

Onderzoek

Blootstelling aan dieselmotoremissies bij asfalteringswerkzaamheden in een tunnel

Susan Peters¹, Roderik Overmars¹, Hans Kromhout¹ en Dick Heederik¹

Samenvatting

Bij asfalteringswerkzaamheden in een tunnel zijn eind 2007 metingen gedaan naar de blootstelling aan dieselmotoremissies bij wegenbouwers. Zowel persoonlijke als stationaire metingen zijn uitgevoerd, waarbij elementair koolstof (EC) in de lucht is bepaald als maat voor de blootstelling. Tijdgewogen gemiddelden over de werkdag varieerden van 28,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tot 57,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in de ademzone van werknemers. In meerdere gevallen werd het verbodsniveau van 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ overschreden. Door alle werknemers, behalve de chauffeur van het asfalttransport, werd ademhalingsbescherming gebruikt. De daadwerkelijke blootstelling zal daardoor verminderd zijn. Voorkeur gaat echter uit naar meer brongerichte beheersmaatregelen. De aanwezige mechanische ventilatie heeft de luchtconcentraties wel verlaagd, maar niet voldoende. De mogelijkheden van maatregelen zoals vervanging van dieselmotoren, bronafzuiging of roetfilters zouden bij dergelijke werkzaamheden ook bekeken moeten worden.

Inleiding

Dieseluutstoot is een complexe mix van gassen en fijne deeltjes. Blootstelling aan dieseldampen kan acute effecten veroorzaken zoals irritatie aan de ogen en neus, hoesten, hoofdpijn, vermoeidheid en misselijkheid. Op de langere termijn kunnen chronische luchtwegklachten ontstaan.^[1] Bovendien zijn dieselmotoremissies door het IARC (International Agency for Research on Cancer) van de Wereldgezondheidsorganisatie als 'waarschijnlijk kankerverwekkend' geclassificeerd (groep 2a carcinogeen) voor longen en mogelijk de blaas.^[2] Ook in Nederland staan dieselmotoremissies op de SZW-lijst van kankerverwekkende stoffen.^[3] Volgens de Nederlandse en Europese wetgeving moet een carcinogene stof vervangen worden door een niet-kankerverwekkende. Wanneer dat technisch onmogelijk is, moet blootstelling aan betreffende stof gereduceerd worden tot een zo laag

mogelijk niveau voor zover de stand der techniek dit toelaat.

Doel van het onderzoek was om de blootstelling aan dieselmotoremissies te beschrijven bij werknemers gedurende asfalteringswerkzaamheden in een tunnel.

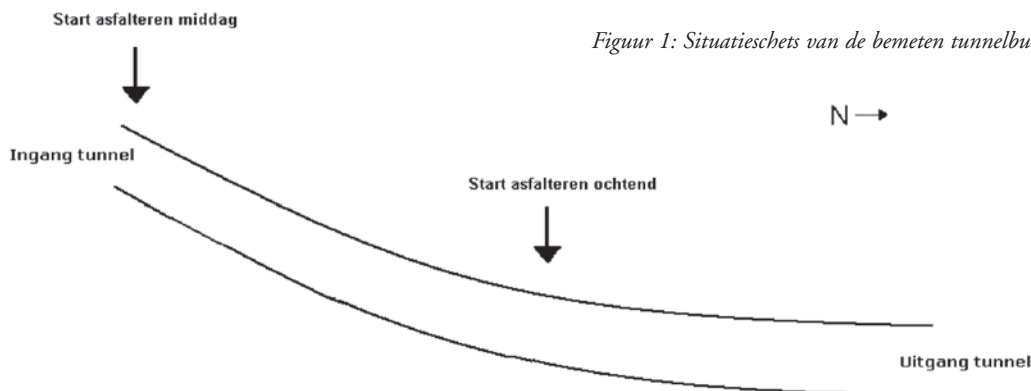
Methoden

Situatieschets

De 2,3 km lange tunnel bestaat uit twee gescheiden tunnelbuizen, elk voor één rijrichting. Bij het asfalteren van een tweebaansweg in één van de tunnelbuizen zijn de dieselmetingen uitgevoerd. In de tunnel zijn grote ventilatoren aangebracht die zorgen voor een luchtverplaatsing; in de bemeeten tunnelbuis was dat van de zuidelijke naar de noordelijke opening. Nu respectievelijk genoemd de ingang en uitgang van de tunnel.

In totaal zijn 11 persoonlijke metingen uitgevoerd bij 6 werknemers. Bij de wegenbouwers is gedurende de ochtend een kleine twee uur gemeten. Daarna hadden de werknemers een uur pauze. 's Middags is een tweede meting bij dezelfde werknemers uitgevoerd variërend van 1,5 tot bijna 4 uur. Naast persoonlijke metingen zijn vier stationaire metingen gedaan op 1) de asfaltspreidmachine; 2) voor de ingang van de tunnel aan de zuidkant; 3) aan het einde van de tunnel; en 4) 50 meter na de tunneluitgang aan de noordkant. Deze metingen duurden gemiddeld 6 uur.

Het asfalteren tijdens de ochtendmeting begon halverwege de tunnel in noordelijke richting (tunneluitgang). 's Middags werd aan de zuidingang begonnen, wederom in noordelijke richting (zie figuur 1). Een team wegenbouwers bestaat uit werknemers met de volgende taken: chauffeurs voor het asfalttransport, een machinist op de asfaltspreidmachine, balkmannen, afwerkers, en walsmachinisten.



Figuur 1: Situatieschets van de bemeeten tunnelbuis

¹ Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS), Environmental Epidemiology, Universiteit Utrecht; email: s.peters@uu.nl

Machinist asfaltspreidmachine: De machinist van de asfaltspreidmachine bevond zich boven op de volledig open machine. De afstand tot de uitlaat was hoogstens 2 meter, maar deze was van de werknemer af gericht, met de ventilatierichting mee.

Walsmachinist: De walsmachinist reed de gehele werktijd op de wals rond, variërend van enkele meters tot enkele tientallen meters achter de asfaltspreidmachine. De walsmachinist zat in een dichte cabine, maar had het raam van de cabine veelal open staan. De walsen reden aan de zijde van de verse luchttoevoer.

Balkman: De balkman stond gedurende het grootste deel van de dag achter op de asfaltspreidmachine of liep er direct achter en hield de dikte van het asfalt in de gaten. De balkman was ca. 3 meter van de uitlaat van de asfaltspreidmachine verwijderd.

Afwerker: De afwerker harkte het asfalt nadat het was gelegd door de spreidmachine om zo te zorgen dat eventuele oneffenheden verdwenen voordat de wals eroverheen zou rijden. De afwerker stond vlak achter de spreidmachine. Hierbij kwam hij ook dicht bij de rondrijdende walsen.

Chauffeur asfalttransport: Het asfalt werd op de bouwplaats, ongeveer honderd meter achter de uitgang van de tunnel, in de vrachtwagen geladen. Daarna reed de vrachtwagen achterwaarts de tunnel in, om aan te sluiten in de rij van andere vrachtwagens (3 à 4). Deze stonden allen te wachten om het asfalt in de spreidmachine te kunnen storten. De motoren draaiden stationair tijdens het wachten in de tunnel. De uitlaat bevond zich achter de cabine en was verlengd. De chauffeur zat gedurende de hele dag in de cabine. Wanneer de asfaltploeg pauzeerde, stonden de vrachtwagens buiten de tunnel te wachten. De bemeten chauffeur bleef vrijwel de hele pauze in zijn cabine zitten.

Gedurende de meetdag heeft er geen taakrotatie plaatsgevonden. De machinisten van de spreidmachine en wals, en de afwerkers en balkman droegen ademhalingsbescherming gedurende alle werkzaamheden. Dit was een halfgelaatsmas-

zonnig, droog, koud ($\pm 1^\circ\text{C}$).

Metingen en analyses

De metingen naar dieselblootstelling berusten op analyse van de hoeveelheid elementair koolstof (EC) in respirabele deeltjes in de ademhalingszone van een werknemer als maat voor de blootstelling. Metingen zijn uitgevoerd met een Gilian Gilair 5 pomp en Casella cycloon. In de cycloon bevond zich een filtercassette met een kwartsvezel filter van 25 mm doorsnede. De gebruikte filters hadden een vezeldiameter tussen de 0,5 en 0,65 μm en houden 99,99% van de deeltjes groter dan 1 μm tegen. Het debiet van de aangezogen lucht bedroeg 2,2 l/min en is voor aanvang en na afloop van de metingen bepaald. Tijdens de metingen zijn de werknemers geobserveerd en na afloop enkele vragen gesteld. Ook zijn stationaire metingen uitgevoerd met behulp van dezelfde apparatuur om inzicht te krijgen in achtergrondconcentraties EC.

De bemonsterde filters plus enkele blanco's zijn opgestuurd naar het Institut für Gefahrstoff-Forschung (IGF) der Bergbau -Berufsgenossenschaft an der Ruhr-Universität Bochum waar de analyse op elementair koolstof heeft plaatsgevonden volgens analysemethode ZH 1/120.44 (=BGI 505-44) (TRGS 554, 2001). Hiertoe zijn voorafgaand aan de metingen de kwartsvezelfilters in zuurstofplasma van organische verontreinigingen ontdaan en gewogen. Na de monstername is het filter opnieuw gewogen en voor het verwijderen van carbonaten met zoutzuur behandeld. Organisch gebonden koolstof (OC) is in een stikstofstroom bij 500°C gedesorbeerd en tot kooldioxide geoxideerd, wat coulometrisch is bepaald en als organisch gebonden koolstof berekend. Op het filter is dan het elementaire koolstof (EC) achtergebleven dat vervolgens door oxidatie tot koolstofdioxide in een zuurstofstroom coulometrisch bepaald is.

Resultaten

Tabel 1 geeft de specificaties van de machines weer die op de meetdag zijn gebruikt. Naast deze machines wordt normaal ook een shuttle Buggy ingezet. Deze zorgt voor een constante asfaltaanvoer. Op de meetdag was deze echter niet beschikbaar. De shuttle buggy verbruikt 40 liter diesel per uur.

Tabel 1: Machinegegevens

	Wals DV 70	Wals HW 90	Spreidmachine Vögele 2100	Vrachtwagens*
Vermogen	65 kw	57,5 kw	182 kw	-
Gewicht	7,5 ton	12 ton	25 ton	-
Verbruik	13 liter/uur	11,5 liter/uur	23 liter/uur	-
Merk motor	Deutz	Deutz	Deutz	-
Type motor	BF4M 2012	BF4L 1011F	TCD 2013 L06 2V	-

**De vrachtwagens waren afkomstig van verschillende bedrijven, hierover zijn geen gegevens bekend.*

ker met filtercombinatie A2-P3 (EN 14387:2004 en EN 143:2000) dat bescherming biedt tegen organische gassen en fijn stof. Weersomstandigheden tijdens de metingen waren:

De resultaten van de uitgevoerde metingen staan in tabel 2. Voor de werknemers die tweemaal zijn bemeten zijn de waarden voor zowel de ochtend als de middag weergegeven.

Daarnaast is het gewogen gemiddelde (op basis van de blootstellingduur) berekend, zoals te zien in de laatste kolom. Voor alle stationaire metingen en die bij de vrachtwagenchauffeur die slechts eenmaal bemeten is, zijn de waarden voor de gehele dag gegeven.

Een tunnel is een 'omsloten werkruiimte'. In een recent review naar beroepsmatige dieselblootstelling wordt een afgesloten werkruiimte, naast het gebruikte type dieselwerktuig, als voornaamste determinant van blootstelling genoemd^[4]. De dieselconcentraties in de tunnel liggen ook

Tabel 2: Concentraties EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Ochtend		Middag		Gehele dag	
	Meetduur (min)	EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Meetduur (min)	EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Meetduur (min)	EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Persoonlijke metingen						
Machinist spreidmachine	109	64,5	220	34,1	329	44,2*
Machinist wals	111	91,5	166	34,1	277	57,1*
Balkman 1	105	54,0	160	40,8	265	46,0*
Balkman 2	111	43,1	157	56,5	268	51,0*
Afwerker	109	62,6	93	36,2	202	50,4*
Chauffeur					266	28,6
Stationaire metingen						
Spreidmachine					416	45,9
Ingang tunnel					349	6,9
Uitgang tunnel					342	66,8
± 50 meter achter uitgang tunnel					316	7,7

*Gewogen gemiddelde

Vetgedrukte waarden overschrijden verbodsniveau van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

In de ochtend werden de medewerkers aan hogere dieselconcentraties blootgesteld dan 's middags, gemiddeld $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ten opzichte van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (gepaarde t-toets $p=0.04$). Over de gehele dag waren de blootstellingsconcentraties vergelijkbaar in orde van grootte bij de verschillende werknemers, variërend van $44,2$ tot $57,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Alleen de vrachtwagenchauffeur had een lagere blootstelling van $28,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De stationaire metingen laten een beeld zien van de verspreiding van de dieselrook. Op de spreidmachine, die in feite tussen de werknemers stond, was de concentratie vergelijkbaar met die van de wegenvbouwers. EC-concentratie bij de tunnelingang was veel lager dan die in de lucht bij de tunneluitgang ($6,9$ ten opzichte van $66,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), waar bijna een factor 10 verschil in zit. Vijftig meter achter de tunneluitgang is de concentratie weer op hetzelfde niveau ($7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) als bij de ingang.

Discussie en conclusies

Dat werknemers in de ochtend aan de hoogste dieselconcentraties werden blootgesteld is te verklaren doordat in die dienst het asfalteren in het midden van de tunnel begon. In de middag werd gestart bij de tunnelingang, waar 'schone' lucht werd aangezogen. Deze inkomende lucht had een EC-concentratie van $6,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, waarschijnlijk afkomstig van verkeer in de omgeving. De aanwezige mechanische ventilatie leek voor een homogene verdeling van de blootstelling te zorgen, gezien de vergelijkbare waarden bij de medewerkers. Ook de EC-concentratie van de stationaire meting op de spreidmachine is met $45,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vergelijkbaar met die bij de werknemers.

beduidend hoger dan bij asfalteringswerkzaamheden in de openlucht. Bij eerdere metingen, die op exact dezelfde wijze zijn uitgevoerd, werden voor een machinist op de spreidmachine concentraties variërend van $4-26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gevonden,^[5] terwijl dat hier bijna het dubbele is. Voor de afwerkers en balkmannen is het verschil nog groter, in de eerdere metingen lagen de EC-concentraties tussen de 4 en $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in vergelijking met $46-51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hier. Voor de walsmachinist waren de concentraties in de tunnel zelfs ruim zes keer hoger dan in de buitenlucht. Ook voor de vrachtwagenchauffeur was de blootstelling aan dieselmotoremissies hoger dan bij eerdere metingen. Daar werd de uitvoerder van dezelfde taak in de openlucht slechts blootgesteld aan de achtergrondconcentratie EC.^[5] Bovendien blijkt uit de literatuur dat blootstellingsniveaus van chauffeurs in andere werksituaties veel lager liggen. Zo is in de Verenigde Staten een groot onderzoek geweest in de transportsector. Voor niet-rokende chauffeurs die op korte afstanden reden was de blootstelling gemiddeld $1,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ EC.^[6] Dit is een factor 20 lager dan wat wij gemeten hebben. Behalve de vrachtwagenchauffeur droegen alle medewerkers ademhalingsbescherming gedurende de tijd die ze in de tunnel doorbrachten, dit zal hun daadwerkelijke blootstelling hebben verminderd.

Het dragen van ademhalingsbescherming is echter het laatste redmiddel volgens de arbeidshygiënische strategie. Er zou eerder gedacht moeten worden aan het vervangen van dieselmotoren of het verlagen van de uitstoot door middel van bronafzuiging of roetfilters. Ventilatie van de werkplek ter vermindering van de kans op inademing was wel aanwezig in de tunnel. Uit de hoge dieselconcentratie in de

lucht die aan het eind uit de tunnel komt blijkt dat de ventilatie wel zorgt voor blootstellingsreductie, ofschoon niet voldoende.

Voor elementair koolstof afkomstig van dieselmotoremissies zijn geen grenswaarden vastgesteld. De Gezondheidsraad zal op termijn met een voorstel komen. De Gezondheidsraad hanteert risicogetallen waarbij op grond van de blootstelling-respons relatie de blootstelling wordt berekend. Hierbij wordt gekeken naar het additionele jaarlijks risico op sterfte aan ongeneesbare kanker veroorzaakt door blootstelling aan een kankerverwekkende stof in de arbeidssituatie van respectievelijk 10^{-6} en 10^{-4} , bij 40 jaar blootstelling. Bij een gemiddeld werkzaam leven van 40 jaar komt dit overeen met een additioneel aantal sterftegevallen van 1 op 25.000 en 1 op 250. Deze getallen worden door de overheid in de regel geïnterpreteerd als streef- en verbodsniveau. In de eerder geciteerde studie^[5,7] zijn deze berekeningen uitgevoerd voor blootstelling aan dieselmotoremissies. Het verbodsniveau ligt op $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het streefniveau ligt op $0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ^[5] maar dit is praktisch het achtergrondniveau in Nederland. Dit niveau wordt gehanteerd door de Arbeidsinspectie, maar zonder dat hier een wetenschappelijk onderbouwd advies en classificatie als carcinogeen van de Gezondheidsraad aan ten grondslag ligt.

Voor een betere schatting van de dieselblootstelling bij asfalteren in een tunnel zouden meer metingen op verschillende dagen gewenst zijn. Dan kan meer gezegd worden over de factoren die van invloed zijn. Toch geven deze metingen een beeld van de orde van grootte van de blootstelling en hoe dat zich verhoudt ten opzichte van andere werkzaamheden of asfalteren in de buitenlucht.

Concluderend kan gesteld worden dat het verbodsniveau van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in meerdere gevallen werd overschreden. Het was daarom juist dat de werknemers ademhalingsbescherming droegen. In het vervolg zouden echter meer brongerichte maatregelen genomen moeten worden.

Nawoord

Het beschreven onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Arbowetenschap.

Literatuur

1. Sydbom A, Blomberg A, Parnia S, Stenfors N, Sandström T, Dahlén SD. Health effects of diesel exhaust emissions. *Eur Respir J* 2001; 17:733-46
2. IARC. Diesel engine exhaust. International Agency for Research on Cancer IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 46; 1989
3. SZW. Lijst van kankerverwekkende stoffen en processen. Staatscourant 15 januari 2008, nr. 10 / pag. 8
4. Pronk A, Coble J, Stewart PA. Occupational exposure to diesel engine exhaust: A literature review. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2009 jul; 19(5):443-57
5. Singels K, Warringa G, Boon BH, Kromhout H, Heederik D, Veldhof R. Stand der techniek – dieselmotoremissies. September 2004. Rapport 331, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.
6. Smith TJ, Davis ME, Reaser P, Natkin J, Hart JE, Laden F, Heff A, Garshick E. Overview of particulate exposures in the US trucking industry. *J Environ Monit* 2006;8:711-20
7. Singels K, Croezen H, Cnossen A, Kromhout H, Vlaanderen J. Stand der techniek – dieselmotoremissies Op- en overslag (groothandel, metaal). Februari 2007. Rapport 382. Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.