmatige blootstelling aan de chemische stof (één extra sterfgeval per 10.000 sterfgevallen per jaar blootstelling)<sup>4</sup>. Dit is een risico dat in het kader van kankerverwekkende stoffenbeleid over het algemeen als acceptabel<sup>5</sup> geacht wordt. In het kader van dit onderzoek is het niveau waarbij dit risico 'optreedt' berekend en vervolgens vergeleken met de gemeten concentraties dieselmotoremissie in de buitenlucht (zie paragraaf 4.4 en bijlage B).

Voor berekening van het levenslange risico op longkanker als gevolg van blootstelling aan DME komen maar weinig studies in aanmerking. De enige die gebruikt kan worden voor kwantitatieve schatting op basis van metingen van elementair koolstof is de studie van Steenland e.a. (1998). Deze is daarom ook gebruikt in combinatie met de uitkomsten van de blootstellingsanalyses uit hoofdstuk 4 (praktijkmetingen).

De studie van Steenland is een zogenaamde case controle studie voor longkanker en controles afkomstig uit bestanden van de 'Teamster Union'. In deze studie is op

---

<sup>4</sup> Nationale MAC-lijst, SZW, 6 september 2004 nr. 170 pagina 12.

<sup>5</sup> In de Werkgroep van Deskundigen van de Gezondheidsraad is het gebruikelijk dat voor kankerverwekkende stoffen aan benchmarking wordt gedaan. Daarbij wordt die blootstelling berekend waarbij het risico aan extra sterfte 1/miljoen of 1/10000 bedraagt. Omdat de Gezondheidsraad uitgaat van een levenslange expositie (geoperationaliseerd als 40 werkjaren) betekent dit 1/25.000 en 1/250 extra sterfte gevallen over een levenslange blootstelling. Voor DME wordt in dit onderzoek 1/250 gehanteerd.

basis van een onderzoek de Zaebst e.a. (1991) de expositie geschat. In tabel II van deze studie wordt de relatie tussen de longkankersterfte en de expositie geanalyseerd. Op basis van deze blootstelling respons relatie en Nederlandse sterftegegevens verkregen voor 1990-1999 uit de WHO database van het IARC te Lyon, is de kans op sterfte door beroepsmatige dieselblootstelling berekend middels een zogenaamde overlevingsanalyse.

De sterftegegevens voor de Nederlandse bevolking zijn verkregen voor vijfjaar leeftijdscategorieën vanaf het 20ste tot het 100ste levensjaar voor Nederlandse mannen. Uitgegaan is van een achtergrond blootstelling aan dieselmotoremissie van  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gedurende het gehele leven. In de berekeningen is de beroepsmatige blootstelling gestart op het 20e levensjaar en duurde tot het 65e levensjaar. Het risico is berekend tot op ongeveer 75 jarige leeftijd. Deze leeftijd is gebruikt omdat die redelijk overeenkomt met de gemiddelde levensverwachting van de Nederlandse man op dit moment. Dit impliceert dat tot aan het 20e levensjaar  $20 \times 3 = 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  diesel is geaccumuleerd. Vanaf het twintigste levensjaar neemt de cumulatieve blootstelling per jaar toe met de som van achtergrondblootstelling en vervolgens de beroepsmatige blootstelling. Voor iedere vijf jaarscategorie is op basis van de berekende cumulatieve blootstelling het relatief risico op longkanker berekend, gebruik makend van de blootstelling respons relatie zoals die is afgeleid door Steenland et al., (1998). De gemiddelde sterfte in een vijf jaars categorie wordt vervolgens vermenigvuldigd met het relatief risico en op deze manier wordt het extra aantal longkankergevallen berekend, uitgaande van de gemiddelde sterfte in de Nederlandse populatie. Op basis hiervan kan dan het extra risico na levenslange blootstelling (feitelijke blootstelling gedurende het arbeidsleven) worden uitgerekend.

Een analyse als deze veronderstelt dat meer gevallen overlijden als gevolg van longkanker. In werkelijkheid zal een deel van deze personen echter niet aan longkanker maar aan andere oorzaken overlijden; voor deze kans is in de

berekeningen gecorrigeerd. De extra sterfte is over een range van blootstellingniveaus berekend en uitgezet in een grafiek (zie bijlage B5). Over de beroepsmatige blootstelling aan DME is in Nederland maar zeer beperkte informatie aanwezig. Het meest omvangrijke onderzoek naar beroepsmatige blootstelling aan dieselmotoremissies (DME) is in 1992 in opdracht van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid door de Katholieke Universiteit Nijmegen uitgevoerd (Scheepers en Bos, 1995). In een twaalfstal werksituaties is de stofblootstelling gemeten en is in het stof 1-nitropyreen als marker voor DME en zijn tegelijkertijd metabolieten van 1-nitropyreen in de urine bepaald. Helaas is in deze studie niet de nu door de Gezondheidsraad gehanteerde marker voor DME elementair koolstof (EC) bepaald.

De door onderzoekers geschatte blootstellingen in termen van EC voor de verschillende bedrijfstakken met potentiële blootstelling aan DME - zoals ook gepresenteerd in figuur 1 in paragraaf 2.1 - moeten dan ook worden gezien als ‘best guesses’ gebaseerd op recente buitenlandse studies in verschillende bedrijfstakken [Zaebst et al. 1991, Echt et al. 1995, Whittaker et al. 1999, Groves et al. 2000, Woskie et al. 2002, Boffetta et al. 2002, Verma et al. 2003, Seshagiri and Burton 2003, Wheatley and Sadhra 2004]. Hogere concentraties (> 20) zijn met name te vinden in garages, busremises en overslagsituaties. Daar waar binnen dieselhefrucks rijden is de blootstelling het meest extreem

### **1.2.2 Beleidskader**

De regelgever spreekt in het kader van het risicobeleid over het streven naar een ‘zo laag mogelijke’ waarde, zo dicht mogelijk naar de 0 toe. Deze kan door werkgevers gerealiseerd worden door in eerste instantie kankerverwekkende stoffen te vervangen door niet-kankerverwekkende stoffen.

Indien vervanging technisch gezien niet uitvoerbaar is, dienen beheersmaatregelen genomen te worden volgens de arbeidshygiënische strategie. In volgorde van prioriteit betreft dit de volgende maatregelcategorieën:

- het bij de bron voorkomen of terugbrengen op een niveau waarop geen schade aan de gezondheid kan optreden met name door de productie en het gebruik van kankerverwekkende stoffen plaats te doen vinden in een gesloten systeem;
- het op doeltreffende wijze verwijderen van kankerverwekkende stoffen door plaatselijke luchtafvoer (afzuiging) zonodig aangevuld met algemene ventilatie;
- het beperken tot een zo laag mogelijk niveau; bijvoorbeeld door het scheiden van mens en bron (beperken van blootstellingstijd, aantal blootgestelde individuen en/of de hoeveelheid DME);
- het beschikbaar stellen en gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen; dit is echter een tijdelijke oplossing zolang gezocht wordt naar meer structurele en betere oplossingen.

Deze strategie is tevens de basis voor het uitvoeringsbeleid van de Arbeidsinspectie<sup>6</sup>. De Arbeidsinspectie houdt bij de heersende voorschriften ten aanzien van vervanging - voornamelijk met name in binnensituaties - rekening met enerzijds de beschikbaarheid van de technieken (bijv. aantal aanbieders), anderzijds met de toepasbaarheid ter plaatse (veiligheid, fysieke aspecten, etc).

Belangrijke normen die raken aan het kankerverwekkendestoffenbeleid in de werkomgeving, betreffen de Europese Richtlijnen met betrekking tot maatregelen tegen luchtverontreiniging door verbrandingsmotoren (de zogenaamde 'euro-normen'), waarin de uitstoot van schadelijke stoffen door dieselmotoren (wegvoertuigen en mobiele werktuigen) wettelijk geregeld is. Stapsgewijs zijn c.q. worden daarin van 1992 tot en met 2008 de emissie-eisen aangescherpt, waaronder die voor PM<sub>10</sub><sup>7</sup>, de deeltjes die mede verantwoordelijk gehouden worden voor de carcinogeniteit van DME. Deze milieurichtlijnen zijn bepalend voor toekomstige

---

<sup>6</sup> Presentatie 'Handhavingsbeleid Dieselmotoren Emissie – Arbeidsinspectie', 2002.

<sup>7</sup> Let wel dat de meting van PM<sub>10</sub> in de buitenlucht (de hoeveelheid stof op een filtermedium met een doorlaat van 10 µm gemeten) verschilt van de metingen in de arbeidssfeer (respirabel stof).

emissies en technologieontwikkeling, en spelen derhalve ook een belangrijke rol voor het kankerverwekkende stoffenbeleid van het ministerie van SZW. Hierop wordt in de volgende hoofdstukken teruggekomen.

### **1.3 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt inzicht gegeven in de arbeidssituaties waar blootstelling aan DME plaatsvindt. Tevens wordt daar toegelicht op welke arbeidssituaties het onderhavige onderzoek zich toespitst. In hoofdstuk 3 worden de gevonden technische en organisatorische maatregelen ter vervanging respectievelijk beheersing van kankerverwekkende stoffen in vier arbeidssituaties beschreven. In hoofdstuk 4 worden vervolgens de resultaten gepresenteerd van praktijkmetingen in twee arbeidssituaties. In hoofdstuk 5 tenslotte worden de resultaten kort samengevat en worden conclusies getrokken.

In de bijlagen zijn de meer uitgebreide onderzoeks- en meetresultaten te vinden, alsmede een lijst van geraadpleegde bronnen en personen.

## 2 Inventarisatie arbeidssituaties (fase 1)

### 2.1 Inventarisatie arbeidssituaties

In de eerste fase van het onderzoek is een uitputtend overzicht gemaakt van arbeidssituaties waarin blootstelling aan dieselmotoremissies plaatsvindt. Voor deze arbeidssituaties is een quick-scan uitgevoerd, op basis van uitgebreid literatuuronderzoek en 26 interviews. Daarbij is globaal in beeld gebracht:

#### 1 *Inventarisatie van de risico's*

- schatting ordegrootte aantal blootgestelden;
- inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk);
- potentiële gezondheidsrisico's.

#### 2 *Quick-scan stand der techniek*

- Wat zijn de meest gebruikelijke technieken in de branche?
- Welke technische innovaties worden al toegepast in Nederland of het buitenland ('best practices')? Hierbij zijn zowel vervanging- als beheersmaatregelen meegenomen.
- Welke technische innovaties zijn technisch gezien mogelijk, maar worden nog niet toegepast?

De *fact-sheets* met daarin de resultaten van de quick-scan per arbeidssituatie zijn te vinden in bijlage A.1.

Als samenvatting van deze inventarisatie staat in tabel 1 een overzicht van de meest voorkomende arbeidssituaties, waarbij de locatie, regelmaat en hoogte van de blootstelling aan DME (EC) zijn geschat<sup>8</sup>. De in fase 2 nader onderzochte arbeidssituaties zijn grijs gekleurd.

---

<sup>8</sup> Voor de bepaling van de verhouding tussen Nederlandse sectoren zijn cijfers uit 1992 gebruikt.

Cijfers met betrekking tot het aantal blootgestelden betreffen grove schattingen. De geschatte blootstellingen in termen van EC voor de verschillende bedrijfstakken moeten worden gezien als 'best guesses' gebaseerd op recente buitenlandse studies in verschillende bedrijfstakken.



tabel 1 Overzicht van arbeidssituaties, met indicaties van blootstellingen en potentie voor maatregelen

Arbeidssituaties	Lokatie	Regelmaat (W/M/V)	Aantal blootgestelden (schatting)	Hoogte blootstelling (microgram EC/ m3)	Blootstelling (L/M/H)	Quick scan potentiële maatregelen	
						Vervanging	Beheers
Overslag in de haven	binnen / buiten	veel	10.000-20.000	20-50	hoog	Nee	Meerdere
Overslag, distributie, veilingen	binnen	veel	25.000-50.000	20-50	hoog	?	Meerdere
Veerbootpersoneel	binnen / buiten	weinig	1.000-1.500	20-50	hoog	Nee	Ja
Mecaniciens (bouw/testen ma	binnen	middel	100-250	20-50	hoog	Nee	Nauwelijks
Garagewerkzaamheden	binnen	middel	40.000-60.000	20-50	hoog	Ja	Ja
Vuilnismannen	buiten	veel	12.000	10-20	midden	Ja	Ja
Asfalteerders	buiten	veel	4.000	10-20	midden	Nee	Meerdere
Grondpersoneel vliegvelden	buiten	veel	2.000-4.000	10-20	midden	Meerdere	Meerdere
Busremise	binnen	weinig	25.000	10-20	midden	Ja	Meerdere
Vrachtwagenchauffeurs	buiten	veel	100.000-200.000	5-10	laag	Nee	Ja
Werkzaamheden in de bouw	buiten	veel	250.000 (15.000 machinisten)	5-10	laag	Nee	Ja
Agrarische sector	buiten	middel	195.000 tractoren/heftrucks	5-10	laag	Nee	Ja
Rangeerterrein (incl. machinis	buiten	middel		5-10	laag	?	?
Defensie	buiten	weinig	500	5-10	laag	Nee	Ja
Wegenwacht	buiten	veel	1.100	5-10	laag	Ja	Nauwelijks
Off shore	buiten	veel	1.000	5-10	laag	Ja	?
Kantoorpersoneel langs snelw	binnen	veel	900.000	5-10	laag	Nee	?
Bediening noodaggregaten	binnen	weinig		5-10	laag	Nee	?

## 2.2 Selectie arbeidssituaties voor nader onderzoek

Na overleg met de klankbordgroep is door de opdrachtgever op basis van de volgende criteria een selectie gemaakt voor nader te onderzoeken arbeidssituaties.

De resultaten van dit nader onderzoek (fase 2) worden beschreven in de hoofdstukken 3 (praktijkmetingen) en 4 (stand der techniek onderzoek). De selectiecriteria betroffen:

*Branche met hoge risico's:*

- hoge blootstellingconcentraties;
- veel blootgestelden;
- potentiële gezondheidsrisico's.

*Branche waar verbeteringsmogelijkheden zijn (verbeterpotentieel):*

- er zijn nu al voorlopers in de branche (*best practices*);
- er zijn technische innovaties die nog niet worden toegepast;
- er bestaat een gat tussen de gemiddelde techniek binnen de branche en de technische mogelijkheden.

*Verscheidenheid in arbeidssituaties c.q. branche:*

- er wordt een zodanige selectie gemaakt dat zoveel mogelijk verschillende typen arbeidssituaties en technieken bestreken worden.

De uiteindelijk geselecteerde arbeidssituaties in dit onderzoek betreffen:

- 1 Huisvuilinzamelaars.
- 2 Garagewerkzaamheden.
- 3 Bouwwerkzaamheden (asfalteren)
- 4 Havenactiviteiten.

De belangrijkste overwegingen die voor de opdrachtgever hebben gespeeld bij deze selectie zijn verwoord in bijlage A.2. en worden hieronder samengevat:

- Bij bouw- en havenactiviteiten zijn veel verschillende typen materieel ook met groot vermogen in gebruik, waardoor hoge blootstellingen plaatsvinden. In de bouw betreft dit een zeer grote hoeveelheid werknemers. Zinnvolle metingen in de haven aan vervanging/beheersmaatregelen werden niet haalbaar geacht. Bij de bouw zou wel moeten worden gemeten, met name in situaties waar hoge blootstellingen worden verwacht.
- Bij de huisvuilinzameling zijn zeker vervangings- en beheersmaatregelen te treffen en is het effect daarvan goed te meten. Aangezien de effecten van de ingrepen door te vertalen zijn naar andere sectoren, moet hier zeker worden gemeten.
- In garages zijn weliswaar aanwijsbare maatregelen te treffen (bruggen/rolschaatsen) of worden al getroffen (afzuiging), maar het doen van metingen is – gezien de aard hiervan – niet zo zinvol.
- Het doen van metingen in de algemene overslag wordt momenteel als niet zinvol geacht, aangezien meestal al elektrische heftrucks worden ingezet en beheersmaatregelen voor wel naar binnen rijdende dieseltrucks in de praktijk nog niet veel voorkomen.

## 3 Vervangings- en beheersmaatregelen in vier arbeidssituaties

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de maatregelen beschreven welke zijn geïnventariseerd op basis van nader onderzoek in de vier geselecteerde arbeidssituaties. Zij zijn gerangschikt naar de aard van het effect dat ermee beoogd wordt. In paragraaf 3.2 worden de vervangingsmaatregelen beschreven, in paragraaf 3.3 de beheersmaatregelen. Deze beheersmaatregelen vallen onder de volgende categorieën in de arbeidshygiënische strategie:

- 1 Het bij de bron voorkomen of terugbrengen op een niveau waarop geen schade aan de gezondheid kan optreden met name door de productie en het gebruik van kankerverwekkende stoffen plaats te doen vinden in een gesloten systeem.
- 2 Het op doeltreffende wijze verwijderen van kankerverwekkende stoffen door plaatselijke luchtafvoer (afzuiging) zonodig aangevuld met algemene ventilatie.
- 3 Het beperken tot een zo laag mogelijk niveau; bijvoorbeeld door het scheiden van mens en bron (beperken van blootstellingstijd, aantal blootgestelde individuen en/of de hoeveelheid DME).
- 4 Het beschikbaar stellen en gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen; dit is echter een tijdelijke oplossing zolang gezocht wordt naar meer structurele en betere oplossingen.

Voor dit onderzoek zijn 33 extra experts geraadpleegd, is aanvullend literatuuronderzoek gedaan en zijn suggesties vanuit de klankbordgroep van belanghebbenden meegenomen. Ter inleiding worden de vier onderzochte arbeidssituaties hieronder kort beschreven, waarbij tevens wordt aangegeven welke maatregelen in deze situaties denkbaar zijn.

Het betreft:

- 1 Huisvuilinzameling.
- 2 Garagewerkzaamheden.
- 3 Bouwwerkzaamheden.
- 4 Havenactiviteiten.

### **3.1.1 Huisvuilinzameling**

De eerste arbeidssituatie die nader is onderzocht is huisvuilinzameling. Zowel de vuilnisophalers die op de vuilniswag en staan als de bestuurder van de vuilniswag en worden blootgesteld aan DME door de vuilniswag en (en overig verkeer). De maatregelen die genomen kunnen worden om DME uit de vuilniswag en te reduceren zijn:

Vervangingsmaatregelen:

- aardgasmotor;
- overige alternatieve brandstoffen (LPG).

Beheersmaatregelen:

- roetfilter (I);
- motoronderhoud (I);
- rijgedrag (I);
- overdrukfiltersystemen (II);
- uitlaat naar boven (III);
- werktijden (III).

In de praktijkmetingen zijn blootstellingen door vuilniswag en op diesel, op aardgas en op diesel met roetfilter met elkaar vergeleken (zie hoofdstuk 4).

### **3.1.2 Garagewerkzaamheden**

De categorie garagewerkzaamheden die hier is onderzocht bestaat uit autoschadeherstelbedrijven en uit autodealers en autogarages. Van de

autoschadeherstelbedrijven in Nederland is 70% lid van de Focwa. Van de autobedrijven die een APK-keuring mogen uitvoeren is 60% lid van de Bovag. De bronnen van DME in deze werksituatie zijn de motoren van de voertuigen. Er zijn drie situaties waarin motoren worden aangezet.

Deze situaties zijn:

- 1 Bij het vervoer van voertuigen in en uit de garage.
- 2 Bij het testen van de motoren in de garage.
- 3 Bij het verplaatsen van voertuigen binnen de garage (bij autoschadeherstelbedrijven gemiddeld zo'n vijf maal per voertuig).

De maatregelen die getroffen kunnen worden om DME te beperken zijn:

Vervangingsmaatregelen:

- rolschaatsen;
- elektrisch verrijdbare bruggen.

Beheersmaatregelen:

- opsteekfilter (I);
- puntafzuiging (II);
- ventilatie (II);
- werktijden (III).

### **3.1.3 Bouwwerkzaamheden**

In 1997 heeft Arbouw een onderzoek laten doen naar de DME-blootstelling in verschillende werksituaties in de bouw. De hoogste concentratie DME in de gekozen werksituaties is gemeten bij werkzaamheden in tunnels.

De bronnen van DME bij bouwwerkzaamheden zijn zeer divers. Voorbeelden van machines die ingezet worden bij bouwwerkzaamheden zijn: graafmachines, trilplaten, shovels, vrachtwagens, laadschoppen, etc.

Afhankelijk van de locatie van de bouwwerkzaamheden kunnen werknemers tevens blootgesteld worden aan andere dieselmotoremissies, bijvoorbeeld van voorbijrijdend verkeer.

De uitgewerkte maatregelen betreffen:

Vervangingsmaatregelen:

- alternatieve brandstoffen voor lichtere motoren;
- heftruck op LPG.

Beheersmaatregelen:

- roetfilter (I);
- opsteekfilter (I);
- motoronderhoud etc. (I);
- overdrukfiltersystemen (II);
- werktijden (III);
- locatie DME-bron (III).

In de praktijkmetingen zijn blootstellingniveaus vastgesteld van asfalteerders aan diverse soorten dieselaangedreven machines (zie hoofdstuk 4).

#### **3.1.4 Havenactiviteiten**

Ook in het havengebied kan blootstelling aan dieselmotoremissies zeer verschillend van aard zijn. Er is bijvoorbeeld sprake van DME bij het verplaatsen van containers tussen schepen en andere modaliteiten of opslagplaatsen. Dit gebeurt middels dieselaangedreven voertuigen.

Verder worden havenmedewerkers blootgesteld aan DME van heftrucks die worden ingezet bij het lossen van (bulk)schepen, bij de liermotoren van duwbakken, van de loskranen, van de vrachtwagens op ferry-schepen, van de scheepsmotoren, en in overslagloodsen van dieselheftrucks. Tenslotte worden havenmedewerkers blootgesteld aan de emissies van de dieseltrucks die het haventerrein op- en afrijden (bijvoorbeeld aan de inspectiesluis).

De maatregelen die nader worden uitgewerkt zijn:

Vervangingsmaatregelen:

- elektrische heftruck;
- heftruck op LPG;
- alternatieve brandstoffen voor lichte motoren.

Beheersmaatregelen:

- roetfilters (I);
- opsteekfilters (I);
- overdrukfiltersystemen (II);;
- routing (III);
- werktijden (III);
- stackerplatform (III).

In bovenstaande paragrafen zijn de maatregelen besproken die per arbeidssituatie toegepast kunnen worden. In onderstaande paragrafen zullen deze maatregelen verder worden beschreven<sup>9</sup>. Maatregelen ter beperking van blootstelling als gevolg van uitstoot door schepen en luchtvaartuigen valt overigens buiten de scope van dit onderzoek.

### **3.2 Vervangingsmaatregelen**

Werkgevers zijn verplicht om – voor zover als mogelijk - maatregelen te treffen om de blootstelling aan kankerverwekkende stoffen te voorkomen. In de regelgeving staat daarbij vervanging van de kankerverwekkende stof voorop. In het geval van DME gaat het echter niet om een stof die wordt toegepast in een productieproces, maar om een bijproduct na verbranding van een brandstof (diesel).

---

<sup>9</sup> In bijlage C worden het effect, de beschikbaarheid, de kosten, het beleid en de penetratiegraad van de maatregelen meer gedetailleerd besproken.



Om blootstelling aan DME te voorkomen is het inzetten van **alternatieve brandstoffen** (elektrisch, aardgas, LPG) de primaire maatregel. Hierbij is dan per definitie geen sprake meer van DME. Daarbij bestaan ook hybride motoren, waarbij de inzet van diesel en een alternatieve brandstof gecombineerd wordt, zoals in een dieselelektrische truck<sup>10</sup>. Het effect van deze maatregel verschilt echter per brandstof. Door de inzet van elektromotoren worden de emissies tot 0 gereduceerd terwijl bij de verbranding van aardgas en LPG nog wel emissies vrijkomen. Deze emissies bevatten echter veel minder deeltjes en PAK's dan DME. De carcinogeniteit van aardgas en LPG emissies lijkt daarmee dus volgens de huidige inzichten beduidend lager dan die van DME<sup>11</sup>. Bij het gebruik van hybride motoren wordt slechts een gedeelte van de dieselmotoremissies vervangen.

Uit de - weliswaar beperkte – praktijkmetingen bij vuilniswagens (zie hoofdstuk 4) is gebleken dat reductie van blootstelling met ca. 50% mogelijk is door met een gasmotor te rijden in plaats van een dieselmotor, en tot risicoreducties van 30 - 40%. Dit is hoog te noemen, gezien de omvang van de beroepsgroep en het relatief hoge absolute risico dat hier speelt.

Voor veel dieselmotoren – zoals in kranen, generatoren, walsen, graafmachines, etc die in bouw en haven worden gebruikt - zijn deze alternatieven niet op de markt. Voor de lichtere motoren (vuilniswagens, vrachtwagens, lichte machines) kan in specifieke branches wel gekozen worden voor LPG of aardgas als alternatieve brandstof. Voor heftrucks kan tot een bepaald vermogen (tot 6 ton) elektrische aandrijving een goed alternatief zijn, en voor vermogens tot 12 ton bestaan ook LPG-heftrucks.

---

<sup>10</sup> Hierbij is een kleine dieselmotor gemonteerd die op een constant toerental draait (en daardoor zeer goed ingeregeld kan worden) en een generator aandrijft. Alle overige aandrijvingen zijn elektrisch. Het benodigde vermogen is vele malen lager dan bij rechtstreeks dieselaangedreven voertuigen. Bron: S. Capellen.

<sup>11</sup> Mogelijke andere gezondheidsrisico's dan DME van met name aardgasmotoren zijn in deze studie voornamelijk buiten beschouwing gelaten.

Het gebruik van alternatieve brandstoffen komt derhalve voor verschillende bronnen in diverse arbeidssituaties resp. sectoren als technische vervangingsmaatregel in aanmerking - zoals vuilniswagens, trucks en lichtere machines in havengebieden of op bouwplaatsen. Desondanks moet in de praktijk rekening gehouden worden met een aantal praktische bezwaren die brede toepasbaarheid in de weg staan, zoals:

- de beschikbaarheid is niet altijd groot (14 aardgastankstations in Nederland);
- voor grote vermogens nog niet betrouwbaar en technisch bruikbaar;
- er kunnen gevaren optreden bij het gebruik, zoals explosiegevaar bij LPG;
- het marktaandeel van deze brandstoffen is in grote mate afhankelijk van het beleid van andere ministeries (VROM, V&W, EZ);
- elektrische heftrucks zijn niet in alle werksituaties even goed inzetbaar (zie bijlage C.2.1);
- de inzet van alternatieve brandstoffen is voor werkgevers alleen mogelijk indien zij de DME-bronnen onder eigen beheer hebben.

De beleidsontwikkelingen (normstelling, stimulering) rond brandstoffen en emissies van voertuigen en niet-mobiele bronnen kunnen rond 2010 sterk bepalend zijn voor de beschikbaarheid en effectiviteit van alternatieve brandstoffen.

Een tweede set maatregelen die als vervangingsmaatregelen kan worden gecategoriseerd zijn enkele toepassingen in garages, waardoor het aanzetten van de dieselmotor binnen de garage overbodig wordt. Dit betreft de zogenaamde **elektrisch verrijdbare bruggen en de rolschaatsen**. De elektrisch verrijdbare brug bestaat uit een brug verbonden met een elektrische kar. Door deze elektrische kar kan de brug binnen de garage (en naar binnen en buiten) verplaatst worden en hoeft de auto binnen de garage niet meer op de motor naar de brug te worden verplaatst. Een tweede vervangingsmaatregel in garages is het gebruik van zogenoemde rolschaatsen. Voertuigen kunnen worden verplaatst nadat rolschaatsen

onder het voertuig zijn geplaatst. Vervolgens moet bijvoorbeeld door een heftruck of door mankracht de auto worden geduwd of getrokken. Vanwege de kleine wieltes kunnen rolschaatsen slechts binnen garages worden toegepast. Dit terwijl elektrische bruggen ook gebruikt kunnen worden om voertuigen naar binnen en buiten te verplaatsen. Dit betekent dus dat door rolschaatsen DME tot 0 wordt gereduceerd door verplaatsing van voertuigen binnen de garage, terwijl een elektrische brug ook de DME reduceert door verplaatsing in en uit de garage. De maatregelen worden nog niet op grote schaal toegepast.

Elektrisch verrijdbare bruggen kunnen alleen worden toegepast in grotere schadeherstelbedrijven; in garages stuit de beperkte hefhoogte op arbotechnische bezwaren en zijn daardoor ook niet toegestaan volgens de APK-erkenningseisen van de RDW. Rolschaatsen kunnen wel in showrooms en autogarages worden toegepast.

De beschreven vervangingsmaatregelen kunnen weliswaar de *emissies* van de DME-bronnen tot een minimum beperken, de *blootstelling* in deze arbeidssituaties zal niet in alle gevallen tot nul gereduceerd worden aangezien er mogelijk tegelijk blootstelling aan andere – niet door de werkgever beheersbare - bronnen plaatsvindt, zoals emissies van voorbijrijdend verkeer.

### **3.3 Beheersmaatregelen**

Indien vervanging technisch gezien niet uitvoerbaar is, dienen beheersmaatregelen genomen te worden volgens de arbeidshygiënische strategie. In volgorde van prioriteit betreft dit - samengevat - de volgende categorieën:

- 1 Productie en het gebruik in een gesloten systeem.
- 2 Plaatselijke luchtafvoer (afzuiging) en/of algemene ventilatie.
- 3 Scheiden van mens en bron.
- 4 Persoonlijke beschermingsmiddelen.

In onderstaande paragrafen worden per categorie de maatregelen besproken die DME reduceren.

### **3.3.1 Maatregelen categorie 1**

Beheersmaatregelen die onder de eerste categorie van de arbeidshygiënische strategie vallen betreffen het verbeteren van de kwaliteit van de dieselbrandstof en het plaatsen van roetfilters.

#### *Verbeterde kwaliteit dieselbrandstof*

Bij het substantieel verbeteren van de kwaliteit van dieselbrandstof kan gedacht worden aan de inzet van biodieselolie of aromatenvrije of aromatenarme diesel. Vanaf eind september 2004 zal Shell op de snelwegtankstations de zogenaamde Shell V-Power Diesel op de markt brengen. Dit is een zwavelvrije dieselbrandstof<sup>12</sup> en een 5%-aandeel van gas-to-liquids-componenten. Shell claimt dat het gebruik naast een hogere ontstekingskwaliteit voor een afname van de uitstoot van schadelijke stoffen zorgt. De uitstoot van (roet)deeltjes (40%), stikstof oxiden (5%), koolmonoxide (75%) en koolwaterstoffen (60%) is bij volledig synthetische diesel (100% aandeel GtL-componenten) lager dan bij conventionele diesel (in een standaard dieselmotor). De brandstof is geschikt voor alle typen dieselmotoren, maar wordt in eerste instantie alleen voor dieselpersonenauto's op de markt gebracht. Transportondernemers zijn voornamelijk niet geïnteresseerd in een schonere brandstof als deze 7 cent per liter duurder is<sup>13</sup>. Ook biodiesel is nog niet in voldoende mate voorradig en levert bovendien nog enkele praktische problemen op.

#### *Roetfilter*

Roetfilters, die voor vrijwel alle vermogens en uitlaatdiameters beschikbaar zijn, kunnen het fijn stof in DME met meer dan 95% reduceren (massa EC). Zij kunnen

---

<sup>12</sup> Dat wil zeggen minder dan 10 mg/kg.

<sup>13</sup> Bron: telefonisch contact met Joris van Brussel, marketing Shell Nederland Verkoopmaatschappij.

zowel in de fabriek als achteraf worden aangebracht. Waarschijnlijk wordt de carcinogeniteit van DME hierdoor sterk gereduceerd.

Hierbij moet wel worden aangemerkt dat er nog discussie is over de bepalende factor van de carcinogeniteit in DME en hieraan gekoppeld het effect van roetfilters (zie bijlage C en F).

Er zijn vele (internationale) leveranciers van roetfilters op de markt. Voorbeelden van leveranciers zijn: Pyroban, ETB, EHC, Johson Matthey, Unikat, HUG,HJS, Deutz, HUSS, INTECO, Engelhard, etc. etc. De beschikbaarheid van roetfilters is dus groot. De verwachting is dat, met het aanscherpen van de zogenaamde 'euro'-normen, de Europese emissie-eisen voor vrachtwagens en mobiele werktuigen, de grootschalige introductie van roetfilters (en wellicht ook kwalitatief hoogwaardiger dieselolie) niet lang op zich zal laten wachten.

Met betrekking tot vuilniswagens zijn in dit onderzoek de effecten gemeten van het gebruik van roetfilters ten opzichte van dieselmotoren zonder roetfilter. Deze - overigens beperkt aantal - metingen laten zien dat met een roetfilter de reductie van blootstelling in die situaties met 50% mogelijk lijkt. Dit beperkt het risico op longkanker aanzienlijk (met circa 30%).

Opsteekfilters – welke ingezet kunnen worden voor tijdelijk gebruik, bijvoorbeeld in situaties waarin de werkgever de voertuigen niet in eigen beheer heeft – zijn vrijwel even effectief als permanente roetfilters<sup>14</sup>, maar zijn iets bewerkelijker in gebruik.

Tot de eerste categorie zouden volgens de interpretatie van de onderzoekers ook kunnen behoren alle maatregelen die betrekking hebben op het zodanig laten functioneren van een dieselmotor, dat daarmee minder DME ontstaat. Te denken valt aan motoronderhoud, rijgedrag, vooraf opwarmen van de motor of

---

<sup>14</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Mayer (opsteller VERT-lijst), BUWAL.

gedragsregels rond het stationair laten draaien van motoren en machines. Ook het gebruik van kwalitatief hoogwaardige dieselbrandstof (in combinatie met bijvoorbeeld ‘common rail’ technieken) zou emissies beperkt kunnen reduceren.

### **3.3.2 Maatregelen categorie 2**

Onder de tweede categorie beheersmaatregelen vallen algemene ventilatie en gerichte afzuiging. Met name bij garagewerkzaamheden zijn puntafzuiginstallaties – zeker voor motorkeuringen, minder voor remmentesten – gemeengoed en zeer effectief. Puntafzuiging zorgt ervoor dat alle DME in principe afgevangen wordt, waardoor blootstelling tot een minimum beperkt is. Algemene ventilatie is veel minder effectief en behoorlijk prijzig. Centrale ventilatie wordt niet in de eerste plaats toegepast om DME blootstelling te reduceren, maar om de blootstelling aan schadelijke stoffen als verfdampen te verminderen.

Het gebruik van overdrukfiltersystemen in cabines kan als maatregel worden geplaatst tussen de categorieën II en III. Overdrukfiltersystemen worden toegepast om de lucht in cabines van voertuigen te verversen. Het overdrukfiltersysteem bestaat uit een kast waar een filter in moeten worden geplaatst. De kast wordt aan de buitenkant van de cabine van bouwmachines of trucks geplaatst en blaast schone lucht naar binnen. Door de overdruk die het apparaat in de cabine genereert wordt de inlaat van vervuilde lucht beperkt.

Overdrukssystemen zijn in de eerste plaats bedoeld om giftige stoffen zoals zware metalen en asbest te filteren, maar vooralsnog niet direct voor DME.

Bouwbedrijven zijn dan ook alleen verplicht overdrukfiltersystemen te gebruiken bij werkzaamheden waar giftige stoffen vrij kunnen komen, zoals sloopwerkzaamheden en bodemsaneringen<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Van Egeraad, Translectro.

### **3.3.3 Maatregelen categorie 3**

Tot de derde categorie beheersmaatregelen behoren verder alle maatregelen die tot doel hebben de werknemers korter, minder vaak, of van een grotere afstand bloot te stellen aan DME. Afhankelijk van de bedrijfsvoering zullen in vrijwel alle sectoren mogelijkheden onderzocht kunnen worden om de blootstelling van werknemers aan DME zo beperkt mogelijk te houden. Voorbeelden zijn: het aanpassen van dienstroosters, het optimaal positioneren van werknemers ten opzichte van DME-bronnen en windrichting, het gunstig routeren van voertuigen, of het vergroten van de afstand tussen bron en werknemer (uitlaat naar boven, generator niet op de werkplek). Het effect van deze maatregelen kan aanzienlijk zijn.

### **3.3.4 Maatregelen categorie 4**

De vierde categorie tenslotte betreft het ter beschikking stellen van persoonlijke beschermingsmiddelen. Naar de toepassing van dit type maatregelen is wel gezocht, maar deze zijn niet aangetroffen in de praktijk van de vier onderzochte arbeidssituaties. Gezien het karakter van DME (zeer fijne partikels) lijken de op de markt beschikbare beschermingsmiddelen niet voldoende effectief.

Meer details over de bovenbeschreven vervangings- en beheersmaatregelen zijn te vinden in bijlage C.

## 4 Metingen en risico-evaluatie in twee arbeidssituaties

### 4.1 Inleiding

In een tweetal arbeidssituaties zijn blootstellingmetingen verricht, te weten bij huisvuilophalers en bij asfalteerders. In deze arbeidssituaties zijn concentraties gemeten met en zonder vervangings- of beheersmaatregelen. De metingen naar blootstelling aan DME berusten op analyse van de hoeveelheid elementair koolstof (EC) in respirabele deeltjes in de ademhalingszone van een werknemer als maat voor de blootstelling. Tijdens de metingen zijn de werknemers geobserveerd en na afloop van de metingen zijn enkele vragen gesteld. Bij de asfalteerders zijn ook stationaire metingen uitgevoerd met behulp van dezelfde apparatuur om inzicht te krijgen in achtergrondconcentraties EC.

De in de werkomgevingen gemeten concentraties dieseldamp zijn vervolgens gebruikt voor het berekenen van het gezondheidsrisico. Hiertoe is gebruik gemaakt van in de literatuur beschreven epidemiologisch onderzoek naar de relatie met de blootstelling aan dieselmotoremissie.

In bijlage B worden de meetresultaten en berekeningen uitgebreid beschreven per bemeten situatie. In totaal was voor dit onderzoek voorzien in 50 metingen.

### 4.2 Metingen bij huisvuilophalers

In deze arbeidssituatie zijn de volgende maatregelen bekeken: de aardgasmotor en de dieselmotor met roetfilter (E-CRT filter, met verwarmingselement). Heersende concentraties bij deze maatregelen zijn vergeleken met concentraties bij gebruik van een vuilniswagen met gewone dieselmotor. Achtergrondconcentraties zijn niet gemeten aangezien de huisvuilwagens rondrijden en geen vaste plek hebben waar ze langer verblijven.

Een team huisvuilophalers bestaat uit een chauffeur en twee huisvuilopladers. In sommige situaties rouleren de werknemers gedurende de dag en zijn dus een deel van de dag òf oplader òf chauffeur. Gedurende de rit van het bedrijf naar de plaats



van afvalinzameling bevinden de werknemers zich in de cabine. In alle gevallen is door rustige buurten gereden.

Uit tabel 2 blijkt dat de getroffen maatregelen in beide gevallen bijdragen aan een verlaging van de blootstelling aan DME met een factor 2 tot 3. De daadwerkelijke verlaging zal sterk afhankelijk zijn van andere blootstelling aan DME zoals de nabijheid van dieselmotoren bij het wegverkeer op de route van de vuilniswagens. In totaal zijn 22 persoonlijke metingen van 8 uur uitgevoerd (N).

tabel 2 Vergelijking van metingen bij huisvuilophalers

Meting	Soort wagen	N	AM ( $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ )	GM ( $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ )	GSD ( $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ )	Range ( $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ )
Persoonlijk	Diesel	10	39,4	23,8	2,44	10,3-196
Persoonlijk	Roet filter	6	7,5	7,4	1,20	5,8-10,1
Persoonlijk	Aardgas	6	15,1	13,0	1,82	5,5-32,3

### 4.3 Metingen bij asfalteerders

Aangezien voor de arbeidssituatie van asfalteerders geen technische mogelijkheden bestaan tot het treffen van vervangingsmaatregelen en in het kader van dit onderzoek geen mogelijkheden gevonden zijn beheersmaatregelen in de praktijk te meten (zoals een filter), is gekozen voor het vergelijken van een oude (1991) met een nieuwere (1997) asfaltermachine<sup>16</sup>.

Een team asfalteerders bestaat uit werknemers met de volgende taken: chauffeurs voor het asfalttransport (2 à 3), een machinist voor de asfaltspreidmachine (1), een balkwerker (1), afwerkers (3), en een aantal walsmachinisten (2 à 3). Andere dieselaangedreven machines waaraan de werknemers in deze situatie werden blootgesteld zijn walsen, eigen vrachtwagens en soms aan voorbijrijdend verkeer.

<sup>16</sup> Vanuit de benaderde branches zijn helaas geen meetsituaties aangedragen waarbij oudere machines konden worden vergeleken met machines die bijvoorbeeld voldoen aan de Euro-2 norm.

De metingen verricht bij de oude en nieuwe asfalteermachine laten geen effect zien van de getroffen beheersmaatregel c.q. de toepassing van nieuwere apparatuur. Lokale omstandigheden zoals het wel of niet aanwezig zijn van wegverkeer, aanwezigheid van andere machines voorzien van dieselmotoren (walsen, grondverzetmachines, vrachtwagens e.d.) en vooral ook meteorologische condities hebben geleid tot in die zin niet informatieve meetresultaten. De gemeten blootstelling varieerden tussen de 10 en 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  EC. Hieruit valt overigens niet te concluderen dat de blootstelling aan oudere machines even hoog is als die aan nieuwere.

De meetresultaten maken wel duidelijk dat de blootstelling van asfalteerders in de onderzochte situaties meer lijkt te worden bepaald door de eigen machines en trucks gebruikt voor asfalttransport dan door voorbijrijdend verkeer. De meetbare blootstelling was gemiddeld een factor 4 hoger dan de achtergrondconcentratie DME. De verschillen binnen een asfalt ploeg tussen de werknemers lijken veel geringer te zijn dan de verschillen in blootstelling van dag tot dag. Dit zal gezien de verwachte grote invloed van de weersomstandigheden op de blootstelling aan DME bij deze buitenwerkers niet verwonderlijk zijn. Dit werd reeds eerder aangetoond door onderzoek naar blootstelling aan bitumendampen bij asfalteerders. Van een daadwerkelijke verlaging van de blootstelling aan DME van deze werknemers zal pas sprake zijn, wanneer alle bronnen van DME worden aangepast, dus niet alleen de asfaltspredmachine, maar ook de trucks gebruikt voor asfalttransport, walsen en grondverzetmachines.

#### **4.4 Conclusies blootstellingonderzoek en risicoanalyse**

De door onderzoekers gerealiseerde risicoanalyse is uitgevoerd op basis van de gemeten EC-concentraties en de blootstellingresponserelatie zoals afgeleid uit een bestaande epidemiologische studie. Dit heeft geresulteerd in een afgeleide grenswaarde voor DME van 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  gemeten als elementair koolstof in de respirable deeltjesfractie. Het effect van de getroffen maatregelen is vervolgens

vertaald in termen van reductie van gezondheidsrisico (extra kans op overlijden als gevolg van longkanker). Bijlage B gaat hierop uitgebreider in.

De geometrisch gemiddelde blootstellingen gemeten bij de vuilnisophalers en bij de asfalteerders blijken overeen te komen met de geschatte niveaus van 10-20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  EC, die vooral gebaseerd waren op buitenlands onderzoek.

De metingen hebben voor de huisvuilophalers laten zien dat reductie van de blootstelling met 50% mogelijk lijkt door maatregelen als door aardgas aangedreven vuilniswagens of het plaatsen van roetfilters. Uitspraken over de effectiviteit van beheersmaatregelen bij de wegenbouwers zijn op basis van de beperkte meetserie en de complexe blootstellingsituatie met meerdere bronnen van DME niet met onderhavige meetresultaten te onderbouwen.

De schatting van de blootstelling aan DME in de onderzochte populaties is gebaseerd op slechts een beperkt aantal metingen. Gegeven de variabele omstandigheden (werk in de buitenlucht op zeer variabele locaties) moet rekening worden gehouden dat de representativiteit van de metingen beperkt is. De geschatte blootstelling zal dan ook een geringe precisie kennen.

De gezondheidsrisico analyse geeft aan dat een additioneel risico van 1/250 sterftegevallen wordt bereikt bij beroepsmatige blootstellingen rond de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  EC. Dit blootstellingsniveau komt regelmatig voor bij bepaalde beroepsgroepen waar maatregelen om DME blootstelling te voorkomen dan wel te beperken niet zijn getroffen. Gegeven de uitgevoerde risicoanalyse en de gemeten beroepsmatige blootstelling blijkt dat een reductie van de blootstelling zoals die wordt gevonden bij het vuilniswagenpersoneel op diesel versus gasmotor of diesel motor met roetfilter, leidt tot reducties in het levenslange extra risico op longkanker in een ordegrrootte van 30-40%. Bij een beroepsmatig blootgestelde populatie van 10.000 individuen betekent dit een afname van tientallen gevallen na levenslange blootstelling. Deze reducties in risico zijn relevant en substantieel te noemen.

## 5 Conclusies

### 5.1 Inleiding

Uit de door onderzoekers uitgevoerde risicoanalyse blijkt dat in een aantal werksituaties in Nederland de extra kans om longkanker te krijgen door blootstelling aan dieselmotoremissies (DME) dicht in de buurt komt van de 1/250. Bij een fulltime dagelijkse blootstelling van rond de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC (elementair koolstof) neemt de extra kans op longkanker toe met 1/250. Hierbij is gerekend met een achtergrond concentratie van  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Van werknemers in bepaalde sectoren kan worden verwacht dat ze herhaaldelijk worden blootgesteld aan concentraties DME die hoger zijn dan  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Praktijkmetingen in dit onderzoek hebben uitgewezen dat vuilnisophalers op een dieselhuisvuilwagen een gemiddelde blootstelling hadden van  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC (met een spreiding van 10 tot 196). Bij een dergelijk gemiddelde wordt op individuele dagen het niveau van  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  regelmatig overschreden. Bij asfalteerders werd een gemiddelde blootstelling gemeten van  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC (met een spreiding van 3 tot 36), hetgeen onder de grenswaarde van  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC valt. Overigens zijn in deze berekeningen geen onzekerheids- of veiligheidsmarges meegenomen. Instanties verantwoordelijk voor het vaststellen van grenswaarden voor verontreinigende stoffen in de lucht passen gebruikelijk onzekerheidsfactoren toe, die in geval van grenswaarden op basis van epidemiologisch onderzoek zeker ook, afhankelijk van de onzekerheden een factor  $>1-10$  bedragen.

Hoewel de metingen van beroepsmatige blootstelling aan DME op beperkte schaal hebben plaatsgevonden, kan op basis van bovenstaande gesteld worden dat er momenteel in situaties zonder beheersmaatregelen een indicatie is van een substantieel probleem.

Dieselmotoremissies worden in Nederland door de Gezondheidsraad als carcinogeen beschouwd, en zijn vervolgens door het Ministerie van SZW op de

lijst van kankerverwekkende stoffen geplaatst. Op basis hiervan zijn werkgevers verplicht om maatregelen te treffen om de kankerverwekkende stoffen in DME te vervangen door niet kankerverwekkende stoffen. Indien vervanging - door bijvoorbeeld het inzetten van alternatieve brandstoffen - technisch gezien niet mogelijk is, dienen zij de blootstelling van hun werknemers aan DME zo veel mogelijk te reduceren, en wel op basis van de arbeidshygiënische strategie. Het onderhavige onderzoek geeft inzicht in de 'stand der techniek'.

## **5.2 Effecten van maatregelen**

In dit onderzoek zijn slechts op beperkte schaal metingen verricht naar het effect van maatregelen op de blootstelling van DME aan werknemers. Zowel het effect van roetfilters als het effect van aardgasmotoren is gemeten bij huisvuilophalers; tevens is bij asfalteerders getracht het effect van nieuwere machines (asfaltspreidmachines) vast te stellen. Uit de metingen blijkt dat het gebruik van een aardgasmotor of een roetfilter de blootstelling van DME bij huisvuilophalers met ongeveer 50% reduceert. Op basis hiervan is berekend dat roetfilters en aardgasmotoren een aanzienlijke reductie - met circa 30% - van de extra kans op longkanker bewerkstelligen<sup>17</sup>. De metingen bij asfalteerders hebben te weinig informatieve resultaten opgeleverd om conclusies te kunnen trekken over het effect van maatregelen in deze werksituatie. De aanwezigheid van lokale condities zoals de aanwezigheid van andere machines met DME en meteorologische condities hebben hierbij een grote rol gespeeld. Enig effect van het reduceren van slechts één bron van DME was niet aantoonbaar.

De gemeten mediane blootstellingsniveaus komen overeen met de a-priori schattingen van de onderzoekers (10-20 µg/m<sup>3</sup> EC).

---

<sup>17</sup> De carcinogeniteit van DME is in deze studie gebaseerd op een epidemiologische studie van Steenland et al. (1998). Hierbij moet worden aangemerkt dat er nog veel discussie is over de bepalende factor van de carcinogeniteit in DME.

Lokale omstandigheden blijken zeer bepalend te zijn voor blootstelling. Veel van de werkplekken waar werknemers worden blootgesteld bevinden zich in de open lucht (wegwerkers, landbouw, bouw, vuilnismannen, transport, etc.) of in halfopen gebouwen (remises, overslagstations, etc.). Dit maakt dat de blootstelling aan DME zeer variabel zal zijn ten gevolge van onder andere weersinvloeden en verkeersemmissies.

Meer uitgebreide metingen van de beroepsmatige blootstelling aan DME zijn derhalve nodig om lange termijn gemiddelde blootstellingen en effecten van beheersmaatregelen op precieze en betrouwbare wijze te kunnen schatten.

### **5.3 Stand der techniek**

Binnen vier geselecteerde arbeidssituaties is een inventarisatie gemaakt van mogelijke maatregelen. Om technische vervangbaarheid te bepalen zijn met name de beschikbaarheid en de praktische toepasbaarheid onderzocht. Daarnaast zijn de kosten, de verwachte emissiereductie, de voorwaarden van implementatie en het beleid met betrekking tot deze maatregelen in beeld gebracht. In onderstaande tabel worden zij per sector kort samengevat weergegeven.

tabel 3 Overzicht van beschikbare maatregelen en bijbehorende aspecten

Arbeidssituaties	Vervangings- maatregelen	Beheersmaatregelen	(meer)kosten maatregel *	Effecten op emissie **	Opmerkingen
<i>huisvuilinzameling</i>	aardgas of LPG		geen	Carcinogene effecten DME worden vervangen	geen meerkosten per draai-uur
		roetfilter (I)	4500€ - 16000€	> 95% reductie EC	kosten roetfilter afhankelijk van vermogen motor vuilniswagen
		opsteekfilter (I)	200€ - 300€ + kosten vervanging filtermedium	> 95% reductie EC	kosten in tabel zijn aanschafkosten extra kosten bedragen 35 € per 50 starts
		overdrukfiltersysteem (II)	2800	Op basis van dit rapport niet te bepalen	aanschafkosten en inbouw kosten
		uitlaat naar boven (III)	?	onbekend	uitlaat is standaard ingebouwd aan zijkant of bovenkant vrachtwagen
		werktijden (III)	?	onbekend	
<i>garages</i>	rolschaatsen		700 €	DME van bron tot 0	
<i>schadeherstelbedrijven</i>	elektrische brug		28.700 €	DME van bron tot 0 gereduceerd	kosten van 1 brug en 1 elektrische kar
		opsteekfilter (I)	200€ - 300€ + kosten vervanging filtermedium	> 95% reductie EC	kosten in tabel zijn aanschafkosten extra kosten bedragen 35€ per 50 starts
		puntafzuiging (II)	725€ -3125€	emissie wordt niet gereduceerd, blootstelling tot 0 gereduceerd	
		ventilatie (II)	89.000 €	emissie wordt niet gereduceerd, blootstelling wel gereduceerd (onbekend hoeveel)	kosten voor een bedrijfshal van 3.000 m <sup>3</sup>

Arbeidssituaties	Vervangings- maatregelen	Beheersmaatregelen	(meer)kosten maatregel *	Effecten op emissie **	Opmerkingen
<i>bouw</i>	elek. heftruck (binnen)		geen	DME van bron tot 0 gereduceerd	geen meerkosten per draai-uur
	heftrucks op LPG		geen	Carcinogene effecten DME worden vervangen	geen meerkosten per draai-uur
	lichte voertuigen op LPG of aardgas		geen	Carcinogene effecten DME worden vervangen	geen meerkosten per draai-uur
		roetfilter (I)	vanaf 4500 - 22000 €	> 95% reductie EC	kosten afhankelijk van vermogen motor
		opsteekfilter (I)	?	> 95% reductie EC	
		motoronderhoud (I)	?	14% reductie EC	
		overdrukfiltersysteem (II)	2.800 €	Op basis van dit rapport niet te bepalen	aanschafkosten en inbouw kosten
		werktijden (III)	?	onbekend	
<i>haven</i>	elek. heftruck (binnen)		geen	DME van bron tot 0 gereduceerd	geen meerkosten per draai-uur
	heftrucks op LPG		geen	Carcinogene effecten DME worden vervangen	geen meerkosten per draai-uur
	lichte voertuigen op LPG of aardgas		geen	Carcinogene effecten DME worden vervangen	geen meerkosten per draai-uur
		roetfilter (I)	vanaf € 4500	> 95% reductie EC	kosten afhankelijk van vermogen motor.
		opsteekfilter (I)	?	> 95% reductie EC	
		overdrukfiltersysteem (II)	2.800 €	Op basis van dit rapport niet te bepalen	aanschafkosten en inbouw kosten
		stackerplatform (III)	€ 250.000 per kraan	onbekend	
		windrichting (III)	?	onbekend	
		werktijden (III)	?	onbekend	
		routering (III)	?	onbekend	

\* Kosten zijn indicatief en gebaseerd op onze bevindingen in dit onderzoek en zijn gebonden aan randvoorwaarden (zie bijlage C).

\*\* De onderzochte effecten betreffen de verwachte reductie van emissies aan de bron; dit wil per definitie nog niets zeggen over de blootstellingseffecten (immissie). Dit hangt sterk af van de kenmerken van de arbeidssituatie waarin de betreffende maatregel wordt ingezet.



Uit de tabel blijkt dat van een groot aantal maatregelen nog niet is aangetoond welke reductie in blootstelling dit oplevert. Om het effect van maatregelen in deze situaties wel te bepalen moet nader onderzocht worden wat het aandeel van de verschillende bronnen aan de blootstelling is; dit is overigens zeer moeilijk vast te stellen.

Hieronder worden de in paragraaf 3.2 en 3.3 toegelichte vervangings- en beheersmaatregelen kort samengevat. Voor meer uitgebreide informatie omtrent de kosten van deze maatregelen en de effecten op emissies wordt verwezen naar bijlage C.

### **5.3.1 Vervangingsmaatregelen**

Werkgevers zijn verplicht om maatregelen te treffen om de blootstelling aan kankerverwekkende stoffen te voorkomen. Primair moet dit gebeuren door vervanging van de kankerverwekkende stof. In het geval van DME kan dit worden bereikt door het inzetten van motoren op alternatieve brandstoffen (elektrisch, aardgas, LPG). Bij de inzet van aardgas en LPG zijn er nog wel emissies van fijn stof en gasvormige verontreinigingen. Deze emissies zijn echter veel lager en de deeltjes zijn minder carcinogeen (doordat minder PAK's geassocieerd zijn met deze deeltjes) dan in DME.

De inzet van alternatieve brandstoffen stuit in de praktijk echter vaak op praktische bezwaren, zoals beschikbaarheid of toepasbaarheid in de bedrijfssituatie. Zo zijn deze motoren voor de meeste bouwwerktuigen of zware voertuigen (ook in havens zijn veelal grote motorvermogens nodig) niet op de markt beschikbaar. Slechts voor lichtere voertuigen zijn aardgas of LPG-varianten wel denkbaar, bijvoorbeeld in vuilnisauto's.

Voor heftrucks zijn wel elektrische en LPG varianten beschikbaar. Door de inzet van elektromotoren in heftrucks wordt de emissie van (kankerverwekkende)

deeltjes tot nul gereduceerd. Dit type hefruck is echter voor arbeidssituaties buiten of voor bulkgoederen niet even gemakkelijk toe te passen.

Tot de vervangingsmaatregelen binnen garages kunnen de zogenaamde elektrisch verrijdbare bruggen en de rolschaatsen gerekend worden. Deze worden nog niet op grote schaal toegepast en de inzet is afhankelijk van de aard en de inrichting van de garage. Elektrisch verrijdbare bruggen zijn alleen toepasbaar in (grotere) schadeherstelbedrijven; in garages stuit de beperkte hefhoogte op arbotechnische bezwaren en zijn daardoor ook niet toegestaan volgens de APK-erkenningseisen van de RDW. Rolschaatsen kunnen wel in showrooms en autogarages worden toegepast.

Geconcludeerd kan worden voor specifieke situaties technische vervangbaarheid van DME tot de mogelijkheden behoort. De toepasbaarheid in de praktijk is echter afhankelijk van factoren als het al dan niet in eigen beheer hebben van voertuigen en de bedrijfssituatie ter plaatse. Tevens dient voor de beschikbaarheid rekening gehouden te worden met beleidsontwikkelingen die vanuit andere ministeries worden aangestuurd.

### **5.3.2 Beheersmaatregelen**

Indien vervanging technisch gezien niet uitvoerbaar is (of niet voldoende reductie oplevert), dienen beheersmaatregelen genomen te worden volgens de arbeidshygiënische strategie.

Aangezien hoogwaardiger of alternatieve dieselbrandstoffen met minder roetproductie vooralsnog niet beschikbaar is op de markt voor zakelijke voertuigen, is de inzet van roetfilters de meest aangewezen maatregel in de eerste categorie om DME te beheersen. Deze maatregel is voor vrijwel alle bronnen en in vele arbeidssituaties geschikt. Als niet-permanente oplossing kan gedacht worden aan

een opzetfilter. Het effect van filters is vooral goed merkbaar daar waar van directe blootstelling sprake is.

Daarnaast kan aandacht besteed worden aan het onderhoud en gebruik van de betreffende bron c.q. machine (rijgedrag, voorverwarmen, stationair draaien).

Als maatregelen in de tweede categorie komen afzuiging en ventilatie in binnenruimtes in aanmerking om blootstelling te beheersen. Puntafzuiging, welke met name in garages al vrijwel overal wordt toegepast, is daarbij duidelijk effectiever dan de (dure) algemene ventilatiesystemen.

In derde instantie kan worden bezien of er nog aanvullende, organisatorische beheersmaatregelen te geboden zijn om DME te beheersen (werktijden, routing, etc.). Afhankelijk van het aantal blootgestelden, de hoogte van de blootstelling en de bedrijfssituatie kan de (kosten)effectiviteit van elk van deze maatregelcategorieën sterk variëren, maar aanzienlijk zijn.

Tenslotte kunnen persoonlijke beschermingsmiddelen ter beschikking gesteld worden. Naar de toepassing van dit type maatregelen is wel gezocht, maar deze zijn niet aangetroffen in de praktijk van de vier onderzochte arbeidssituaties. Zij lijken –gezien de aard van DME (fijne partikels) ook niet bijzonder effectief.

Concluderend kan worden gesteld dat diverse beheersmaatregelen geschikt zijn voor verschillende typen arbeidssituaties. Het precieze effect van deze beheersmaatregelen mag echter niet worden overschat. Dit hangt af van lokale factoren in de werksituatie, zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid van andere bronnen, voorbijrijdend verkeer en weersomstandigheden. Metingen bij vuilniswagens hebben echter aangetoond dat beheersmaatregelen (roetfilter) het gezondheidsrisico aanzienlijk kunnen beperken.

## A Bijlage: inventarisatie arbeidssituaties (fase 1)

### A.1 Fact sheets

#### Inhoud

1	Overzicht arbeidssituaties	49
1.1	Lijst van arbeidssituaties met blootstelling aan DME	49
2	Fact sheets arbeidssituaties	52
2.1	Huisvuilophalers	52
2.2	Vrachtwagenchauffeurs	53
2.3	Werkzaamheden aan de weg	54
2.4	Grondpersoneel vliegvelden	55
2.5	Overslag in de haven	56
2.6	Overslag, distributie, veilingen	57
2.7	Stuwadoors op ferry's	58
2.8	Werkzaamheden op de bouwplaats	59
2.9	Agrarische sector	60
2.10	Mecaniciens: Bouwen en testen van motoren	61
2.11	Onderhoud, reparatie en keuringswerkzaamheden voertuigen	62
2.12	Busremise	63
2.13	Rangeerterrein	64
2.14	Defensie, rijden met tanks	65
2.15	Wegenwacht (?)	66
2.16	Off shore	67

### **A.1.1 Overzicht arbeidssituaties**

#### **Lijst van arbeidssituaties met blootstelling aan DME**

Er is door de onderzoekers een zo volledig mogelijke lijst van arbeidssituaties opgesteld, waarbij sprake kan zijn van blootstelling aan DME. Het gaat hierbij zowel om blootstelling aan DME van het eigen werktuig of voertuig, als blootstelling aan DME via een andere bron. Uitstoot van schepen en vliegtuigen (gasolie en kerosine) valt buiten het kader van dit onderzoek.

Om deze lijst zo overzichtelijk mogelijk te houden, is voor een indeling naar arbeidslocatie gekozen. Sommige arbeidslocaties overlappen deels, getracht is in ieder geval iedere arbeidssituatie een keer te vermelden.

#### **Op de weg**

Mensen die beroepshalve veel op de weg zitten, dit zijn vrachtwagenchauffeurs, buschauffeurs, takelwagenchauffeurs, rij-instructeurs, taxichauffeurs (ook bij standplaatsen), verkeerspolitie, verkeersregelaars, vertegenwoordigers en wegenwacht. Een deel van deze mensen zal ook worden blootgesteld aan DME van het eigen voertuig. Daarnaast zitten fietskoeriers en (pizza)bezorgers ook veel op de weg.

#### **Langs en rond de weg**

Een grote groep mensen werkt langs en rond de weg, gedacht moet worden aan tankstationmedewerkers, brugwachters, huisvuilinzamelaars, parkeerwachters en wegwerkers als stratenmakers, toezichhouders, kabel- en buizenleggers, wegmarkeerders en asfalteerders. Mensen die werken in portiersloges bij de haven, bij busstations. Medewerkers van autoverhuurbedrijven.

### **Fabricage, onderhoud, reparatie en opslag voertuigen**

In deze categorie valt de fabricage van motoren en voertuigen bij fabrieken en testcentra en mensen die zich bezig houden met het onderhoud en de reparatie (revisie) in garages en werkplaatsen. Ook mensen die in busremises of parkeergarages werken en brandweertuigen worden blootgesteld aan DME. Daarnaast moeten ook mensen werkzaam op circuits en bij (vrachtwagen) races niet worden vergeten. In showrooms worden regelmatig auto's verplaatst.

### **Vliegvelden**

Op vliegvelden wordt voornamelijk het grondpersoneel blootgesteld aan DME. Bagagekarretjes, de wagens die de vliegtuigen verplaatsen, generatoren die zorgen voor elektriciteit wanneer het vliegtuig aan de grond staat en brandstofwagens kunnen allemaal gebruik maken van diesel. Mogelijk worden piloten en cabinepersoneel hier ook aan blootgesteld.

### **Op schepen**

Veerboot- en ferry personeel heeft te maken met voertuigen die op en af rijden. Het lossen van autoschepen, begeleid vervoer van vrachtwagens op ferryboten (motor gaat aan voordat schip aanlegt om remmen los te kunnen maken).

### **In en rond de haven**

In de haven vinden vele werkzaamheden plaats waarbij sprake is van DME. Kranen voor overslag, laadschoppen, tugmasters, vrachtwagens en dieseltreinen voor transport, bobcats (ook in scheepsruimen), shovels, trekkers, straddle carriers, AGV's, vorkheftrucks en bulldozers zorgen voor DME.

### **Opslag en overslag van goederen**

In veel sectoren en arbeidslocaties komt het gebruik van vorkheftrucks voor. Dit gebeurt bij magazijnen, veilingen, overslag en transport van goederen. Daarnaast kan men bij overslag en transport nog worden blootgesteld aan de DME van

vrachtwagens. Ook afvalverwerking plaatsen we in deze groep. Hierbij rijden veel vrachtwagens en wordt ook gebruik gemaakt van shovels en bobcats.

### **Op en rond bouwplaatsen**

Op en rond bouwplaatsen is er sprake van sloopwerktuigen, kranen, takelmachines, grondwateronttrekking, heimachines, op en afrijdende zware voertuigen (o.a. kippers) en generatoren. Mensen die hiermee werken, maar ook in de buurt van deze apparaten werken worden blootgesteld aan DME.

Ook grote infrastructuurprojecten en graafwerkzaamheden waar mobiele werktuigen worden gebruikt vallen in deze categorie.

### **Off shore**

Op boorplatforms op zee zorgen generatoren voor de energievoorziening. Ook kranen en andere apparatuur zorgen hier voor DME.

### **Treinen**

Op en rond diesellocomotieven, voornamelijk rond rangeerterreinen en bij remisestations, maar ook machinisten, spoorleggers en spooronderhoudspersoneel zullen worden blootgesteld aan DME.

### **Landbouw**

Op en rond het boerenbedrijf wordt veel gewerkt met tractoren en andere landbouwwerktuigen die diesel gebruiken. Daarnaast werkt men met heftrucks. In de bosbouw (verslepen en verwerken van hout) en tuinbouw worden mensen ook blootgesteld aan DME.

### **Industrie**

In de industrie vindt veel vervoer en transport plaats. Hierbij worden mensen blootgesteld aan DME. Daarnaast mogelijk aan noodaggregaten (jaarlijkse controle).

## Overig

In deze categorie zijn we de overige arbeidssituaties waarbij sprake is van DME samengevoegd. In de buurt van noodgeneratoren bij elektriciteitscentrales, zandopspuitingen, houtverwerking (o.a. schaafmachines), pompen voor waterzuivering- en distributie (bronbemalers) kunnen mensen worden blootgesteld aan DME. En tenslotte kantoorpersoneel langs snelwegen.

### A.1.2 Fact sheets arbeidssituaties (quick scan)

#### Huisvuilophalers

<b>Arbeidssituatie</b>	Huisvuilophalers
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	Huisvuilophalers die achter op de vuilniswagen meerrijdt, in de stad. Dit gebeurt in de open lucht, werknemer is 8 uur per dag in de buurt van de wagen met draaiende motor.
<i>Verhoogd risico</i>	
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Vuilniswagen, overig verkeer.
<i>Branche</i>	Huisvuilinzameling
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	24% gemeenten heeft eigen dienst, 36% besteedt particulier uit, overig is samenwerkingsverband, buurgemeente of overheidsvennootschap.
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	ca. 12.000 werknemers
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Midden
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Dieselmotor, uitlaat naar boven gericht, nieuwe wagens voldoen aan euro-normen.
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<b>Vervangingsmaatregel 1</b> Vuilniswagen op CNG (aardgas) <b>Implementaties:</b> Haarlem en omstreken in totaal 3 huisvuilinzamelingsbedrijven. Meerkosten investering ca. € 35.000 per wagen, mogelijk terug te verdienen tijdens levensduur.
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<b>Beheersmaatregel 1</b> Continuous Regenerating Trap (CRT) filter, filters roetdeeltjes uit uitlaatgassen <b>Implementaties:</b> Enkele gevallen
	<b>Beheersmaatregel 2</b> Kortere shifts werknemers <b>Implementaties:</b> onbekend



<b>Arbeidssituatie</b>	Huisvuilophalers
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	Dhr. Koenen, Sita Dhr. Kwakernaak, Sita Dhr. Nieman, Novem www.vnao.nl www.nvrd.nl Dhr. Tromp, gemeente Haarlem

### Vrachtwagenchauffeurs

<b>Arbeidssituatie</b>	Vrachtwagenchauffeurs
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	Vrachtwagenchauffeurs die in de cabine zitten en worden blootgesteld aan uitlaatgassen van eigen voertuig en andere voertuigen. Chauffeurs zitten vaak de hele dag op de weg.
<i>Verhoogd risico</i>	Situaties met verhoogde blootstelling: in de file, laden / lossen met kraan werkzaam op vrachtwagenmotor, laden / lossen gekoelde voertuigen, distributie in de stad.
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Eigen vrachtwagen, overig verkeer.
<i>Branche</i>	Transport
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	12.000
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	200.000 – 250.000 werknemers (100.000 in dienst bij beroepsgoederenvervoer)
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Laag, wel vaak hoger dan buiten op de weg.
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Sinds 1992 moeten nieuw verkochte vrachtwagens met dieselmotoren voldoen aan euro-standaarden. Deze stellen o.a. grenzen aan de emissie van roetdeeltjes.
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<b>Vervangingsmaatregel 1</b> Geen
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<b>Beheersmaatregel 1</b> CRT-filter <b>Implementaties:</b> onbekend
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	Dhr. Poppink, TLN

## Werkzaamheden aan de weg

<b>Arbeidssituatie</b>	Asfalteerders
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	Asfalteerders die op één baan aan het werk zijn, terwijl het verkeer veelal in file langsrijdt. Een vrachtwagen rijdt voorop, daarachter een spreidmachine gevolgd door enkele walsen. Werknemers werken 8 uur per dag, hoofdzakelijk in de open lucht.
<i>Verhoogd risico</i>	Specifieke risicosituatie is het asfalteren in tunnels en grote hallen.
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Vrachtwagens, spreidmachine, walsen, overig verkeer
<i>Branche</i>	Bouw
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	1.000 - 1.200 werknemers
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Midden
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Dieselmotor, uitlaat naar boven gericht, nieuwe wagens voldoen aan euro-normen.
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<b>Vervangingsmaatregel 1</b> Geen
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<b>Beheersmaatregel 1</b> CRT filter <b>Implementaties:</b> Niet bekend
	<b>Beheersmaatregel 2</b> Ventilator <b>Implementaties:</b> Bij asfalteren in hallen en tunnels, hierbij wordt vaak een grote ventilator neergezet. Uit metingen in literatuur omschreven blijkt dat dit nauwelijks invloed heeft concentratie.
	<b>Beheersmaatregel 3</b> DME-opsteekfilter. Er bestaat een regenererend opsteekfilter. Dit zou gebruikt kunnen worden voor preciaire gevallen. <b>Implementaties:</b> onbekend
	<b>Beheersmaatregel 4</b> Overige verkeer stilleggen <b>Implementaties:</b> onbekend
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	Dhr. Roos, VBW Asphalt www.magenta.de

## Grondpersoneel vliegvelden

<b>Arbeidssituatie</b>	Grondpersoneel op platform bij Schiphol
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	Wanneer vliegtuigen aan de pier staan, is er allerlei personeel (schoonmakers, catering (lift), tanken en afhandeling) rond het vliegtuig bezig. Deze rijden voor een groot deel in diesel aangedreven voertuigen. Hiervan rijden er dusdanig veel rond dat (verkeers)veiligheid een probleem is. Daarnaast komt het voor dat op het vliegtuig een dieselaggregaat wordt aangesloten voor de stroomvoorziening. In open lucht.
<i>Verhoogd risico</i>	
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Equipment op diesel, vliegtuigtrekkers, cateringlift, mogelijk aggregaat.
<i>Branche</i>	Transport
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	2.000 – 4.000 werknemers
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Midden
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Dieselmotoren van voertuigen voldoen aan euronormen.
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<p><b>Vervangingsmaatregel 1</b> Meer stationaire voorzieningen <b>Implementaties:</b> gebeurt gedeeltelijk</p> <p><b>Vervangingsmaatregel 2</b> Andere brandstof (CNG / LPG of benzine) <b>Implementaties:</b> rijden spaarzaam rond</p>
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<p><b>Beheersmaatregel 1</b> Hybride voertuigen <b>Implementaties:</b> Voertuigen die ook binnen komen zijn hybride en schakelen over op elektrisch zodra ze naar binnen rijden. Dit is vrij algemeen.</p> <p><b>Beheersmaatregel 2</b> CRT-filter, DME-opsteekfilter <b>Implementaties:</b> rijden rond, niet veel</p> <p><b>Beheersmaatregel 3</b> Minder voertuigen <b>Implementaties:</b> wordt over nagedacht, verhoogd ook de overzichtelijkheid (veiligheid)</p> <p><b>Beheersmaatregel 4</b> Korte rijroutes op het platform <b>Implementaties:</b> wordt over nagedacht</p>
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	Een arbeidshygiënist werkzaam op Schiphol

## Overslag in de haven

<b>Arbeidssituatie</b>	<i>Personeel bij op- en overslag &amp; controle</i>
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	
<i>Verhoogd risico</i>	
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Bobcats in scheepsruimen; (on)bemande voertuigen voor intern containervervoer; kranen; blootstelling aan voorbijrijden verkeer; scheepsmotoren.
<i>Branche</i>	Transport
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	CBS: 135 overslag bedrijven ten bate van de haven.
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	In Rotterdam werken 6.500 personen bij stuwadoorbijbedrijven, 14.000 bij transportbedrijven, 2.700 bij opslag en distributie en 7.400 bij transportbemiddelaars. Onduidelijk is hoeveel van deze werknemers blootgesteld worden aan DME.
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Onder de Duitse norm van 100 microgram per m <sup>3</sup>
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	In de vergunning Wm van alle Rotterdamse stuwadoors staat een voorschrift waarin verplicht wordt dat nieuw aan te schaffen materieel moet voldoen aan de SdT en ALARA. Dit betreft milieueisen, niet gezondheidkundige.
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<b>Vervangingsmaatregel 1</b> <b>Implementaties:</b>
	<b>Vervangingsmaatregel 2</b> <b>Implementaties:</b>
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<b>Beheersmaatregel 1</b> <b>Implementaties:</b>
	<b>Beheersmaatregel 2</b> <b>Implementaties:</b>
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	<i>Pilot project dieselmotoremissies: Informatie om beleid ter beperking van blootstelling aan dieselmotoremissies vorm te geven Centrum GBW, Woerden, 2002 Havengebonden werkgelegenheid in de regio Rotterdam-Rijnmond, GHR / Kenniscentrum Haven en Industrie</i>

## Overslag, distributie, veilingen

<b>Arbeidssituatie</b>	
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	Overslag van goederen. Dit kan gebeuren bij zogenaamde docking stations, maar ook bij magazijnen waar vrachtwagens naar binnen rijden.
<i>Verhoogd risico</i>	
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Vrachtwagens, heftrucks > 4 ton
<i>Branche</i>	Vervoer en interne logistiek
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	30.000 bedrijven aangesloten bij EVO, volgens CBS 355 bedrijven gerangschikt onder laad / los / overslag, waaronder 135 t.b.v. zeevaart.
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	Bij bloemenveiling Aalsmeer werken 1000 mensen in logistiek, in Nederland: veel meer
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Hoog
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Nieuwe vrachtwagens voldoen aan euronormen
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<b>Vervangingsmaatregel 1</b> <b>Implementaties:</b>
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<b>Beheersmaatregel 1</b> Gebruik van docking stations waarbij vrachtwagens niet naar binnen rijden. <b>Implementaties:</b> Veel
	<b>Beheersmaatregel 2</b> Procedures. Sluiten deur docking station wanneer vrachtwagen aanrijdt dan wel wegrijdt. Bouw dusdanig dat rangeren minimaal zal zijn. <b>Implementaties:</b> onbekend
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	Dhr. Zwartevelde, EVO Mevr. Van Hopperus-Buma, vereniging van bloemenveilingen in Nederland Dhr. R. Teerds (Flora Holland) www.vba.nl Technische Regels für Gefahrstoffe 554

## Stuwadoors op ferry's

<b>Arbeidssituatie</b>	Stuwadoors op een ferry
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	Stuwadoors hebben tot taak in- en uitrijdende voertuigen te reguleren. Dit gebeurt in een bijna afgesloten ruimte. Bij het uitrijden veel koude starts, vrachtwagens moeten enkele minuten luchtdraaien.
<i>Verhoogd risico</i>	Voor en tijdens het uitrijden.
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Auto's en vrachtauto's.
<i>Branche</i>	Transport
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	5-10
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	1.000-1.500 (exclusief chauffeurs en passagiers)
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Hoog
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Nieuwe auto's voldoen aan euro-normen.
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<b>Vervangingsmaatregel</b> Geen.
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<b>Beheersmaatregel 1</b> Goede afzuiging en ventilatie <b>Implementaties:</b> Algemeen
	<b>Beheersmaatregel 2</b> Procedures: 1) chauffeurs niet op dek toelaten voordat kettingen los zijn; 2) beperken personeel op cardeck; 3) passagiers zoveel mogelijk weghouden van cardeck <b>Implementaties:</b> Soms
	<b>Beheersmaatregel 3</b> DME-opsteekfilter <b>Implementaties:</b> Geen
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	Dhr. Van der Vlucht, arbo-coördinator Stenaline Dhr. Bloem, TESO

## Werkzaamheden op de bouwplaats

<b>Arbeidssituatie</b>	Werknemers in de bouw
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	Verschillende taken, grondverzet, sloop, bouw. Veelal in de open lucht. Kranen, heimachines, vrachtauto's, generatoren en grondverzetwerktuigen zorgen voor uitstoot. Machinisten zelf beperkt blootgesteld door gesloten cabine met overdruk en afstand tot uitlaat. Veel in open lucht.
<i>Verhoogd risico</i>	Specifieke situaties met verhoogde blootstelling: graven van sleuven, werken in tunnels
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Kranen, heimachines, vrachtauto's, generatoren en grondverzetwerktuigen
<i>Branche</i>	Bouw, grondverzet, sloop
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	2.800
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	15.000 machinisten, 30.000 uitvoerders, in totaal ca. 250.000, GWW 40.000, asfalteerders 4.000
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Laag
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Dieselmotor, uitlaat naar boven gericht, wagens voldoen aan euro-normen.
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<b>Vervangingsmaatregel</b> Geen
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<b>Beheersmaatregel 1</b> CRT of DME-opsteekfilter <b>Implementaties:</b> onbekend, waarschijnlijk weinig
	<b>Beheersmaatregel 2</b> Generator op afstand plaatsen <b>Implementaties:</b> Gebeurt waar mogelijk
	<b>Beheersmaatregel 3</b> Cabines met overdruk <b>Implementaties:</b> Op grote schaal
<p>Beleidsontwikkelingen bouwsector</p> <p>In 2001 is een convenant gesloten tussen de overheid en de bouwsector. In dit convenant zijn afspraken gemaakt over vermindering van de fysieke belasting, vermindering van de werkdruk en vermindering van blootstelling aan oplosmiddelen en kwartsstof. De reductie van DME komt in dit bovenwettelijke convenant niet aan bod.</p>	
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	Dhr. van Loon, BMWT Dhr. Robijn, Het Zwarte Corps Feiten en cijfers 2002, VIANED 2002 A-blad Dieselmotoremissies, Arbouw www.eib.nl

## Agrarische sector

<b>Arbeidssituatie</b>	Agrarische sector
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	Werkzaamheden op en rond de boerderij, veelal in de open lucht, dieselhefrucks rijden ook nog wel eens binnen.
<i>Verhoogd risico</i>	Specifieke situaties met verhoogde blootstellingen zijn onkruidwiedbedden, pootbedden en zaaimachines waar werknemers achter de trekker hangen of er op zitten.
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Tractoren, hefrucks
<i>Branche</i>	Agrarische sector
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	55.000 ondernemers aangesloten
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	170.000 tractoren in 2001
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Laag
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Dieselmotor, uitlaat naar boven gericht, nieuwe tractoren moeten voldoen aan Europese normen.
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<b>Vervangingsmaatregel 1</b> Geen
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<b>Beheersmaatregel 1</b> CRT of opsteek DME-filter <b>Implementaties:</b> Onbekend
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	Dhr. Hekman, LTO Nederland



## Mecaniciens: Bouwen en testen van motoren

<b>Arbeidssituatie</b>	Mecaniciens
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	Bij het testen van nieuwe motoren worden deze in afgesloten ruimten geplaatst en wordt een afzuigstelsel aangebracht. Bij de bouw van vrachtwagens worden deze in principe op een lopende band door de fabriek verplaatst. Bij reparatie wordt de wagen van de band afgereden, hierbij wordt ofwel een stationair afzuigstelsel gebruikt, of een opzetfilter.
<i>Verhoogd risico</i>	Tijdens en na vermogenstest. Dit gebeurt in een afgesloten ruimte met de chauffeur in de cabine. Bij het naar buiten rijden komt lucht mee naar buiten. Filters werken niet (moeten eerst opwarmen of verbranden). In fabriekshal.
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Motor, vrachtautomotor
<i>Branche</i>	Machinebouw
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	3
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	100 – 250
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Hoog
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Stationaire afzuiging, opsteekfilter, afgesloten ruimte met ventilatie.
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<b>Vervangingsmaatregel 1</b> Geen
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<b>Beheersmaatregel 1</b> Stationaire afzuiging <b>Implementaties:</b> waar mogelijk
	<b>Beheersmaatregel 2</b> DME-opsteekfilter <b>Implementaties:</b> waar van toepassing
<p>Beleidsontwikkelingen garages</p> <p>In december 2003 is een arboconvenant gesloten voor de mobiliteitsbranche (garages). Over de reductie van uitlaatgassen (of DME) in de werkplaatsen zijn geen afspraken gemaakt in het convenant. De reden hiervoor is dat reductie van blootstelling aan carcinogene emissies wettelijk is verplicht en daardoor buiten de reikwijdte van het convenant valt.</p> <p>Wel zijn afspraken gemaakt met betrekking tot:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vermindering fysieke en psychische belasting;</li> <li>- versterking arbozorgstructuur;</li> <li>- vermindering schadelijk geluid;</li> <li>- reductie blootstelling schadelijke oplosmiddelen.</li> </ul> <p>Om blootstelling aan uitlaatgassen te reduceren is afzuiging bij de roetmeting van dieselmotoren wettelijk verplicht. Er bestaan voorschriften waar een afzuiginstallatie aan moet voldoen.</p>	
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	Dhr. van Hoof, Daf

## Onderhoud, reparatie en keuringswerkzaamheden voertuigen

<b>Arbeidssituatie</b>	Garagewerkzaamheden
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	In schadeherstelbedrijf en garage worden auto's naar binnen gereden en enkele malen verplaatst in afgesloten ruimte. Bij het testen worden stationaire afzuiginstallaties gebruikt.
<i>Verhoogd risico</i>	
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Auto's
<i>Branche</i>	Schadeherstel, garagebedrijven
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	10.000
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	40.000 – 60.000
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Hoog
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Auto wordt binnen waar mogelijk op eigen motor verreden
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<p><b>Vervangingsmaatregel 1</b> Elektrische verrijdbare bruggen <b>Implementaties:</b> 2 bedrijven</p> <p><b>Vervangingsmaatregel 2</b> Rolschaatsen <b>Implementaties:</b> komt voor, auto moet nog steeds verplaatst worden. Of op mankracht of met heftruck.</p>
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<p><b>Beheersmaatregel 1</b> DME-opsteekfilter <b>Implementaties:</b> Niet</p> <p><b>Beheersmaatregel 2</b> Ventilatie / Stationaire afzuiging bij testen <b>Implementaties:</b> Overall</p>
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	Dhr. Zeilstra, Dhr. Koedijk, Bovag Dhr. van Binsbergen, Schadeherstel Van Binsbergen Dhr. Horak, FOCWA

## Busremise

<b>Arbeidssituatie</b>	Busremise
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	Bussen worden veelal overdekt gestald. Uitlaatgassen kunnen niet weg. Hierbij worden buschauffeurs blootgesteld aan uitlaatgassen.
<i>Verhoogd risico</i>	's Ochtends bij het uitrijden (enige minuten motor aan voor het wegrijden) en 's avonds.
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Busmotoren
<i>Branche</i>	Personenvervoer
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	ca. 500
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	In Nederland rijden ongeveer 5.000 OV-bussen en 5.000 touringcars rond. Op OV-bussen werken ongeveer 12.000 chauffeurs.
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Midden
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Nieuwe bussen moeten voldoen aan euronormen.
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<p><b>Vervangingsmaatregel 1</b>            Alternatieve brandstoffen: elektriciteit, LPG, waterstof  <b>Implementaties:</b> Zo'n 6 jaar terug zijn er in totaal ongeveer 100 bussen op elektriciteit in gebruik genomen, de laatste jaren niet meer. Er rijden ongeveer 30 bussen op LPG rond, en er loopt een proef met waterstoffbussen in Amsterdam.</p> <p><b>Vervangingsmaatregel 2</b>            Alternatieve brandstof: CNG (aardgas)  <b>Implementaties:</b> In Nederland nog niet, in Duitsland, Zweden en Italië wel, de Gemeente Haarlem wil het in de komende aanbesteding (2006) meenemen.</p>
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<p><b>Beheersmaatregel 1</b>            CRT-filter op bus  <b>Implementaties:</b> GVA heeft alle bussen met een dergelijk filter uitgerust</p>
	<p><b>Beheersmaatregel 2</b>            Bussen buiten stallen  <b>Implementaties:</b> 30% van de bussen wordt buiten gestald, evt. met centraal verwarmingssysteem</p>
	<p><b>Beheersmaatregel 3</b>            Afzuiging in garage  <b>Implementaties:</b> In Brussel is een garage gebouwd waarbij iedere bus eigen afzuigrooster heeft.</p>

<b>Arbeidssituatie</b>	Busremise
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	Dhr. De Leeuw, Gemeentelijk Vervoerbedrijf Amsterdam Dhr. Tromp, Gemeente Haarlem Jaarbericht 2001, Inspectie Verkeer en Waterstaat www.cbs.nl www.erdgasfahrzeuge.de

## Rangeerterrein

<b>Arbeidssituatie</b>	.
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	Dieseltreinen die op een rangeerterrein rijden. Hieromheen loopt spoorwegpersoneel. Ook machinisten van diesellocomotieven behoren tot de groep werknemers die aan DME op het spoor worden blootgesteld.
<i>Verhoogd risico</i>	
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Dieseltrein
<i>Branche</i>	Transport
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Laag
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<b>Vervangingsmaatregel 1</b> Elektrische treinen <b>Implementaties:</b> Veelvuldig, maar sommige sporen ontberen bovenleiding. Bij weinig gebruik kapitaalkosten dieseltreinen veel goedkoper.
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<b>Beheersmaatregel 1</b> CRT-filter <b>Implementaties:</b> Geen
	<b>Beheersmaatregel 2</b> <b>Implementaties:</b>
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	Dhr. Schous, Nedtrain

## Defensie, rijden met tanks

<b>Arbeidssituatie</b>	
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	Het rijden met een tank.
<i>Verhoogd risico</i>	Uitrijden uit stalling, opstellen in colonne
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Tank
<i>Branche</i>	Defensie
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	1
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	Er zullen binnenkort nog 110 Nederlandse tanks zijn. De bemanning bestaat uit 3 personen.
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Laag
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Alle voertuigen (15.000 waarvan ca. 20% op rupsbanden) voldoen aan de (euro)normen gesteld ten tijde van aanschaf. Sommige voertuigen gaan 30 jaar mee.
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<b>Vervangingsmaatregel 1</b> Kerosine (is niet minder ongezond) <b>Implementaties:</b> Van 1999 tot 2002 heeft defensie gebruik gemaakt van kerosine voor alle voertuigen, met als doel een vereenvoudigde logistiek. De voertuigprestaties liepen ongeveer 10% terug en vorig jaar is men teruggeschakeld.
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<b>Beheersmaatregel 1</b> Extra roetfilter <b>Implementaties:</b> Geen, tast pantser tank aan.
	<b>Beheersmaatregel 2</b> Procedures: 1) bij opstellen in colonne rekening houden met windrichting; 2) bij uitrijden stalling gebruik maken van heftrucks <b>Implementaties:</b> Waar mogelijk
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	Dhr. W.C.P. de Leng, Milieucoördinator Koninklijke Landmacht Dhr. Deinum, Koninklijke Landmacht Milieujaarverslag Koninklijke Landmacht, 2002

## Wegenwacht

<b>Arbeidssituatie</b>	Wegenwacht, <i>wachten nog op nadere info.</i>
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	De wegenwacht zit voortdurend op de weg, of voert reparaties uit langs de weg.
<i>Verhoogd risico</i>	
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Verkeer algemeen. Eigen voertuig (lepelwagens, busjes, bestelauto's, golfjes)
<i>Branche</i>	Transport
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	1
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	ca. 1000 werknemers bij de Wegenwacht, deels in de meldkamer
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	Laag
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Euronormen
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<b>Vervangingsmaatregel 1</b> Andere brandstof <b>Implementaties:</b> niet
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<b>Beheersmaatregel 1</b> <b>Implementaties:</b>
	<b>Beheersmaatregel 2</b> <b>Implementaties:</b> onbekend
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	www.anwb.nl Dhr. Noordermeer, ANWB

## Off shore

<b>Arbeidssituatie</b>	
<i>Omschrijving van de arbeidssituatie</i>	Boorplatform
<i>Verhoogd risico</i>	
<i>Bron dieselmotoremissies</i>	Diesलगeneratoren, ook gebruikt om kranen e.d. te laten werken.
<i>Branche</i>	Mijnbouw
<i>Indicatie aantal bedrijven</i>	Nederland heeft 71 boorplatforms in de Noordzee staan.
<b>Blootstelling en risico's</b>	
<i>Grootteorde aantal blootgestelden</i>	
<i>Inschatting van de blootstellingsniveaus (voor zover mogelijk)</i>	?
<i>Indicatie totale gezondheidsrisico's</i>	
<b>Technologische innovaties</b>	
<i>Gebruikelijke technologie</i>	Generatoren
<i>Mogelijke vervangingsmaatregelen</i>	<b>Vervangingsmaatregel 1</b> Microturbine op ruw aardgas <b>Implementaties:</b> Op in ieder geval 1 platform
<i>Mogelijke beheersingsmaatregelen meegenomen.</i>	<b>Beheersmaatregel 1</b> Langere schoorsteen <b>Implementaties:</b> onbekend
	<b>Beheersmaatregel 2</b> CRT filter <b>Implementaties:</b> onbekend
<i>Belangrijkste informatiebronnen</i>	www.noepga.nl <a href="http://www.energieprojecten.nl/microturbines/1024x768/evaluatie.html">http://www.energieprojecten.nl/microturbines/1024x768/evaluatie.html</a>

### A.2 Overwegingen selectie arbeidssituaties

De keuze van bedrijfstakken voor nader onderzoek rond blootstelling aan dieselmotoremissies is door opdrachtgever op basis van de volgende overwegingen gemaakt.

Uitgangspunt bij de keuze:

- a De hoogte van de blootstelling kan goed worden vastgesteld.
- b De effectiviteit van vervangings- of beheersmaatregelen kan goed vastgesteld worden; wat is de winst?
- c Vergelijkbaarheid van blootstelling voor andere werkplekken.

- d Werkplekken die niet te veel onderling vergelijkbaar zijn.
- e Situaties waarin een koploperbedrijf (met maatregelen = innovatieve technieken) en een achterblijver (zonder) met elkaar vergeleken kunnen worden.

### **Conclusies voor de bedrijfstakken die hoog 'scoren':**

#### *Garages*

- het afzuigen van dieseldampen is vaak goed geregeld (maar zijn er nog achterblijvers?);
- de gepresenteerde blootstellingcijfers hebben betrekking op het in- en uitrijden, en het verrijden binnen de garage (soms wel 5x per dag!) Maar ook vaak gebeurt dit maar 2 maal per dag; dus hoe hoog is de blootstelling eigenlijk?
- er worden veel mensen blootgesteld;
- er blijken diverse maatregelen mogelijk, dus een goede vergelijking van effectiviteit is mogelijk;
- draagvlak bij BOVAG mee te werken aan onderzoek;
- al beeld van nut van roetfilters?

*Conclusie: nader onderzoek, maar geen meetsituatie.. Ook aandacht voor herstel vrachtwagens, werkplaatsen defensie.*

#### *Industriële dienstverlening*

- diverse soorten blootstellingsituaties, maar zijn deze ook representatief?
- waarschijnlijk geen hoge populatie at risk;
- (vervangings) maatregelen onbekend.

*Conclusie: niet meten en nu niet nader onderzoeken*



### *Algemene overslag*

- veel in- en uitrijden met trucks komt nog voor; inmiddels ook veel situaties waarbij vrachtwagens de hallen niet meer binnenkomen;
- filters worden door de branche niet als oplossing geaccepteerd;
- metingen zullen alleen de hoogte van de blootstelling aangeven, dus zijn niet zo interessant als er geen vergelijking mogelijk is;
- er is eventueel wel in beeld te brengen wat de organisatorische kosten zijn van het autoluw/autovrij maken van een hal bijvoorbeeld bij veilingen).

*Conclusie: nu niet nader onderzoeken*

### *Havens*

- hoe representatief zijn de diverse soorten blootstellingsituaties voor elkaar?
- geen hoge populatie at risk?
- waarschijnlijk niet veel vervangings/beheersmaatregelen om te bemeten?
- Is er draagvlak bij Deltalinqs om wederom onderzoek te stimuleren?

*Conclusie: nader onderzoeken, maar niet meten.*

### *Huisvuilophalers*

- uitlaat vaak aan bovenkant inderdaad (net als overigens in de bouw)
- maar het vaststellen van de expositie is mogelijk interessant
- zeker omdat er diverse maatregelen te vergelijken zijn in deze branche (aardgasmotor, roetfilter)

*Conclusie: nader onderzoek en meetsituatie*

### *Bouw, grond-, weg- en waterbouw (GWW)*

- interessante en grote branche, maar zeer divers, dus een goede meetsituatie moet gekozen worden (met hoge blootstelling);
- GWW meten kan, maar voornaamste bron is voorbijrijdend verkeer;

- nog onduidelijkheid of er bedrijven zijn met machines met en zonder filters, oftewel welke maatregelen gaan we vergelijken/meten;
- Arbouw kan in ontbrekende gegevens voorzien.

*Conclusie nader onderzoek en meten*

## B Resultaten praktijkmetingen (fase 2)

### B.1 Inleiding

In een tweetal arbeidssituaties zijn blootstellingmetingen verricht, te weten bij huisvuilophalers en bij asfalteerders. In deze arbeidssituaties zijn concentraties gemeten met en zonder vervangings- of beheersmaatregelen. De in de werkomgeving gemeten concentraties zijn vervolgens gebruikt voor het berekenen van het gezondheidsrisico. Hiertoe is gebruik gemaakt van in de literatuur beschreven epidemiologisch onderzoek naar de relatie met blootstelling aan dieseluitlaatgassen.

De keuze voor de meetsituaties is door de opdrachtgever op grond van een aantal selectiecriteria bepaald en wordt beargumenteerd in paragraaf 2.2 en bijlage A2. Vooraf is bepaald dat maximaal 50 metingen konden plaatsvinden.

Onderstaand wordt eerst de opzet van de metingen toegelicht, vervolgens worden de meetresultaten en berekeningen beschreven per bemeeten situatie. Daarna volgt de risicoanalyse en worden conclusies getrokken.

### B.2 Opzet van de metingen

De metingen naar blootstelling aan DME berusten op analyse van de hoeveelheid elementair koolstof in respirabele deeltjes in de ademhalingszone van een werknemer als maat voor de blootstelling. De metingen (gedurende een werkdag) zijn uitgevoerd met een Gilian Gilair 5 pomp, waaraan een luchtslang verbonden met een Cassella cycloon is bevestigd. In de cycloon bevindt zich een filtercassette met een kwartsvezel filter van een doorsnede van 25 mm. De filters hebben een vezeldiameter tussen de 0,5 en 0,65  $\mu\text{m}$  en houden 99,99% van de deeltjes groter dan 1  $\mu\text{m}$  tegen. Het debiet van de aangezogen lucht bedraagt 2 L/min en is voor aanvang en na afloop van de metingen bepaald. Indien dit debiet tussen begin en eind van de meting meer dan 10% verschilde, is de meting als niet voldoende

betrouwbaar geclassificeerd en daarom niet meegenomen in de berekeningen. Dit geldt ook voor metingen waarbij pomputval heeft plaatsgevonden.

Tijdens de metingen zijn de werknemers geobserveerd en na afloop van de metingen zijn enkele vragen gesteld. Ook zijn stationaire metingen uitgevoerd met behulp van dezelfde apparatuur om inzicht te krijgen in achtergrondconcentraties CE.

De beladen filters zijn opgestuurd naar het Institut für Gefahrstoff-Forschung der Bergbau -Berufsgenossenschaft an der Ruhr-Universität Bochum (IGF) al waar de analyse op elementair koolstof heeft plaatsgevonden volgens analysemethode ZH 1/120.44 (= BGI 505-44) (TRGS 554, 2001). Hiertoe worden voorafgaand aan de metingen de kwartsvezelfilters in zuurstofplasma van organische verontreinigingen ontdaan en gewogen. Na de monstername wordt het filter teruggewogen en voor het verwijderen van carbonaten met zoutzuur behandeld.

De organisch gebonden koolstof (OC) wordt in een stikstofstroom bij 500°C gedesorbeerd en tot kooldioxide geoxideerd, wat coulometrisch wordt bepaald en als organisch gebonden koolstof wordt berekend. Op het filter blijft het elementaire koolstof achter (EC) dat vervolgens door oxidatie tot koolstofdioxide in een zuurstofstroom coulometrisch bepaald wordt.

### **B.3 Metingen bij huisvuilinzameling**

De maatregelen die in deze arbeidssituatie zijn waren de aardgasmotor en de dieselmotor met roetfilter. Heersende concentraties bij deze maatregelen zijn vergeleken met concentraties bij gebruik van een vuilniswagen met gewone dieselmotor.

Achtergrondconcentraties zijn niet gemeten aangezien de huisvuilwagens rondrijden en geen vaste plek hebben waar ze verblijven.

### B.3.1 Metingen naar huisvuilophalers met wagens op diesel

#### Locatie en routegegevens

Metingen bij huisvuilophalers die rijden op dieselwagens zijn in twee verschillende locaties uitgevoerd, gedurende 2 dagen per plaats. Hierbij is in beide locaties op beide dagen dezelfde huisvuilwagen gemeten. Een team huisvuilophalers bestaat uit een chauffeur en twee huisvuilopladers. Afhankelijk van de route en het soort afval wordt soms gebruik gemaakt van 1 chauffeur en 1 huisvuiloplader, waarbij de chauffeur als tweede man bijspringt als oplader. Tijdens de metingen zijn telkens 1 chauffeur en 2 vuilopladers gemeten. Geprobeerd is elke taak op beide locaties tweemaal te meten waaraan verschillende werknemers hebben meegewerkt.

Op huisvuilwagen 019 rouleren de werknemers gedurende de dag. Dit betekent dat iedereen een tijdje chauffeur is en oplader. Op huisvuilwagen 1309 rouleerden de werknemers niet gedurende de dag en waren ze óf oplader óf chauffeur. Ook de wijze van opladen en het soort afval verschilt per huisvuilwagen. Zie hiervoor de specificaties van de wagen.

Gedurende de rit van het bedrijf naar de plaats van afvalinzameling bevinden de werknemers zich in de cabine.

tabel 4 Weersomstandigheden tijdens de metingen

Plaats	Datum	Minimum Temp. (°C)	Maximum Temp. (°C)	Luchtvochtigheid (%)	Neerslag (mm)
Breda (1309)	15-3-04	10	14	76	0
Breda (1309)	16-3-04	11	16	84	0
Heemskerk (019)	22-3-04	4	9	84	3
Heemskerk (019)	23-3-04	0	9	84	6

## **Werkzaamheden en uitstoot diesel**

### *Chauffeur wagen 1309:*

De chauffeur springt bij tijdens het opladen indien dit nodig is. Aangezien de taken niet rouleren gedurende de dag en de chauffeur bijna niet hoeft te helpen met opladen zit deze chauffeur bijna de gehele rit in de cabine.

### *Chauffeur wagen 019:*

De chauffeur van de huisvuilwagen springt bij met opladen indien dit nodig is. Echter, de taken rouleren tussen de werknemers op een wagen en de chauffeur is tevens oplader voor een deel van de dag. De chauffeur op deze wagen stapte geregeld uit om te helpen met laden.

### *Oplader wagen 1309:*

De opladers van wagen 1309 halen het afval (papier/karton) op uit een afgesloten container op een verzamel punt. Vervolgens wordt deze in de daarvoor bestemde beugels geplaatst en wordt de container geleegd door de huisvuilwagen. De opladers staan/zitten gedurende de gehele rit achter op de wagen. De uitlaat is achter de cabine bevestigd. Deze is verlengd en omhoog gericht. Als oplader is de afstand tot de uitlaat ongeveer 6 meter.

### *Oplader wagen 019:*

De opladers van wagen 1309 pakken een klike (met GFT-afval) die aan de straat staat. Deze wordt vervolgens in de daarvoor bestemde beugels geplaatst en geleegd door de huisvuilwagen. De klike's staan gegroepeerd aan de straat. Aangezien er roulatie aanwezig is tussen de werknemers zal iedereen een deel van de dag achterop de wagen staan. De uitlaat is achter de cabine bevestigd. Deze is verlengd en omhoog gericht. Als oplader is de afstand tot de uitlaat ongeveer 6 meter.

## Machinegegevens

tabel 5 Huisvuilwagen 019 (diesel)

Datum in gebruikname	16-02-1998
Vermogen	180 kW
Gewicht machine	13.070 kg
Motortype	DAF 75 (AG75RC)
Euro type	??
Soort afval?	GFT
Hoe aangeboden?	Verzamelplaats kliko's
Kg afval opgehaald	22-03-04: 11.140 kg 23-03-04: 21.000 kg
Aantal kilometer gereden	22-03-04: 100 km 23-03-04: 85 km

tabel 6 Huisvuilwagen 1309 (diesel)

Datum in gebruikname	06-02-2002
Vermogen	186 kW
Gewicht machine	13.550 kg
Motortype	DAF 75 (AG75PC)
Euro type	Euro3
Soort afval?	Papier/Karton
Hoe aangeboden?	Container
Kg afval opgehaald	15-03-04: ?? kg 16-03-04: 7.200 kg
Aantal kilometer gereden	15-03-04: ?? km 16-03-04: 55 km

## Resultaten

In totaal zijn op 4 meetdagen 11 persoonlijke metingen uitgevoerd waarvan 1 meting is uitgevallen door pompuitval. Aangezien maximaal 2 metingen per taak per plaats zijn uitgevoerd, worden slechts de GM en GSD van de totale meetgroep voor dieselblootstelling vermeld in tabel 7. In tabel 8 staan alle metingen die zijn uitgevoerd per wagen beschreven.

tabel 7 Rekenkundig gemiddelde (AM), geometrisch gemiddelde (GM), geometrische standaarddeviatie (GSD) en range van de uitgevoerde metingen bij de huisvuilwagens op diesel

Meting	N	AM ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )	GM ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )	GSD ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )	Range ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )
Persoonlijk	10	39,4	23,8	2,44	10,3-196

tabel 8 Individuele resultaten van alle uitgevoerde metingen bij de huisvuilwagens op diesel

Taak werknemer	Wagen	Datum	EC ( $\mu\text{g/m}^3$ )
Chauffeur	1309	16-03-04	17,4
	1309	15-03-04	22,6
Oplader	1309	15-03-04	12,6
	1309	16-03-04	10,3
	1309	16-03-04	16,6
	1309	15-03-04	66,2
Roulatie	019	22-03-04	18,5
	019	23-03-04	196,1
	019	23-03-04	18,8
	019	22-03-04	15,0

### B.3.2 Metingen naar huisvuilophalers op wagens die rijden op diesel met daaraan verbonden een roetfilter

#### Locatie en routegegevens

Er zijn in één plaats, gedurende 2 dagen, metingen verricht bij huisvuilophalers die rijden op een dieselwagen met roetfilter (E-CRT filter, met verwarmingselement).

Een team huisvuilophalers bestaat uit een chauffeur en twee huisvuilopladers.

Afhankelijk van de route en het soort afval wordt soms gebruik gemaakt van 1 chauffeur en 1 huisvuiloplader, waarbij de chauffeur als tweede man bijspringt als oplader. Tijdens de metingen zijn telkens 1 chauffeur en 2 vuilopladers gemeten.

Geprobeerd is elke taak tweemaal te meten. De werknemers rouleren niet gedurende de dag en zijn dus of oplader of chauffeur. Gedurende de rit van het bedrijf naar de plaats van afvalinzameling bevinden de werknemers zich in de cabine. De route is die gereden wordt is door een rustige wijk met veel hoogbouw.



tabel 9 Weersomstandigheden tijdens de metingen

<b>Plaats</b>	<b>Datum</b>	<b>Minimum Temp. (°C)</b>	<b>Maximum Temp. (°C)</b>	<b>Luchtvochtigheid (%)</b>	<b>Neerslag (mm)</b>
Breda (1308)	15-3-04	10	14	76	0
Breda (1308)	16-3-04	11	16	84	0

### **Werkzaamheden en uitstoot**

#### *Chauffeur wagen:*

De chauffeur springt bij tijdens het opladen indien dit nodig is. Aangezien de taken niet rouleren gedurende de dag en de chauffeur bijna niet hoeft te helpen met opladen zit deze chauffeur bijna de gehele rit in de cabine.

#### *Oplader wagen:*

De opladers halen het afval (restafval) op uit een container onder in een flat (verzamelpunt). Vervolgens wordt deze container in de daarvoor bestemde beugels geplaatst en wordt deze geleegd door de huisvuilwagen. De opladers staan/zitten gedurende de gehele rit achter op de wagen. De uitlaat is rechtsonder, achter de cabine bevestigd. Als oplader is de afstand tot de uitlaat ongeveer 5 meter. De opladers geven aan dat de lucht die uitgestoten wordt door het filter af en toe misselijkmakend is.

## Machinegegevens

tabel 10 Huisvuilwagen 1308 (diesel met roetfilter)

Datum in gebruikname	05-02-2002
Vermogen	186 kW
Gewicht machine	13.680 kg
Motormerk	DAF
Motortype	DAF 75 (AG75PC)
Euro type	Euro3
Roetfilter	ECR-T filter met verwarmingselement
Soort afval?	Restafval
Hoe aangeboden?	Containers in flats
Kg afval opgehaald	15-03-04: 8520 kg 16-03-04: 6360 kg
Aantal kilometer gereden	15-03-04: 55 km 16-03-04: 70 km

## Resultaten

In totaal zijn op 2 meetdagen 6 persoonlijke metingen uitgevoerd. Aangezien maximaal 2 metingen per taak zijn uitgevoerd, worden slechts de GM en GSD van de totale meetgroep voor blootstelling aan diesel vermeld in tabel 10. In tabel 11 staan alle metingen die zijn uitgevoerd aan de huisvuilwagen met roetfilter beschreven.

tabel 11 Rekenkundig gemiddelde (AM), geometrisch gemiddelde (GM), geometrische standaarddeviatie (GSD) en range van de uitgevoerde metingen bij de huisvuilwagen op diesel met een roetfilter

Meting	N	AM ( $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ )	GM ( $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ )	GSD ( $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ )	Range ( $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ )
Persoonlijk	6	7,5	7,4	1,20	5,8-10,1

tabel 12 Individuele resultaten van alle uitgevoerde metingen bij de huisvuilwagen op diesel met een roetfilter

Werknemer	Date	EC (mg/m <sup>3</sup> )
Chauffeur wagen met roetfilter	15-03-04	5,8
	16-03-04	7,3
Oplader wagen met roetfilter	15-03-04	7,0
	16-03-04	6,7
	15-03-04	7,9
	16-03-04	10,1

### B.3.3 Metingen naar huisvuilophalers op aardgaswagen

#### Locatie en routegegevens

Er zijn in één plaats, gedurende 2 dagen, metingen verricht bij huisvuilophalers die rijden op een huisvuilwagen op aardgas. Een team huisvuilophalers bestaat uit een chauffeur en twee huisvuilopladers. Afhankelijk van de route en het soort afval wordt soms gebruik gemaakt van 1 chauffeur en 1 huisvuiloplader, waarbij de chauffeur als tweede man bijspringt als oplader. Tijdens de metingen zijn telkens 1 chauffeur en 2 vuilopladers gemeten. Geprobeerd is elke taak tweemaal te meten. De werknemers rouleren gedurende de dag en zijn dus een deel van de dag oplader of een deel van de dag chauffeur. Gedurende de rit van het bedrijf naar de plaats van afvalinzameling bevinden de werknemers zich in de cabine. Beide dagen wordt door rustige woonbuurten gereden.

tabel 13 Weersomstandigheden tijdens de metingen

Plaats	Datum	Temp °C minimum	Temp °C maximum	Humidity %	Neerslag mm
Heemskerk (001)	22-3-04	4	9	84	3
Heemskerk (001)	23-3-04	0	9	84	6

## **Werkzaamheden en uitstoot**

### *Chauffeur wagen:*

De chauffeur van de huisvuilwagen springt bij met opladen indien dit nodig is. Echter, de taken rouleren tussen de werknemers op de huisvuilwagen en de chauffeur is tevens oplader voor een deel van de dag.

### *Oplader wagen:*

De opladers pakken een kliko (met GFT-afval) die aan de straat staat. Deze wordt vervolgens in de daarvoor bestemde beugels geplaatst en geleegd door de huisvuilwagen. De kliko's staan gegroepeerd aan de straat. Aangezien er roulatie aanwezig is tussen de werknemers zal iedereen een deel van de dag achterop de wagen staan. De uitlaat is achter de cabine bevestigd. Deze is verlengd en omhoog gericht. Werkzaam als oplader bedraagt de afstand tot de uitlaat ongeveer 6 meter.

## **Machinegegevens**

tabel 14 Huisvuilwagen 001 (aardgas)

Datum ingebruikname	31-5-1995
Vermogen	170 kW
Gewicht machine	14.960 kg
Motortype	MAN (27 AVL)
Euro type	??
Soort afval?	GFT
Hoe aangeboden?	Kliko's
Kg afval opgehaald	22-03-04: 13.440 kg 23-03-04: 12.500 kg

## **Resultaten**

In totaal zijn op 2 meetdagen 7 persoonlijke metingen uitgevoerd, waarvan 1 meting is uitgevallen door pompuitval. Gezien het beperkte aantal metingen, worden slechts de AM, GM, GSD en Range van de totale meetgroep voor

blootstelling aan diesel vermeld in tabel 14. In tabel 15 staan alle metingen die zijn uitgevoerd aan de huisvuilwagens op aardgas beschreven.

tabel 15 Rekenkundig gemiddelde (AM), geometrisch gemiddelde (GM), geometrische standaarddeviatie (GSD) en range van de uitgevoerde metingen bij de huisvuilwagens op aardgas

Meting	N	AM ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )	GM ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )	GSD ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )	Range ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )
Persoonlijk	6	15,1	13,0	1,82	5,5-32,3

tabel 16 Individuele resultaten van metingen bij de huisvuilwagens op aardgas

Werknemer	Date	EC ( $\text{mg/m}^3$ )
Roulatie	22-03-04	11,9
	22-03-04	5,5
	22-03-04	9,5
	23-03-04	17,9
	23-03-04	32,3
	23-03-04	13,3

### B.3.4 Vergelijking van metingen bij huisvuilophalers

Uit tabel 16 blijkt dat de getroffen maatregelen in beide gevallen bij dragen aan een verlaging van de blootstelling aan DME met een factor 2 tot 3. De daadwerkelijke verlaging zal sterk afhankelijk zijn van andere blootstelling aan DME zoals de nabijheid van dieselmotoren bij het wegverkeer op de route van de vuilniswagens.

tabel 17 Vergelijking van metingen bij huisvuilophalers

Meting	Soort wagen	N	AM ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )	GM ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )	GSD ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )	Range ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )
Persoonlijk	Diesel	10	39,4	23,8	2,44	10,3-196
Persoonlijk	Roet filter	6	7,5	7,4	1,20	5,8-10,1
Persoonlijk	Aardgas	6	15,1	13,0	1,82	5,5-32,3

### B.4 Metingen bij asfalteerders

Metingen hebben plaatsgevonden bij zowel een oude als een nieuwe asfaltspreidmachine (asfalteermachine).

#### **B.4.1 Metingen oude asfalteermachine**

##### **Locatiegegevens**

Metingen bij werkzaamheden met de oude asfaltspreidmachine hebben plaatsgevonden in Almere en Amersfoort. In Almere werd een industrieterrein aangelegd midden in de polder waarbij eerst de infrastructuur werd aangepakt. Tijdens de metingen gebeurde dit in de buurt van een spoorlijn, waarbij geen ander verkeer aanwezig was. De metingen in Amersfoort vonden plaats op het terrein van een waterzuiveringsinstallatie. Een deel van het terrein werd opnieuw verhard waarbij de oude asfaltlaag werd verwijderd. Naast het asfalteren werd door een ander bedrijf tevens een graafmachine gebruikt voor het verplaatsen van grond. Aangezien het een redelijk klein terrein betrof, reden de voertuigen dicht bij elkaar.

##### **Onderzoekspopulatie en -omstandigheden**

Een team asfalteerders bestaat uit werknemers met de volgende taken: chauffeurs voor het asfalttransport (2 à 3), een machinist voor de asfaltspreidmachine (1), een balkwerker (1), afwerkers (3), en een aantal walsmachinisten (2 à 3). Bij elk van deze taken is op beide locaties een meting uitgevoerd, waarbij het in enkele gevallen dezelfde werknemer betrof (alleen de walsmachinist van de 6.000 kg wals is slechts eenmaal bemeten).

Bij dit onderzoek werd gebruik gemaakt van een asfaltspreidmachine uit 1997. De overige machines (op diesel) waarbij werknemers zijn gemeten waren een 3.000 kg wals, een 6.000 kg wals en een vrachtwagen voor het asfalttransport.

##### **Werkzaamheden en blootstelling aan DME**

###### *Balkwerker:*

De balkwerker staat gedurende het grootste deel van de dag achter op de asfaltspreidmachine en hanteert de asfaltspreidmachine met betrekking tot dikte en breedte van het asfalt. De balkwerker is ca. 3 meter van de uitlaat van de asfaltspreidmachine verwijderd. Tijdens het laden van asfalt staat de vrachtwagen met asfalt voor de spreidmachine. Vervolgens duwt de spreidmachine de

vrachtwagen vooruit, waarbij deze de bak leegt. Dit geeft extra uitstoot van dieseldampen afkomstig van de vrachtwagen.

*Chauffeur asfalttransport:*

Verzorgt het transport van het asfalt van de asfaltcentrale naar de locatie waar geasfalteerd wordt. De chauffeur zit het grootste deel van de dag in de cabine en stapt alleen uit indien gewacht moet worden. De uitlaat bevindt zich achter de cabine en is verlengd. Met name de werknemers die achter de vrachtwagen lopen (tijdens het vullen van de asfaltspreidmachine) geven aan dat dit scheelt ten opzichte van een uitlaat onder de wagen.

*Machinist asfaltspreidmachine:*

De machinist bestuurt de asfaltspreidmachine en bevindt zich boven op de machine. De afstand tot de uitlaat is hoogstens 2 meter van de werknemer af en er is geen bescherming aanwezig tegen weer of wind. De uitlaat is verlengd en van de werknemer af gericht. Echter, bij het vooruit rijden wordt de uitstoot richting de machinist geblazen. Aan het eind van de dag wordt de asfaltspreidmachine afgetankt.

*Machinist wals 3.000 kg:* de machinist rijdt de gehele dag op de wals rond die niet overkapt is en waarvan de uitlaat zich een meter onder de werknemer bevindt. Aan het eind van de dag wordt de wals afgetankt. De walsmachinist heeft tevens gebruik gemaakt van een kleine wals die met de hand voortgeduwd wordt en werkt op benzine.

*Machinist wals 6.000 kg:* de machinist zit de gehele dag op de wals. Deze wals is echter overkapt (cabine). De uitlaat is verlengd en bevindt zich achter de cabine. Wel heeft de werknemer de deur van de cabine veel open staan. Aan het eind van de dag wordt de wals afgetankt.

*Afwerker*: een afwerker veegt en harkt het asfalt nadat het is gelegd door de spreidmachine en zorgt dat eventuele oneffenheden verdwijnen voordat de wals eroverheen rijdt. Een afwerker staat meestal vlak naast of achter de spreidmachine en zet ook de te asfalteren weg uit. Hierbij komen ze ook dicht bij de rondrijdende walsen.

De walsmachinisten hebben in Amersfoort enkele keren geruild van wals. De overige werknemers hebben dezelfde taak aangehouden.

tabel 18 Weersomstandigheden tijdens de metingen

Plaats	Datum	Temp °C minimum	Temp °C maximum	Humidity %	Neerslag mm	Wind km/h	Windrichting
Almere	08-3-04	-4	8	76	0	25	NO
Amersfoort	12-3-04	-1	7	77	0	18	ZOO

### Machinegegevens

tabel 19 Asfaltspreidmachine (AM018)

Machinemerik	Demag
Machinetype	DF 130 C
Datum in gebruikname	1997
Vermogen	106 kW/ 141 Pk
Gewicht machine	20.500 kg
Verbruik	08-03-04: 165 liter diesel 12-03-04: 70 liter diesel
Motormerk	Deutz
Motortype	BF 6 L 913
Max. toerental	2.300 omwentelingen/min



tabel 20 Wals 3.000 kg (49)

Machinemerik	Bomag
Machinetype	BW 120 AD 3
Datum in gebruikname	1999
Vermogen	19,5 kW
Gewicht machine	2.700 kg
Verbruik	08-03-04: 19 liter diesel 12-03-04: 11 liter diesel
Motormerk	Deutz
Motortype	F 2 L 1011 F
Max. toerental	2.500/3.000 omwentelingen/min

tabel 21 Wals 6.000 kg (47)

Machinemerik	Hamm
Machinetype	DV 6.42
Datum in gebruikname	1998
Vermogen	51,5 kW / 70 Pk
Gewicht machine	7.800 kg
Verbruik	08-03-04: 34 liter diesel 12-03-04: 19 liter diesel
Motormerk	Deutz
Motortype	BF 4 L 1011 F
Max. toerental	2.500 omwentelingen/min

tabel 22 Asfaltvrachtwagen GH-FN-91

Merk	Scania
Motortype	Scania, luchtgekoeld
Euro type	Euro 2 motor
Datum in gebruik name	Eind 1999
Vermogen	380 Pk
Ledig gewicht	15350 Kg
Aantal km	08-03-04: 250 km 12-03-04: 250 km
Asfalt vervoerd	08-03-04: 200.000 Kg 12-03-04: 200.000 Kg

## Meetresultaten

In totaal zijn op 2 meetdagen 10 persoonlijke metingen uitgevoerd en 4 stationaire metingen. 1 persoonlijke meting is uitgevallen door pompuitval.

Alle gemeten concentraties bevonden zich onder de kwantificeringslimiet, die gebaseerd is op analyse van een drietal onbeladen filters per locatie. Drie van de vier achtergrondmetingen waren zelfs beneden de detectielimiet. Voor statistische bewerkingen zijn waarden onder de detectielimiet en kwantificeringslimiet respectievelijk vervangen door respectievelijk de helft van de detectielimiet c.q. de kwantificeringslimiet. Aangezien maximaal 2 metingen per taak zijn uitgevoerd, worden slechts de GM en GSD van de totale meetgroep per meetdag vermeld in tabel 22. In tabel 23 staan alle metingen die zijn uitgevoerd per taak.

tabel 23 Rekenkundig gemiddelde (AM), geometrisch gemiddelde (GM), geometrische standaarddeviatie (GSD) en range van de uitgevoerde metingen bij oude asfaltmachine

Meting	N	AM ( $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ )	GM ( $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ )	GSD ( $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ )	Range ( $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ )
Persoonlijk	10	7,8	7,5	1,41	2,9-9,8
Stationair	4	4,3	3,9	1,63	2,8-8,1

tabel 24 Individuele resultaten van alle uitgevoerde metingen bij de oude asfaltmachine

Werknemer	Datum	EC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
Afwerker	08-03-04	< 16,8	< LOQ
	12-03-04	< 16,2	< LOQ
Balkwerker	08-03-04	.	.
	12-03-04	< 19,5	< LOQ
Chauffeur asfalttransport	08-03-04	< 19,2	< LOQ
	12-03-04	< 15,6	< LOQ
Machinist asfaltspreidmachine	08-03-04	< 15,0	< LOQ
	12-03-04	< 15,6	< LOQ
Walsmachinist 3.000 kg	08-03-04	< 16,8	< LOQ
	08-03-04	< 5,8	< <b>LOD</b>
Walsmachinist 6.000 kg	12-03-04	< 15,6	< LOQ
Stationair Almere	08-03-04	< 6,3	< <b>LOD</b>
	08-03-04	< 6,4	< <b>LOD</b>
Stationair Amersfoort	12-03-04	< 5,6	< <b>LOD</b>
	12-03-04	< 16,2	< LOQ

## **B.4.2 Metingen nieuwe asfalteermachine**

### **Locatiegegevens**

Metingen bij werkzaamheden met de nieuwe asfaltspreidmachine hebben plaatsgevonden in Amersfoort en Amsterdam.

De metingen in Amersfoort vonden plaats op het terrein van een waterzuiveringsinstallatie. Een deel van het terrein werd opnieuw verhard waarbij de oude laag verwijderd werd. Naast het asfalteren werd door een ander bedrijf tevens enkele graafmachines gebruikt voor het verplaatsen van grond. Aangezien het een redelijk klein terrein betrof, reden de voertuigen dicht bij elkaar.

De metingen in Amsterdam vonden plaats nabij de oprit naar het Academisch Medisch Centrum. Dit is een redelijk drukke weg waar een snelheidsbeperking was ingesteld. In de ochtenduren is gewerkt direct naast de weg, waarbij overig verkeer soms op een gemiddelde afstand van 5 meter passeerde. In de middag is een deel van het terrein van het AMC geasfalteerd en bedroeg de afstand tot dezelfde weg ongeveer 100 meter. Tijdens de metingen in Amsterdam hebben de werknemers veel moeten wachten doordat asfaltwagens vast stonden in files.

### **Onderzoekspopulatie en -omstandigheden**

Bij dit onderzoek werd gebruik gemaakt van een asfaltspreidmachine uit november 2001. De overige machines (op diesel) waarbij werknemers zijn gemeten waren een 3.000 kg wals, een grote wals (gewicht onbekend) en een vrachtwagen voor het asfalttransport.

### **Werkzaamheden en blootstelling aan DME**

#### *Balkwerker:*

De balkwerker staat gedurende het grootste deel van de dag achterop de asfaltspreidmachine en hanteert de asfaltspreidmachine met betrekking tot dikte en breedte van het asfalt. De balkwerker is ca. 3 meter van de uitlaat van de

asfaltspreidmachine verwijderd. Tijdens het laden van asfalt staat de vrachtwagen met asfalt voor de spreidmachine. Vervolgens duwt de spreidmachine de vrachtwagen vooruit, waarbij deze de bak leegt. Dit geeft extra uitstoot van dieseldampen afkomstig van de vrachtwagen.

*Chauffeur asfalttransport:*

Verzorgt het transport van het asfalt van de asfaltfabriek naar de locatie waar geasfalteerd wordt. De chauffeur zit het grootste deel van de dag in de cabine en stapt alleen uit indien gewacht moet worden. De uitlaat bevindt zich achter de cabine en is verlengd. Met name de werknemers die achter de vrachtwagen lopen (tijdens vullen asfaltspreidmachine) geven aan dat dit scheelt ten opzichte van een uitlaat onderop de wagen.

*Machinist asfaltspreidmachine:*

De machinist bestuurt de asfaltspreidmachine en bevindt zich bovenop de machine. De asfaltspreidmachine heeft een overkapping waarvan de zijkanten dicht te klappen zijn bij slecht weer (wind en/of regen). De verlengde en naar voren gerichte uitlaat bevindt zich voor op de machine. Tussen de uitstoot en de werknemer bevindt zich een doorzichtige plaat van hard plastic. Na het asfalteren in Amersfoort is de asfaltspreidmachine afgetankt.

*Machinist wals 3.000 kg:* de machinist rijdt de gehele dag op de wals rond die niet overkapt is en waarvan de uitlaat zich een meter onder de werknemer bevindt.

*Machinist grote wals (W105):* de machinist zit de gehele dag op de wals. Deze wals is echter overkapt (cabine) en de uitlaat niet verlengd. De werknemer heeft de deur van de cabine veel open staan.

*Afwerker:* een afwerker veegt en harkt het asfalt nadat het gelegd is door de spreidmachine en zorgt er zo voor dat eventuele oneffenheden verdwijnen voordat

de wals erover heen rijdt. Een afwerker staat meestal vlak naast of achter de spreidmachine en zet ook de te asfalteren weg uit. Hierbij komen ze ook dicht bij de walsen die rondrijden.

De walsmachinisten hebben in Amersfoort enkele keren geruild van wals. De overige werknemers hebben dezelfde taak aangehouden.

tabel 25 Weersomstandigheden

Plaats	Datum	Temp °C minimum	Temp °C maximum	Humidity %	Neerslag Mm	Wind km/h	Windrichting
Amersfoort	11-3-04	1	6	80	0	9	NOO
Amsterdam	25-3-04	-1	7	79	0	10	VAR

### Machinegegevens

tabel 26 Asfaltspredmachine (AM046)

Machinemerik	Vogele
Machinetype	Super 1900 C
Datum in gebruikname	November 2001
Vermogen	129 kW
Gewicht machine	21.000 kg
Verbruik	11-3-04: 91 liter diesel 25-3-04: ??
Motormerk	Deutz
Motortype	BF 6 M 1013 E
Max. toerental	2.200 omw/min

tabel 27 Wals 3.000 kg (49)

Machinemerik	Bomag
Machinetype	BW 120 AD 3
Datum in gebruikname	1999
Vermogen	19,5 kW
Gewicht machine	2.700 kg
Verbruik	??
Motormerk	Deutz
Motortype	F 2 L 1011 F
Max. toerental	2.500/3.000 omw/min

tabel 28 Wals (W105)

Machinemerik	
Machinetype	
Datum in gebruikname	Mei 2000
Vermogen	66 kW
Gewicht machine	
Verbruik	??
Motormerk	Deutz
Motortype	BF 4M 1012 E
Max. toerental	2.500 omw/min

tabel 29 Asfaltvrachtwagen BJ-DF-05

Merk	GINAF
Motortype	DAF
Euro type	Euro 2 motor
Datum in gebruik name	
Vermogen	260 kW
Ledig gewicht	19.000 kg
Aantal km	11-03-04: 320 km
Totaal asfalt vervoerd door vrachtwagens	11-03-04: 270.000 kg 25-03-04: 280.000 kg

### Resultaten:

In totaal zijn op 2 meetdagen 10 persoonlijke metingen uitgevoerd en 4 stationaire metingen. Aangezien maximaal 2 metingen per taak zijn uitgevoerd, worden slechts de GM en GSD van de totale meetgroep per meetdag vermeld in tabel 30. In tabel 31 staan alle metingen die zijn uitgevoerd per taak.

tabel 30 Rekenkundig gemiddelde (AM), geometrisch gemiddelde (GM), geometrische standaarddeviatie (GSD) en range van de uitgevoerde metingen bij nieuwe asfaltmachine

Meting	N	AM ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )	GM ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )	GSD ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )	Range ( $\mu\text{g EC/m}^3$ )
Persoonlijk	10	22,5	20,6	1,55	11,9-36,5
Stationair	4	5,6	4,7	1,87	3,2-11,9

tabel 31 Individuele resultaten van alle uitgevoerde metingen bij nieuwe asfaltmachine

Werknemer	Datum	EC ( $\mu\text{g/m}^3$ )
Afwerker	11-3-04	11,9
	25-3-04	26,6
Balkwerker	11-3-04	36,5
	25-3-04	26,6
Chauffeur asfalttransport	11-3-04	16,5
Machinist asfaltspredmachine	11-3-04	36,1
	25-3-04	18,3
Walsmachinist 3.000 kg	11-3-04	34,4
	25-3-04	15,4
Walsmachinist grote wals (W105)	25-3-04	12,9
Stationair Amersfoort	11-3-04	11,9
	11-3-04	4,0
Stationair Amsterdam	25-3-04	3,2
	25-3-04	3,3

### B.4.3 Vergelijking van metingen bij asfaltermachines

De metingen verricht bij de oude en nieuwe asfaltermachine laten geen effect zien van de getroffen beheersmaatregelen c.q. toepassing van nieuwere apparatuur. Lokale omstandigheden zoals wel of niet aanwezig zijn van wegverkeer,

aanwezigheid van andere machines voorzien van dieselmotoren (walsen, grondverzetmachines, vrachtwagens e.d.) en meteorologische condities hebben geleid tot in die zin niet informatieve meetresultaten. De meetresultaten maken wel duidelijk dat de blootstelling van asfalteerders in de onderzochte situaties meer lijkt te worden bepaald door hun eigen machines en trucks gebruikt voor asfalttransport dan door voorbijrijdend verkeer. De meetbare blootstelling was gemiddeld een factor 4 hoger dan de achtergrondconcentratie DME. De verschillen binnen een asfalteerploeg tussen de werknemers lijken veel geringer te zijn dan de verschillen in blootstelling van dag tot dag. Dit zal gezien de verwachte grote invloed van de weersomstandigheden op de blootstelling aan DME bij deze buitenwerkers niet verwonderlijk zijn. Dit werd reeds eerder aangetoond door onderzoek naar blootstelling aan bitumendampen bij asfalteerders. Van een daadwerkelijke verlaging van de blootstelling aan DME van deze werknemers zal pas sprake zijn, wanneer alle bronnen van DME worden aangepast (dus niet alleen de asfaltspreidmachine, maar ook de trucks gebruikt voor asfalttransport, walsen en grondverzetmachines).

### **B.5 Risico-analyse van gemeten blootstelling aan DME**

Een risicoanalyse is uitgevoerd op basis van de gemeten EC-concentraties en de blootstellingresponse relatie uit een bestaande epidemiologisch studie afgeleid. Het effect van de getroffen maatregelen is vertaald in termen van reductie van gezondheidsrisico (kans op overlijden als gevolg van longkanker).

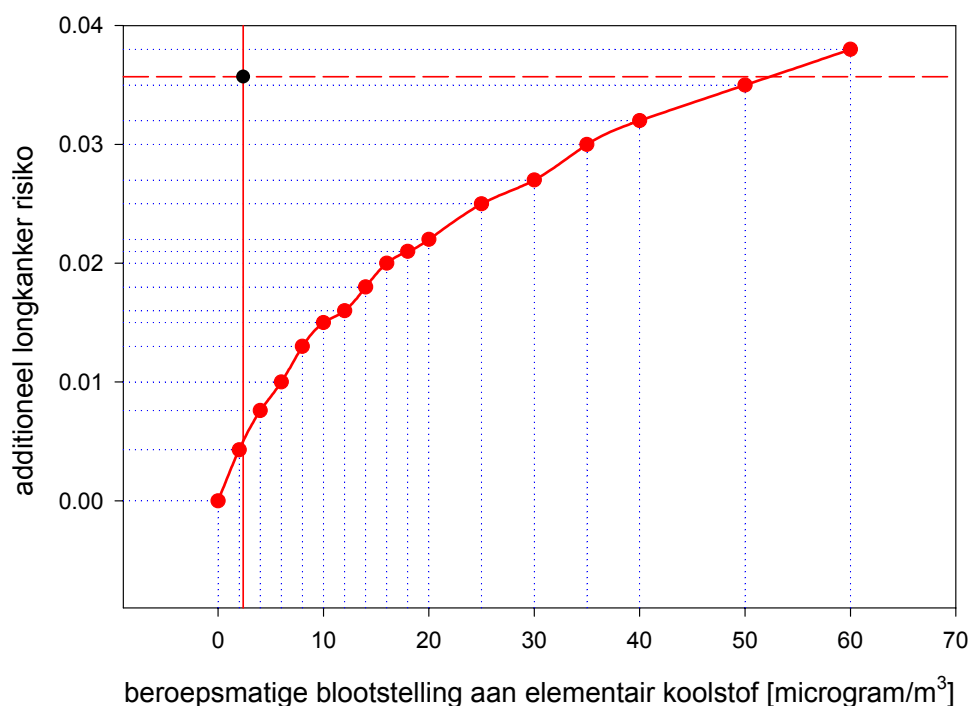
### **Resultaten**

In paragraaf 2.3. is de wijze van berekening van het risico van het krijgen van longkanker ten gevolge van blootstelling aan DME op basis van epidemiologisch bepaalde dosisresponse relaties beschreven. In figuur 1 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.



De horizontale lijn correspondeert met een additioneel risico van 1 op de 250 extra longkankergevallen door blootstelling aan dieselmotoremissies. Deze lijn raakt allereerst een verticale lijn bij ongeveer  $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC. Dit is de concentratie in de werkomgeving waarbij het additioneel risico wordt bereikt als de berekeningswijze van de Gezondheidsraad wordt gevolgd. Daarnaast kruist de lijn een curve die het additioneel risico beschrijft in afhankelijkheid van de concentratie EC in de werkomgeving uitgaande van een achtergrondconcentraties van  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC. Uit de resultaten blijkt – zoals mocht worden verwacht – dat het additioneel risico door beroepsmatige blootstelling toeneemt, maar de mate waarin het toeneemt is afhankelijk van de veronderstelde achtergrondconcentratie. Bij een hogere achtergrondconcentratie neemt het additioneel risico minder sterk toe.

figuur 1 Additionele risico door levenslange beroepsmatige blootstelling aan DME bij een achtergrondconcentratie van  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC op basis van berekeningen met overlevingstabellen en het additionele risico 1/250 extra longkanker gevallen) op basis van de gebruikelijk door de Gezondheidsraad gevolgde berekening (kruispunt horizontale en verticale hulplijnen)



De precieze overlevingsanalyse laat zien dat in het geval van een achtergrondconcentratie van  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC, het geaccepteerde<sup>18</sup> additionele risico wordt bereikt bij een hogere beroepsmatige blootstelling van rond de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC. De afhankelijkheid van de achtergrondconcentratie is het gevolg van de niet-lineaire toename van het risico bij toenemende blootstelling en de correctie voor

<sup>18</sup> In de Werkgroep van Deskundigen van de Gezondheidsraad is het gebruikelijk dat voor kankerverwekkende stoffen aan benchmarking wordt gedaan. Daarbij wordt die blootstelling berekend waarbij het risico aan extra sterfte 1/miljoen of 1/10000 bedraagt. Omdat de Gezondheidsraad uitgaat van een levenslange expositie (geoperationaliseerd als 40 werkjaren) betekent dit 1/25.000 en 1/250 extra sterfte gevallen over een levenslange blootstelling. Voor DME wordt 1/250 gehanteerd.

het achtergrondrisico in de berekeningen. In de risicoanalyse die door Steenland e.a.(1998) is uitgevoerd is uitgegaan van een achtergrondblootstelling van  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC. Nederlandse gegevens die betrekking hebben op meting van achtergrondconcentraties suggereren hogere niveaus tussen de 2 en  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC, maar de informatie is beperkt (Janssen et al. 2001, Cyrus et al. 2003). Gedetailleerde berekeningen en analyses zijn daarom op grond van de beschikbare informatie niet mogelijk, maar op grond van de analyses wordt duidelijk een indicatie van de blootstellingsniveaus verkregen waarbij het gebruikelijk als acceptabel veronderstelde additioneel risico wordt bereikt.

#### **B.6 Conclusies blootstellingonderzoek en risicoanalyse**

De metingen hebben voor de huisvuilophalers laten zien dat reductie van de blootstelling met 50% mogelijk lijkt door maatregelen als door aardgas aangedreven vuilniswagens en het plaatsen van roetfilters. Uitspraken over de effectiviteit van beheersmaatregelen bij de wegenbouwers zijn op basis van de beperkte meetserie en de complexe blootstellingsituatie met meerdere bronnen van DME niet te doen.

De schatting van de blootstelling aan DME in de onderzochte populaties is gebaseerd op slechts een zeer beperkt aantal metingen. Gegeven de zeer variabele omstandigheden (werk in de buitenlucht op zeer variabele locaties) moet rekening worden gehouden dat de representativiteit van de metingen uiterst beperkt is. De geschatte blootstelling zal dan ook een geringe precisie kennen.

De gezondheidsrisicoanalyse geeft aan dat een additioneel risico van 1/250 sterftegevallen wordt bereikt bij beroepsmatige blootstellingen van rond de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC. Blootstellingsniveaus die bij bepaalde beroepsgroepen regelmatig worden gevonden. Gegeven de hierboven uitgevoerde risicoanalyse en de gemeten beroepsmatige blootstelling blijkt dat onafhankelijk van de aannames over achtergrondconcentraties, een reductie van de blootstelling zoals die wordt gevonden bij het vuilniswagenpersoneel op diesel versus gasmotor tot reducties in

het levenslange extra risico op longkanker te leiden van een ordegröte van 30-40% (bij een beroepsmatig blootgestelde populatie van 10.000 individuen betekent dit een afname van tientallen gevallen na levenslange blootstelling). Omdat het absolute risico bij de gemeten beroepsmatige blootstellingen tussen de 20 en 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  EC relatief hoog is, en rond het normaal maximaal geaccepteerde risico van 1/250 extra gevallen over een werkzaam leven ligt, zijn deze reducties in risico relevant en substantieel te noemen.

## C Vervangings- en beheersmaatregelen

### C.1 Inleiding

Er zijn verschillende maatregelen die genomen kunnen worden om de blootstelling aan DME te reduceren. Deze maatregelen worden in deze bijlage besproken.

Hierbij komen verschillende aspecten aan de orde. Deze aspecten zijn:

- toepasbaarheid technologie en marktsituatie;
- effect op DME;
- overige effecten en voorwaarden van implementatie;
- kosten en kosteneffectiviteit;
- beleidsontwikkelingen.

In paragraaf C.2 worden de vervangingsmaatregelen behandeld en in paragraaf C.3 de beheersmaatregelen.

### C.2 Vervangingsmaatregelen

In deze paragraaf worden maatregelen beschreven die als ‘preventief’ geclassificeerd kunnen worden, de zogenaamde vervangingsmaatregelen. De kankerverwekkende dieselmotoremissies worden hierbij gereduceerd tot (bijna) nul.

In de vier onderzochte werksituaties komen daarvoor de volgende maatregelen in aanmerking.

- 1 Elektrische heftrucks.
- 2 Heftrucks op LPG.
- 3 Alternatieve brandstoffen: LPG en aardgas.
- 4 Rolschaatsen/elektrisch verrijdbare brug.

## **C.2.1 Elektrische heftrucks**

### **Toepasbaarheid technologie en marktsituatie**

Voor elektrische heftrucks met een lastcapaciteit van 4 ton of minder zijn momenteel verschillende aanbieders op de markt. In binnenruimtes behoort de werkgever de diesel aangedreven heftrucks te vervangen door elektrische. Technisch gezien is een elektrische heftruck met een lastcapaciteit tot 6 ton ook mogelijk. Er zijn momenteel in Nederland slechts 3 aanbieders op de markt die deze heftrucks aanbieden. Om deze reden zijn elektrische heftrucks met een laadvermogen boven de 4 ton vooralsnog niet verplicht gesteld<sup>19</sup>.

Elektrische bouwapparatuur wordt momenteel slechts aangeboden voor machines die binnen worden gebruikt (zoals heftrucks, zie hoofdstuk havens) en stationaire bouwwerktuigen (zoals bouwliften)<sup>20</sup>. Andere technische vervangingsmaatregelen in de bouwsector zijn niet beschikbaar. Voor niet stationaire machines met dieselmotoren in buitensituaties zijn momenteel geen elektrische vervangingsmaatregelen op de markt. Dit beeld wordt bevestigd door Volvo (marktleider verkoop bouwmachines in Nederland). Volgens Volvo zou het zo kunnen zijn dat in het buitenland bij mijnwerkzaamheden gebruik wordt gemaakt van elektrische bouwmachines. Deze machines worden dan geproduceerd op projectbasis en zijn momenteel niet op grote schaal verkrijgbaar<sup>21</sup>.

### **Effect op DME**

Door een elektromotor worden DME door de heftruck tot 0 gereduceerd.

---

<sup>19</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Steenberg, Handelsveem.

<sup>20</sup> Bron: interview met de heer Van Loon, BMWT.

<sup>21</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Koens, Volvo.

### **Overige effecten en voorwaarden van implementatie**

In dit onderzoek is met name de toepasbaarheid in het havengebied onderzocht. Bij het gebruik van elektrische heftrucks door gebruikers - in zowel binnen- als buitenruimtes - zijn vele nadelen genoemd:

- elektrische heftrucks moeten worden opgeladen en zijn hierdoor minder tijd inzetbaar;
- accu's van elektromotoren zijn brandgevaarlijk;
- mensen moeten worden geïnstrueerd over de installatie en het gebruik van accu's. Dit is gevaarlijk werk en de instructie is kostbaar;
- de trekkracht van elektrische motoren is minder dan de trekkracht van dieselmotoren. Elektrische heftrucks werken goed voor gepalleteerde producten, dieselheftrucks kunnen ook zwaardere en bulk-lading aan;
- elektromotoren hangen maar 20 cm boven de grond. Hierdoor zijn deze minder geschikt voor een niet gladde ondergrond;
- elektromotoren zijn niet geschikt voor een stoffige ondergrond, en buitensituaties waarin grofstoffelijke lading moet worden geheven;
- de werking van accu's gaat snel achteruit.

Deze nadelen geven aan dat de elektrische heftruck niet in elke bedrijfssituatie toepasbaar is. Naast de nadelen van het gebruik van elektromotoren hebben gebruikers die verplicht worden tot het gebruik van elektromotoren ook problemen met het openbreken van langdurige leasecontracten voor hun diesel- of LPG-aangedreven heftrucks.

### **Kosten en kosteneffectiviteit**

De kostenstructuur van dieselmotoren is heel anders opgebouwd dan die van elektrische motoren. Bij elektrische motoren moeten extra kosten gemaakt worden voor de batterij en de oplader terwijl bij dieselmotoren de diesel kosten met zich meebrengt. Om een eerlijke vergelijking tussen dieselmotoren en elektrische

motoren te krijgen moeten de kosten worden teruggerekend naar het aantal draaiuren. De kosten per draaiuur verschillen niet veel tussen dieselmotoren en elektrische motoren<sup>22</sup>.

### **Beleid**

De toegestane uitlaatmissies (NO<sub>x</sub>, vaste deeltjes) voor nieuw geleverde heftrucks zijn vastgelegd in Europese richtlijn (EU-RL 97/68 EG). Ten aanzien van de inzet van dieseltrucks met een lastcapaciteit van 4 ton of minder in gesloten binnenruimtes verlangt de Arbeidsinspectie dat deze verplicht vervangen worden door elektrisch of LPG-aangedreven (met katalysator en aanvullende ventilatie) voertuigen, met uitzondering van gevallen waarin kan worden aangetoond dat inzet van een elektrische heftruck niet mogelijk is.

### **C.2.2 Heftrucks op LPG**

#### **Toepasbaarheid technologie en marktsituatie**

Momenteel zijn er verschillende fabrikanten die heftrucks leveren die op LPG rijden. Er zijn verschillende aanbieders die heftrucks met een hefvermogen tot 4, 6 of 8 ton op LPG leveren. In uitzonderlijke gevallen worden heftrucks op LPG geleverd met een hefvermogen tot 12 ton.

#### **Effect op DME**

De DME uitstoot van heftrucks wordt vervangen door uitstoot van verbrande LPG. Deze emissies lijken minder carcinogeen. Dit komt doordat minder deeltjes uitgestoten worden. Daarnaast zijn de deeltjes (waarschijnlijk) minder kankerverwekkend (minder PAK's geassocieerd). Motoren op LPG emitteren daarnaast ook minder koolwaterstoffen en NO<sub>x</sub> die schadelijk zijn voor de gezondheid. Daar staat wel een hogere CO<sub>2</sub>-emissie tegenover<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Leegwater, importeur heftrucks.

<sup>23</sup> Bron: Vermeulen J, Janse P, Dings J. LPG in het binnenlands distributievervoer? CE rapport Delft, 2000.



### **Overige effecten en voorwaarden van implementatie**

Een nadeel van het gebruik van een LPG-motor is het explosiegevaar. Ook is LPG niet aan elk tankstation verkrijgbaar.

### **Kosten en kosteneffectiviteit**

De kosten van heftrucks aangedreven op LPG verschillen per draaiuur niet veel van heftrucks op dieselmotoren<sup>24</sup>.

### **Beleidsontwikkelingen**

Zie ook onder C.2.1. en C.2.3.

### **C.2.3 Alternatieve brandstoffen (aardgas, LPG)**

Het type brandstof c.q. de kwaliteit van de brandstof is medebepalend voor de uitstoot van (kankerverwekkende) deeltjes door motoren.

#### **Aardgasmotor**

##### **Toepasbaarheid technologie en marktsituatie aardgasmotor**

De toepasbaarheid van aardgas als brandstof is in dit project onderzocht voor de arbeidssituatie 'vuilniswagens'. Momenteel rijden er in Nederland 9 vuilniswagens op aardgas: 5 in de Gemeente Haarlem (proefproject) en 4 in de Gemeente Velsen.<sup>25</sup> [

#### **Effect op DME**

De carcinogeniteit van DME worden voornamelijk veroorzaakt door deeltjes, al dan niet geassocieerd met PAK's. PAK's zijn onvolledige verbrandingsproducten die ontstaan bij verbranding van aromatische stoffen in diesel. Aardgas bestaat voornamelijk uit methaan. Bij verbranding van aardgas komen hierdoor nauwelijks

---

<sup>24</sup> Nog onderzocht moet worden of dit inclusief katalysator en ventilatie is.

<sup>25</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Tromp, Gemeente Haarlem.

PAK's vrij. Ook is de deeltjesuitstoot van aardgas lager. De carcinogeniteit van aardgas emissies lijkt dus beduidend lager dan die van DME<sup>26</sup>.

Vergelijkbare effecten zijn te bereiken met de inzet van LPG-motoren.

Uit de - weliswaar beperkte - praktijkmetingen (zie hoofdstuk 4) is gebleken dat reductie van blootstelling met ca. 50% mogelijk is door met een gasmotor te rijden in plaats van een dieselmotor, en tot risicoreducties van 30 - 40%. Dit is hoog te noemen, gezien de omvang van de beroepsgroep en het relatief hoge absolute risico dat hier speelt.

#### **Overige effecten en voorwaarden van implementatie**

De belangrijkste randvoorwaarde bij het gebruik van aardgas is de beschikbaarheid van aardgas in tankstations. De eventuele aanleg van een landelijk dekkende tankinfrastructuur voor aardgas zal nog zeker 6 jaren gemoeid zijn. Of hiervoor investeerders te vinden zijn is nog de vraag; doordat andere brandstoffen steeds schoner worden, is na 2010 het milieuvoordeel van aardgas ten opzichte van andere brandstoffen nog maar beperkt. Om voertuigen met aardgas te voorzien kunnen tankstations slow-fillers en fastfillers gebruiken. Slow-fillers doen een hele nacht over het vullen van een voertuig terwijl fast-fillers in een paar minuten een voertuig met aardgas voorzien. Met name fast-fillers zijn duur. Om deze reden moet een exploitant van een vulstation veel afnemers van aardgas hebben om rendabel te zijn<sup>27</sup>.

De vuilnismannen zijn niet positief over het rijden op aardgas. De vuilniswagens moeten vaak worden getankt, er zijn momenteel te weinig vulpunten en de wagens trekken traag op.

---

<sup>26</sup> Eventuele andere mogelijke gezondheidsrisico's door aardgasmotoren daargelaten.

<sup>27</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Motshagen, Novem.

### **Kosten en kosteneffectiviteit**

De meerkosten van een vuilniswagen op aardgas ten opzichte van diesel bedragen € 38.500,00 (af fabriek). De kosten van 1 m<sup>3</sup> aardgas zijn 30 eurocent minder dan een liter diesel met dezelfde energie-inhoud. De lagere prijs van aardgas is het gevolg van het feit dat er geen accijns wordt geheven op aardgas. Bij een brandstofverbruik van 1 liter diesel (of 1 m<sup>3</sup> aardgas met dezelfde energie-inhoud) per kilometer heeft een vuilniswagen op aardgas met een levensduur van 10 jaar dezelfde kosten als een vuilniswagen op diesel<sup>28</sup>.

### **Beleidsontwikkelingen**

Momenteel zijn de subsidies op het gebruik van aardgasmotoren stopgezet. De hoeveelheid gebruik van aardgas in de toekomst is afhankelijk van stimulering door de overheid. In de beleidsnota Mobiliteit (Verkeer en Waterstaat) zijn geen specifieke maatregelen aangekondigd om het gebruik van aardgas te gaan stimuleren.<sup>29</sup> De beleidsnota Verkeersemmissies (VROM) is onder meer gericht op extra maatregelen om te voldoen aan de Europese grenswaarden voor luchtkwaliteit. Deze beleidsnota zet erop in dat de uitlaatgassen van nieuwe dieselauto's en vrachtauto's door Europese normstelling rond 2010 zoveel schoner zijn geworden dat LPG, aardgas en benzine uit het oogpunt van verzuring en luchtkwaliteit geen duidelijke voordelen ten opzichte van diesel meer bieden. Voor fiscale bevoordeling van bepaalde brandstoffen bestaat dan geen ratio meer; bij een gelijk speelveld zullen LPG en aardgas naar verwachting weinig kans maken, mede gezien het kostenplaatje, de beschikbaarheid en de problemen met de externe veiligheid. Voor mobiele machines als heftrucks zal dit moment wellicht een paar jaar later liggen<sup>30</sup>.

---

<sup>28</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Tromp, Gemeente Haarlem.

<sup>29</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Motshagen, Novem.

<sup>30</sup> Bron: Henk Baarbé, VROM en Beleidsnota Verkeersemmissies; Met schonere, zuiniger en stillere voertuigen en klimaatneutrale brandstoffen op weg naar duurzaamheid, VROM 4079 06-04.

In het EZ-transitietraject “Nieuw Gas” wordt aardgas nog wel als transitiebrandstof gezien, om de weg voor te bereiden naar duurzame brandstoffen zoals waterstof en biogas. De discussie over de uitwerking hiervan loopt nog.

Waarschijnlijk zal om bovengenoemde redenen in de toekomst het gebruik van aardgas niet sterk gaan toenemen.

#### **C.2.4 Rolschaatsen/ elektrisch verrijdbare bruggen**

##### **Elektrisch verrijdbare brug**

Een interessante vervangingsmaatregel die kan worden getroffen om DME te reduceren in garages is de elektrisch verrijdbare brug. Dit systeem bestaat uit een brug verbonden met een elektrische kar. Door deze elektrische kar kan de brug binnen de garage (en naar binnen en buiten) verplaatst worden en hoeft de auto binnen de garage niet meer op de motor naar de brug te worden verplaatst.

##### **Toepasbaarheid technologie en marktsituatie**

De elektrisch verrijdbare brug kan alleen worden toegepast in autoschadeherstelbedrijven. In autogarages is de brug minder bruikbaar omdat de brug maar een meter kan worden geheven. Voor autoschadeherstelbedrijven is dit een goede hoogte omdat in deze bedrijven de carrosserie wordt gerepareerd. Voor autogaragewerkzaamheden moet de brug meer dan een meter kunnen worden geheven<sup>31</sup>.

Momenteel zijn er twee schadeherstelbedrijven binnen de Focwa die de elektrische kar gebruiken. Verwacht wordt dat dit aantal zal toenemen [Horak, Focwa, 22-10-04]. In Duitsland zijn er slechts vier bedrijven die met het systeem werken en in Spanje momenteel één<sup>32</sup>.

---

<sup>31</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Van Goethem, Stokvis equipment.

<sup>32</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Postuma, autoschadeherstelbedrijf Postuma.

### **Effect op DME**

Het effect van de elektrische brug is afhankelijk van de DME die de auto's anders zouden uitstoten. Deze hoeveelheid uitstoot is afhankelijk van de bedrijfsvoering (inrichting garage, type auto dat wordt gerepareerd etc). Daarom is het niet mogelijk de reductie van DME te kwantificeren, ondanks het feit dat aan te nemen valt dat DME door transport binnen de garage volledig uitgebannen wordt door deze maatregel. Indien de auto buiten op de elektrische brug wordt geplaatst, wordt ook de DME-uitstoot door vervoer in en uit de garage uitgebannen.

### **Overige effecten en voorwaarden van implementatie**

De ervaringen van gebruikers van de toepassing binnen autoschadeherstelbedrijven zijn zeer positief. Het gebruik van de elektrisch verrijdbare brug heeft arbotechnische voordelen en verhoogt de efficiëntie in het bedrijf. De arbotechnische voordelen bestaan uit reductie van uitlaatgassen, verminderde stofontwikkeling en minder stankoverlast. De verhoging van de efficiëntie wordt veroorzaakt door reductie van schoonmaaktijd (50%), verhoging van de efficiëntie in de spuiterij, verhoging van de afplaksnelheid van auto's en verhoging van de reparatiesnelheid. Ook is er minder irritatie in het bedrijf en is de overzichtelijkheid groter<sup>33</sup>.

### **Kosten (en kosteneffectiviteit)**

De elektrisch verrijdbare brug is een systeem met twee onderdelen. De brug zelf (werkend op perslucht) en een elektrisch verrijdbare kar. De aanschafkosten van de brug zijn € 4.700,00 en van de kar € 24.000,00. De levensduur van de elektrisch verrijdbare brug wordt geschat op 15 jaar<sup>34</sup>. De onderhoudskosten en de kosten van de batterij en de oplader zijn moeilijk in getallen uit te drukken maar relatief gering<sup>35</sup>. Het is afhankelijk van de grootte van een garagebedrijf hoeveel bruggen en elektrische karren moeten worden aangeschaft. In Duitsland zijn minimaal 2

---

<sup>33</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Postuma, autoschadeherstelbedrijf Postuma.

<sup>34</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Van Goethem, Stokvis Equipment.

<sup>35</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Postuma, autoschadeherstelbedrijf Postuma.

schadeherstelbedrijven ingericht met elektrische karren<sup>36</sup>. In een bedrijf zijn 17 bruggen en 1 kar geplaatst. In het andere bedrijf zijn 90 bruggen en 2 karren aangeschaft.

### **Rolschaatsen**

Een tweede vervangingsmaatregel in garages is het gebruik van zogenoemde rolschaatsen. Voertuigen kunnen worden verplaatst nadat rolschaatsen onder het voertuig zijn geplaatst. Vervolgens moet bijvoorbeeld door een heftruck of door mankracht de auto worden geduwd of getrokken. Onder een voertuig moeten twee sets van rolschaatsen worden geplaatst.

### **Toepasbaarheid technologie en marktsituatie**

Over de hoeveelheid bedrijven die gebruik maken van rolschaatsen zijn geen precieze gegevens bekend. Meer dan helft van de Bovag-leden verplaatst auto's met behulp van rolschaatsen of door de auto te duwen<sup>37</sup>. Rolschaatsen worden echter voornamelijk toegepast in showrooms. De auto's kunnen door rolschaatsen in iedere richting worden geduwd. Dit is voornamelijk handig als auto's strak naast elkaar moeten worden geplaatst. Op de werkplaats wordt in autogarages nauwelijks gebruik gemaakt van rolschaatsen<sup>24</sup>.

Van de Focwa-leden wordt geschat dat het percentage gebruikers in de garage vrij hoog is. Auto's die door autoschade niet meer verrijdbaar zijn kunnen door rolschaatsen alsnog worden verplaatst. Om deze reden zijn alle bedrijven potentiële gebruikers zijn van deze maatregel<sup>38</sup>.

Er zijn niet veel aanbieders van rolschaatsen op de markt. Een werknemer van Stokvis Equipment<sup>39</sup> heeft op de beurzen slechts 2 Italiaanse merken van rolschaatsen gezien

---

<sup>36</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Van Goethem, Stokvis Equipment.

<sup>37</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Zeilstra, Bovag.

<sup>38</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Horak, Focwa.

<sup>39</sup> Stokvis equipment is een bedrijf dat werkplaatsen inricht, de heer Van Goethem.

### **Effect op DME**

De reductie van DME door rolschaatsen toe te passen is vergelijkbaar met de reductie DME door de elektrisch verrijdbare brug. Er is echter een verschil. Rolschaatsen kunnen niet over hobbelige vloeren worden getransporteerd vanwege de kleine wieltjes van rolschaatsen (de wieltjes zijn slechts een paar cm). Dit betekent dat in veel gevallen de auto niet in en uit de garage kan worden getransporteerd op rolschaatsen. De uitstoot van DME bij het in- en uitrijden van de garage wordt dus niet geëlimineerd door deze maatregel maar alleen de uitstoot door transport binnen de garage.

### **Overige effecten en voorwaarden van implementatie**

Bij het gebruik van rolschaatsen moeten voertuigen handmatig of met behulp van een heftruck worden geduwd. Handmatig duwen van de auto op rolschaatsen zorgt voor lichamelijke belasting. Als de heftruck echter wordt aangedreven door een dieselmotor, is dit weer een bron van DME (zie ook onder heftrucks). Ook vereisen rolschaatsen een hefinstallatie of een krik om de auto erop en eraf te halen.

### **Kosten (en kosteneffectiviteit)**

De aanschafkosten van rolschaatsen bedragen € 350,00. Aangezien per auto twee rolschaatsen moeten worden gebruikt bedragen de aanschafkosten per auto € 700,00. Het aantal rolschaatsen dat moet worden aangeschaft is afhankelijk van de grootte en inrichting van de garage.

### **C.3 Beheersmaatregelen**

In deze bijlage worden maatregelen beschreven waarmee reductie van de dieselmotoremissie gerealiseerd kan worden, zonder dat de DME in zijn geheel vervangen kan worden: de zogenaamde beheersmaatregelen, waarbij de blootstelling aan DME sterk wordt verminderd.

In de onderzochte arbeidssituaties zijn onderstaande maatregelen nader bekeken. In de eerste categorie van de arbeidshygiënische strategie (productie en het gebruik in een gesloten systeem) vallen:

- aromatenvrije en aromatenarme dieselolie (C.3.1);
- roetfilters (C.3.2);
- opsteekfilters (C.3.3).

Hoewel de definitie voor meerdere uitleg vatbaar is, interpreteren de onderzoekers filters als bronmaatregelen.

Tot deze categorie kunnen wellicht ook de volgende maatregelen gerekend worden, aangezien dit type gedrag betrekking heeft op de wijze waarop de dieselmotor wordt gebruikt (C.3.4):

- vooraf opwarmen motoren;
- stationair draaiende motoren;
- rijgedrag chauffeur;
- motoronderhoud.

In de tweede categorie (plaatselijke luchtafvoer en/of algemene ventilatie) zijn dit:

- puntafzuiging (C.3.5);
- overdrukfiltersystemen (C.3.6);
- ventilatie (C.3.7).

Daarnaast kan worden gekeken naar beheersmaatregelen waarbij mens en bron gescheiden worden (categorie III). Dit betreft (C.3.8 en C.3.9):

- inrichting werkplek; afstand tot de bron;
- werktijden, dienstrooster;
- windrichting;
- routering.



Tenslotte is gezocht naar maatregelen in de vierde categorie (persoonlijke beschermingsmiddelen – C.3.10):

- maskers en andere kleding.

Hieronder wordt per maatregelencategorie de effectiviteit, toepasbaarheid en de consequenties beschreven.

De werkgever is verplicht om maatregelen te treffen om de blootstelling aan gevaarlijke stoffen te beperken of te voorkomen indien er een risico voor de veiligheid of gezondheid van werknemers bestaat. De maatregelen moeten zoveel als redelijkerwijs mogelijk is aan de bron (niveau 0) worden genomen. Het beschikbaar stellen van persoonlijke beschermingsmiddelen is het laatste niveau waarop maatregelen kunnen worden genomen (niveau 3). Maatregelen op niveau 1 en 2 zijn het scheiden van mens en bron en het aanleggen van ventilatie- en afzuigsystemen.

### **C.3.1 Aromatenvrije en aromatenarme diesel**

Aromatenvrije diesel is synthetisch geproduceerde dieselolie, waarin niet de van nature aromatische verbindingen (zoals PAK's en zwavel) uit aardolie meer zitten. In zijn zuivere vorm is deze synthetische brandstof dus zeer schoon. Zij komt voort uit een restproduct op basis van aardgas, dat vrijkomt bij de productie van aardolie, en normaal gesproken wordt afgefakkeld omdat het verder niet benut kan worden. Indien het echter wordt ingezet in een keten van chemische reacties kan er synthetische diesel van gemaakt worden. Bedrijven als Shell maken soms gebruik van deze mogelijkheden, maar productie op grote schaal is zeer kostbaar.

Van aromatenarme diesel is sprake wanneer aromatenvrije diesel wordt bijgemengd met gewone diesel. Vanaf eind september 2005 zal Shell op de snelwegtankstations de zogenaamde Shell V-Power Diesel op de markt brengen.

Dit is een zwavelvrije dieselbrandstof<sup>40</sup> die een synthetische GtL (Gas to Liquids)-component bevat, zoals hierboven beschreven. Ook in Duitsland en Oostenrijk is deze brandstof verkrijgbaar. De brandstof is geschikt voor alle typen dieselmotoren, maar wordt in eerste instantie alleen voor dieselpersonenauto's op de markt gebracht. Transportondernemers zijn vooralsnog niet geïnteresseerd in een schonere brandstof als deze 7 cent per liter duurder is<sup>41</sup>.

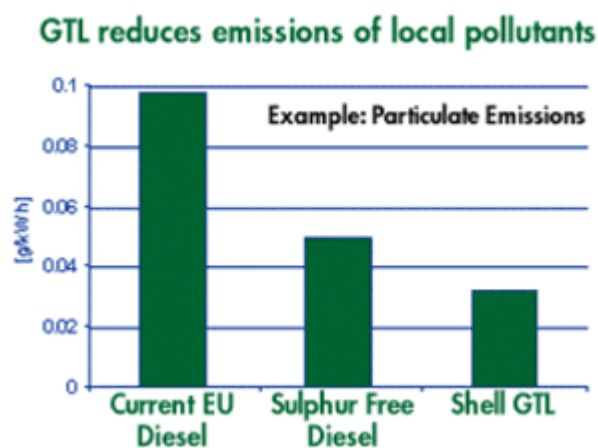
Shell claimt dat het gebruik van "GtL" naast een hogere ontstekingskwaliteit voor een afname van de uitstoot van schadelijke stoffen zorgt. De uitstoot van (roet)deeltjes (40%), stikstof oxiden (5%), koolmonoxide (75%) en koolwaterstoffen (60%) is bij volledig synthetische diesel lager dan bij conventionele diesel (in een standaard dieselmotor). Het gebruik van zwavelvrije diesel met synthetische GtL dieselcomponent (zoals bij Shell V-Power Diesel) resulteert in een afname van de uitstoot van schadelijke stoffen; ook is hierdoor het gebruik van nabehandelingstechnieken effectiever. Resultaten verschillen per motortype, hierdoor kunnen er geen gegarandeerde procentuele verbeteringen worden gegeven. Op [www.shell.com/gtl](http://www.shell.com/gtl) is een aantal testresultaten weergegeven.

---

<sup>40</sup> Dat wil zeggen maximaal 10 mg/kg.

<sup>41</sup> Bron: telefonisch contact met Joris van Brussel, marketing Shell Nederland Verkoopmaatschappij.

figuur 2 Uitstoot van (roet)deeltjes bij verschillende dieselbrandstoffen<sup>42</sup>



Volgens Shell bevat de per september 2004 op de markt te brengen brandstof een aandeel van 5% GtL<sup>43</sup>. Bovenstaand plaatje geeft effecten voor 100%.

### C.3.2 Roetfilters

Een belangrijke maatregel die kan worden genomen om het effect van DME te reduceren is het toepassen van roetfilters. Door een filtersysteem op de uitlaat van een vrachtwagen (of heftruck) te plaatsen wordt de uitstoot van bepaalde stoffen in DME (sterk) gereduceerd.

### Toepasbaarheid technologie en marktsituatie

De toepasbaarheid van roetfilters is in dit project onderzocht bij vuilnismannen, in de bouw en in de haven. Navraag bij de VVAV (branchevereniging particuliere afvalinzamelaars) en de NVRD (vereniging gemeentelijke afvalinzameling) levert geen informatie op over de penetratiegraad van roetfilters.

<sup>42</sup> Bron: [www.shell.com/gtl](http://www.shell.com/gtl), resultaten op basis van 100% GtL.

<sup>43</sup> Bron: Gerard Fiolet, Shell Nederland Verkoopmaatschappij.

Er zijn vele (internationale) leveranciers van roetfilters op de markt. Voorbeelden van leveranciers zijn: Pyroban, ETB, EHC, Johson Matthey, Unikat, HUG, HJS, Deutz, HUSS, INTECO, Engelhard, etc. etc.

### **Effect op DME**

Roetfilters kunnen in principe op iedere dieselmotor worden toegepast. Daarom kan deze maatregel in principe in iedere arbeidssituatie worden toegepast. Om het effect te bepalen is het noodzakelijk te weten wat in DME de bepalende factor is voor de carcinogeniteit. Hierover bestaat nog discussie. Wel zijn er sterke aanwijzingen dat de carcinogeniteit van DME wordt veroorzaakt door de hoeveelheid roetdeeltjes, mogelijk in combinatie met PAK's (polycyclische aromatische koolwaterstoffen) die geassocieerd zijn met deze deeltjes in DME. De centrale vraag betreft derhalve of na plaatsing van roetfilters de (ultra fine) deeltjes die de carcinogeniteit bepalen alsnog uitgestoten worden of wellicht relatief gezien (in massa-percentages) nog toenemen.

De meeste metingen (ook in dit onderzoek) van de concentratie DME zijn gebaseerd op de reductie van de massa EC (elementair koolstof). In Duitse en Zwitserse wetgeving wordt de maximale concentratie uitgedrukt in massa EC/m<sup>3</sup>. Ook de Gezondheidsraad zal deze methode als basis voor de nog vast te stellen grenswaarden hanteren.

Zeker is dat door reductie van de massa EC het aantal deeltjes ook afneemt [Makkee, 2004]. Niet bekend is echter hoeveel deeltjes gereduceerd worden bij welke afname van EC. De afname van de hoeveelheid deeltjes is afhankelijk van de grootte van de deeltjes die worden afgevangen.

In Zwitserland is er een lijst opgesteld met filters die meer dan 95% van het aantal deeltjes reduceren in de grootte van 10 - 300 nm, de zogenaamde VERT-lijst (zie bijlage F). Daarbij mag de uitstoot van nitro-PAK's niet toenemen. Alleen filters

die op deze lijst staan mogen worden toegepast. Om deze reden zijn in het onderhavige onderzoek in alle 4 de werksituaties onder andere filters opgenomen die op de Zwitserse lijst staan, zoals die van Deutz, HJS, Engelhard en Johnson Matthey.

Met betrekking tot vuilniswagens zijn in dit onderzoek de effecten gemeten van het gebruik van roetfilters ten opzichte van dieselmotoren zonder roetfilter. Deze - overigens beperkt aantal - metingen laten zien dat met een roetfilter de reductie van blootstelling met 50% mogelijk lijkt. Dit beperkt het risico op longkanker aanzienlijk.

#### **Overige effecten en voorwaarden van implementatie**

Bij gebruik van filtersystemen blijft de gefilterde substantie (roet) achter in de filter. Dit roet moet na verloop van tijd verwijderd worden. Dit kan op verschillende manieren gebeuren.

De eerste manier om het roet te verwijderen (regeneratie van de filter) is door het roet uit de filter te blazen. Hierbij moet worden opgelet dat het roet niet alsnog in de omgevingslucht wordt vrijgelaten [VERT, 2003].

De tweede manier van regeneratie (en de meest voorkomende) gebeurt door verbranding van het roet. Dit vindt plaats bij een hogere temperatuur dan de gemiddelde temperatuur van uitlaatgassen, en kan worden gerealiseerd door het toevoegen van warmte aan het systeem, bijvoorbeeld door een ingebouwd warmte-element. Nadelen van deze vorm van regeneratie is dat het voertuig niet operationeel kan zijn tijdens het regeneratieproces. De regeneratietijd verschilt per type filter en per fabrikant.

Een andere manier om de verbranding mogelijk te maken is door katalytische substanties toe te voegen. Door bijvoorbeeld brandstofadditieven (zoals ureum) te

gebruiken of door een katalytische laag in de filter kan de verbranding van roet plaatsvinden bij een lagere temperatuur. Hierdoor hoeft geen warmte te worden toegevoegd aan het systeem. Een voordeel van deze vorm van regeneratie is dat verbranding plaatsvindt tijdens gebruik en dat het voertuig daarom continu operatief kan blijven. Een voorwaarde van het gebruik van een filter met een katalytische substantie is dat de machine een bepaald gedeelte van de dag op een hoog vermogen moet draaien. Als de motor stationair draait is de temperatuur van de uitlaatgassen te laag voor katalytische verbranding en hoopt roet zich op in de filter. Bij het gebruik van brandstofadditieven is een nadeel dat storingen kunnen optreden indien niet de goede dosering wordt toegevoegd. Er zijn filtersystemen op de markt die automatisch de additieven doseren en hierdoor de kans op storingen verminderen.

Volgens Zwitserse normen (zie VERT) moeten filtersystemen een meetsysteem hebben dat aangeeft wanneer de filter vol zit. Indien een motor problemen heeft kan een filtersysteem verhinderen dat het defect wordt geconstateerd (zonder filter kan bijvoorbeeld worden gezien dat er teveel rook uit de uitlaat komt). Als de filter vroegtijdig aangeeft dat de filter vol zit geeft dit voor de gebruiker een indicatie dat er misschien iets mis is met de motor.

Bij regeneratie door verbranding moet na een paar duizend draaiuren de filter worden schoongemaakt. Dit komt omdat anorganische stoffen in het filtraat niet verbranden. Dit schoonmaakproces duurt niet langer dan een uur.<sup>44</sup>

Roetfilters kunnen in de fabriek opgezet worden, of achteraf door de gebruiker (retrofit). In geval van retrofit is in voorkomende gevallen sprake van aanpassingen aan de motor/uitlaat, waardoor de leveranciersgarantie en/of de RDW-typekeuring van het voertuig vervalt. Dit is voor gebruikers aanleiding niet over te gaan tot plaatsing van een roetfilter.

---

<sup>44</sup> Bron: telefonisch interview met de heer De Koning, Technogamma.

### Kosten en kosteneffectiviteit

De kosten van filters zijn niet eenduidig te geven. Er zijn verschillende type filters op de markt (zie paragraaf voorwaarden en implementatie) met verschillende kosten. Bij regeneratie met behulp van een katalytische substantie kleven er (meer)kosten aan de katalytische substantie. Bij regeneratie door middel van het toevoegen van warmte betreffen de (meer)kosten het verwarmingselement en de energiekosten voor de extra warmte. Daarbij is bij deze vorm van regeneratie de machine niet operationeel tijdens de regeneratie van de filter. Dit kan extra kosten opleveren. Voor beide vormen van regeneratie zijn er personeelskosten gemoeid met het onderhoud en de schoonmaak van de filter.

De kosten van het filter dat moet worden geplaatst is ook afhankelijk van het vermogen van de motor. Filters die op motoren met een groot vermogen worden geplaatst zijn duurder dan filters die worden geplaatst op motoren met een klein vermogen.

In tabel 32 zijn de aanschafkosten vermeld van verschillende typen filters bij verschillende vermogens.

tabel 32 De aanschafkosten, het regeneratietype en de regeneratietijd van verschillende typen Unikat filters [Lubrizol, 2003]<sup>45</sup>

	<b>Type K</b>	<b>Type V</b>	<b>Type S</b>	<b>Purifilter</b>
Inflow (m <sup>3</sup> /h)				
250	4.862		7.119	3.979
350	5.291		7.857	5.533
550	6.655	6.145	9.138	
1000	7.737	6.391	10.990	11.234
2000	15.760	11.638		
Regeneratie dmv	Elektrische warmte	Elektrische warmte	Elektrische warmte	Katalytische lag
Regeneratietijd	8 uur	8 uur	1 uur	Niet (tijdens gebruik)

<sup>45</sup> De kosten zijn exclusief BTW en de kosten van het verwarmingselement en de katalytische substantie in het filtersysteem zijn inbegrepen.

Een monteur heeft gemiddeld een dag nodig om een filter te monteren. Per filter zijn de installatiekosten ongeveer 8 keer € 50,00 en € 100,00 aan extra materiaalkosten (in totaal € 500,00). Bij elektrische regeneratie wordt een besturingskast worden aanbevolen om de regeneratie goed te laten verlopen. Deze besturingskast wordt gemonteerd bij het stopcontact en kost bij Lubrizol € 1.377,00. Als de filters jaarlijks worden schoongemaakt wordt de levensduur van filters geschat op 10 jaar.<sup>46</sup>

Een inflow van 250 m<sup>3</sup>/h komt globaal overeen met een vermogen van 35 kW en een inflow van 2.000 m<sup>3</sup>/h met een vermogen van 300 kW. Een vermogen van een gemiddelde vuilniswagen is 180 kW. Bouwmachines hebben verschillende vermogens (van enkele tientallen tot enkele honderden kW).

### **Beleidsontwikkelingen**

De emissiestandaarden (milieueisen) van dieselmotoren zijn vastgelegd in de zogenaamde 'euronormen'. Dit zijn eisen aan emissies die dieselmotoren mogen uitstoten. De euronormen worden in Europees verband vastgesteld. Volgens het Hoofdlijnenakkoord van 2003 zal Nederland geen nieuw beleid introduceren dat stringenter is dan de Europese normen voorschrijven, tenzij een specifiek Nederlands probleem een specifiek Nederlandse oplossing vergt.<sup>47</sup>

Deze euronormen zijn ingedeeld in 4 categorieën. De eerste categorie geldt voor vrachtwagens en bussen. De tweede categorie geldt voor bestelwagens, de derde categorie voor auto's en de vierde voor dieselmotoren die niet toegepast worden in wegtransport (b.v. dieselmotoren in bouwapparatuur). Vuilniswagens vallen in de eerste categorie. Euronormen stellen eisen aan de hoeveelheid uitstoot van CO, VOC's, NO<sub>x</sub> en PM. Aangezien de carcinogeniteit voornamelijk wordt bepaald door de hoeveelheid fijn stof in DME zijn alleen deze emissie-eisen (PM) relevant

---

<sup>46</sup> Bron: telefonisch interview met de heer De Koning, Technogamma.

<sup>47</sup> Bron: Hoofdlijnenakkoord 16 mei 2003.



in dit onderzoek. Door verdere verhoging van de verbrandingsefficiëntie wordt onder andere de uitstoot van fijn stof gereduceerd. In onderstaande tabel is per norm vermeld welke eisen worden gesteld aan de uitstoot van fijn stof.

tabel 33 De ingangsdatum van de euronormen en de maximale emissie van fijn stof

<b>Norm</b>	<b>Ingangsdatum</b>	<b>PM (g/kwh)</b>
Euro1	1992	0,36
Euro2	1996	0,25
Euro3	2000	0,10
Euro4	2005	0,02
Euro5	2008	0,02

Er wordt voor vrachtwagens in Europees verband al gesproken over de euro-6-norm, waarbij de beoogde norm voor fijn stof 75% lager ligt dan euro-5, en derhalve toepassing van een roetfilter vereist<sup>48</sup>.

Momenteel mogen nieuwe vuilniswagens 0,1 gram fijn stof per Kwh uitstoten. In 2005 moet de fijn stof emissie met een factor 5 gereduceerd worden. De norm geeft echter geen garanties voor vergaande reductie van de carcinogeniteit van DME, aangezien de reductie van factor vijf in massa niet een vergelijkbare reductie van het aantal (kleine) deeltjes tot gevolg heeft.

*Bouwmachines* vallen onder de vierde categorie euronormen. In dit onderzoek zijn voornamelijk de emissienormen voor fijn stof van belang. De emissienormen voor fijn stof zijn afhankelijk van het vermogen van de bouwapparatuur. In tabel 34 zijn de normen voor fijn stof vermeld.

<sup>48</sup> Beleidsnota Verkeersemissies, VROM, 2004.

tabel 34 Euronormen voor bouwapparatuur

Vermogen (Kwh)	Jaar ingang norm	PM (g/Kwh)
130-560	2002	0,2
75-130	2003	0,3
37-75	2004	0,4
18-37	2001	0,8

Nieuwe normen zijn nog niet geïmplementeerd. Er zijn wel nieuwe normen voorgesteld voor de periode 2006-2014. In 2011 mogen volgens deze normen nieuwe machines niet meer dan 0,02 g/Kwh uitstoten ( alle vermogens). Ook hier geldt dat de massanorm niet veel hoeft te zeggen over het aantal deeltjes (zie paragraaf beleid vuilniswagens) Daarnaast worden de eisen voor uitlaatgassen van mobiele machines, zoals graafmachines en kranen, aangescherpt. Dit hebben de Europese ministers van milieu in oktober 2003 besloten. De uitstoot van luchtvervuilende stoffen van nieuwe mobiele machines moet uiterlijk in 2014 met meer dan 90% zijn verminderd. De eisen voor locomotieven en scheepsmotoren gaan voorlopig minder ver. Wel heeft de Europese Commissie de opdracht gekregen uiterlijk in 2007 met een voorstel te komen om ook deze eisen verder aan te scherpen.

Naast de milieueisen aan motoren, zijn er eisen aan het zwavelgehalte van brandstoffen. De huidige EU-norm voor het zwavelgehalte van gasolie gebruikt door mobiele machines en diesellocomotieven (< 2000 mg/kg) is circa 40 keer hoger dan de norm waaraan de diesel voor het wegverkeer op dit moment in de praktijk aan voldoet (< 50 mg/kg). Per 2008 wordt het toegestane zwavelgehalte van de gasolie voor deze toepassingen gehalveerd naar 1.000 mg/kg. Om aan de door Nederland gewenste nieuwe eisen voor motoren te voldoen is nabehandelingstechnologie nodig die alleen goed functioneert bij een zeer laag zwavelgehalte. Nederland streeft daarom in de EU naar verdere verlaging van het zwavelgehalte<sup>49</sup>.

<sup>49</sup> Beleidsnota Verkeersemissies, VROM, 2004.

Vermeldenswaard is tenslotte de zogenaamde ‘Farbo-regeling’, een regeling waarbij investeringen in bepaalde arbo-investeringen – waaronder het roetfilter – vervroegd fiscaal kan worden afgeschreven. Jaarlijks wordt de lijst van hiervoor in aanmerking komende middelen bijgesteld.

### **C.3.3 Opsteekfilters**

Naast filters die permanent op de uitlaat van machines worden geplaatst zijn er ook filters voor tijdelijk gebruik. Deze filters worden opsteekfilters genoemd.

Indien voertuigen of bouwmachines met een permanente filter worden uitgerust wordt in iedere situatie het effect van DME gereduceerd. Bij het gebruik van opsteekfilters wordt het effect van DME slechts gereduceerd als de filter op de machine is geplaatst, bijvoorbeeld als ze een garage binnen komen en weer worden verwijderd als voertuigen de garage verlaten.

### **Toepasbaarheid technologie en marktsituatie**

De toepasbaarheid van roetfilters is in dit project onderzocht bij garagebedrijven en in bouwsituaties.

Opsteekfilters kunnen worden toegepast op alle voertuigen die bron van DME in garages vormen. De filters kunnen zowel in autoschadeherstelbedrijven als bij autobedrijven worden gebruikt. Er zijn vele internationale producten en leveranciers. Voorbeelden van deze producenten zijn Mageta, EHC, en TSH. Momenteel worden weinig opsteekfilters toegepast in garages. Bij leden van de Bovag ligt het percentage niet hoger dan 5%.

In principe kan op iedere machine in de bouw een (opsteek)filter worden geplaatst. Volgens Technogamma ligt de totale verkoop van filters in Nederland op ruim duizend. Zelf heeft Technogamma enkele honderden filters verkocht. Volgens Technogamma zijn er in Nederland momenteel tienduizenden bouwmachines<sup>50</sup>. Op basis van deze gegevens kan worden gesteld dat de huidige penetratiegraad van filters in de bouw klein is.

---

<sup>50</sup> Bron: telefonisch interview met de heer De Koning, Technogamma.

### **Effect op DME**

Ook de effectiviteit van opsteekfilters verschilt per filter. Met name het Zwitserse VERT onderzoek is interessant. In dit onderzoek worden filters getest op de reductie van het aantal deeltjes (in tegenstelling tot de massareductie in andere onderzoeken), en worden filters getest op de toename van de hoeveelheid genitricieerde PAK's. Op de Zwitserse VERT-lijst staan 2 typen opsteekfilters, die toegepast worden op machines met een groot vermogen (bouwmachines) maar ook op auto's toegepast kunnen worden<sup>51</sup>.

In tegenstelling tot opsteekfilters die op auto's worden geplaatst is het effect van opsteekfilters die op bouwmachines worden toegepast wel gemeten in het Zwitserse VERT onderzoek. In bijlage F staan de voorwaarden vermeld waar een opsteekfilter aan moet voldoen om op de Zwitserse VERT-lijst geplaatst te worden.

### **Overige effecten en voorwaarden van implementatie**

Garagepersoneel is in het algemeen niet positief over het gebruik van opsteekfilters. Klachten die worden genoemd zijn: het krijgen van vieze handen, een slechte werkzaamheid en het vergeten de filter van de auto te halen.<sup>52</sup>

### **Kosten (en kosteneffectiviteit)**

De diameter van de uitlaat van personenwagens verschilt per type auto. Om deze reden moet extra materiaal bij de filter worden geleverd om hem op iedere uitlaat passend te maken. Dit materiaal bestaat uit aansluitstukken met verschillende diameters. De prijs van een filter inclusief verschillende aansluitstukken is bij fabrikant EHC tussen de € 200 en € 300. Het opzetten van een opsteekfilter gebeurt volgens de fabrikant EHC binnen een aantal seconden. Ook het verwisselen van de aansluitstukken gaat snel door middel van een bajonetsluiting. De extra

---

<sup>51</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Mayer, TTM.

<sup>52</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Zeilstra, Bovag.

personeelkosten bij het gebruik van opsteekfilters zijn dus zeer gering. De kosten van een opsteekfilter voor vrachtwagens bedragen bij EHC € 500,00.

De uitlaat van vrachtwagens hebben in tegenstelling tot personenwagens vaak dezelfde maat (hoewel er vele uitzonderingen zijn). Voor de meeste vrachtwagens hoeft daarom geen extra materiaal aangeschaft te worden.

De uitlaat van bouwmachines verschillen (net zoals bij personenwagens) wel in veel gevallen. Voor bouwmachines moet daarom in de meeste gevallen extra materiaal worden aangeschaft<sup>53</sup>.

In tegenstelling tot filters voor permanent gebruik zijn opsteekfilters niet regenererbaar. Dit betekent dat het filtermedium dat in zich in het filterhuis bevindt moet worden vervangen. Bij fabrikant EHC moet om dit de 50 starts gedaan worden. De kosten van een filtermedium bedragen € 35,00. Dit betekent dat als een auto 2 keer gestart moet worden in een garage per 25 auto's een nieuw filtermedium moet worden aangeschaft. Volgens fabrikanten is het filterhuis onverwoestbaar en de levensduur onbeperkt.

### **Beleidsontwikkelingen**

De Staatssecretaris van VROM (Van Geel) heeft in mei 2004 voorgesteld<sup>54</sup> om het gebruik van roetfilters bij personenwagens op diesel fiscaal te stimuleren c.q. verplicht te stellen. Dit kan betekenen dat het gebruik van opsteekfilters in garages minder relevant wordt.

#### **C.3.4 Gebruik van bron**

Een andere categorie van beheersmaatregelen betreft de wijze van gebruik van de DME-bron, bijvoorbeeld door rijgedrag van chauffeurs, onderhoud van motoren.

---

<sup>53</sup> Bron: e-mail van de heer Roderiguez, EHC techniek.

<sup>54</sup> Beleidsnota Verkeersemissies, VROM, 2004.

### **Rijgedrag chauffeurs**

Een minder sportief c.q. zuiniger rijgedrag van chauffeurs leidt tot lagere emissies van onverbrande koolwaterstoffen.

### **Motoronderhoud**

Achterstallig motoronderhoud kan aanleiding geven tot hogere roetemissies. TNO Wegtransportmiddelen heeft in 1994 het effect van onderhoud op de emissie van luchtverontreinigende stoffen uit tractoren onderzocht [Bijsterbosch, 1994]. Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat tractoren na onderhoud gemiddeld 14% minder deeltjes uitstoten dan voor het onderhoud.

### **Vooraf opwarmen van motoren**

De koude start van dieselmotoren kan gepaard gaan met verhoogde uitstoot van giftige stoffen. Het effect van DME kan gereduceerd worden door voertuigen buiten de werkplek op te warmen om deze vervolgens naar de werksituatie te rijden. Ook kan worden gestreefd naar het zoveel mogelijk inzetten van voertuigen die in een voorgaande werkshift zijn gebruikt (en daarom nog warm zijn) [Arbouw].

### **Stationair draaiende motoren**

Het laten draaien van onbelaste motoren kan een bijdrage leveren aan de blootstelling op de werkplek. De concentratie DME op de werkplek kan worden gereduceerd door machines op een zo groot mogelijke afstand van de werksituatie te positioneren als deze niet worden ingezet bij werkzaamheden [Arbouw].

## **C.3.5 Puntafzuiging**

### **Toepasbaarheid technologie en marktsituatie**

Punafzuig-installaties worden gebruikt bij het testen van motoren in autogarages. Deze installaties kunnen voor verschillende testen worden gebruikt. Er zijn installaties die gebruikt worden bij de roetmeting van een APK-keuring. In dit

geval moet de motor op volle toeren draaien. Ook zijn er afzuiginstallaties die gebruikt worden bij het testen van de motor als die op minder vermogen draait. Autobedrijven zijn verplicht gebruik te maken van puntafzuiging bij het testen van motoren als ze stationair draaien en bij de APK-keuring. Puntafzuiging komt dus in iedere autogarage voor.

### **Effect op DME**

Door de afzuiginstallaties worden in principe alle gassen afgezogen die de uitlaat van een auto verlaten. Het effect van deze installaties is dus reductie van de hoeveelheid DME die de auto's zonder de installatie zouden uitstoten bij het testen van motoren. Dit effect is afhankelijk van de hoeveelheid auto's en de uitstoot per auto.

### **Overige effecten en voorwaarden van implementatie**

Puntafzuiging vindt plaats bij het testen van dieselmotoren. Momenteel is het verplicht afzuiging toe te passen bij de APK-keuring en het testen van motoren als deze stationair draaien. Bij de remmentest zijn garagehouders nog niet verplicht om afzuiging toe te passen. Afzuiging bij de remmentest is echter wel mogelijk. Er zijn momenteel afzuigsystemen waarbij de afzuigslang verbonden is met een railsysteem, die toegepast kunnen worden bij de remmentest.<sup>55</sup>

### **Kosten (en kosteneffectiviteit)**

In tabel 31 zijn de kosten van een aantal afzuiginstallaties van twee verschillende verkopers vermeld. Hierbij moet worden aangemerkt dat dit slechts de aanschafkosten zijn. Voor aansluiting van de installatie is een speciale inrichting van de garage vereist; vanuit bepaalde plaatsen in de garage moet de lucht naar buiten worden getransporteerd. De kosten van inrichting en onderhoud van een dergelijk systeem moeten bij de aanschafkosten worden opgeteld.

---

<sup>55</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Van Goethem, Stokvis.

tabel 35 De aanschafkosten van verschillende typen afzuiginstallaties [Stokvis Equipment 2004 en Kemper-bv 2004]<sup>56</sup>

<b>Stokvis</b>	<b>Kosten (€)</b>
Installatie met 5m uitlaatgasslang	725
Installatie met 10m uitlaatgasslang	995
Afzuiginstallatie voor roetmeting	995
<b>Kemper BV</b>	<b>Kosten (€)</b>
Installatie met railsysteem aan plafond (4m)	1.555
Installatie met railsysteem aan plafond (12m)	3.125

### **C.3.6 Overdrukfiltersystemen**

Een maatregel om de blootstelling van de bestuurders aan DME te verminderen is het overdrukfiltersysteem. Overdrukfiltersystemen worden toegepast om de lucht in cabines van voertuigen te verversen. Het overdrukfiltersysteem bestaat uit een kast waar een filter in moeten worden geplaatst. De kast wordt aan de buitenkant van de cabine van bouwmachines of trucks geplaatst en blaast schone lucht naar binnen. Door de overdruk die het apparaat in de cabine genereert wordt de inlaat van vervuilde lucht beperkt.

#### **Toepasbaarheid technologie en marktsituatie**

Overdrukfiltersystemen zijn onderzocht in de bouw, in de haven en bij vuilniswagens. Er zijn momenteel 4 producenten van overdrukfiltersystemen in Nederland. Dit zijn twee grote bedrijven (Transelectro en BM-Air service) en twee kleinere (Brotech en Purgo).<sup>57</sup> Volgens Van Egeraad van Transelectro is de afzetmarkt van overdrukfiltersystemen in Nederland zeer groot en hebben de meeste graafmachines een overdrukfiltersysteem.

Overdrukfiltersystemen worden momenteel alleen toegepast bij bouwwerkzaamheden met aanwezigheid van verontreinigde grond of aan de andere

<sup>56</sup> De kosten zijn ook afhankelijk van de ingebouwde ventilator, de aansluitwaarde, het materiaal etc. Deze elementen verschillen per type maar zijn niet vernoemd om de tabel overzichtelijk te houden. De prijzen zijn exclusief BTW.

<sup>57</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Van Egeraad, Transelectro.



kant schadelijke verontreinigingen in de buitenlucht. De arbeidsinspectie stelt overdrukfiltersystemen verplicht bij sloopwerkzaamheden en bodemsaneringen. Bij sloopwerkzaamheden is het overdrukfiltersysteem voornamelijk bedoeld om asbest te filteren. Bij bodemsaneringen worden overdrukfiltersystemen toegepast om giftige stoffen te filteren die vrijkomen bij de werkzaamheden.

De systemen worden momenteel dus niet toegepast om DME te reduceren. Bij vuilniswagens wordt geen gebruik gemaakt van overdrukfiltersystemen<sup>58</sup>.

### **Effect op DME**

Overdrukfiltersystemen zijn in de eerste plaats bedoeld om giftige stoffen die bij bodemsaneringen vrijkomen en asbest te filteren.

Overdrukfiltersystemen bestaan uit een kast en een filter. In de kast kunnen verschillende type filters worden geplaatst. Ten eerste kunnen koolfilters in de kast worden geplaatst. Deze filters filteren gasvormige stoffen en reduceren de gasvormige PAK's in DME. Het effect van een koolfilter op de carcinogeniteit van DME is daarom beperkt.

Naast de koolfilters kunnen ook stoffilters worden geplaatst in het overdrukfiltersysteem, die niet de gasvormige stoffen maar de deeltjes filteren. Dit zijn p1, p2 en p3 stoffilters. De p3 filters filteren de meest fijne stofdeeltjes (zoals asbest). Door Transelectro zijn telefonisch onderzoeksresultaten doorgegeven van een bedrijf (bron anoniem) dat de fijn stof reductie van het overdrukfiltersysteem heeft gemeten. Van de asbest deeltjes van 180 nanometer wordt door een p3 filter 99,9% gefilterd door het systeem. Asbestdeeltjes hebben een andere vorm dan deeltjes in DME: ze hebben namelijk een kleine diameter maar zijn vrij lang.<sup>59</sup> In hoeverre overdrukfiltersystemen de deeltjes in DME filteren zou nader onderzocht moeten worden.

---

<sup>58</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Van Egeraad, Transelectro.

<sup>59</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Mayer, TTM.

### **Kosten en kosteneffectiviteit**

De kosten van een overdruk-circuit bij Brotech bedraagt € 1.800,00 plus € 1.000,00 montage- en afdichtingkosten. De ventilator in de kast gaat gemiddeld eens in de 5 jaar kapot. De kosten van een nieuwe ventilator zijn € 130,00. De kosten van een airco bedragen gemiddeld € 2.000,00. (www.arbouw.nl) De kosten van een p3 stofilter bedragen € 96,00. Deze filter moet gemiddeld om de 6 maanden worden vervangen. Naast de vaste kosten zijn er ook extra kosten voor brandstofverbruik dat benodigd is om stroom te genereren voor het overdrukfiltersysteem en de airconditioner.

### **Beleid**

Bouwbedrijven zijn verplicht overdrukfiltersystemen te gebruiken bij sloopwerkzaamheden en bodemsanerings. De arbeidsinspectie stelt als eis dat overdrukfiltersystemen een schone lucht in de cabine moeten kunnen garanderen. Volgens Transelectro is wordt in de praktijk de overdruk goed gecontroleerd maar het effect van de filtering niet.

Het Algemeen Verbond Bouwbedrijf, FNV Bouw en de Hout- en Bouwbond CNV hebben in 2001 een arboconvenant gesloten met de overheid. In dit convenant zijn afspraken gemaakt over vermindering van de fysieke belasting, de werkdruk, kwarts en het organopsychosyndroom (OPS). In dit convenant zijn echter geen afspraken gemaakt over blootstelling aan DME in de bouwsector.

### **C.3.7 Ventilatie (centraal)**

In tegenstelling tot de puntafzuiging bestaat er ook een centrale vorm van afzuiging. In een garage wordt een systeem geplaatst waardoor de gehele luchtinhoud van de garage in een bepaalde tijdseenheid wordt ververst.

### **Toepasbaarheid technologie en marktsituatie**

Centrale ventilatie/afzuiging vindt alleen bij autoschadeherstelbedrijven plaats. Dit vanwege de stoffen die vrijkomen bij de werkzaamheden (verfdampen, oplosmiddelen etc). Bij de grote bedrijven vindt ventilatie/afzuiging plaats in de centrale ruimte. Bij kleinere bedrijven is er slechts afzuiging in de voorberekingsplaats en de spuitcabine<sup>60</sup>.

### **Effect op DME**

Centrale ventilatie/afzuiging is in de eerste plaats gericht op de afzuiging van stof en dampen van oplosmiddelen die vrijkomen bij de werkzaamheden. Een bijkomend effect van de afzuiging is reductie van de concentratie van DME in garages. In hoeverre het fijn stof van DME wordt gereduceerd door deze maatregel is onduidelijk.

Het effect van ruimteventilatie op de blootstelling van personen aan DME in de bouw is beperkt. Dit komt door de grote lokale concentratieverschillen van de verontreiniging. In een blootstellingonderzoek die in opdracht van Arbouw is gedaan kon geen effect van geforceerde ventilatie worden aangetoond [Arbouw, 1999].

### **Kosten (en kosteneffectiviteit)**

De aanschaf- en installatiekosten van een afzuigstelsel zijn afhankelijk van de grootte en inrichting van de garage. De aanschaf- en installatiekosten van een afzuigstelsel voor een bedrijfshal van 3.000 m<sup>3</sup> bedragen bij de fabrikant DEMZO € 89.000,00<sup>61</sup>.

### **C.3.8 Afstand tot en positie werknemers ten opzichte van de DME-bron**

Er zijn in de onderzochte arbeidssituaties verschillende manieren bekeken om de afstand tussen werknemer en DME-bron te vergroten, bijvoorbeeld door het

---

<sup>60</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Horak, Focwa.

<sup>61</sup> Bron: een voorbeeld van een rekening die ons is opgestuurd door Demzo apparatuurbouw.

verplaatsen van de uitlaat, of inrichting van de werkplek. Ook zijn manieren gevonden om de positie van de werknemer ten opzichte van de DME-bron te verbeteren, bijvoorbeeld door rekening te houden met de windrichting.

### **Windrichting**

Op buitenlocaties kan de windrichting van invloed zijn op de blootstelling aan DME. Uit metingen in een Arbouw onderzoek van 1997 is naar voren gekomen dat door de windrichting in een asfalteersituatie de concentratieverschillen van DME met een factor vijf verschilden op verschillende posities [Arbouw, 1997].

Ook in havens kan rekening gehouden worden met de windrichting bij het afmeren van de lossen/beladen schepen en het positioneren van werknemers ten opzichte van de diesel aangedreven interne transportmiddelen en de schoorstenen van schepen<sup>62</sup>.

### **Inrichting van de werkplek**

In de tunnelbouw is gebleken dat het mogelijk is bronnen van dieselroet te scheiden van de werkplek. Deze mogelijkheden zijn met name toepasbaar bij stationaire dieselmotoren zoals generatoren en compressoren [Arbouw, 1997].

In het havengebied kunnen havenmedewerkers die blootgesteld worden aan DME hun werkzaamheden op grotere afstand van de uitlaat van de interne transportmiddelen verrichten door het inrichten van een zogenaamd 'stackerplatform' op een tiental meters van de grond. De stackerplatforms worden gebouwd op de kranen die containers van het schip op het interne transportmiddel lossen. Door de maatregel wordt de afstand van de havenmedewerkers tot deze

---

<sup>62</sup> Hierbij moet wel de kanttekening worden geplaatst dat de lading voor een schip soms al geruime tijd voor het afmeren van het schip aankomt op het haven terrein. De te laden goederen worden op één plaats op het terrein neergezet. In de buurt van die goederen wordt ook het schip afgemeerd. De plaats waar de goederen worden neergezet en het schip wordt afgemeerd wordt vaak al weken tevoren bepaald. Het is dan nog niet bekend uit welke richting de wind zal waaien op de dag dat het schip gelost wordt. Deze maatregel is voor de situatie havens dus zeker niet algemeen toepasbaar.

dieseltrucks vergroot van 7 meter tot 17 meter, waardoor de blootstelling-concentratie verlaagd wordt. De kosten van een stackerplatform zijn € 250.000,00 per stuk.

### **Uitlaat naar boven**

De uitlaat van vuilniswagens is in de meeste gevallen naar boven gericht. In sommige gevallen zit de uitlaat van vuilniswagens aan de zijkant van een vrachtwagen. Er zijn geen vuilniswagens in Nederland met de uitlaat op de 'normale' plaats van een (vracht)auto<sup>63</sup>.

Ook bij de meeste bouwmachines zit de uitlaat ook aan de bovenkant.

### **Routering**

Routering is een maatregel waarbij de interne transportmiddelen zodanig verplaatst worden dat de uitlaat niet meer of in mindere mate gericht is op de havenmedewerkers die blootgesteld worden aan DME. In het verleden is deze maatregel op proefbasis gehanteerd. In de praktijk blijken diverse veiligheidsaspecten echter doorslaggevend voor de routering van voertuigen. Het is niet in te schatten of routering leidt tot extra kosten.

### **C.3.9 Duur van blootstelling**

Tenslotte zijn werktijden een belangrijke factor in de mate van blootstelling aan DME. De reductie van risico op kanker correleert in grote mate met de reductie van de blootstellingduur.

Ook routering van DME-bronnen kan leiden tot vergelijkbare lagere blootstellingsniveaus; hierbij wordt de bron verder van de werknemer verwijderd in plaats van de werknemer verder van de bron.

---

<sup>63</sup> Bron: telefonisch interview met de heer Aarnink, NVRD.

### **Werktijden**

Werktijden van werknemers kunnen zodanig worden ingericht dat werknemers zo min mogelijk worden blootgesteld aan DME. Dit betekent dat werknemers zo min mogelijk gelijktijdig met diesel aangedreven voertuigen moeten werken. Het werken in diensten, waarbij blootstellingperioden worden afgewisseld met minder of geen blootstelling levert flinke reductie op. Toepasbaarheid van deze maatregel is afhankelijk van technische en organisatorische mogelijkheden tijdens bouwprojecten [Arbouw, 1997]. Ook specialisaties en functiepakketten kunnen een rol spelen.

#### **C.3.10 Gebruik persoonlijke beschermingsmiddelen (kleding, maskers, etc.)**

De laatste categorie maatregelen betreft het verplicht stellen van persoonlijke beschermingsmiddelen. Het dragen van persoonlijke beschermingsmiddelen met als doel om de blootstelling van DME te reduceren gebeurt in de praktijk niet. Op de markt worden voor dit doel ook geen specifieke hulpmiddelen aangeboden.

## D Lijst van afkortingen

### D.1 Gebruikte afkortingen

AGV	automated guided vehicles (onbemande automatisch geleide voertuigen)
BOVAG	Bond van garagehouders
DME	dieselmotoremissies
EC	elementair koolstof
E-CRT	(roetfilter met voorverwarming uitlaatgassen)
IARC	International Agency for Research on Cancer
FOCWA	Vereniging van ondernemers in het carrossiebedrijf
LPG	liquified petroleum gas
MAC	maximaal aanvaarde concentratie
N	aantal metingen
PAK	polyaromatische koolwaterstoffen
PM	particulate matter (deeltjes)
TRK	Technische Richt Koncentration
SWZ	Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
V&W	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
WHO	World Health Organization

## E Referenties

### E.1 Interviews / geraadpleegde personen

Dhr. Koenen, Sita

Dhr. Kwakernaak, Sita

Dhr. Nieman, Novem

Dhr. Tromp, gemeente Haarlem

Dhr. Poppink, TLN

Dhr. T. Smid, KLM Arbo Services

Dhr. Roos, VBW Asfalt

Dhr. Zwartevelde, EVO

Mevr. Van Hopperus-Buma, vereniging van bloemenveilingen in Nederland

Dhr. R. Teerds, Flora Holland

Dhr. Van der Vlugt, arbo-coördinator Stenaline

Dhr. Bloem, TESO

Dhr. N. van Amstel, VIANED

Dhr. H. Kwakernaak, SITA

Dhr. J. Koenen, SITA

Dhr. J.A.G. Aartman, EIB

Dhr. W. Schouten

Dhr. T. Spee, Arbouw

Dhr. H. Robijn, Het Zwarte Corps

Dhr. Van Loon, BMWT

Dhr. Hekman, LTO Nederland

Dhr. W. van Hoof, Daf

Dhr. Zeilstra, Bovag

Dhr. Koedijk, Bovag

Dhr. Van Binsbergen, Schadeherstel Van Binsbergen

Dhr. Horak, FOCWA

Dhr. H. Roos, VBW Asfalt



Dhr. P. Poppink, Transport en Logistiek Nederland  
Dhr A.J. Vegter, Vereniging Importeurs Verbrandingsmotoren  
Dhr. De Leeuw, Gemeentelijk Vervoerbedrijf Amsterdam  
Dhr. Tromp, gemeente Haarlem  
Dhr. Schous, Nedtrain  
Dhr. W.C.P. de Leng, Milieucoördinator Koninklijke Landmacht  
Dhr. Deinum, Koninklijke Landmacht  
Dhr. Noordermeer, ANWB  
Dhr. Steenbergen, Handelsveem Steinweg  
Dhr Leegwater, importeur heftrucks  
Dhr. R. Motshagen, Novem  
Demzo apparatuurbouw  
Dhr Postuma, Autoschadherstelbedrijf Postuma  
Dhr Van Goethem, Stokvis Equipment  
Dhr A. Mayer, TTM (VERT list)  
Dhr Van Manen, BM-air service  
Dhr Aarnink, NVRD  
Dhr. Groenewegen, VNAO  
Dhr Van Egeraad, Transelectro  
Dhr Koens, Volvo  
Joris van Brussel, Shell Nederland Verkoopmaatschappij  
Gerard Fiolet, Shell Nederland Verkoopmaatschappij  
Dhr. Roderiguez, EHC Techniek  
Dhr E. Luca, ECT  
Mevr. M. Plekkenpol, Solvay Pharmaceuticals  
Dhr P. van der Made, Verbrugge Terminals  
Dhr. J.H. Hasselberg, Envirosafe, Pyroban  
Dhr C.G. Kool, Envirosafe Pyroban  
Dhr. R. van der Toorn, Envirosafe Pyroban  
Dhr. P. Tromp, Gemeente Haarlem

Dhr. F. Werring, Ministerie van VROM

Dhr. P. Scheepers, Universiteit van Nijmegen

## **E.2 Geraadpleegde literatuur en andere informatiebronnen**

- 1 Boffetta et al. 2002 In: Special Report. Research directions to improve estimates of human exposure and risk from diesel exhaust, Health Effects Institute (HEI), 2002
- 2 Steenland, Silvermand, Hornung, Case-control study of lung cancer and truck driving in the Teamsters Union. Am J Public Health. 1990 Jun;80(6):670-4.
- 3 Steenland, Silverman, Zaebst, Exposure to diesel exhaust in the trucking industry and possible relationships with lung cancer, 1992, Am. J. Ind. Med. 21, 887-890
- 4 Cyrus et al. 2003; Comparison between different traffic-related particle indicators: elemental carbon (EC), PM2.5 mass, and absorbance. J Expo Anal Environ Epidemiol. 2003 Mar;13(2):134-143.
- 5 Echt et al. 1995; Exposure to diesel exhaust emissions at three fire stations: Evaluation and recommended controls. Applied Occupational and Environmental Hygiene 1995 10:5 (431-438)
- 6 Groves and Cain 2000; A survey of exposure to diesel engine exhaust emissions in the workplace. Ann Occup Hyg. 2000 Sep;44(6):435-47.
- 7 Janssen et al. 2001; Assessment of Exposure to Traffic Related Air Pollution of Children Attending Schools Near Motorways, Atmospheric Environment 35: 3875-3884

- 8 Seshagiri and Burton 2003; Occupational exposure to diesel exhaust in the Canadian federal jurisdiction. *AIHA J (Fairfax, Va)*. 2003 May-Jun;64(3):338-45.
- 9 Verma et al. 2003; Diesel exhaust exposure in the Canadian railroad work environment. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 18: 25-34
- 10 Whittaker et al. 1999; Employee exposure to diesel exhaust in the electric utility industry. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1999 Sep-Oct;60(5):635-40.
- 11 Woskie et al. 2002; Exposures to quartz, diesel, dust, and welding fumes during heavy and highway construction. *AIHA J (Fairfax, Va)*. 2002 Jul-Aug;63(4):447-57.
- 12 Zaubst et al. 1991; Quantitative Determination of trucking industry workers' exposures to diesel exhaust particles, *Am Ind Hyg Assoc J* 52: 529-541
- 13 Scheepers PTJ, RP Bos 1995. Monitoring van beroepsmatige blootstelling aan dieselmotor-emissies. Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid S182, SDU Den Haag.
- 14 Wheatley and Sathra 2004. Occupational exposure to diesel exhaust fumes. *Ann of Occup Hyg* 48: 369-376.
- 15 TRGS 554 - Technische Regeln für Gefahrstoffe, Dieselmotoremissionen (DME). Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, <http://www.baua.de/prax/ags/trgs554.htm> B ArbBl. Nr. 3/2001

- 16 Jarvholm, Silvermand, Lung cancer in heavy equipment operators and truck drivers with diesel exhaust exposure in the construction industry, *Occup Environ Med* 2003; 60: 516-520
- 17 Aanpak dieselmotoremissies in de bouwnijverheid, stand der techniek, Arbouw, 1999
- 18 SZW-lijst van kankerverwekkende stoffen en processen, *Staatscourant* 17 december 2003, nr 244/pag. 23
- 19 Carex database
- 20 VERT filter list, Tested and approved Particle-Trap systems for retrofitting diesel engines, Swiss Agency for the Environment (SAEFL), June 2003
- 21 Scientific documentation on the Dutch list of occupational carcinogens, RA2/95, Ministry of Social Affairs and Employment, commissie WGD, 1995 (diesel, whole exhaust)
- 22 Diesel Engine Exhaust Emissions  
Health & Safety Executive
- 23 *Proef met huisvuil-inzamelvoertuigen op LPG*  
VTB, Breda
- 24 (Voorlopige) inventarisatie onderzoeken naar gezondheidsrisico's bij defensiepersoneel  
[http://www.mindef.nl/nieuws/media/240101\\_inventarisatie.html](http://www.mindef.nl/nieuws/media/240101_inventarisatie.html), Den Haag
- 25 Warren, J.  
*Health Effects of diesel exhaust: an hei perspective*, Health Effects Institute

- 26 Querin, D.S.  
*Diesel Exhaust: is there a cancer risk?*, Railroad Safety Research Council,  
Portland
- 27 *Strategies for preventing or controlling exposures to diesel exhaust*  
University of Minnesota, Environmental & Occupational Health
- 28 Zaubst, D.D., Clapp, D.E., Blade, L.M., et al.  
*Quantitative determinations of trucking industry workers' exposure to diesel  
exhaust particles*, American Industrial Hygiene Association, 1991
- 29 Steenland, K., Silverman, D., Zaubst, D.  
*Exposure to diesel exhaust in the trucking industry and possible relationships  
with lung cancer*, American Journal of Industrial Medicine, 1992
- 30 Whitelegg, J.  
*Health of professional drivers*, Eco-Logica Ltd, Lancaster, 1995
- 31 Beaumont, J.J., Leveton, J., Knox, K., et al.  
*Lung cancer mortality in workers exposed to sulfuric acid mist and other acid  
mists*, www.ncbi.com ; www.nlm.com, World Health Organization, 1996
- 32 *Diesel, fuel and exhaust emissions*  
www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc171.htm, World Health  
Organization, 1996
- 33 Bouwman, M.E.  
*Mobiele werktuigen in Nederland; prognoses tot 2020: beschrijving en  
toepassing van het model PROMIN*, RIVM, Bilthoven, 1996

- 34 *On the approximation of the laws of the Member States relating to measures against the emission of gaseous and particulate pollutants from internal combustion engines to be installed in non-road mobile machinery*  
European Commission, Brussels 2000
- 35 Nauss, K.  
*Diesel exhaust: a critical analysis of emissions, exposure and health effects : summary of a Health Effects Institute (HEI) special Report*  
www.dieselnet.com, Health Effects Institute, 1997
- 36 Krieger, R.K., et al.  
*Report to the air resources board on diesel exhaust: part A*  
Air Resources Board, California, 1998
- 37 Boezen, H.M., Zee, S.C. van der, Postma, D.S., et al.  
*Effects of ambient air pollution on upper and lower respiratory symptoms and peak expiratory flow in children*, The Lancet, vol. 353, 1999
- 38 Brunekreef, B.  
*All but quiet on the particulate front*  
American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, Vol. 159, nr. 2, p.354-356, 1999
- 39 Graaf, W.F. de, Verhoek, J.J.M., Schat, J.J.  
*Korte checklist voor de Frisdranken en waters, wijn en gedistilleerd branche*  
1999

- 40 Seethaler, R.  
*Health costs due to road traffic-related air pollution : an impact assessment project of Austria, France and Switzerland : Synthesis report*, World Health Organization, London, 1999
- 41 *Technical support for development of airport ground support equipment emission reductions*, EPA, Washington, 1999
- 42 *A summary review of cancer dose-response analyses on diesel exhaust; Appendix D*, 2000
- 43 *Discussion of methodology of airport ground support equipment emissions inventory: Dallas/forth worth attainment demonstration ; Appendix W* Dallas, 2000
- 44 *Economic evaluation of health impacts due to raod traffic-related air pollution: an impact assessment project of Austria, France and Switzerland* WHO Ministerial Conference on Environment and Health, London, 2000
- 45 *Milieujaarverslag Ministerie van Defensie* Ministerie van Defensie, Den Haag 2000
- 46 *On action to be taken against the emission of gaseous and particulate pollutants by engines intended to power agricultural of forestry tractors and amending Council Directive 74/150/EEC*, European Commission, Brussels 2000
- 47 Kilburn, K.H.  
*Effects of diesel exhaust on Neurobehavioral and pulmonary functions*, Environmental Health, 2000

- 48 Mol, W. de  
*Fijn stof is van onduidelijke komaf*, Stichting Milieuwijzer, 2000
- 49 *Respiratory protective devices*  
www.cdc.gov/niosh/pt84abs2.html  
NIOSH, Washington, 2000
- 50 Donaldson, K., Gilmour, M.I., MacNee, W.  
*Asthma and PM<sub>10</sub>*, <http://respiratory-research.com/content/1/1/012>, 2000
- 51 Dora, C., Philips, M.  
*Transport, environment and health*, World Health Organization, Copenhagen, 2000
- 52 Filliger, P., Puyonnieux-Texier, V., Schneider, J.  
*Health costs due to road traffic-related air pollution : an impact assessment project of Austria, France and Switzerland : PM10 Population exposure, technical report on air pollution*, World Health Organization, London, 2000
- 53 Krewski, D., et al.  
*Reanalysis of the Harvard six cities study and the American Cancer Society study fo particulate air pollution and mortality*, Health Effects Institute, Ottawa, 2000
- 54 Pope, C.A., Thun, M.J., Namboodiri, M.M., et al.  
*Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults*, Health Effects Institute, Cambridge, 2000
- 55 Frumkin, H., Thun, M.J.  
*Diesel exhaust*, www.cancer.org, Environmental Carcinogens, Atlanta, 2001



- 56 Dawson, S.V., Alexeeff, G.V.  
*Response to dr. Crump's commentary on "Multi-stage model estimates of lung cancer risk from exposure to diesel exhaust, based on a U.S. railroad worker cohort", by S.V. Dawson and G.V. Alexeeff, 2001*
- 57 Nel, A.E., Diaz-Sanchez, D., Li, N.  
*The role of particulate pollutants in pulmonary inflammations and asthma: evidence for the involvement of arganic chemicals and oxidative stress, University of California, Los Angeles, 2001*
- 58 *Health assessment document for diesel engine exhaust, Environmental Protection Agency, Washington, 2002*
- 59 Basrur, S.V.  
*Estimating the health impact of exposure to diesel exhaust in Toronto, Toronto Public Health, Toronto, 2002*
- 60 Buring, E., Opperhuizen, A.  
*On health risks of ambient PM in the Netherlands, RIVM, Bilthoven, 2002*
- 61 Dijkstra, ir. W.J., Dings, ir. J.M.W.  
*Milieubelasting van mobiele bronnen: 4 'vergeten' categorieën, CE, Delft, 2002*
- 62 Järholm, B., Silverman, D.  
*Lung cancer in heavy equipment operators and truck drivers with diesel exhaust exposure in the construction industry, Occupational Medicine, Umeå, 2002*

- 63 Lange, B.  
*Ontwerpverslag over het voorstel voor een richtlijn van het Europees Parlement en de Raad tot wijziging van Richtlijn 97/68/EG betreffende de onderlinge aanpassing van de wetgevingen van de lidstaten inzake maatregelen tegen de uitstoot van verontreinigende gassen en deeltjes door inwendige-verbrandingsmotoren die worden gemonteerd in niet voor de weg bestemde mobiele machines*, Commissie milieubeheer, volksgezondheid en consumentenbeleid, Europees Parlement, Brussels, 2002
- 64 *Reducing air pollution from diesel-powered equipment*  
[www.lanl.gov/orgs/pa/newsbulletin/2003/02/04/text07.shtml](http://www.lanl.gov/orgs/pa/newsbulletin/2003/02/04/text07.shtml), 2003
- 65 Fast, T.  
*Monitoring van milieu- en gezondheidsindicatoren : een inventarisatie en evaluatie van milieufactoren, indicatoren en registratiesystemen*, Gezondheidsraad, Den Haag, publicatienr. A03/06, 2003
- 66 Slob, ir. R., Walda, ir. I.  
*Luchtkwaliteit en gezondheid in Rijnmond: berekening van gezondheidseffecten bij de bevolking*, Milieumonitoring Stadsregio Rotterdam, Rotterdam, 2003
- 67 *Aanpak dieselmotoremissies in de bouwnijverheid, Stand der Techniek, Arbeid*
- 68 *Pilot Project Dieselmotoremissies: Informatie om beleid ter beperking van blootstelling aan dieselmotoremissies vorm te geven*, Centrum GBW, Woerden, 2002

- 69 Thijssse, Th. R.  
*Oriënterend onderzoek naar de invloed van de omgeving op de kwaliteit van het binnenmilieu, TNO 2002, R 2002/414*
- 70 *Feiten en cijfers 2002, Jaarverslag, VIANED 2002, Gouda*
- 71 *Improving Estimates of Diesel and Other Emissions for Epidemiologic Studies, HEI Communication 10*
- 72 *Research Directions to Improve Estimates of Human Exposure and Risk from Diesel Exhaust, HEI Special report*
- 73 M. Mattenklott et al, *Dieselmotoremissionen am Arbeitsplatz, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 62 (2002)*
- 74 Arboconvenant Mobiliteitsbranches, 2003
- 75 Jaarbericht 2001, Inspectie Verkeer en Waterstaat
- 76 Milieujaarsverslag Koninklijke Landmacht, 2002
- 77 Havengebonden werkgelegenheid in de regio Rotterdam-Rijnmond, GHR / Kenniscentrum Haven en Industrie.
- 78 Beleidsnota Verkeersemisies; Met schonere, zuiniger en stillere voertuigen en klimaatneutrale brandstoffen op weg naar duurzaamheid, VROM 4079 06-04.
- 79 Vermeulen J, Janse P, Dings J. LPG in het binnenlands distributievervoer? CE, Delft, 2000

- 80 Composition and Origin of Airborne Particulate Matter in the Netherlands, H. Visser e.a., RIVM, 2001
- 81 Emissiemetingen aan een MB Bus O 405 uitgerust met een continu regenererend roetfilter merk Pyroban, TNO, K.H. Jordaan, 2001
- 82 Emissie van dieselmotoren, Adriaan Lefeber, KIWA, artikel 2001
- 83 Arborisico's in de branche Bouwnijverheid, TNO Arbeid, 2000
- 84 De Duistere kanten van Diesel, Gert-Jan van Teeffelen, Volkskrant 11 maart 2004-09-23
- 85 Rijden op Aardgas, folder in het kader van DEMO (Novem) en GAIA
- 86 Evaluation of the environmental impact of modern passenger cars on petrol, diesel, automotive LPG and CNG, P. Hendriksen e.a., TNO, 2003
- 87 Beproeving van een CRT filter in een Nederlandse OV-bus, P. Hendriksen, TNO-WT, 1997
- 88 Air quality changes in the Netherlands as a result of the large scale introduction of CRT's, H Eerens e.a., RIVM, 2003
- 89 Diesel gezuiverd, artikel over roetfilter in Auto& Motor Techniek 64 2004/1
- 90 Haveninfrastructuur en outillage, GHT/Kenniscentrum Haven & Industrie, 2002
- 91 Milieujaarsverslag Amsterdam Airport Schiphol, 1998

- 92 Diesel-particle filter systems (DPF), presentation by Johnson Matthey
- 93 Diesel particulate matter exposure to railroad train crews, L.R. Liukonen e.a., TechCon Inc, AIHA Journal 63 2002
- 94 Exposures to quarts, diesel, dust and welding fumes during heavy and highway construction, S.R. Woskie, University of Massachusetts, in AIHA Journal 63 2002.
- 95 Fuel specifications, BP, 1998
- 96 Integraal milieubeleid inzake mobiele werktuigen, Rapport van de werkgroep Beleidsoverleg integraal milieubeleid mobiele werktuigen, Ministerie van VROM, april 2001
- 97 Health assessment document for Diesel Exhaust, draft document, US EPA/600/8-90/057<sup>E</sup>, july 2000
- 98 Diesel fuel and exhaust emissions, EHC 171, 1996 ([www.inchem.org](http://www.inchem.org))
- 99 Bouwen aan een milieuverantwoorde markt voor vaste en mobiele puinbrekers, CE, J. Vroonhof e.a., 2000
- 100 Rijden op aardgas, E.W.L. Westdijk, Gasunie Trade & Supply, in het kader van PIT – Nieuw Gas, augustus 2003
- 101 Wegen naar Nieuw Gas: de eerste stap is een daalder waard; transitiepaden naar een duurzame gasinzet. Visie opgezet door het Team Nieuw Gas, december 2003

- 102 Nieuw gas voor de mobiliteitsmarkt (transitiepad A3), januari 1004, in het kader van Transitie naar een duurzame energiehuishouding, Ministerie van EZ.
- 103 Handhavingsbeleid Dieselmotorenemissie, powerpoint presentatie Arbeidsinspectie, 2002
- 104 Besluit 15-1-1997, Stb 60 houdende regels in het belang van de veiligheid, de gezondheid en het welzijn in verband met de arbeid (arbeidsomstandighedenbesluit), Ministerie van Sociale Zaken en W.
- 105 A study of the number, size and mass of exhaust particles emitted from european diesel and gasoline vehicles under steady-state and european driving cycle conditions, Concawe, no. 98/51
- 106 Regeling Arbo-investeringen, Ministerie SZW, 2004 (Farbo)
- 107 P.F.J. Feimann et al, Verkeer en vervoer in de Nationale Milieuverkenning 5 RIVM, Bilthoven, december 2000
- 108 Infomil, locatie 'Schonere voertuigen: roetfilters op stadsbussen en vrachtwagens'
- 109 Kampman 2001, B. Kampman, J. Vermeulen, J. Dings, Benzine, diesel en LPG: balanceren tussen milieu en economie, CE, Delft, 2001

### **Geraadpleegde websites:**

[www.cleanairfleets.org/ect.html](http://www.cleanairfleets.org/ect.html)

[www.gr.nl](http://www.gr.nl)

[www.demo.novem.nl](http://www.demo.novem.nl)

[www.minvenw.nl](http://www.minvenw.nl)

[www.minszw.nl](http://www.minszw.nl)

[www.osha.eu.int/nl](http://www.osha.eu.int/nl)

[www.mageta.de](http://www.mageta.de)

[www.vnao.nl](http://www.vnao.nl)

[www.nvrd.nl](http://www.nvrd.nl)

[www.vba.nl](http://www.vba.nl)

[www.eib.nl](http://www.eib.nl)

[www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)

[www.erdgasfahrzeuge.de](http://www.erdgasfahrzeuge.de)

[www.anwb.nl](http://www.anwb.nl)

[www.nopega.nl](http://www.nopega.nl)

[www.energieprojecten.nl/microturbines/1024x768/evaluatie.html](http://www.energieprojecten.nl/microturbines/1024x768/evaluatie.html)

[www.shell.com/gtl](http://www.shell.com/gtl)

[www.dieselnet.com](http://www.dieselnet.com)

[www.vito.be](http://www.vito.be) over motoren en brandstoffen zwaar verkeer

[www.arbobondgenoten.nl](http://www.arbobondgenoten.nl) – update uitlaatgassen dieselmotoren 2002

[www.novem.nl](http://www.novem.nl) (duurzame mobiliteit)

[www.ecn.nl](http://www.ecn.nl) (schoon fossiel)

[www.portofrotterdam.com](http://www.portofrotterdam.com)

[www.minvrom.nl](http://www.minvrom.nl)

[www.psd-online.nl/ssz/](http://www.psd-online.nl/ssz/)

[www.healtheffects.org](http://www.healtheffects.org)

[www.tno.arbeid.nl](http://www.tno.arbeid.nl)

[www.tno.wt.nl](http://www.tno.wt.nl)

[www.epa.gov](http://www.epa.gov) over non-road diesel en diesel exhaust in the USA

[www.infomil.nl](http://www.infomil.nl)

### **E.3 Leden klankbordgroep**

R. Motshagen, Novem

A. van Loon, BMWT

B. Koning, VNO-NCW

A. Vegter, VIV

J. Lammers, Infomil

H. Baarbé, Ministerie van VROM,

E. van de Laar, Novem

T. Spee, Arbouw

H. Timmermans, FNV (agendalid)

S. Cappelens, Deltalinqs

A. Koedijk, Bovag

### **E.4 Begeleidingsgroep**

Mevrouw A. Bongers, Ministerie van Sozawe, directie Arbeidsveiligheid & -  
gezondheid

Mevrouw A. van Haelst, Ministerie van Sozawe, directie Gemeenschappelijke  
Organisatie Bedrijfsvoering

De heer F. de Beer, Ministerie van Sozawe, Kenniscentrum Arbeidsinspectie



## F Bijlage: VERT-lijst