

Vergelijking van methoden om blootstelling aan dieselmotoremissies (DME) vast te stellen

K. Hommes

Samenvatting

In een productieruimte waar veelvuldig gebruik gemaakt wordt van dieselaangedreven vorkheftrucks vindt blootstelling plaats aan dieselmotoremissie (DME). De blootstelling aan DME is vastgesteld door het meten van PAK's in het stof in de werkplekatmosfeer en 1-hydroxypyreen in de urine van de medewerkers. De stofconcentraties in de ruimte zijn laag ($0,2 \text{ mg/m}^3$). De hoogste concentratie ($0,72 \text{ mg/m}^3$) wordt gemeten in het persoonsgebonden stofmonster (heftruckchauffeur). In dit monster worden geen PAK's aangetroffen. Door het meten van de concentraties 1-hydroxypyreen in de urine kan echter blootstelling aan PAK's worden aangetoond. Onder de blootgestelden is de concentratie na een week significant toegenomen, en wel met 85%. Aan het einde van een week is de concentratie in de blootgestelde populatie bovendien significant verhoogd ten opzichte van de controle-populatie. De gemeten toename wordt waarschijnlijk voornamelijk veroorzaakt door huidopname. Inademing van PAK-houdende stofdeeltjes kon niet worden aangetoond. Het meten van 1-hydroxypyreen in de urine van de medewerkers is een goede maat gebleken voor het vaststellen van blootstelling aan DME. De gehanteerde norm voor 1-hydroxypyreen in de urine (normaalwaarde voor niet-rokers) wordt niet overschreden, de hoogst gemeten concentratie bedroeg 41% van deze norm. Conform de

Inleiding

De blootstelling aan dieselmotoremissies (DME) staat door de schadelijke gezondheidseffecten ervan momenteel sterk in de belangstelling. In 1989 zijn DME door het IARC geclassificeerd als mogelijk kankerverwekkend voor de mens (groep 2a) (IARC, 1989). Sinds 1989 zijn een aantal publicaties verschenen waarin aandacht wordt gevraagd voor verhoogd gezondheidsrisico onder werknemers blootgesteld aan dieselroet zoals garagewerkers vrachtwagenchauffeurs en buschauffeurs (Gustavsson, et al, 1990; Hayes, et al, 1989; Steenland, et al, 1990). In 1994 zijn DME door het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid op de lijst van kankerverwekkende stoffen geplaatst (Staatscourant, 1994). Blootstelling aan dieselmotoremissies komt voor in opslagplaatsen en productieruimten met diesel aangedreven transportbewegingen. Hierbij kan gedacht worden aan veilinghallen, stallingsloodsen van bussen, garagebedrijven en sinds kort ook APK-keuringsstations als gevolg van de verplichte roetkeuring van dieselaangedreven (vracht)auto's en bussen. DME bestaat uit polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) bevattende stofdeeltjes en diverse gasvormige verontreinigingen. Uit eerder onderzoek is gebleken dat bij cokes-ovenwerkers de opname van PAK's voor een belangrijk deel door de huid plaatsvindt (Van Rooy, et al, 1993). Bij het beoordelen van de blootstelling aan DME moet daarom waarschijnlijk met huidopname van PAK's rekening worden gehouden. De blootstelling kan worden vastgesteld door werkplekatmosfeermetingen of biologi-

strategie in NEN 689 is het treffen van maatregelen gezien de geringe kans op normoverschrijding niet noodzakelijk en kan worden volstaan met periodieke metingen. Hoewel de gemeten concentraties niet verontrustend zijn, is de geconstateerde verhoging toch ongewenst. Het treffen van maatregelen is daarom aanbevolen.

Summary

Exposition to Diesel-fuel emission in lifting-truck drivers is estimated measuring atmospheric PAK-concentrations in the working environment and 1-hydroxypyrene in the urine of exposed workers and a control group. PAK-concentrations do not exceed detection limits. However, the excretion of 1-hydroxypyrene in the urine rised significantly 85% during the week. Established values are at 41% of the currently allowed level not considered to be harmful. Nevertheless, as these exposure-values are easily avoided, containment measures are considered valuable.

Trefwoorden: blootstelling, dieselmotoremissies, 1-hydroxypyreen, PAK.

sche bemonstering. Werkplekatmosfeermetingen van carcinogene roetbestanddelen kan mogelijk uitgevoerd worden door het meten van totaal PAK's, benzo(a)pyreen of de marker 1-nitropyreen in het stof (Scheepers & Bos, 1995). Het meten van 1-hydroxypyreen in de urine is een valide parameter gebleken voor het vaststellen van de blootstelling aan PAK's (Van Rooij, et al, 1994; Scheepers & Bos, 1995). In een recente publicatie worden een drietal methoden voor biologische monitoring aangegeven met behulp waarvan de blootstelling aan lage concentraties DME vastgesteld kan worden. Het betreft lymfocyt DNA adducten, een hemoglobine adduct en 1-hydroxypyreen in de urine (Nielsen, et al, 1996). Zowel DNA-adducten als 1-hydroxypyreen bleken bij blootgestelden verhoogd. Voor totaal PAK's of benzo(a)pyreen in het stof van de werkplekatmosfeer zijn normen beschikbaar, voor de marker 1-nitropyreen (nog) niet. Voor de biologische monitoring kan de bovengrens van de normaalwaarde van 1-hydroxypyreen als grenswaarde gehanteerd worden.

Deze studie beschrijft de resultaten van een praktijkonderzoek naar de blootstelling aan DME van vorkheftruckchauffeurs en productiemedewerkers in een productieruimte met veel heftruckverkeer. De aard en de mate van blootstelling is vastgesteld door het meten van PAK's in het stof in de werkplekatmosfeer en 1-hydroxypyreen in de urine. De verschillende methoden worden vergeleken vanuit het oogpunt van beoordeling van de blootstelling.

Materiaal en methode

Omschrijving van de situatie

In het bedrijf worden grote rollen roestvrijstaal verwerkt (geslitterd) tot kleine stroken en platen. Bij het intern transport wordt veelvuldig gebruik gemaakt van een drietal diesel aangedreven vorkheftrucks van respectievelijk

Voorheen: Bedrijfsgezondheidsdienst Zuid Limburg, regionale Arbodienst

Thans: Arbodienst Koninklijke Marine, 's-Gravenhage tel 070- 2251136

Tabel 1: concentratie 1-hydroxypyreen in $\mu\text{mol/mol}$ creatinine (AM GM range)

Controle-populatie (n=6)	begin van de week	einde van de week
rokers (n=1)	0,05	0,06
niet-rokers (n=5)	0,09 2,6 (0,03-0,25)	0,06 -2,8 (0,04-0,08)

Tabel 2: individuele 1-hydroxypyreen concentraties (in $\mu\text{mol/mol}$ creatinine) in de urine

Blootgestelde populatie (n=6)	begin van de week	einde van de week
rokers (n=4)	0,18 -1,8 (0,12-0,25)	0,35 -1,2 (0,12-0,53)
niet-rokers (n=2)	0,10 -2,3 (0,09-0,25)	0,17 -1,9 (0,11-0,22)

10 ton, 2,5 ton en 3 ton. Daarnaast vindt in de productie-ruimte dagelijks laden en lossen van vrachtwagens plaats. Op diverse machines is in verband met het stofvrij houden van het product plaatselijke afzuiging aanwezig. De totale capaciteit van de afzuiging is $50\,000\text{ m}^3/\text{uur}$ en de inhoud van de productieruimte is $25\,000\text{ m}^3$. In de productieruimte werken 6 medewerkers. Er zijn 6 rokers in de onderzochte populatie aanwezig, waarvan 5 in de blootgestelde groep. De medewerkers zijn ongerust over het aanwezige stof: 'bij veelvuldig heftruckverkeer hangt soms een blauwe waas in de loods' en: 'op diverse oppervlakken is aan het einde van een werkdag een laagje zwart stof aanwezig', aldus het productiepersoneel. Bovendien klaagt men over een vieze zwarte huid en hoofdhuid en is men ongerust over het zwarte stof dat zich aan het einde van de dag in de neus heeft opgehoopt.

Blootstellingsmonitoring

Een indicatie van de inhaleerbare stofconcentraties en de persoonsgebonden stofblootstelling is verkregen middels drie stationaire metingen en één persoonsgebonden meting. De metingen zijn uitgevoerd met SKC constant flow monsterneming pompen (meetduur: 6 uur, flow: 2 ltr/min, IOM inhaleerbare stofmonsternemers en mixed cellulose ester filters). De filters zijn voor en na het gebruik 24 uur geconditioneerd en gewogen op een Metler analytische balans type AT 250 met een detectielimiet van $0,1\text{ mg/m}^3$. Een veegmonster is genomen op het stoffige oppervlak van één van de slittermachines. Het persoonsgebonden stofmonster is geanalyseerd op PAK's (16 van EPA) middels HPLC-UV door het laboratorium UCL in Duitsland. Dit laboratorium is geaccrediteerd volgens DAR (Deutsche AkkreditierungsRat, vergelijkbaar en erkend door STERLAB). De detectielimiet voor deze analyse is $0,01\text{ }\mu\text{g/m}^3$ voor luchtmonsters en 1 mg/kg droge stof voor het veegmonster.

De concentratie 1-hydroxypyreen in de urine is bepaald middels HPLC-UV door het laboratorium AML te Antwerpen. De detectielimiet van deze methode is $0,01\text{ }\mu\text{g/l}$ (vergelijkbaar met $0,01\text{ }\mu\text{mol/mol}$ creatinine). Uit de interne kwaliteitsborging blijkt dat de cvt-waarde voor de analysemethode 6,4% is. De concentraties 1-hydroxypyreen zijn vastgesteld in urinemonsters van een zestal productieme-

dewerkers en een zestal kantoormedewerkers. De monsters zijn genomen aan het begin en het einde van een vijfdaagse werkweek. Middels een vragenlijst zijn de belangrijke confounders (zoals roken) gemeten.

Resultaten

Stof in de lucht op de werkplek

De stationaire stofconcentratie was $0,2\text{ mg/m}^3$ met een 95% betrouwbaarheidsinterval op basis van een Cvt van 10% (Kromhout, et al, 1997) van $0,02$ tot $0,24\text{ mg/m}^3$ (n=3). De persoonsgebonden concentratie was $0,72\text{ mg/m}^3$ en het betrouwbaarheidsinterval op basis van de genoemde Cvt is $0,58 - 0,86\text{ mg/m}^3$ (n=1). In het persoonsgebonden luchtmonster werden geen PAK's aangetroffen, de concentraties zijn lager dan de detectielimiet ($<0,01\text{ }\mu\text{g/m}^3$). Het veegmonster bevatte uitsluitend $1,3\text{ mg/kg}$ fenantreen, de overige PAK-concentraties waren lager dan de detectielimiet, namelijk 1 mg/kg stof.

1-Hydroxypyreen in de urine

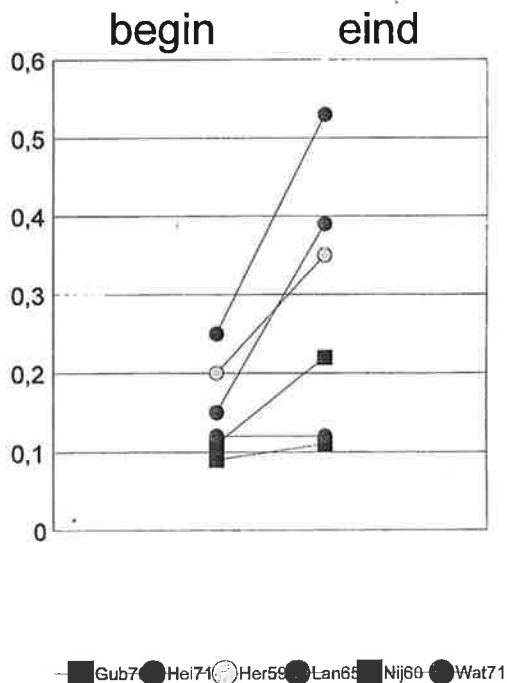
De individuele 1-hydroxypyreen concentraties (in $\mu\text{mol/mol}$ creatinine) in de urine zijn uitgezet in grafiek 1 en 2 (werknemers en controlepersonen). De concentraties aan het begin en aan het einde van een vijfdaagse werkweek worden weergegeven voor de rokers en de niet-rokers. De hoogste concentraties worden gemeten onder de rokers. Roken blijkt een belangrijke confounder bij het vaststellen van de blootstelling aan DMF met behulp van deze methode.

Het verschil tussen de blootgestelde en de controle-populatie was aan het begin van de week $0,07\text{ }\mu\text{mol/mol}$ (p = 0,14) een $0,22\text{ }\mu\text{mol/mol}$ (p = 0,01) aan het einde van de week. Onder de niet-blootgestelden nam de concentratie gedurende de week niet toe, bij de blootgestelden werd een significante toename gemeten van $0,13\text{ }\mu\text{mol/mol}$ (p = 0,04).

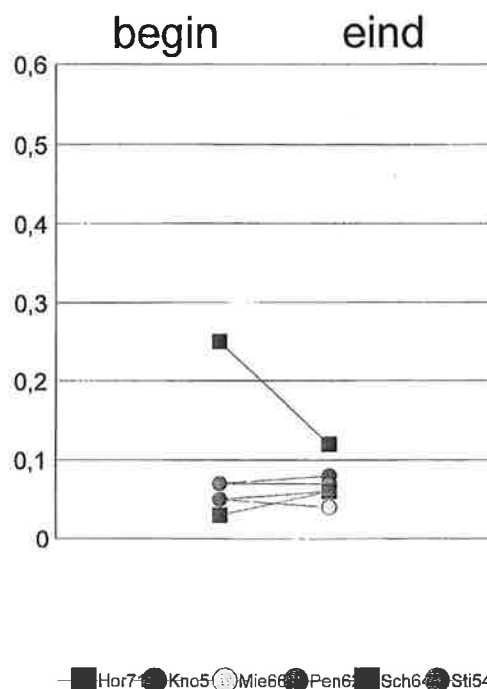
Discussie

De stationaire en persoonsgebonden stofconcentraties zijn laag. De concentraties PAK's in de lucht op de werkplek zijn lager dan de detectielimiet ($0,01\text{ }\mu\text{g/m}^3$). Het is duidelijk dat de concentraties daarmee beduidend lager zijn dan de momenteel geldende norm van $0,2\text{ }\mu\text{g/m}^3$ voor

Werknemers *1-hydroxypyreen in urine*



controlepersonen *1-hydroxypyreen in urine*



PAK's (Nationale MAC-lijst, 1996). De concentraties b(a)p is ook lager dan de genoemde detectielimiet en daarmee ook veel lager dan de Duitse TRK (Technische Richtconcentratie) waarde voor b(a)p van $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of de concept WGD advieswaarde van $0,315 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WGD, 1994). De blootstelling aan DME kan niet worden aangetoond met behulp van werkplekatmosfeermetingen op de totale PAK-concentratie of de concentratie b(a)p in het inhaleerbare stof. In de studiepublicatie S182 wordt aangegeven dat verhoging van de concentraties 1-nitropyreen in het inhaleerbaar stof op de werkplek een goede maat is voor de blootstelling aan kankerverwekkende dieselroetdeeltjes. Hoe hoog deze concentraties mogen zijn of welke verhoging ten opzichte van de buitenlucht aanvaardbaar is, wordt echter niet aangegeven, hetgeen het gebruik van deze parameter in de praktijk bemoeilijkt en de resultaten ondoorzichtig maakt. De Duitse overheid heeft voor de koolstoffractie van DME tenslotte een voorlopige TRK-waarde vastgesteld van $0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$ totaal koolstof in het respirabele stof. Voor het analyseren van de koolstoffractie zijn echter speciale voorzieningen nodig. Maar weinig laboratoria beschikken hierover waardoor deze methodiek slecht beschikbaar is. Het nadeel van deze norm is verder dat deze niet is vastgesteld op grond van gezondheidskundige overwegingen. Dit belemmert een goede beoordeling van de gezondheidsrisico's en komt de onderbouwing van de te treffen maatregelen niet ten goede.

In deze praktijkstudie is het meten van de concentratie hydroxypyreen in de urine zinvol gebleken. Het aantonen van de blootstelling aan DME bleek met deze methode goed mogelijk. In de blootgestelde populatie wordt gedurende een week een (significante) toename gemeten. De toename is onder rokers het grootst. Aan het eind van de week is de concentratie in de blootgestelde populatie significant verhoogd ten opzichte van de controle-populatie.

Een voorzichtige uitspraak over de gezondheidsrisico's van de huidige blootstelling kan gedaan worden door de gemeten waarden te vergelijken met de bovengrens van de normaalwaarde van $1,3 \mu\text{mol}/\text{mol}$ creatinine (Jongeneelen, 1988) of met een biologische advieswaarde voor cokes-ovenwerkers van $2,3 \mu\text{mol}/\text{mol}$ creatinine (Jongeneelen, 1992). Het blijkt dan dat de concentraties verhoogd zijn, maar de normaalwaarde of de genoemde biologische advieswaarde wordt niet overschreden. Hoewel de concentraties niet verontrustend zijn, is de geconstateerde verhoging toch ongewenst. Het treffen van maatregelen conform de arbeidshygiënische strategie is daarom aanbevolen.

Het nut van het uitvoeren van metingen wordt uiteraard sterk bepaald door het beoogde doel van het onderzoek. In de praktijksituatie was een belangrijke aanleiding de ongerustheid onder de medewerkers over eventuele gezondheidsrisico's. Door een verbeterd inzicht in de mate van blootstelling is de ongerustheid onder het personeel afgenomen. Een tweede aanleiding tot het uitvoeren van metingen is een verzoek van het management van het desbetreffende bedrijf een objectieve onderbouwing te geven aan eventueel te treffen maatregelen. Ten slotte is de wettelijke meet- of beoordelingsverplichting van belang. In de publicatie P187 'Werken met kankerverwekkende stoffen en processen' (1994) worden aanwijzingen gegeven betreffende het beoordelen van de aard, mate en duur van de blootstelling. Op basis van dit P-blad dient de blootstelling vastgesteld te kunnen worden middels een onderbouwde schatting en/of werkplekmetingen conform NEN 689 (Ned. Normalisatie Instituut, 1995). De Arbeidsinspectie verplicht bedrijven middels aanwijzingen ook tot het uitvoeren van deze beoordeling. Voor de invulling van deze beoordelingsverplichting wordt verwezen naar de arbodienst. Ten slotte is het bij blootstelling aan kanker-

verwekkende stoffen verplicht - waar mogelijk - een gericht arbeidsgezondheidskundig onderzoek te voeren. In P-187 wordt aangegeven dat monitoring van belastende factoren in het lichaam onderdeel uitmaakt van dit arbeidsgezondheidskundig onderzoek.

De te treffen maatregelen worden in NEN 689 afgestemd op de kans op normoverschrijding. De kans dat de blootgestelde populatie de genoemde norm van 1,3 µmol/mol creatinine overschrijdt, is volgens de methode van Wilks 3,12% (m.b.v. Hygienist versie 2.1). Deze kans op normoverschrijding bevindt zich in de oranje zone, dit betekent dat de blootstelling beneden de norm lijkt te liggen, maar dat periodieke metingen nodig zijn om dit te bevestigen. Vervangen van de vorkheftrucks lijkt in deze situatie (nog) niet noodzakelijk. Op basis van deze resultaten lijkt het in grote productieruimten met een ventilatievoud van minimaal twee mogelijk de blootstelling voldoende terug te dringen door maatregelen als vermindering van de roetuitstoot door uitlaatgasreiniging en huidafscherming. Uit eerder onderzoek is gebleken dat 37% reductie in opname van PAK mogelijk is door een verbeterde huidbescherming zoals het dagelijks dragen van nieuwe handschoenen en schone boven- en onderkleding en het wassen van de handen en het gezicht voor iedere pauze (Van Rooij, 1994).

Conclusie

Gezien de verhoogde concentraties hydroxypyreen in de urine van de blootgestelde medewerkers en de lage concentraties PAK's in de lucht op de werkplek, moet bij blootstelling aan DME met huidopname van PAK's rekening worden gehouden. Uit de resultaten van deze praktijkstudie blijkt dat 1-hydroxypyreen goed te gebruiken is als indicator voor de blootstelling aan DME.

Dankbetuiging

Bij dit onderzoek werd gebruik gemaakt van de waardevolle adviezen van F.J. Jongeneelen van IndusTox BV.

Literatuur

- Besluit Kankerverwekkende stoffen en Processen. Staatscourant (1994) nr 9, 22 februari.
- De Nationale MAC lijst 1996. (1996) Den Haag SDU Uitgeverij publicatie P145.
- Dutch expert committee on occupational standards. A committee of the Health Council of the Netherlands (DECOS). Health-based calculated occupational cancer risk values. (1994) Concept

annex 5: benzo(a)pyreen en PAK.

- Gefahrstoffliste (grenzwerte einstufungen). Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (BIA) (1993) rapport 1.
- Gustavsson P, N Plato, E.B. Lindstrom and C. Hogstedt. Lung cancer and exposure tot diesel exhaust among bus garage workers. Scand J. Work Environm Health (1990) 16, 348-354.
- Hayes R.B., T. Thomas, L.W. Pickle, P. Correa, E.T. Fontham and J.B. Schoenberg. Lung cancer in motor exhaust related occupations. AM J Ind Med (1989) 16, 685-695.
- International Agency for Research on Cancer. Diesel and gasoline engine exhaust and some nitroarenes. Monographs on the evaluation of carcinogenic Risk to Humans. Lyon, IARC (1989) Vol 40.
- Jongeneelen F.J.. Biological exposure limit for occupational exposure to coal tar pitch volatiles at coke-ovens. Int Arch Env Health (1992) 63, 511-516.
- Jongeneelen F.J., R.B.M. Anzion, P.T.J. Scheepers, et al, 1-Hydroxypyrene in urine as a biological indicator of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in several work environments. Annals Occup Hyg (1988) 32, 35-43.
- Kromhout H., K. Hommes, J. Thissen. Vergelijkend veldonderzoek van IOM- en PAS-6 stofmonsternemer. Tijdschr v Toegepaste Arbowedenschappen. (1997) 10, 2-6.
- NEN-EN 689 Werkplekatmosfeer. Leidraad voor de beoordeling van de blootstelling bij inademing van chemische stoffen voor de vergelijking met de grenswaarden en de meetstrategie. Nederlands Normalisatie Instituut, 1995.
- Nielsen P.S., A.S. Andreassen, P.B. Farmer, S. Ovrebo, H. Aarup. Biomonitoring of diesel exhaust-exposed workers. DNA and haemoglobin adducts and urinary 1-hydroxypyrene as markers of exposure. Technology Letters (1996) 86, 27-37
- Scheepers, P.T.J., R.P. Bos. Monitoring van beroepsmatige blootstelling aan dieselmotoremissies. Den Haag, SDU Uitgeverij (1995) studiepublicatie S182
- Scheffers IHPC. Hygienist versie 2. Maastricht, 1994
- Steenland N.K., D.T. Silverman and R.W. Hornung. Case control study of lung cancer and truck drivers in the Teamsters Union. Am J Public Health (1990) 80, 670-674.
- Van Rooij J.M.G., M.M. Bodelier-Bade and F.J. Jongeneelen. Estimation of the individual dermal and respiratory uptake of polycyclic aromatic hydrocarbons of 12 coke-oven workers. Br J Ind Med (1993) 50, 623-632.
- Van Rooij J.G.M., M.M. Bodelier-Bade, P.M.J. Hopmans and F.J. Jongeneelen. Reduction of urinary 1-hydroxypyrene excretion in coke-oven workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons due to improved hygienic skin protective measures. Ann Occ Hyg (1994) 38, 247-256.
- Werken met kankerverwekkende stoffen en processen. Den Haag, SDU Uitgeverij (1994) Publicatieblad P187.
- wgd Advieswaarde