

Indicator voor:

1-hydroxy-pyreen: metaboliet van pyreen
1-naftol, 2-naftol: metaboliëten van naftaleen

PAK's komen vrij bij onvolledige verbrandingsprocessen in verwarmingselementen (zoals kachels), uitlaatgassen, bosbranden, sigarettenrook (ATSDR, 1995; INCHEM WHO, 1998).

PAKs worden ook gevormd in verhitte/verbrande voedingswaren (vb. barbecue, aangebrand vlees, verbrande korsten van brood). Een kleine hoeveelheid PAK's wordt geproduceerd door de mens zelf, o.a. voor toepassingen in asfalt, in roofingmateriaal, in materiaal voor olieraffinaderijen, in teerproducten (creosoot). Bij de productie en het gebruik van deze producten zullen er dus PAK's in de lucht vrijkomen

Productievolume:

In emissie-inventarissen wordt de laatste jaren in toenemende mate gefocust op vier hoogmoleculaire carcinogene indicator PAK's, bekend als de vier EMEP PAK's: benzo(a)pyreen (B(a)P), benzo(b)fluorantheen (B(b)Flu), benzo(k)fluorantheen (B(k)Flu) en indeno(1,2,3-cd)pyreen (Ind).

De totale PAK-emissie (4 EMEP PAK's) in Vlaanderen lag in 2012 ruim 38 % hoger dan in 1990 en zelfs 70 % hoger dan in 2000. In 2010 werd de hoogste PAK-emissie van het laatste decennium genoteerd. In vergelijking met 2010 was er in 2012 wel een vermindering van de PAK-uitstoot met 13 %.

De huishoudens zijn steeds verantwoordelijk voor het overgrote deel van de PAK-emissie (een aandeel van ruim 88 % in 2012). De belangrijkste huishoudelijke bron is de gebouwenverwarming (verantwoordelijk voor 98 % van de huishoudelijke PAK-emissie) en dan hoofdzakelijk de verwarming op steenkool en hout in kachels en open haarden. De resterende huishoudelijke PAK-emissie komt van het verbranden van afval in tonnetjes en open vuren (VMM, MIRA, 2012).

Wetgevend kader:

Verordening (EU) 231/2012: bepaalt maximale gehalten aan PAK's in voedseladditieven.

Midden-lange termijn doelstelling emissies (2010): 192 ton/jaar

Richtlijn 2008/105/EC: normen voor verschillende PAK's voor alle oppervlaktewateren. Deze normen mogen worden overschreden in mengzones in de directe omgeving van puntbronnen, zolang de rest van het oppervlaktewaterlichaam de norm haalt.

VLAREBO 2008: Streefdoel verschillende PAK's in bodem en grondwater

Verordening (EU) 1881/2006 bepaalt maximumgehalten van verschillende PAK's in levensmiddelen

Richtlijn 2004/107/EC ivm meting van PAK's in omgevingslucht, richtwaarde benzo(a)pyreen 1ng/m³

Drinkwaternorm Vlaanderen PAK's: 0.10 µg/L (Vlaamse regering, 2002)

Richtlijn 1998/83/EC: Maximum toegelaten concentratie van PAK's in drinkwater is 1 µg/l (som van benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(chi)peryleen, indo(1,2,3-cd)pyreen

Verwachte blootstellingswegen naar de mens:

Inademing van PAK's die vrijkomen bij onvolledige verbrandingsprocessen in verwarmingselementen (zoals kachels), uitlaatgassen, bosbranden en sigarettenrook (ATSDR, 1995; INCHEM WHO, 1998) en opname via consumptie van gerookte voedingswaren, cornflakes of voeding bereid op de barbecue (ATSDR, 1995; INCHEM WHO, 1998).

Bij niet-rokers is voeding verantwoordelijk voor 99% van de pyreen opname (INCHEM WHO, 1998).

(Hoog) blootgestelde groep:

Algemene bevolking

Verwachte gezondheidseffecten:

Carcinogeen: volgens de IARC classificatie (2006) wordt benzo(a)pyreen beschouwd als kankerverwekkend voor de mens (groep 1). Cyclopenta(cd)pyreen, dibenz(a,h)anthraceen, dibenzo(a,l)pyreen en creosoten zijn waarschijnlijk kankerverwekkend voor de mens (groep 2A). Benz[(j)aceanthryleen, benz(a)anthraceen, benzo(b)fluorantheen, benzo(j)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(c)phenanthreen, chryseen, dibenzo(a,h)pyreen, dibenzo(a,i)-pyreen, indeno(1,2,3-cd)pyreen and 5-methylchryseen zijn mogelijk kankerverwekkend voor de mens (groep 2B). De overige PAK's worden door IARC geplaatst in groep 3. De classificatie van IARC is gebaseerd op studies van beroepsblootstelling en op dierenstudies. De plaats waar de kanker ontwikkeld is meestal afhankelijk van de blootstellingsweg: maagkanker bij inslikken, longkanker bij inademen en huidkanker bij dermaal contact (ATSDR, 1995).

Dierenstudies hebben aangetoond dat PAK's invloed hebben op ontwikkelende weefsels zoals beendermerg, lymfe organen, voortplantingsorganen en het intestinaal epithelium (ATSDR, 1995). Ook reproductieve effecten zoals doodgeboorte en laag geboortegewicht als immunosuppressieve effecten werden bij muizen waargenomen.

In de Vlaamse humane biomonitoringsstudies FLEHS I, II en III werden dosis-effect relaties gevonden tussen 1-OH-pyreen en DNA schade (Steunpunt milieu en gezondheid).

Laagste niveau waarbij schadelijke effecten waargenomen werden:

- Acanafteen: NOAEL hepatotoxiciteit: 175 mg/kg bw/dag (INCHEM WHO, 1998)
 Orale LOAEL lever muizen: 175 mg/kg bw/dag (EPA, 1989a)
 Orale MRL (minimum risk level) mens: 0.6 mg/kg bw/dag (ATSDR, 1995)
- Fluoranteen: NOAEL nefropathie, verhoogd levergewicht en haematologische effecten bij muizen: 125 mg/kg bw/dag (INCHEM WHO, 1998; SCF, 2002)
 Orale LOAEL lever muizen: 125 mg/kg bw/dag (EPA, 1988)
 Orale MRL mens: 0.4 mg/kg bw/dag (ATSDR, 1995)
- Fluoreen: NOAEL haematologische effecten: 125 mg/kg bw/dag (INCHEM WHO, 1998)
 Orale LOAEL lever muizen: 125 mg/kg bw/dag (EPA, 1988)
 Orale MRL mens: 0.4 mg/kg bw/dag (ATSDR, 1995)
- Pyreen: NOAEL nefropathie bij muizen: 75 mg/kg bw/dag (INCHEM WHO, 1998; SCF, 2002)
- Anthantreen: NOAEL geen effect bij muizen: 1000 mg/kg bw/dag (INCHEM WHO, 1998; SCF, 2002)
 Orale NOAEL lever muizen: 1000 mg/kg bw/dag (EPA, 1989b)
 Orale MRL mens: 10 mg/kg bw/dag (ATSDR, 1995)
- Benzo(a)pyreen: orale NOEL immunosuppressieve effecten bij ratten: 3 mg/kg bw/dag (WHO, 2006)

Geschatte externe blootstelling (dagelijkse inname)

- Geschatte gemiddelde indoor PAK-concentratie: 1 – 100 ng/m³ (INCHEM WHO, 1998)
 Blootstelling aan benzo(a)pyreen door inademing wordt geschat op 0.05 µg/dag (INCHEM WHO, 1998).
 Geschatte gemiddelde opname PAK's via de voeding: 0.10 – 10 µg/dag (INCHEM WHO, 1998)
 Geschatte gemiddelde opname van benzo(a)pyreen via drinkwater: 0.0002 µg/dag (INCHEM WHO, 1998)
 Geschatte gemiddelde opname benzo(a)pyreen: 0.004 µg/kg bw/dag (WHO, 2006)
 Geschatte high-level opname benzo(a)pyreen: 0.01 µg/kg bw/dag (WHO, 2006)

Richtwaarden voor externe/interne blootstelling:

Interne blootstelling

Richtlijn voor beroepsblootstelling: 2000 ng 1-OH-pyreen/g creatinine (Lauwerys & Hoet, 2001)

Het is nog niet mogelijk risico's te bepalen van PAK-blootstelling op basis van urinaire 1-OH-pyreenconcentraties omdat nog geen verband werd aangetoond met lange termijneffecten (INCHEM WHO, 1998). Een indirecte dosis-respons relatie van 1-OH-pyreenconcentraties en het risico op longkanker werd geschat voor coke-oven arbeiders: 2.3 μmol 1-OH-pyreen/mol creatinine komt overeen met een relatief risico op longkanker van 1.3 (Jongeneelen, 1992). Omdat de samenstelling van PAK-mengsels sterk kan variëren, kan dit niet gebruikt worden voor andere werkomgevingen of omgevingslucht waarvoor mogelijk een correctiefactor noodzakelijk is.

Externe blootstelling

BMDL PAK-mengsels in voeding: 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw/dag met eindpunt totaal aantal muizen met tumoren na behandeling met koolteer (WHO, 2006)

Drinkwaternorm Vlaanderen PAK's: 0.10 $\mu\text{g}/\text{L}$ (Vlaamse regering, 2002)

Geschatte veiligheidsmarge t.o.v. LOEL of TDI:

Op basis van de BMDL voor PAK's in voeding van 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw/dag en de gemiddelde en high-level blootstelling aan benzo(a)pyreen van respectievelijk 0.004 en 0.01 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw/dag wordt een margin of exposure (MOE) berekend van respectievelijk 25000 en 10000 (WHO, 2006)

Persistentie (halfwaardetijd in de mens):

20 uren

Eliminatie van 1-OH-pyreen vindt hoofdzakelijk plaats via de urine en gebeurt in twee fasen: een gematigd snelle fase gevolgd door een tragere fase (INCHEM WHO, 1998). De halfwaardetijd schommelt tussen 4 tot 35 uur voor de eerste fase (+/-16u) en van 16 dagen voor de tweede fase. Een eenmalige meting van 1-hydroxypyreen in de urine wordt beschouwd als een maat voor blootstelling aan PAK's gedurende de voorbije dag.

Perinatale blootstelling (placenta/moedermelk):

PAK's kunnen door de placentabarière

Matrix:

Niet-invasief: urine

Benodigd volume voor bioassay analyse:

2 ml urine voor meting 1-OH-Pyreen (VITO)

Detectielimiet:

1-OH-pyreen + 2-naftol in urine: 10 pg/ml

1-OH-pyreen: 0,03 µg/l

1-naftol: 1,6 µg/l

Gevalideerde biomarker:

ringtest

Aanbevolen doelgroepen en matrix:

Volwassenen, adolescenten: individuele urinestalen

Vergelijkende metingen:

De gemiddelde achtergrondconcentraties 1-OH-pyreen van verschillende landen liggen tussen 0,06 en 0,23 µmol/ mol creatinine (INCHEM WHO, 1998).



Reeds gemeten waarden in Vlaanderen:

Leeftijdsgroep	geslacht	matrix	PAK	waarde	jaar
16-17	M+v	urine	1-OH-pyreen	68 ng/g crt	1999 ¹
21-40	m	urine	1-OH-pyreen	91.7 ng/g crt	1999 ¹
14-15	M+v	urine	1-OH-pyreen	88 ng/g crt	2003-2004 ²
50-65	M+v	urine	1-OH-pyreen	147 ng/g crt	2004-2005 ²
14-15	mengstalen	urine	1-naftol	<1,6-4,5 µg/L	2008-2009 ³
14-15	mengstalen	urine	2-naftol	6,8-11 µg/L	
20-40	mengstalen	urine	1-naftol	2,9-17µg/L	
20-40	mengstalen	urine	2-naftol	3,5-36 µg/L	
14-15	m/v	urine	1-OH-pyreen	137 ng/L 104ng/g crt	
20-40	m/v	urine	1-OH-pyreen	101 ng/L 93 ng/g crt	

¹ Staessen et al., 2001, ² Steunpunt Milieu & Gezondheid FLEHS I, 2001-2006, ³ Steunpunt Milieu & Gezondheid FLEHS II, 2007-2012



Internationale vergelijking:

leeftijdsgroep	geslacht	matrix	PAK	waarde	jaar	land
18-69	m/v	urine	1-OH-pyreen	115 ng/g crt	1998	Duitsland ¹
jongeren	m/v	urine		71 ng/g crt	1999	USA ¹
>20	m/v	urine		72.3 ng/g crt	1999-2000	USA ¹
jongeren	m/v	urine		45 ng/g crt	2001	USA ¹
>20	m/v	urine		44.7ng/g crt	2001-2002	USA ¹
12-19	m/v	urine	1-OH-pyreen	149ng/l 116 ng/g crt	2007-2008	USA ²
>20	m/v	urine		111 ng/l 114 ng/g crt		
12-19	m/v	urine	1-naftol	1830 ng/l 1390 ng/g crt		
>20	m/v	urine		2880 ng/l 2960 ng/g crt		
12-19	m/v	urine	2-naftol	4290 ng/l 3300 ng/g crt		
>20	m/v	urine		3910 ng/l 4020 ng/g crt		
rokers, >20	m/v	urine	1-OH-pyreen	243 ng/l 266 ng/g crt	2011-2012	USA ³
18-60	v	urine	1-OH-pyreen	2430 ng/g crt 3000 ng/l	'11-'12	Mexico ⁴
3-14	m/v	urine	1-OH-pyreen	130 ng/l	2009	Duitsland ⁵
>10	m/v	urine	1-naftol	5000 ng/l	2002	Duitsland ⁵
2,5-6,5	m/v	urine		3000 ng/l	2002	Duitsland ⁵
	m/v	urine	1-naftol	1300 ng/g crt	1999	Canada ⁵
>10	m/v	urine	2-naftol	3600 ng/l	2002	Duitsland ⁵
2,5-6,5	m/v	urine		2600 ng/l	2002	Duitsland ⁵
	m/v	urine	2-naftol	1200 ng/g crt	1999	Canada ⁵

¹ uit: Rapport Steunpunt Milieu & Gezondheid FLEHS I, 2006; ²NHANES 4th report, update 2013; ³NHANES 4th report update 2014; ⁴Pruneda-Álvarez et al., 2012; ⁵(Schulz et al., 2009); ⁵(Wilhelm et al., 2008)

Referenties

ATSDR (1995) Toxicological Profile for polycyclic aromatic hydrocarbons. US Department of Health and Human Services.

EPA. 1988. U.S. Environmental Protection Agency. Code of Federal Regulations. 40 CFR 372.65.

EPA. 1989a. U.S. Environmental Protection Agency. Code of Federal Regulations. 40 CFR 302.4.

EPA. 1989b. Designation, reportable quantities, and notification. U.S. Environmental Protection Agency. Code of federal regulations. 40 CFR 302.4

INCHEM WHO (1998) Selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons. International Programme on Chemical Safety, Environmental health Criteria 202. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc202.htm#SubSectionNumber:10.1.1>

Jongeneelen FJ (1992) Biological exposure limit for occupational exposure to coal tar pitch volatiles at coke ovens. Int Arch Occup Environ Health, 63: 511-516.

Pruneda-Álvarez, L. G., Pérez-Vázquez, F. J., Salgado-Bustamante, M., Martínez-Salinas, R. I., Pelallo-Martínez, N. A., & Pérez-Maldonado, I. N. (2012). Exposure to indoor air pollutants (polycyclic aromatic hydrocarbons, toluene, benzene) in Mexican indigenous women. Indoor Air, 22(2), 140–7.

Scientific Committee on Food. (2002) Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of polycyclic aromatic hydrocarbons in food expressed on 4th December 2002. Brussels, European Commission, European Commission, Health and Consumer Protection Directorate-General, (document SCF/CS/CNTM/PAH/29 Final; http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/outcome_en.html)

Schulz, C., Angerer, J., Ewers, U., Heudorf, U., & Wilhelm, M. (2009). Revised and new reference values for environmental pollutants in urine or blood of children in Germany derived from the German environmental survey on children 2003-2006 (GerES IV). International Journal of Hygiene and Environmental Health, 212(6), 637–47.

Staessen, J.A., Nawrot, T. et al., (2001) Renal function, cytogenetic measurements, and sexual development in adolescents in relation to environmental pollutants: a feasibility study of biomarkers; Lancet 357 (9269): 1660-1669.

Steunpunt Milieu en Gezondheid. Vlaams Humaan Biomonitoringprogramma Milieu en Gezondheid 2002-2006, 2007-2011, 2012-2015. <http://www.milieu-en-gezondheid.be/>

Vlaamse regering (2002) Besluit van de Vlaamse regering van 13 december 2002 houdende reglementering inzake de kwaliteit en levering van water bestemd voor menselijke consumptie (BS.28.I.2003).

VMM, milieurapport MIRA.

<http://www.milieurapport.be/nl/feitencijfers/milieuthemas/verspreiding-van-persistente-organische-polluenten-povs-pcbs-en-vlamvertragers/emissie-van-pops-naar-lucht/emissie-van-paks/> geraadpleegd op 21/01/2015.

WHO (2006) Evaluation of certain food contaminants. Sixty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series 930, Geneva.

Wilhelm, M., Hardt, J., Schulz, C., & Angerer, J. (2008). New reference value and the background exposure for the PAH metabolites 1-hydroxypyrene and 1- and 2-naphthol in urine of the general population in Germany: basis for validation of human biomonitoring data in environmental medicine. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211(3-4), 447–53.