

29.11.2010

1 (8)

FENOLI

HTP-ARVON PERUSTELUMUISTIO

Yksilöinti ja ominaisuudet

CAS No:	108-95-2
EEC No:	604-001-00-2
EINECS No:	203-632-7
Kaava:	C ₆ H ₅ OH
Synonyymit:	Fenyylialkoholi Fenyylihappo Fenyylihydroksidi Hydroksibentseeni Karbolihapo
Molekyylipaino:	94,11
Sulamispiste:	41°C
Kiehumispiste:	182°C
Tiheys:	1,072
Muuntokerroin:	1 ppm = 3,84 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0,260 ppm
Höyrynpaine:	0,047 kPa (25°C)

Fenoli on huoneenlämmössä kiteinen, neulamainen aine tai valkea massa, joka punertuu ilman ja valon vaikutuksesta. Se liukenee osittain veteen, ja hyvin asetoniin, eetteriin, etanoliin ja kloroformiin. Sen hajukynnyksekseksi on ilmoitettu 0,05 - 5 ppm.

Varoitusmerkit:	T, C
R-lauseet:	23/24/25-34-48/20/21/22-68

Esiintyminen ja käyttö

Fenolia käytetään fenolihartsien (noin 1/3 käytöstä), bisfenoli A:n (noin 1/3 käytöstä) maalien, elintarvikkeiden lisäaineiden, räjähdysaineiden ja elastomeerien valmistukseen sekä desinfiointiin. Sitä käytetään ja kuljetetaan sulana.

Työterveyslaitoksen mittauksissa vuosina 2004-7 kaikkiaan 215 näytteen keskipitoisuus oli 0,28 mg/m³ eikä HTP-arvon ylityksiä esiintynyt. Fenolin biomonitoroinnissa toimenpideraja ylittyi yhdellä henkilöllä öljynjalostusteollisuuden prosessi- ja huolto-töissä. Altistumattomien viiterajan ylityksiä esiintyi mm. eristystyössä, ja kalusteteollisuudessa, latojilla, peltisepillä sekä vesilaitoksen töissä (TTL, 2010).

Sisään kasvaneen kynnen fenolisaatioissa mitattiin lääkärin hengitysvyöhykkeellä fenolipitoisuus, joka oli 60 % Espanjan työilmaraaja-arvosta ja apulaisen hengitysvyöhykkeellä 10 % raja-arvosta (Iglesias työtovereineen, 2008).

Aineenvaihdunta

Fenoli imeytyy nopeasti elimistöön hengitysteitse, ihon kautta ja nieltynä (Baranowska-Dutkiewicz, 1981). Hengitetystä fenolista imeytyy 60 - 90 %. Verenkierrossa noin puolet fenolista on sitoutunut valkuaisaineisiin, lähinnä albumiiniin. Fenoli jakautuu eri kudoksiin elimistössä. Kokeellisesti rotilla suun kautta annostelun jälkeen suurimmat pitoisuudet havaittiin maksassa, pernassa, munuaisissa, lisämunuaisissa, kilpirauhasessa ja keuhkoissa huippupitoisuuden ilmaantuessa puolen tunnin kuluttua annostuksesta.

Fenoli suun kautta annettuna poistuu virtsan kautta 24 tunnin kuluessa sulfaattina ja glukuronidikonjugaatteina, jotka vastaavat 77 % ja 16 % annoksesta. Myös hydrokinonia ja katekolia muodostuu aineenvaihduntatuotteina. Vähäisiä määriä fenolia tai sen aineenvaihduntatuotteita erittyy lisäksi ulosteeseen ja uloshengitysilmaan.

Terveysvaikutukset

Ihmisiä koskevat tiedot

Fenoli ärsyttää ja syövyttää ihoa, silmiä ja limakalvoja.

Fenolihöyryt vaikuttavat keskushermostoon aiheuttaen mm. päänsärkyä, huimausta ja pahoinvointia. Suuret pitoisuudet voivat aiheuttaa maksa- ja munuaisvaurioita. Eräässä myrkytystapauksessa on keskushermostovaikutuksena kuvattu ”kaniini-oireyhtymä” (rabbit syndrome), jossa suun ympäristön lihaksisto supistelee (Kamijo työtovereineen, 1999).

Toistuva ihokosketus fenolin kanssa voi aiheuttaa ihon tulehdusta, ihon tummumista (okronoosia), virtsan tummumista, lihaskipua, painonlaskua, ruokahaluttomuutta ja heikkoutta.

Työperäinen myrkytys fenolihöyryn hengityksen aiheuttamana on kuvattu maatalouden desinfiointiainekäytössä jo 1800-luvulla (Unthank, 1872). Sairaaloiden leikkausaleissa 1800-luvun lopulla käytetyt fenolihöyryt aiheuttivat harvoin haitallisia seuraamuksia työntekijöille (Schaumburg, 2000).

Fenolimyrkytys todettiin 29 työntekijällä, jotka olivat altistuneet fenolipitoista jätettä käsitelleessään. Työilmapitoisuus oli 0,5-12,2 mg fenolia/m³. Raportista ei käy ilmi tarkemmin myrkytysten oirekuvaavaa eikä ihoaltistuksen osuus altistumisesta (Petrov, 1960).

Työntekijällä, joka oli 13,5 vuotta altistunut laboratoriotyössä fenolia kiehuaessaan, todettiin myrkytysoireina ruokahaluttomuutta, painonlaskua, päänsärkyä, huimausta, syljen liikaeritystä ja virtsan tummenemista (Merliss, 1972).

Kemiallisen tehtaan 13 työntekijällä, jotka olivat altistuneet keskimäärin 0,0556 ppm fenolille ja 0,0018 ppm katekolille, esiintyi ylähengitysteiden oireita (Hirosawa työtovereineen, 1976): Huippupitoisuuksiksi ilmoitettiin 0,26 ppm fenolia ja 0,07 ppm katekolia. Monialtistuminen vaikeuttaa tutkimustuloksen arviointia.

Epidemiologisessa tutkimuksessa selvitettiin fenolille altistuneiden 14 861 työntekijän kuolleisuutta (Dosemeci työtovereineen, 1991). Työntekijät olivat altistuneet muillekin kemikaaleille, lähinnä formaldehydille. Kun fenolille altistuneet erotettiin alaryhmiin kertyneen altistuksen mukaisesti, saavutettiin keskimäärin ja eniten altistuneiden ryhmät yhdistettynä tilastollisesti merkitsevästi kohonnut 2,1-kertainen (luottamusväli 1,0 - 3,7) ruokatorvisyövän riski. Monialtistuminen haittaa tuloksen merkityksen arviointia.

Toisessa epidemiologisessa tapaus-verrokkitutkimuksessa kohteena olivat fenolille altistuneet suomalaiset puutyöläiset (Kauppinen työtovereineen, 1993). Työntekijöillä oli tupakoinnin vaikutuksen eliminoinnin jälkeenkin kohonnut 2,5-kertainen (luottamusväli 1,2 - 5,0) keuhkosyöpäriski. Tuloksen arviointia vaikeuttaa havainto, että pidempään altistuneilla oli alhaisempi riski kuin lyhemmän ajan altistuneilla.

Kanadalaisessa tapaus-verrokkiväestötutkimuksessa havaittiin fenolille työssään altistuneilla, lähinnä sähkömoottorien korjaajilla ja valimotyöläisillä 4,8-kertainen (luottamusväli 1,8 - 12,7) haimasyövään riski (Siemiatriycki, 1991). Tuloksia arvioitaessa kausaalisuhteen tekee epävarmaksi tapausten pieni määrä ja monialtistuminen.

IARC (1999) katsoi, ettei muun muassa em. epidemiologisten tulosten perusteella ole näyttöä fenolin syöpävaarallisuudesta ihmiselle.

Pitkäaikaisesti työssä pitoisuudelle 21 mg fenolia/m³ altistuneilla 20 työntekijällä havaittiin vähäisiä biokemiallisia ja hematologisia muutoksia (Shamy työtovereineen, 1994).

Eläinkokeiden havainnot

Fenoli ärsyttää voimakkaasti ihoa ja silmiä, aiheuttaa koe-eläimille keskushermosto-vaikutuksia sekä munuais- ja maksavaurioita.

Sen välitöntä myrkyllisyyttä suun kautta kuvaava LD50 on rotilla 317 mg/kg ja ihon kautta rotilla 669 mg/kg. Hengitysteitse sen LC50 rotilla on 316 mg/m³.

Fenolin hengitystieärsytystä kuvaava RD50 hiirillä on 166 ppm (de Ceaurriz työtovereineen, 1981).

Altistettaessa rottia jatkuvasti 15 päivän ajan pitoisuudelle 26 ppm fenolia havaittiin lieviä keskushermostovaikutuksia, kuten tasapainon heikkenemistä ja lihasnykimistä niskassa sekä maksaentsyymiä kohoamista ilman tilastollista merkitsevyyttä (Dalin ja Kristoffersson, 1974).

Annettaessa hiirille juomaveden mukana 2-34 mg fenolia/kg(päivä 28 päivän ajan havaittiin annoksesta riippuvasti punasolujen määrän laskua (Hsieh työtovereineen, 1992).

Fenolilla on kokeellisesti osoitettu olevan haitallisia vaikutuksia rottien ja hiirien kehitykseen (EHC, 1994). Lisääntymisterveyden turvaamiseksi on fenolin työilmarajavoksi esitetty 3,6 mg/m³ eli noin 1 ppm (Frazier ja Hage, 1998). Toisaalta rotille juomaveden mukana annetun fenolin kahden sukupolven käsittäneessä tutkimuksessa lisääntymismyrkyllisyyden haitattomaksi pitoisuudeksi (NOAEL) saatiin koirasrotille 70 mg/kg/päivä ja naarasrotille 93 mg/kg/pv (Ryan työtovereineen, 2001).

HTP-arvon perusteet

Fenolin työilmaraaja-arvoa asetettaessa keskeisiä ovat sen ärsytysvaikutukset ja myrkyllisyys elimistölle. Kokeellisesti on haitallisia vaikutuksia, kuten punasolujen laskua havaittu jo lyhyehköaikaisella pitoisuudella suun kautta 2 mg fenolia/kg/pv, mikä vastaa hieman yli 2 ppm altistustasoa hengitysteitse.

Työturvallisuussäännöksiä valmisteleva neuvottelukunta esittää, että fenolin HTP-arvona kahdeksan tunnin vertailuaikana säilytetään 2 ppm. Lyhytaikaisen altistuksen HTP-arvoksi esitetään 4 ppm, joka on voimassa oleva EU:n direktiivin mukainen arvo ja joka on myös ACGIH:n ohjeen mukainen, kun tällä pitoisuusalueella täsmällisemmän tiedon puuttuessa kehoitetaan lyhytaikaisen altistuksen työilma-arvon kertoimena käyttämään lukua kaksi.

Koska fenoli imeytyy nopeasti ihon kautta, neuvottelukunta esittää HTP-arvon yhteydessä säilytettäväksi huomautuksen 'iho'.

Eri asettajien ilman epäpuhtauksien vertailu

Eri maissa on voimassa seuraavanlaisia työilman fenolipitoisuuden raja-arvoja.

Asettaja	Vuosi	Vertailuaika				Hetkellinen		Huomautus
		8 h ppm	mg/m ³	15 min ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	
Suomi	2009	2	8	5	20	-	-	iho
Ruotsi	2007	1	-	2	-	-	-	iho
Norja	2008	1	-	-	-	-	-	iho
Tanska	2007	1	-	-	-	-	-	iho
Hollanti	2007	2	-	-	-	-	-	iho
Saksa	2006	-	-	-	-	-	-	-
Englanti	2007	2	-	-	-	-	-	iho
ACGIH	2010	5	-	-	-	-	-	iho
EU	2009	2	8	4	16	-	-	iho
Ehdotus, Suomi	2012	2	8	4	16	-	-	iho

Viitteet

- Baranowska-Dutkiewicz B (1981): Skin Absorption of Phenol from Aqueous Solutions in Men, *Int Arch Occup Environ Hlth* 49, 99-104
- de Ceaurriz J, Micillino J, Bonnet P, ja muut (1981): Sensory Irritation Caused by Various Industrial Airborne Chemicals, *Toxicol Lett* 9, 137-143
- Dalin N & Kristoffersson R (1974): Physiological Effects of a Sublethal Concentration of Inhaled Phenol on the Rat, *Ann Zool Fennici* 11, 193-199
- Dosemeci M, Blair A, Stewart P (1991): Mortality Among Industrial Workers Exposed to Phenol, *Epidemiology* 2, 188-193
- EHC (1994): Environmental Health Criteria 161. Phenol, WHO, Geneve, 151 ss
- Frazier L & Hage M (1998): Reproductive Hazards of the Workplace, Van Nostrand Reinhold, New York, 541
- Hirosawa I, Asaeda G, Arizono H, ja muut (1976): Effects of Cathecol on Human Subjects, *Int Arch Occup Environ Hlth* 37, 107-114
- Hsieh G-C, Sharma R, Parker D, ja muut (1992): Immunological and Neurobiochemical Alterations Induced by Repeated Oral Exposure of Phenol in Mice, *Eur J Pharm* 228, 107-114
- IARC (1999): Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 71. Re-evaluation of Some Organic Chemicals, Hydrazine and Hydrogen Peroxide (Part Two), 749-768
- Iglesias L, de Capo V, Traspaderne T, ja muut (2008): Safety of Phenol Vapor Inhalation during Performance of Chemical Matrixectomy to Treat Ingrown Toenails, *Dermatol Surg* 34, 1515-9
- Kamijo Y, Soma K, Fukuda M, ja muut (1999): Rabbit Syndrome Following Phenol Ingestion, *Clinical Toxicology* 37, 509-511
- Kauppinen T, Partanen T, Hernberg S ja muut (1993): Chemical Exposures and Respiratory Cancer Among Finnish Woodworkers, *Br J Ind Med* 50, 143-148
- Merliss R (1972): Phenol Marasmus, *JOM* 14, 55-56
- Petrov V (1960): Cases of Phenol Poisoning during Coke Slaking with Phenol Water (in Russian), *Gig I Sanit* 25, 60-62
- Ryan B, Selby R, Gingell R, ja muut (2001): Two Generation Reproduction Study and Immunotoxicity Screen in Rats Dosed with Phenol via the Drinking Water, *Int J Tox* 20, 121-142
- Schaumburg H (2000): Phenol. Kirjassa: Experimental and Clinical Neurotoxicology, Spencer P & Schaumburg H (toim.), 2nd ed., Oxford, New York, 987-988

Shamy Y, El Gazar R, El Sayed M, ja muut (1994): Study of Some Biological Changes among Workers Occupationally Exposed to Phenol, Alone or in Combination with Other Organic Solvents, *Ind Health* 32, 207-214

Siemiatycki J (1991): *Risk Factors for Cancer in the Workplace*, Boca Raton, FL, CRC Press

TTL (2010): Työympäristön kemikaalien altistumismittaukset 2004-2007, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 47, Työterveyslaitos, Helsinki, 122 s

Unthank R (1872): Poisoning from the Fumes of Carbolic Acid: Recovery, *BMJ* Nov 23, 579