

Oorspronkelijk werk

Verlaging van blootstelling op kooksfabrieken door gebruik van adembescherming

F.J. Jongeneelen¹,
S. Oosterink^{2,3}, H. v. Veen²

Summary

Cokeoven workers are exposed to coal tar volatiles including carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH). During three consecutive shifts ambient and biological monitoring of 56 cokeoven workers was performed. The concentration of pyrene in the breathing zone air of the cokeoven workers ranged up to 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pre- and end-of-shift urine samples were collected for the determination of 1-hydroxypyrene, a metabolite of pyrene. Levels of 1-hydroxypyrene up to 11.2 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ were found in the urine of the cokeoven workers. At the start of the 3-day working-period after 32 h off work, the 1-hydroxypyrene levels were 4 times higher and at the end of the working period the levels were 10 times higher compared to control levels. A questionnaire was used for the recording of smoking habits and the use of protective devices, including an airstream helmet. Multiple regression analysis of the external and internal exposure data showed that smokers had significant higher 1-hydroxypyrene levels than non-smokers and that workers, who used an airstream helmet had significant lower end-of-shift levels than those not wearing these protective devices.

1. Vakgroep Toxicologie, KU Nijmegen, Pb 9101, 6500 HB Nijmegen.
2. Hoogovens IJmuiden BV.
3. Huidige adres: GAK, Advisering Bedrijfsveiligheid.

Inleiding

Op een kooksbatterij is de emissie van gas, damp en stof erg verspreid.

Er zijn een groot aantal emissiebronnen. De medewerkers die werkzaam zijn op de kooksbatterijen kunnen aan deze koolteerdampen worden blootgesteld. In een dergelijk werkmilieu zullen beheersmaatregelen leiden tot een beperkte reductie van de blootstelling. Daarom wordt deze medewerkers geadviseerd om een airstream helm (ASH) te dragen.

Deze helm is voorzien van een kleine ventilator, die aangedreven wordt door een oplaadbare batterij. De ventilator zuigt omgevingslucht aan de achterzijde via een filter aan en blaast dit via een zakkenfilter van boven naar beneden als een lichtgordijn langs het gelaat. De overmaat lucht verdwijnt langs de kin. In het verleden zijn op beperkte schaal metingen uitgevoerd om het stofafvangst rendement te bepalen. Van de Wal (1977) rapporteerde dat aerosoldeeltjes van 0,5 μm en groter voor minstens 90% worden afgevangen door een airstream helm (Racal, type AH1). Jager (1981a) rapporteerde dat de stofconcentratie in de airstream helm achter het vizier significant lager was dan die welke op de borst van dezelfde kooksovenwerker werd gemeten. ►

Een uitgave van

NI
A
en

Kluwer

1-Hydroxypyreen in urine (1-hpU) blijkt een goede indicator voor inwendige blootstelling aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) (Jongeneelen et al. 1985, 1986, 1988). In dit artikel wordt aan de hand van persoonsgebonden metingen van pyreen in de lucht en biologische monitoring van pyreen het effect van het gebruik van een airstream helm op de opname van PAK in het lichaam van blootgestelde werknemers besproken.

Onderzoeksopzet, personen en methoden

Onderzoeksopzet

Het produceren van kooks is een continuproces. Er wordt op twee kookfabrieken gewerkt in het vierploegen systeem; drie wachten op, één dag vrij, drie wachten op etc. Aan alle 90 medewerkers in de functie van bedieningsman batterijen is medewerking aan dit onderzoek gevraagd. Uiteindelijk hebben 56 personen aan dit onderzoek deelgenomen.

Gedurende 12 achtereenvolgende ochtendwachten (6.00-14.00 uur) werden persoonsgebonden luchtmetingen verricht en urinemonsters verzameld, zodat er per werknemer meetgegevens zijn van 3 achtereenvolgende werkdagen. De luchtmetingen werden verricht gedurende de werkuren op de batterij. Het aantal blootstellingsuren werd geregistreerd door arbeidshygiënist en bedrijfsverpleegkundigen. De urinemonsters werden juist vóór (voor-werk) en juist ná het werk (na-werk) ingezameld.

Vierenveertig van de 61 medewerkers van de afdeling emballage van de warmband walserij hebben als controlepersoon meegedaan. Van deze groep werd na de laatste ochtenddienst (= derde dienst) om 14.00 uur een urinemonster ingezameld. In totaal werden 151 luchtmonsters en 343 urinemonsters verzameld en geanalyseerd.

Een uitgebreide vragenlijst werd gebruikt om de werkanamnese op te nemen en persoonskenmerken als leeftijd, rookgewoonte, alcoholgebruik, medicijngebruik en gebruik van ademhalingsbeschermingsmiddelen vast te leggen. In de meetperiode werd thuis niet met koolteerprodukten gewerkt.

Personen

De gemiddelde leeftijd (\pm SD) van de 56 kooksovendeelnemers was 35 (\pm 8) jaar, terwijl dit van de 43 controlepersonen 34 (\pm 10) was. Ruim de helft van beide groepen bleek tot de

rokers te behoren (kookfabriek: 54%, controles: 66%). De mate van roken van beide groepen is gelijk (gemiddeld voor kookfabriekarbeiders 13 en voor de controles 15 sigaretten/dag per persoon). De medewerkers werkzaam op de kooksbatterijen en de blushelling werd geadviseerd een standaard airstream helm (Racal, type AH1) te dragen. Het filter in de helm werd elke nacht vernieuwd. Reservefilters voor de verwisseling tijdens de dienst waren aanwezig.

Luchtmonstername van PAK

Gedurende de werkuren werd met behulp van persoonlijke monstername op de borst totaal stof gemeten. De stofmonsters werden verzameld in een filterhouder die voldoet aan de ISO norm ISO/TC 146, op een 37 mm teflon filter (Sartorius, poriegrootte 1,2 μ m). Met een debiet van 3 l/min werd een aanzuig snelheid van 1.25 m/s in de opening van de filterhouder verkregen (DGA, 1989). Na monstername werden de membraanfilters bewaard bij -20°C . De filters werden ultrasoon geëxtraheerd (30 min) met tolueen (1 ml). Onopgelost materiaal werd afgescheiden door te centrifugeren. 1 μ l van het heldere oplosmiddel werd geïnjecteerd in een gaschromatograaf (CP Sil 8 CB kolom, 0,32 mm i.d., 0,11 mm film-dikte). De detectiegrens voor pyreen was 0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hydroxypyreen in urine

De urinemonsters werden geanalyseerd op 1-hydroxypyreen (Jongeneelen et al, 1987). De gemeten waarden zijn gecorrigeerd voor verdunning door de gevonden waarden uit te drukken per eenheid creatinine. Enkele urinemonsters met een zeer lage of zeer hoge creatinine concentratie (<4 en >34 mmol/l) werden niet meegenomen bij de analyse van de meetgegevens.

Statistische analyse

De resultaten van de lucht- en urine-metingen zijn weergegeven met het geometrische gemiddelde (afgekort als GM) en range. Correlatie werd berekend met de parameter vrije Spearman toets (r_s). De determinanten van inwendige blootstelling werden onderzocht met meervoudige lineaire regressieanalyse en de significantie van de regressiecoëfficiënten werd getoetst met de t-toets. Verschillen tussen twee groepen werden onderzocht met de Wilcoxon rangsom toets.

Resultaten

Aangezien niet alleen pyreen in de

luchtmonsters werd gemeten, maar ook 11 andere PAK kon de relatieve verhouding van PAK-concentraties worden vastgesteld (= PAK-profiel). Het PAK-profiel van kooksovenstof is weergegeven in figuur 1 en laat zien dat pyreen één van de PAK is die in relatief hoge concentratie aanwezig is. Tabel 1 geeft de dagelijkse blootstellingsuren van de deelnemers en de tijdgewogen gemiddelde (TGG) pyreen concentratie in de ademzone over de blootstellingsuren. De frequentieverdeling van de gemeten concentraties bleek de log-normale verdeling te benaderen. De hoogste PAK-concentraties werden gemeten bij de werkers op het ovendek (Oosterink, 1988).

Tabel 2 geeft de concentratie 1-hydroxypyreen in de urine (1-hpU) van controlepersonen. De rokende controlepersonen bleken significant hogere 1-hpU concentraties te hebben dan de niet-rokende controlepersonen (Wilcoxon-test, $p = 0,003$). Tabel 3 geeft de concentratie hydroxypyreen in de urine van de kooksovenwerkers. Deze zijn een factor 4-10 hoger dan de controlewaarden. Een stijging van 1-hydroxypyreen in urine over de dag en een daling over de nacht is heel duidelijk. In de loop van de driedaagse werkperiode valt een toename van de urineconcentratie waar te nemen. Deze accumulatie is ook na blootstelling aan creosoot-olie vastgesteld (Jongeneelen et al, 1988). De vrije periode tussen de twee drie-daagse diensten - 32 uur - blijkt niet voldoende om de 1-hydroxypyreenwaarde tot het achtergrondniveau te doen dalen; de gemiddelde 1-hydroxypyreen concentratie van de monsters die verzameld zijn aan het begin van de drie-daagse periode vóór het werk is een factor 2-3 hoger dan die van de controlegroep (tabel 2 en 3).

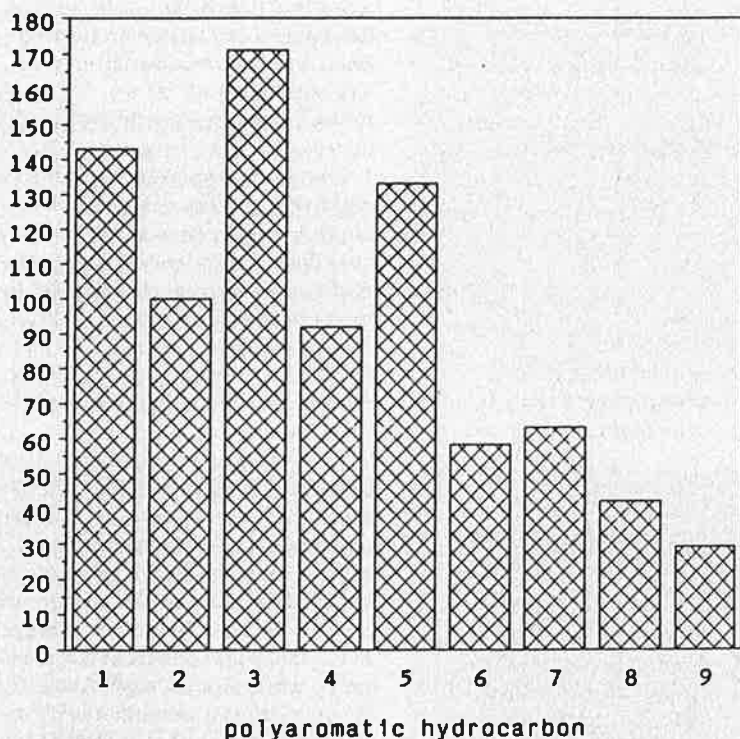
Met behulp van meervoudige lineaire regressie analyse werden de determinanten van inwendige blootstelling van de kooksbatterij onderzocht aan de hand van het volgende model:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5$$

waarin:

- b_0 = constante of intercept
- $b_1 \dots b_5$ = regressiecoëfficiënten
- Y = na-werk 1-hpU ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)
- X_1 = voor-werk 1-hpU ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)
- X_2 = pyreen in lucht ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- X_3 = blootstellingsuren (uur/dag)
- X_4 = roken (nee = 0, ja = 1)

Figuur 1. Relatieve verhouding van PAK-concentraties in kooksovenaerosol. De pyreenconcentratie werd gesteld op 100%



- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1 = fluorantheen, | 6 = benzo(e)pyreen, |
| 2 = pyreen, | 7 = benzo(a)pyreen, |
| 3 = benz(a)anthraceen, | 8 = indeno(1,2,3-c,d)pyreen, |
| 4 = chryseen, | 9 = benz(ghi)peryleen. |
| 5 = benz(b + j + k)fluorantheen, | |

Tabel 1. Blootstelling van kooksovenwerkers

	dag 1	dag 2	dag 3
Aantal personen (N)	48	55	49
Blootstellingsuren (uren)	4,7	4,7	4,7
Gem [range]	[2,0-6,7]	[2,0-6,8]	[1,8-6,0]
Pyreen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,5	1,2	1,0
GM [range]	[<dg-23,3]	[<dg-7,4]	[<dg-14,0]

<dg = onder detektielgrens
GM = geometrisch gemiddelde

Tabel 2. 1-Hydroxypyreen in urine van controlepersonen

	niet-rokers	rokers
GM	0,17	0,51*
[range] ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)	[0,01-0,93]	[0,04-1,24]
aantal personen (N)	14	28

GM = geometrisch gemiddelde
* Wilcoxon-test, $p = 0,003$

X_5 = gebruik airstream helm (altijd = 0, nooit = 1)

De werknemers werden geïnterviewd over het gebruik van een airstream

helm gedurende het werk (altijd, soms of nooit). Alleen die werknemers die opgaven altijd of nooit een airstream helm te dragen werden in deze analyse betrokken (N = 43).

Tabel 4 geeft het resultaat van deze analyse. De analyse werd zowel per dag uitgevoerd als met het gemiddelde van de blootstellingsvariabelen (na-werk 1-hpU, voor-werk 1 hpU, pyreen in lucht, blootstellingen uren) van de waarnemingen van drie dagen.

De urine-waarde van vóór het werk is een sterke determinant voor de na-werk 1-hpU. De analyse maakt verder duidelijk dat niet de pyreenconcentratie of de blootstellingen de verklarende factor is voor 1-hydroxypyreen in urine, maar dat het roken én het dragen van een airstream helm *wel* belangrijke determinanten zijn; niet-roken en altijd gebruiken van een airstream helm drukt de blootstelling. Niet-rokers hebben gemiddeld na het werk 0,7 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 1-hydroxypyreen *minder* en airstream helm-gebruikers hebben gemiddeld 1,0 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ *minder* in de urine. In tabel 5 wordt de na-werk 1-hpU-waarde en de toename over de dienst gegeven voor de medewerkers die altijd en medewerkers die nooit adembescherming gebruiken. De tabel illustreert de beschermende werking van de airstream helm.

Discussie

Roken blijkt van invloed op de 1-hydroxypyreen concentratie in urine. Het verschil tussen de rokende en niet-rokende kooksfabrikarbeders is veel groter dan het verschil van de controlegroep (gemiddeld verschil van kooksovenwerkers: 0,70 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ en dat van de controlegroep: 0,23 $\mu\text{mol}/\text{mol}$). De mate van roken in de beide populaties rokers was vrijwel gelijk (kooksfabriek: 13 en controlegroep: 15 sigaretten/dag). Het grotere verschil bij de kooksfabriek populatie wordt dus niet veroorzaakt door de mate van roken, maar kennelijk versterken blootstelling op de kooksfabriek en roken elkaar. Dit is bijvoorbeeld mogelijk doordat:

1. sigaretten bevuild worden door handen of door het met vuile handen draaien van shag,
2. er sprake is van remming van de activiteit van trilhaarepoteel in de bovenste luchtwegen, dan wel dat
3. er sprake is van een interactie op het niveau van de toxicokinetiek.

Joosting (1981) besprak reeds eerder de invloed van roken op blootstelling aan chemische agentia. Het advies van de BGD om niet te eten, drinken of roken in het gebied van emissies op de kooksfabrieken (Jager 1981b), is daarom een zinvol advies.

Het onderhavig onderzoek laat zien dat de pyreenconcentratie in de ►

Tabel 3. 1-Hydroxypyreen in urine van kooksovenwerkers

monster-tijdstip	wacht 1		wacht 2		wacht 3	
	voor-werk 6.00	na-werk 14.00	voor-werk 6.00	na-werk 14.00	voor-werk 6.00	na-werk 14.00
GM	0,86	2,27	1,30	2,06	1,32	2,98
[range] ($\mu\text{mol/mol}$)	[0,3-3,5]	[0,5-11,2]	[< dg-4,1]	[0,4-10,1]	[0,2-4,7]	[0,4-11,2]
Aantal personen (N)	44	44	52	53	48	47

GM = geometrisch gemiddelde

Tabel 4. Meervoudige regressieanalyse voor de afhankelijke variabele '1-hydroxypyreen in na-werk urine' van kooksoven-medewerkers ($\mu\text{mol/mol}$ creatinine)

bepalende variabele	regressie coëfficiënten			
	dag 1 b (SE)	dag 2 b (SE)	dag 3 b (SE)	gem. 3 dagen b (SE)
1. voor-werk 1-hpU ($\mu\text{mol/mol}$)	1,8(0,5)**	0,6(0,3)*	1,1(0,2)**	0,9(0,3)*
2. pyreen in lucht ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,1(0,1)	0,2(0,2)	0(0,1)	0,1(0,1)
3. blootstel- lings tijd (uur)	-0,1(0,3)	0(0,3)	0(0,2)	-0,1(0,2)
4. gebruik ASH (0 = altijd, 1 = nooit)	1,5(0,6)*	1,0(0,6)	0,5(0,5)	1,0(0,5)*
5. roken (0 = nee, 1 = ja)	1,4(0,5)*	0,2(0,5)	0,6(0,4)	0,7(0,4)
constante	-0,1(1,3)	1,1(1,3)	0,5(1,1)	1,9(1,2)
R ² , Aantal personen (N)	0,61, 31	0,27, 40	0,55, 35	0,44, 42

** p < 0,001

* p < 0,05

Tabel 5. 1-Hydroxypyreen in urine van kooksfabriekmedewerkers die óf nooit óf altijd een airstream helm gebruiken ($\mu\text{mol/mol}$ creatinine)

Klasse	Aantal personen (N)	nawerk GM (range)	toename over dienst GM (range)
Nooit	14	3,0 [8-7,3]	1,9 (-1,2-4,2)
Altijd	29	1,7 [6-4,1]	0,8 (-1,3-3,0)

GM = geometrisch gemiddelde gebaseerd op max. 3 waarnemingen per deelnemer

ademzone en het aantal blootstel-
lingsuren beide vrijwel niet van in-
vloed zijn op de na-werk 1-hpU waar-
de. De meest voor de hand liggende
verklaring voor dit fenomeen is dat
door de traagheid van de uitscheiding
van hydroxypyreen (halfwaarde-tijd
= 6-34 uur) en door het ritme van
drie wachten op, één af, de con-
centratie hydroxypyreen in urine
achterloopt op de uitwendige bloot-
stelling en daardoor het verband
tussen deze twee niet erg sterk is. Dit

wordt geïllustreerd door de Spearman
correlatie coëfficiënten van het ver-
band tussen 'pyreen in luchtblootstel-
lingsuren' en na-werk 1-hydroxypy-
reen van de drie dagen:
dag 1: $r_s = 0,15$, N = 43, niet signifi-
cant;
dag 2: $r_s = 0,28$, N = 52, p = 0.04
en
dag 3: $r_s = 0,40$, N = 45, p = 0.006.
Het is duidelijk dat de samenhang in
de loop van de 3-daagse dienst toe-
neemt.

De effectiviteit van het gebruik van
de airstream helm blijkt duidelijk uit
de metingen. Er zijn echter factoren
die aan deze conclusie afbreuk kun-
nen doen, namelijk:

het vragen van airstream helm-ge-
bruik in plaats van registreren (1),
hygiënisch gedrag (2) en
invloed van dragen helm op lucht-
metingen (3).

1. Het *informer*en naar, in plaats van
registreren van het gebruik van een
airstream helm kan een bias ver-
oorzaken. Het is waarschijnlijk dat
deze de richting zal uitgaan van het
meest gewenste antwoord, met an-
dere woorden een deel van de *niet*-
gebruikers zal *wel* opgeven. Het
werkelijke effect van een dergelijke
helm zal dan nog groter zijn.

2. De werknemers, die altijd adembe-
scherming dragen behoren waar-
schijnlijk tot het deel van de groep
met een positieve houding ten op-
zichte van goede arbeidsomstandig-
heden. Dit betekent dat andere aan-
bevolen beschermende maatregelen
eveneens in sterke mate door deze
groep worden opgevolgd. Aangezien
er aanwijzingen bestaan dat de op-
name via de huid bij kooksbatterij
werkers van groot belang is (Jonge-
neelen et al, 1989), zullen niet alleen
ademhalingsbeschermingsmiddelen,
maar ook de huidbeschermingsmidde-
len de lichaamsbelasting reduceren.
Het gemeten effect van het gebruik
van een airstream helm kan daarom
breder geïnterpreteerd worden, name-
lijk als een effect van positief hygië-
nisch gedrag, waarbij het dragen van
een airstream helm als indicator
gebruikt is.

3. Aangezien er een overmaat lucht
langs het gezicht van een airstream
helm-gebruiker geblazen wordt en de
stofmonsternametekop op de borst
bevestigd was, is er een beïnvloeding
van de pyreenmeting mogelijk. Dit
kan leiden tot een systematisch lage-
re pyreenconcentratie. De concen-
tratie pyreen gemeten bij de altijd
gebruikers (GM [range]) = 1,5
[< dg-23,6] $\mu\text{g}/\text{m}^3$) bleek echter hoger
als bij de nooit gebruikers (GM
[range]) = 1,0 [< dg-14,0] $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
Om toch een antwoord te geven op
deze invloed, werd de meervoudige
regressie analyse herhaald, maar nu
met een pyreenconcentratie die 0,5
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger is voor de airstream
helm-gebruikers. Het resultaat ver-
toonde een minimaal verschil ten
opzichte van tabel 4. De invloed van
deze factor is daarom niet groot.
De effectiviteit van het gebruik van
ademhalingsbeschermingsmiddelen op
de werkplek is weinig onderzocht. Dit
onderzoek laat zien dat de inwendige
belasting aan PAK van de kooksoven-

medewerkers aanzienlijk daalt bij gebruik van adembescherming in de vorm van een airstream helm. Het lange termijn gezondheidsrisico van gebruikers zal overeenkomstig kleiner zijn.

Nawoord

Dit onderzoek is een deel van het grotere onderzoek van het Nederlands Kanker Instituut (ir. F. v. Leeuwen, dr. E. Kriek en drs. F.J. v. Schooten), Hoogovens IJmuiden BV en de Vakgroep Toxicologie, KU Nijmegen naar blootstelling aan PAK op kookfabrieken. De grote inzet van de afdeling Arbeidsomstandigheden, met name BGD en de afdeling Chemische Arbeidshygiëne van de Hoogovens IJmuiden BV bij de uitvoering van het onderzoek wordt gaarne met dank vermeld. Het onderzoek werd financieel mogelijk gemaakt door het Directoraat-Generaal van de Arbeid (DGA) te Voorburg.

Literatuur

1. DGA: Directoraat-Generaal van de Arbeid; De nationale MAC-lijst. Publikatieblad P145, Voorburg 1989.
2. A.G. de Jager. Het meetbare effect van een anti-stofhelm op de verlaging van BEM. Scriptie cursus Arbeids & Bedrijfs-geneeskunde, Nijmegen, 1981a.
3. A.G. de Jager; Bescherming tegen PAK op het kooksovendek. Literatuuronderzoek cursus Arbeids & Bedrijfs-geneeskunde, Nijmegen, 1981b.
4. F.J. Jongeneelen, R.P. Bos, P.Th. Henderson; Monitoring van beroepsmatige blootstelling aan PAK's. T. soc. Gezondheidsz. 63; 1018-1022 (1985).
5. F.J. Jongeneelen, R.P. Bos, R.B.M. Anzion, J.L.G. Theuws and P.Th. Henderson; Biological monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons: metabolites in urine. Scand. J. Work Environ. Hlth. (1986) 12: 137-143.
6. F.J. Jongeneelen, R.B.M. Anzion and P.Th. Henderson; Determination of hydroxylated metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbons in urine. J. Chromatogr. (1987) 413: 227-232.
7. F.J. Jongeneelen, R.B.M. Anzion, P.T.J. Scheepers, R.P. Bos, P.Th. Henderson, E.H. Nijenhuis, S.J. Veenstra, R.M.A. Brouns and A. Winkes; 1-Hydroxypyrene as a biological indicator of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in several work environments. Ann. Occup. Hyg. (1988) 32: 35-43.
8. F.J. Jongeneelen, F.E. van Leeuwen, S. Oosterink, R.B.M. Anzion, F. v.d. Loop, R.P. Bos, H. van Veen; Ambient & biological monitoring of cokeoven workers; determinants of internal exposure of polycyclic aromatic hydrocarbons. (1989) Aangeboden ter publicatie.
9. Joosting P.E.; Wat is de betekenis van arbeidshygiënische normen met en zonder tabak? T. soc. Geneesk 59 (1981) 762-771.
10. S. Oosterink; Op hete kolen. Scriptie cursus bedrijfshygiëne IHBO-Breda, Breda, 1988.