

NAFTALEENI

HTP-ARVON PERUSTELUMUISTIO

Yksilöinti ja ominaisuudet

CAS No	91-20-3
EEC No	601-052-00-2
EINECS No	202-049-5
Kaava	C ₁₀ H ₈
Synonyymit	Naftaliini, kamferiterva
Molekyylipaino	128,18
Muuntokerroin	1 ppm = 5,327 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0,188 ppm
Tiheys	1,162
Sulamispiste	80,1°C
Kiehumispiste	217,9°C
Höyrynpaine	0,0072 kPa (20°C)
Varoitusmerkit	Xn, N
R-lauseet	22-50/53

Naftaleeni on väritön, valkea tai ruskeahko, tervanhajuinen kiinteä aine. Sen hajukynnykseksi on ilmoitettu 0,084 - 0,3 ppm. Se on veteen niukkaliukoinen, mutta liukenee eetteriin.

Esiintyminen ja käyttö

Naftaleenia käytetään orgaanisiin synteeseihin, kuten ftaalihappoanhydridin ja naftaleenisulfonihappojen, väri- ja lääkeaineiden sekä torjunta-aineiden valmistukseen. Varhemmin, jo vuodesta 1856, sitä käytettiin lääkkeenä ja desinfiointiaineena (Collan, 1887). Naftaleenia saadaan tislamalla lähinnä kivihiilitervasta. Sen maailmantuotanto vuonna 1987 oli noin miljoona tonnia.

Sitä esiintyy polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen (PAH-yhdisteiden) päästöissä. Suurimmat työilmapitoisuudet on mitattu puun kreosottikyllästyksessä ja koksamoissa. Myös asfalttitoissa naftaleenia voi esiintyä merkittävinä pitoisuuksina.

Työterveyslaitoksen vv. 1986–1992 suorittamissa 275 naftaleenipitoisuuden mittauksessa ei voimassa olevan HTP-arvon ylityksiä esiintynyt. Eniten mittauksia suoritettiin raudan ja teräksen valmistuksessa (135), sähköntuotannossa (55) ja siltojen ja teiden rakennuksessa (22).

Suomessa tehdyissä työilmapitoisuuden mittauksissa havaittiin koksamossa vuosina 1988–1990 0,044–0,5 mg naftaleenia/m³ (Yrjänheikki työtovereineen, 1995), puun kreosottikyllästyksessä 2,2, 1,5 ja 1,0 mg/m³ (Heikkilä työtovereineen, 1987; 1997; 1995) sekä ruuan valmistuksessa 0,0002–0,0256 mg/m³ (Vainiotalo ja Matveinen, 1993). Tanskassa on ruoan savustamoissa mitattu korkeimmillaan 2,9 mg naftaleenia kuutiometrissä työilmaa (Nordholm työtovereineen, 1986). Saksassa on koksamoissa mitattu 0,0145 mg naftaleenia/m³ ja kivihiilitervan tislauksessa 0,0358 mg/m³ (Preuss työtovereineen, 2005). Selvitettäessä altistumista kreosottikyllästäjän maa-alueen kunnostamistöissä naftaleenipitoisuudeksi saatiin keskimäärin 0,063 mg/m³ suurimman pitoisuuden ollessa maansiirtokoneenkuljettajan hengitysvyöhykkeeltä mitattu 0,15 mg/m³ (Mäkelä työtovereineen, 2003).

Työterveyslaitoksen suorittamassa biomonitoroinnissa naftaleenin ja naftaleenia sisältävien PAH-seosten osoittamiseen käytetyn virtsan naftolin altistumattomien viiteraja (30 nmol/l tupakoimattomilla; 300 nmol/l tupakoivilla) ylittyi vuonna 2004 mm. saastuneen maan käsittelyssä ja sulattajalla. Suurin yksittäinen arvo, 1061 nmol/l, mitattiin kyllästystyöntekijällä.

Aineenvaihdunta

Naftaleeni imeytyy hengitysteitse, ihon kautta ja nieltynä. Eläinkokeiden perusteella imeytyminen on melko täydellistä ja nopeaa ruuansulatuskanavasta.

Ihmisillä naftaleeni muuttuu aineenvaihdunnassa 1-naftoliksi, 2-naftoliksi sekä 1,4-naftokinoniksi. Koehenkilöillä tehtyjen havaintojen perusteella noin 10–20% naftaleenista muuttuu elimistössä 1-naftoliksi. Naftaleenin puoliintumisaika on lyhyt: ensimmäinen vaihe 2–7 tuntia ja toinen vaihe 8–24 tuntia altistumistiestä riippuen (Luotamo, 1995). Lentokoneen polttoaineen naftaleenille keskimäärin pitoisuudelle 0,002–0,485 mg/m³ altistuneilla havaittiin uloshengityksessä naftaleenin eliminoitumisen puoliintumisajaksi 21,6 minuuttia (Egeghy työtovereineen, 2003). Erittyminen tapahtuu pääasiassa virtsan mukana.

Terveysvaikutukset

Ihmisiä koskevat tiedot

Naftaleenihöyryt ärsyttävät silmiä ja limakalvoja ja toistuva altistuminen voi aiheuttaa sarveiskalvon haavaumaa ja kaihia.

Työperäisiä ihottumia naftaleenilla käsiteltyjen kankaiden tai naftaleenipitoisten mineraaliöljyjen käsittelijöillä on kuvattu (Gerarde, 1960).

Nieltynä se on aiheuttanut myrkytyksiä, joiden oireina on ollut pahoinvointia, oksentelua, vatsakipua, pääsärkyä, sekavuutta ja levottomuutta. Sen aineenvaihduntatuote 1-naftoli voi aiheuttaa hemolyyttistä anemiaa (Trevisan työtovereineen, 2001). Myös aplastinen anemia kehittyi 180–460 ppm naftaleenille ja p-diklooribentseenille kahden päivän ajan työssään altistuneella (Harden ja Baetjer, 1978).

Työilman pitoisuus noin 15 ppm naftaleenia aiheutti merkittävää silmän ärsytystä (Robbins, 1951).

Työperäisen altistuksen on raportoitu aiheuttaneen työntekijöille kaihia ja verkkokalvon verenvuotoa (van der Hoeve, 1906; Ghetti ja Mariani, 1956). Mykiön samentumaa esiintyi viidellä yhdeksästä alle 40-vuotiaasta työntekijästä, jotka olivat altistuneet suurelle pitoisuudelle naftaleenihöyryä yli viiden vuoden ajan (van Heyningen ja Pirie, 1967).

Naftaliinia puhdistusaineena säännöllisesti käyttäneistä 15 työntekijästä seitsemällä todettiin syöpä. Näistä neljällä oli kurkunpääsyöpä. He olivat saattaneet altistua muillekin kemikaaleille (Wolf, 1976).

Naftaleeni läpäisee istukan, ja on aiheuttanut hemolyyttistä anemiaa äidin altistuttua joko suun kautta tai hengitysteitse naftaleenille (Anziulewicz työtovereineen, 1959; Athanasiou työtovereineen, 1997).

Saksalaiset tutkijat ovat äskettäin esittäneet ympäristömittaustuloksiin vedoten naftaleenin raja-arvon laskemista tasolle 0,3 ppm (Preuss työtovereineen, 2003).

Eläinkokeiden havainnot

Naftaleeni ärsyttää lievästi silmiä ja ihoa. Sen välitöntä myrkyllisyyttä kuvaava LD50 suun kautta rotilla on 490 mg/kg.

Altistettaessa koirasrottia neljän tunnin ajan hengitysteitse pitoisuudelle 2 tai 3,4 ppm naftaleenia havaittiin hajupeiteelissä vaikea-asteisia soluvaurioita (Lee työtovereineen, 2004; Lee työtovereineen, 2005).

Altistettaessa rottia hengitysteitse 28 pv:n ajan pitoisuudelle 1 ppm ja pitoisuudelle 2 ppm naftaleenia 90 päivän ajan havaittiin nenän hajupeiteelin vähäistä vaurioitumista (SCOEL,

2001). Keuhkoputkiston päällyskerroksessa havaittiin hiirillä solumuutoksia jo neljän tunnin altistuksessa hengitysteitse pitoisuudelle 2 ppm naftaleenia (West työtovereineen, 2001) Kun hiiriä altistettiin kuusi tuntia päivässä viitenä päivänä viikossa 103 viikon ajan hengitysteitse pitoisuuksille 0, 10 tai 30 ppm naftaleenia, havaittiin molemmilla sukupuolilla kroonista keuhkotulehdusta sekä nenän hajuepiteelin tulehdusta ja liikakasvua samoin kuin altistustasosta riippuvasti lisääntynyt määrä keuhkorakkuloiden ja keuhkoputkien rauhaskasvaimia (Abdo työtovereineen, 1992).

Altistettaessa rottia hengitysteitse 105 viikon ajan viitenä päivänä viikossa kuusi tuntia päivässä pitoisuudelle 0, 10, 30 tai 60 ppm naftaleenia havaittiin koirasrotilla kaikilla annostasoilla hengitysepiteelin rauhaskasvaimia ja kahdella suurimmalla annostasolla hajuepiteelin varhaishermosolukasvaimia eli neuroblastoomia. Naarasrotilla hajuepiteelin varhaishermosolukasvaimia havaittiin jo alimmalla annostasolla 10 ppm. Muita ei-kasvainvaikutuksia havaittiin molemmilla sukupuolilla jo alimmalla testatulla pitoisuudella, kuten hajuepiteelin liikakasvua, surkastumista ja tulehdusta sekä hengitysepiteelin liikakasvua ja degeneraatiota (NTP, 2000; Abdo työtovereineen, 2001).

Jo vuonna 1913 on kokeellisesti osoitettu naftaleenin ja sen aineenvaihduntatuotteen, 2-naftolin, voivan tiineille kaniineille aiheuttaa lisääntymisterveyden haittana sikiön silmän epämuodostumia, kaihia ja verkkokalvon vaurioita (van der Hoeve, 1913; Tanimura, 2003).

HTP-arvon perusteet

Naftaleenin HTP-arvoa asetettaessa keskeisiä ovat sen vaikutukset hengitysteihin. Vähäisiä hajuepiteelimuutoksia on koe-eläimillä havaittu jo lyhyehköaikaisessa altistuksessa pitoisuudelle 1-2 ppm, ja voimakkaita muutoksia kerta-altistuksessa pitoisuudella 2-3,4 ppm. Keuhkoputkiston päällyskerroksen solumuutoksia on kokeellisesti hiirillä havaittu jo neljän tunnin altistuksessa hengitysteitse pitoisuudelle 2 ppm naftaleenia. Kasvain- ja muita muutoksia on havaittu kahden vuoden altistuksessa hengitysteitse pitoisuudella 10 ppm. Tällöin päivittäinen altistusaika on ollut kuusi tuntia, eli työpäivää lyhyempi.

Kemian työsuojeluneuvottelukunta esittää, että naftaleenin työperäisiä haittoja voidaan vähentää asettamalla sen kahdeksan tunnin HTP-arvoksi 1 ppm, ja 15 minuutin HTP- arvoksi 2 ppm. Koska naftaleeni imeytyy ihon läpi, raja-arvoon esitetään liitettäväksi huomautus 'iho'.

Eri asettajien ilman epäpuhtauksien vertailu

Eri maissa on voimassa seuraavanlaisia työilman naftaleenipitoisuuden raja-arvoja.

Asettaja	Vuosi	Vertailuaika				Huomautus
		8 h ppm	mg/m ³	15 min ppm	mg/m ³	
Suomi	2005	10	53	20	110	iho
Ruotsi	2005	10	50	15	80	-
Norja	2003	10	50	-	-	-
Tanska	2005	10	50	-	-	-
Hollanti	2006	10	50	15	80	-
Saksa	2001	-	-	-	-	iho
Englanti	2005	-	-	-	-	-
ACGIH	2006	10	-	15	-	iho
EU	2005	10	50	-	-	-
Ehdotus, Suomi	2007	1	5	2	11	iho

Viitteet

- Abdo, K; Eustis, S; McDonald, M. ja muut (1992): Naphthalene: A Respiratory Tract Toxicant and Carcinogen for Mice, *Inhal Toxicol* 4, 393-409
- Abdo, K; Grumbein, S; Chou, B. ja muut (2001): Toxicity and Carcinogenicity Study in F344 Rats Following 2 Years of Whole-Body Exposure to Naphthalene Vapors, *Inhal Toxicol* 13, 931-950
- Anziulewicz, J; Dick, H. ja Chiarulli, E. (1959): Transplacental naphthalene poisoning, *Am J Obstet Gynecol* 78, 519-521
- Athanasiou, M; Tsantali, C. ja Trachana, M. (1997): Hemolytic anemia in a female newborn infant whose mother inhaled naphthalene before delivery, *J Pediatr* 130, 680-681
- Collan, J. (1887): Naftaliinista, *Duodecim* 3, 21-28
- Egeghy, P; Hauf-Cabalo, L; Gibson, R. ja muut (2003): Benzene and naphthalene in air as indicators of exposure to jet fuel, *Occup Environ Med* 60, 969-976
- Gerarde, H. (1960): Toxicology and biochemistry of aromatic hydrocarbons, Elsevier Monographs, Elsevier, Amsterdam, 225-232
- Ghetti, G. ja Mariani, L. (1956): Alterazioni oculari da naftalina. Richerche cliniche e sperimentali, *Med Lavoro* 47, 533-538
- Harden, R. ja Baetjer, A. (1978): Aplastic anemia following exposure to paradichlorobenzene and naphthalene, *JOM* 20, 820-822
- Heikkilä, P; Hämeilä, M; Pyy, L. ja muut (1987): Exposure to creosote in the impregnation and handling of impregnated wood, *Scand J WEH* 13, 431-437
- Heikkilä, P; Luotamo, M; Pyy, L. ja muut (1985): Urinary 1-naphthol and 1-pyrenol as indicators of exposure to coal tar products, *Int Arch Occup Environ Health* 67, 211-217
- Heikkilä, P; Luotamo, M. ja Riihimäki, V. (1997): Urinary 1-naphthol excretion in the assessment of exposure to creosote in an impregnation facility, *Scand J WEH* 23, 199-205
- Lee, M; Camacho, S; Buckpit, A. ja muut (2004): Injury Patterns in the Nasal Passage from Inhaled NA Are Related to Airflow Patterns and In Situ Metabolism of NA in Sprague-Dawley Rats, *Toxicologist* 78, 349
- Lee, M; Phimister, A; Morin, D. ja muut (2005): In situ Naphthalene Bioactivation and Nasal Airflow Cause Region-Specific Injury Patterns in the Nasal Mucosa of Rats Exposed to Naphthalene by Inhalation, *J Pharmacol Exp Ther* 314, 101-110
- Luotamo, M. (1995): Naftaleeni, Kirjassa: Aitio, A; Luotamo, M. ja Kiilunen, M. (toim.), Kemikaalialtistumisen biomonitorointi, Työterveyslaitos, Helsinki, 204-207
- Mäkelä, M; Paldanius, P; Elovaara, E. ja muut (2003): Altistuminen polysyklisille aromaattisille hiilivedyille kreosoottikyllästämön maa-alueen kunnostustyön yhteydessä, Väiliraportti työsuojelurahastolle (hanke 102 317)
- Nordholm, L; Espensen, I-M; Jensen, H. ja muut (1986): Polycyclic aromatic hydrocarbons in smokehouses, *Scand J WEH* 12, 614-618
- NTP (2000): Toxicology and Carcinogenesis Studies of Naphthalene (CAS No. 91-20-3) in F344/N Rats (Inhalation Studies), TR-500, NIH, Research Triangle Park, NC
- Preuss, R; Angerer, J. ja Drexler, H. (2003): Naphthalene – an environmental and occupational toxicant, *Int Arch Occup Environ Health* 76, 556-576
- Preuss, R; Drexler, H; Bottcher, M. ja muut (2005): Current External and Internal Exposure to Naphthalene of Workers Occupationally Exposed to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Different Industries, *Int Arch Occup Environ Health* 78, 355-362
- Robbins, M. (1951): Determination of Naphthalene in Air, *Arch Ind Hyg Occup Med* 4, 85-87
- SCOEL (2001): Recommendation from Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for naphthalene, SCOEL/SUM/90 final

- Tanimura, T. (2003): History of teratology, *Congenit Anom Kyoto* 43, 226
- Trevisan, A; Rossi di Schio, M. ja Pieno, M. (2001): Haemolytic Anaemia after Oral Self-giving of Naphthalene-containing Oil, *J Appl Toxicol* 21, 393-395
- Vainiotalo, S. ja Matveinen, K. (1993): Cooking fumes as a hygienic problem in the food and catering industries, *AIHA J* 54, 376-382
- Van der Hoeve, J. (1906): Choreoretinitis beim Menschen durch die Einwirkung von Naphthalin, *Arch Augenheilkd* 56, 259
- Van der Hoeve, J. (1913): Wirkung von Naphthol auf foetale Augen, *Graefes Arch Ophthal* 85, 305-315
- Van Heyningen, R. ja Pirie, A. (1967): The metabolism of naphthalene and its toxic effect on the eye, *Biochem J* 102, 842-852
- West, J; Pakehham, G; Morin, D. ja muut (2001): Inhaled naphthalene causes dose dependent clara cell cytotoxicity in mice but not in rats, *toxicol appl Pharmacol* 173, 114-119
- Wolf, O. (1976): Krebserkrankungen bei Chemiearbeitern einer ehemaligen Naphthalinreinigung, *Dtsch Gesundheitswes* 31, 996-999
- Yrjänheikki, E; Pyy, L; Hakala, E. ja muut (1995): Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in a new coking plant, *AIHA J* 56, 782-787