

2-Etyyliheksanoli

HTP-ARVON PERUSTELUMUISTIO

Yksilöinti ja ominaisuudet

<i>CAS No:</i>	104-76-7
<i>Indeksi No:</i>	--
<i>EINECS No:</i>	203-234-3
<i>Kaava:</i>	CH ₃ -(CH ₂) ₃ -CH(C ₂ H ₅)-CH ₂ OH
<i>Synonyymit:</i>	2-etyyli-1-heksanoli, 2-etyyliheksaani-1-oli, oktyylialkoholi
<i>Molekyylipaino:</i>	130,20
<i>Sulamispiste:</i>	< -76 °C
<i>Kiehumispiste:</i>	183,5 - 185 °C (1013 hPa)
<i>Tiheys:</i>	0,83 g/cm ³ (20 °C)
<i>Muuntokerroin:</i>	1 ppm = 5,42 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0,185 ppm
<i>Leimahduspiste:</i>	73 °C
<i>Höyrinpaine:</i>	0,05 – 0,4 hPa (20 °C)
<i>Hajukynnys:</i>	0,4 – 0,73 mg/m ³ (0,07 – 0,14 ppm)

2-Etyyliheksanoli on huoneenlämmössä (20 °C) väritön neste, jolla on miesto, kukkainen tuoksu. (Bahrman ym. 2000, IPCS 2005, SCOEL 2011)

Luokitus ja merkinnät:

CLP-asetuksen (EY No 1272/2008) mukaiset vaaraluokka-, kategoria- ja vaaralausekekooodit: ei yhdenmukaistettua luokitusta.

Direktiivin 67/548/ETY mukaisen merkinnät: ei merkintöjä.

Varoitusmerkit: ei merkintöjä.

Valmistajien ja maahantuojien ehdottamat luokitukset löytyvät osoitteesta <http://echa.europa.eu/fi/information-on-chemicals/cl-inventory-database>.

(EY 2008)

Esiintyminen, käyttö ja rajoitukset

2-Etyyliheksanolia (2-EH) käytetään mm. pehmittimien, pinnoitteiden ja liimojen sekä muiden erikoiskemikaalien tuotannossa. Sitä käytetään mm. PVC-muovien pehmittimien dietyyliheksyyliiftalaattien (DEHP) valmistuksessa ja mattoliimoissa, sekä liuotina hartseille, vahoille, eläin- ja kasvisrasvoille, desinfiointiaineille, hyönteismyrkyille ja maaöljytuotteille. Pieninä pitoisuuksina sitä käytetään myös paperiteollisuudessa vesiliuosten vaahdonestossa. Tekstiileissä sitä on mukana väreissä ja viimeistelykemikaaleissa. Kasvava 2-EH:n käyttöalue on akrylaattien (mm. 2-etyyliheksyyliakrylaatin) ja metakrylaattien valmistus, sillä mm vesipohjaisissa auto-maaleissa akryylipolymeerien käyttö lisääntyy liuotinten käyttörajoitusten tiukentumisen vuoksi. 2-EH:a ja sen johdannaisia käytetään myös vähentämään päästöjä dieselpolttoaineissa sekä parantamaan voiteluöljyjen ja kaivoskemikaalien ominaisuuksia. (Bahrman ym. 2000, TTL 2005, 2008, 2011, 2013)

Muovituotteista voi haihtua sisäilmaan 2-EH:a pieniä määriä (mm. uudet tietokoneet, vaurioitumattomat PVC-materiaalit). Suurempia 2-EH-pitoisuuksia saattaa kuitenkin vapautua mm. PVC-muovimattojen pehmittimien DEHP:n ja liimojen akrylaattipolymeerien hajoamisen seurauksena. (Bako-Biro ym. 2004, Järnström 2005, 2007, SCOEL 2011, TTL 2011) Muovimattojen DEHP:n ja akrylaattiliimojen on todettu vapauttavan sisäilmaan 2-EH:a kostealla betonipinnalla olevista muovimatoista. (Kamijima ym. 2005, Putus ym. 2004, Wieslander ym. 1999) Mattoliiman akrylaattipolymeerien hajoamista tapahtuu etenkin alkalisissa olosuhteissa (pH 11–13) (Alexanderson 2004, Sjöberg 2001, Sjöberg ja Ramnäs 2007). Kosteiden mattoliimojen alkalinen hydrolyysi vapauttaa ilmaan 2-EH:n ohella mm. 1-butanolia (TTL 2011). DEHP:n on havaittu vapauttavan ilmaan 2-EH:a kosteissa olosuhteissa myös mikro-bien ja sienien vaikutuksesta (Horn ym. 2004, Nalli ym. 2006a, Nalli ym. 2006b, Shailaja ym. 2008).

Turvallisuus- ja kemikaaliviraston kemikaalituoterekisterin mukaan 2-EH:n valmistus Suomessa v. 2012 oli 0,01 tonnia ja v. 2011 0,03 tonnia. Sen maahantuonti v. 2012 oli 5543 tonnia, josta transiittokemikaalia oli n. 5500 tonnia, ja v. 2011 125 tonnia (ei transiittokemikaalia). 2-EH:a sisältäviä tuotteita oli rekisterissä v. 2012 yhteensä 34 kpl käyttötarkoituksilla polttoaineiden lisäaineet (14), kasvinsuojeluaineet (3), puhdistus- ja pesuaineet (3), voiteluaineet ja lisäaineet (2), prosessin säätäjät (2), pintaktiiviset aineet (2) ja muut kemikaalit.

Japanissa rakennusten sisäilmasta mitatut 2-EH-pitoisuudet olivat kesällä korkeampia kuin talvella (Kamijima ym. 2005, Sakai ym. 2009). Korkeimmat raportoidut 2-EH-pitoisuudet olivat 1,1–2,7 mg/m³ (Kamijima ym. 2002, Sakai ym. 2006).

Suomalaisissa toimistorakennuksissa vuosina 2001–2006 (n=176) otetuista sisäilmanäytteistä (n=520) 41–60 % sisälsi mitattavan määrän (0,2–12 µg/m³) 2-EH:a (Salonen ym. 2009a).

Työterveyslaitoksella tehdyissä työhygieenisissä 2-EH-ilmapitoisuusmittauksissa vuosina 2006–2012 mittausten keskiarvopitoisuus oli 0,26 mg/m³ (≈ 0,05 ppm). Korkein mitattu ilmapitoisuus oli 1,0 mg/m³ (≈ 0,19 ppm). Mittauksia tehtiin yhteensä 28 kpl (TTL 2012a). Menetelmän määrittäjäraja oli noin 0,05 – 0,3 mg/m³.

Työterveyslaitoksella vuosina 2006–2012 analysoiduista muista toimisto- ja sisätiloista otettujen ilmapitoisuusnäytteiden keskiarvopitoisuus oli $0,016 \text{ mg/m}^3$ ($\approx 0,003 \text{ ppm}$). Mittauksia oli yhteensä 7355 kpl (TTL 2012a). Korkein mitattu sisäilmapitoisuus oli $30,1 \text{ mg/m}^3$ ($\approx 5,6 \text{ ppm}$). Tuloksista 13 kpl ylitti pitoisuuden 1 mg/m^3 ($\approx 0,19 \text{ ppm}$). Menetelmän määrittäjäraja on noin $1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (VOC).

2-EH:n REACH-rekisteröinnissä on työntekijöiden pitkäaikaisen altistumisen DNEL-arvoksi annettu $53,2 \text{ mg/m}^3$ (perustuen toistuvan altistumisen aiheuttamiin systeemiisiin vaikutuksiin). Akuutin altistumisen DNEL-arvoksi (paikalliset vaikutukset) on määritetty $106,4 \text{ mg/m}^3$. Kriittiseksi vaikutukseksi on tunnistettu hengitystieärsyttävyys. Työntekijöille on lisäksi annettu ihoaltistumisen DNEL 23 mg/kg/päivä . (<http://echa.europa.eu/fi/information-on-chemicals/registered-substances>).

Aineenvaihdunta

2-EH:n aineenvaihdunnasta ihmisessä ei ole julkaistua tutkimustietoa. Altistuneilla koehenkilöillä osa hengitysteitse saadusta 2-EH:sta poistui muuttumattomana uloshengitysilmassa (Tuomainen ym. 2006).

2-EH:n aineenvaihduntaa tutkittiin naarasrotilla annostelemalla 2-EH:a suun kautta 50 tai 500 mg/kg (Deisinger ym. 1994, DFG 2003, SCOEL 2011). Elimistöön imeytyi noin 80% suun kautta saadusta annoksesta. 2-EH poistui elimistöstä pääasiassa virtsaan 24 tunnin kuluessa. Samassa tutkimuksessa ihoa altistettiin 6 tunnin ajan 2-EH:n annoksella 1 g/kg . Ihon kautta imeytyi vain 5% 2-EH-annoksesta. Aineenvaihduntatuotteet erittyivät virtsaan pääasiassa glukuronideina, joista päämetaboliitteja olivat 2-etyyliheksaanihappo, 2-etyyliadiipiinihappo, 5-hydroksi-2-etyyliheksaanihappo ja 6-hydroksi-2-etyyliheksaanihappo. Päämetaboliitteina virtsaan erittyi 37 – 45% 2-EH-annoksesta ja noin 1% erittyi 2-EH:na. Muita aineenvaihduntatuotteita olivat mm. 5-hydroksi-2-etyyliheksaanihapon laktoni ja 2-etyyli-5-heksaanihappo.

In vitro-kokeessa vertailtiin 2-EH:n imeytymistä ihmisen ja rotan ihon läpi (Barber ym. 1992). 2-EH imeytyi ihmisen ihon läpi nopeudella $38 \text{ } \mu\text{g/cm}^2/\text{tunti}$ ja imeytymisnopeus rotan ihon läpi oli $215 \text{ } \mu\text{g/cm}^2/\text{tunti}$. Täten imeytymisnopeus rotan ihon läpi oli yli 5 -kertainen ihmisen ihoon verrattuna. (SCOEL 2011)

Rotille suun kautta annostellusta 2-EH:sta 94 – 97% poistuu elimistöstä 96 tunnin kuluessa (pääosa 24 tunnissa). Virtsaan erittyy 69 – 82% , ulosteisiin 8 – 15% , ja hengitysilman mukana 6 – 14% annoksesta. (Albro 1975, DFG 2000, 2003)

Terveysvaikutukset

2-EH on hengityselimiä ja silmiä ärsyttävä aine. Se aiheuttaa lievää ihoärsytystä, mutta sen ei ole todettu herkistävän ihoa. Sitä on epäilty toimivan myös solujen peroksisomien lisääntymisen edistäjänä (peroxisome proliferator). (DFG 2003, SCOEL 2011)

Ihmisiä koskevat tiedot

Ärsytysvaikutukset

2-EH:n ärsytysvaikutuksia on arvioitu mm. subjektiivisilla oirekysely-menetelmillä (mm. SPES, Swedish Performance Evaluation System), joissa ärsytystä on arvioitu kemiallisen aistiärsytyksen, mm. hajun, nenäontelon ja silmän oireiden ja muun koetun haitan pohjalta. Ärsytysvaikutuksia on arvioitu myös fysiologisin mittauksin kuten nenän virtausmittaustutkimusta (rinomanometria) ja nenäeritteeseen vapautuvien neuropeptidien (substanssi P) määrittystä käyttäen. Silmien ärsytystä on tutkittu myös elektromyografisesti silmänräpäysten taajuutta mittaamalla (kolmoisherma-oireet). (DFG 2006, Kiesswetter ym. 2005, Seeber ym. 2002, van Thriel ym. 2007, van Thriel ym. 2005, van Thriel ym. 2003)

Koehenkilöitä altistettaessa 1,5, 10 tai 20 ppm:ssä 2-EH:a 4 tunnin ajan todettiin SPES-menetelmällä tilastollisesti merkittäviä ärsytysvaikutuksia 10 ja 20 ppm:n pitoisuudessa. Fysiologiset mittaukset osoittivat merkittäviä muutoksia 20 ppm:n pitoisuudessa (van Thriel ym. 2003). Jatkotutkimuksessa todettiin tilastollisesti merkitsevää nenän ja silmien ärsytystä sekä 10 että 20 ppm:n pitoisuudessa (van Thriel ym. 2005). Mitattaessa silmänräpäysten taajuutta, kasvu oli tilastollisesti merkitsevä sekä 10 että 20 ppm:n pitoisuudessa (Kiesswetter ym. 2005). 2-EH:lla ei huomattu olevan vaikutusta hermoston suorituskykyyn tarkkaavaisuustesteissä alle 20 ppm:n pitoisuudessa (van Thriel ym. 2007). Lieviä subjektiivisia ärsytysoireita esiintyi myös 1,5 ppm:n pitoisuudessa. (DFG 2006, SCOEL 2011)

Matalan 2-EH-pitoisuuden (1 mg/m^3 , $\approx 0,2 \text{ ppm}$) aiheuttamia akuutteja vaikutuksia koehenkilöissä ($n=30$) tutkittiin 2 tunnin altistuskammiokeessa ja saatuja tuloksia arvioitiin vertaamalla puhtaassa ilmassa saatuihin tuloksiin (Ernstgard ym. 2010). Tutkimus sisälsi oirekyselyitä ja lukuisia fysiologisia mittauksia. 2-EH-altistumisella ei ollut vaikutusta fysiologisiin parametreihin. Subjektiivinen oirekysely osoitti lievää, mutta tilastollisesti merkitsevää silmien ärsytystä.

Kosteista PVC-lattiamateriaaleista sisäilmaan vapautuva 2-EH on yhdistetty monissa tutkimuksissa hengitysteiden ja silmien ärsytysoireisiin, hengitystietulehduksiin ja astmaan (Putus ym. 2004, Tuomainen ym. 2004, Kamijima ym. 2002, Kamijima ym. 2005, Norbäck ym. 2000, Tuomainen ym. 2006, Wieslander ym. 1999). 2-EH:n vaikutus oireiden syntyyn on kuitenkin epäselvä, sillä sisäilmassa on todettu samanaikaisesti myös muita hiilivetyjä (mm. 1-butanolia) sekä mikrobeja.

Rakennuksen sisäilmasta mitattujen hyvin matalien 2-EH-pitoisuuksien ($0,3-0,6 \mu\text{g/m}^3$) sekä työntekijöillä todettujen silmä- ja hengitystietieoireiden välille ei voitu osoittaa kausaalista yhteyttä ruotsalaisessa tutkimuksessa (Wieslander ym. 2010).

Suomessa toimistorakennusten sisäilmasta mitattujen 33 yleisimmän VOC-yhdisteen ärsytysvaikutusta arvioitiin saatujen mittaustulosten ja kemikaalien ärsytystehoa ilmaisevien RD_{50} -arvojen pohjalta (Salonen ym. 2009b). 2-EH arvioitiin 10 todennäköisimmän ärsytystä aiheuttavan yhdisteen joukkoon.

2-EH on aiheuttanut lievää ärsytystä ja punoitusta iholla (SCOEL 2011). Ihon herkistymistä ei ole havaittu (ECB 2000).

Genotoksisuus, karsinogeenisuus ja lisääntymistoksisuus

2-EH:n aiheuttamia genotoksisia, karsinogeenisia tai lisääntymistoksisia vaikutuksia ihmisillä ei ole tiedossa (SCOEL 2011).

Eläinkokeiden havainnot

Akuutti myrkyllisyys

2-EH:n akuutti myrkyllisyys on matala sekä suun, ihon että ruuansulatuskanavan kautta annosteltuna (DFG 2003, SCOEL 2011). LD₅₀-arvo rotalla suun kautta saatuna on 2049–7000 mg/kg ja rotan iholla >3000 mg/kg. Neljän tunnin hengitystiealtistumiselle 2-EH:n LC₅₀-arvoksi määritettiin yli 890 mg/m³ (>164 ppm), mutta alle 5300 mg/m³ (<978 ppm). Toisessa tutkimuksessa hiirien, rottien tai marsujen altistuminen hengitysteitse 6 tunnin ajan 227 ppm:lle (1230 mg/m³) ei aiheuttanut kuolemia (Scala ja Burtis 1973).

Akuutista altistumisesta aiheutuvia myrkytysoireita hiirillä ja rotilla ovat mm. apatia, hengenahdistus, ihon sinistyminen, lihaskoordinaation puute, haparoiva liike ja hoipertelu (DFG 2003, SCOEL 2011).

Ärsytysvaikutukset

2-EH oli kanien ihoa kohtalaisesti tai vahvasti ärsyttävä 1–24 tunnin pituisissa ihoaltistustesteissä (ECB 2000).

Lisääntymistoksisuuskokeessa rottien ihoa altistettiin raskauspäivinä 6–15 päivittäin 6 tunnin ajan 2-EH-annokselle 0, 252, 420, 840, 1680 tai 2520 mg/kg/päivä (Tyl ym. 1992). Matalin haitaton annos (NOAEL) ihoärsyttävyydelle oli 252 mg/kg/päivä. Korkeammilla 2-EH:n annoksilla (420–2520 mg/kg/päivä) havaittiin ihon punoitusta, kesimistä ja karstoittumista.

Hiirien, rottien tai marsujen 2-EH-altistuminen hengitysteitse 6 tunnin ajan 227 ppm:lle (1230 mg/m³) aiheutti kohtalaista silmien ja hengitysteiden ärsytystä (Scala ja Burtis 1973).

Hiirien altistuminen 44 ppm:lle (238 mg/m³) 2-EH:a on aiheuttanut hengitystiehyteen 50 % aleneman (RD₅₀-arvo) (DFG 2003, ECB 2000, Muller ja Greff 1984, Schaper 1993, SCOEL 2011).

Muut vaikutukset

Subkroonisessa altistuskokeessa rottia altistettiin hengitysteitse 15, 40 ja 120 ppm:n pitoisuudelle 2-EH-höyryä 6 tuntia/päivä 90 päivän ajan (Klimisch ym. 1998). Koeeläinten painossa ei havaittu altistumiseen liittyviä muutoksia. Kliinisissä ja kudospatologisissa tutkimuksissa ei todettu haitallisia vaikutuksia millään altistustasolla, joten NOAEL-pitoisuudeksi saatiin 120 ppm (638 mg/m³).

Toisessa keskipitkässä kokeessa 2-EH:a annosteltiin rotille ja hiirille suun kautta 0, 25, 125, 250 ja 500 mg/kg/päivä (5 pv/viikko) 3 kuukauden ajan (BASF 1991a, 1991b). Tutkimuksen NOAEL hiirillä ja rotilla oli 125 mg/kg/päivä. Tätä suuremmilla 2-EH-annoksilla rotilla todettiin hidastunutta painon kehitystä, muutoksia elimistön kliinisissä parametreissa (mm. veriarvot), kohonnutta sisäelinten painoa, vatsan limakalvon orvaskeden paksuntumaa ja maksan rasvoittumista. Lisäksi havaittiin myös

peroksisomien lisääntymistä. Hiirillä todettiin NOAEL-tasoa korkeammilla annoksilla mahalaukun painon kasvua, maksan merkittävää rasvoittumista ja vatsan limakalvon paksuntumaa.

In vitro ja in vivo –kokeiden pohjalta 2-EH:n arvioidaan indusoivan maksan peroksisomien lisääntymistä etenkin koirilla ja rotilla, mutta vähäisemmin apinan ja ihmisen soluissa (SCOEL 2011).

Pitkäkestoisessa altistuskokeessa rotille suun kautta annosteltiin 2-EH:a 0, 50, 150 ja 500 mg/kg/päivä (5 pv/viikko) 24 kuukauden ajan (Astill ym. 1996). Kokeen NOAEL-taso oli 50 mg/kg/päivä. Suuremmilla annoksilla rottien ruumiinpaino oli alentunut, mutta kohde-elinten paino oli kasvanut. Lisäksi havaittiin uneliaisuutta. Pesäkekehukokuumetta esiintyi annostasolla 500 mg/kg. Samassa tutkimuksessa hiiriä altistettiin suun kautta 2-EH-annokselle 0, 50, 200 ja 750 mg/kg/päivä (5 pv/viikko) 18 kuukauden ajan. Hiirillä NOAEL-annos oli 200 mg/kg/päivä. Korkeimmalla annoksella hiirien kuolleisuus lisääntyi, paino aleni ja maksasolukon syöpäkasvainten ilmaantuvuudessa esiintyi lievää kasvua. Täten tutkijat arvioivat, että 2-EH saattaa olla hiirillä lievästi syövän syntyä edistävä aine. Rotilla karsinogeenisia vaikutuksia ei todettu.

2-EH ei ole osoittautunut genotoksiseksi lukuisissa bakteerien, hamsterien, hiirien tai rotan soluilla tehdyissä in vitro–kokeissa (mm. takaisinmutaatiokoe bakteereilla, geenimutaatio-, kromosomipoikkeavuus- ja UDS-testi nisäkässoluilla) (DFG 2003, SCOEL 2011). Lievä mutageeninen vaste havaittiin yhdessä tutkimuksessa (Seed 1982). DNA:n korjautumistestissä on saatu ristiriitaisia tuloksia (MRI 1981).

In vivo–kokeissa ei ole todettu genotoksisuutta kromosomipoikkeavuustestissä rotalla, letaalinmutaatiotestissä hiirillä tai DNA-sitoutumiskokeissa hiirillä ja rotilla (DFG 2003).

Lisääntymistoksisuuskokeessa rottia altistettiin hengitysteitse 7 tuntia/päivä 1.-19. raskauspäivänä 160–200 ppm:lle 2-EH-höyryä (DFG 2003, Nelson ym. 1989, SCOEL 2011). Kokeen aikana emojen ravinnon kulutus väheni, mutta kehitystoksisia vaikutuksia sikiöissä ei havaittu.

Rotilla tutkittiin lisääntymistoksisuutta annostelemalla 2-EH:a ruuansulatuskanavan kautta 0, 130, 650 ja 1300 mg/kg/päivä 6.-15. raskauspäivänä (Hellwig ja Jaechh 1997, SCOEL 2011). Sikiöillä luuston kehityshäiriöiden ilmaantuvuus lisääntyi ja paino väheni annostasolla 650 mg/kg/päivä. Tutkimuksen NOAEL oli 130 mg/kg/päivä sekä emoihin että jälkeläisten kehitykseen kohdistuvien haittavaikutusten osalta.

Kehitystoksisuutta tutkittaessa raskaana olevia rottia altistettiin ihon kautta 2-EH-annokselle 0, 252, 420, 840, 1680 ja 2520 mg/kg, (6 tuntia/päivä) 6.-15. raskauspäivänä (DFG 2003, Tyl ym. 1992). Kokeen NOAEL-annos paikallisille ihovaurioille oli 252 mg/kg/päivä, systeemisille vaikutuksille 840 mg/kg/päivä ja kehityshäiriöille 2520 mg/kg/päivä.

2-Etyyliheksanolin riskinarvioinnista

SCOEL:in arvion mukaan 2-EH:n aiheuttama kriittinen terveyshaitta on hengitysteiden ja silmien ärsytys (SCOEL 2011).

Koe-eläimillä mitattujen kemikaalien aiheuttamien RD₅₀-arvojen pohjalta voidaan ns. Alarien menetelmällä arvioida ihmisille turvallisia altistustasoja, käyttämällä laskukaavaa $OEL = 0,03 \times RD_{50}$ (Alarie 1981, Schaper 1993). Hiirillä mitattua 2-EH:n RD₅₀-arvoa (44 ppm) käyttäen, voidaan työntekijöiden altistumistasoksi laskea 1,3 ppm.

Koe-eläintutkimusten pohjalta johdettu 2-EH:n pitoisuus 1,3 ppm on yhtenevä ihmisten akuutissa altistumisessa todettujen fysiologisten ärsytysoireiden suhteen (NOAEL 1,5 ppm). Haittojen ehkäisemiseksi pitkäaikaisessa altistumisessa voi olla perusteltua huomioida myös lievät subjektiiviset oireet, joita raportoitiin pitoisuudessa 1 mg/m³ (\approx 0,2 ppm) ja 1,5 ppm (Ernstgard ym. 2010, van Thriel ym. 2005).

Saksan DFG on arvioinut 2-EH:n kriittiseksi vaikutukseksi silmien ärsytyksen (DFG 2012). Asetettu MAK-arvo 10 ppm (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) perustuu pääasiassa mitattuihin fysiologisiin ärsytysoireisiin (silmänräpäysten taajuus) (Kiesswetter ym. 2005).

HTP-arvon perusteet

2-Etyyliheksanolin työilmaraaja-arvoa asetettaessa keskeisiä ovat sen silmien- ja hengityselinten ärsyttävyys sekä eläinkokeissa todettu hengitystiheyden alenema.

Työturvallisuussäännöksiä valmisteleva neuvottelukunta esittää, että 2-etyyliheksanolin haittoja voidaan vähentää asettamalla sen HTP-arvoksi 1 ppm.

Eri asettajien ilman epäpuhtauksien vertailu

Eri maissa on voimassa seuraavanlaisia työilman pitoisuuden raja-arvoja.

Asettaja	Vuosi	Vertailuaika				Huomautus
		8 h		15 min		
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	
Suomi	2012	-	-	-	-	
Ruotsi	2012	-	-	-	-	
Tanska	2012	-	-	-	-	
Iso-Britannia	2012	-	-	-	-	
Puola	2012		160		320	
Ranska	2012	-	-	-	-	
Saksa (AGS)	2012	20	110	20	110	
Saksa (DFG)	2012	10	54	10	54	
Sveitsi	2012	20	110	20	110	
EU (SCOEL)	2011	1	-	-	-	
Japani	2010	-	-	-	-	
USA (ACGIH)	2012	-	-	-	-	
USA (NI- OSH)	2012	-	-	-	-	
Ehdotus, Suomi	2013	1	5,4			

(ACGIH 2012, IFA 2012, JSOH 2010, STM 2012)

Viitteet

- ACGIH, The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (2012): 2012 TLVs® and BEIs® with 7th Edition Documentation, CD-ROM, Publication #0111CD. Cincinnati, USA.
- Alarie Y. (1981): Dose-response analysis in animal studies: prediction of human responses. *Environmental Health Perspectives*, 42, 9-13.
- Albro, P.W. (1975): The Metabolism of 2-Ethylhexanol in Rats. *Xenobiotica; the fate of foreign compounds in biological systems* 5(10), 625-636.
- Alexanderson, J., (2004): Secondary emissions from alkali attack on adhesives and PVC floorings. Lund Institute of Technology, Lund, Sweden. Report TVBM-3115.
- Astill, B.D., Gingell, R., Guest, D., Hellwig, J., Hodgson, J.R., Kuettler, K., Mellert, W., Murphy, S.R., Sielken, R.L., Jr., Tyler, T.R. (1996): Oncogenicity testing of 2-ethylhexanol in Fischer 344 rats and B6C3F1 mice. *Fundamental and applied toxicology : official journal of the Society of Toxicology* 31(1), 29-41.
- Bahrman, H., Hahn, H.-D., Mayer, D., Frey, G.D. (2000): 2-Ethylhexanol. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Bako-Biro, Z., Wargocki, P., Weschler, C.J., Fanger, P.O. (2004): Effects of pollution from personal computers on perceived air quality, SBS symptoms and productivity in offices. *Indoor air* 14(3), 178-187.
- Barber, E.D., Teetsel, N.M., Kolberg, K.F., Guest, D. (1992): A comparative study of the rates of in vitro percutaneous absorption of eight chemicals using rat and human skin. *Fundamental and Applied Toxicology* 19(4), 493-497.
- BASF, (1991a): Report on the study of the oral toxicity of 2-ethylhexanol in rats after administration by gavage (aqueous emulsion) for 3 months. Unpublished report, project No. 31C0631/87077. On behalf of the Chemical Manufacturers Association, Washington, USA. BASF AG, Department of Toxicology. Siteerattu dokumenteissa: DFG 2003, SCOEL 2011.
- BASF, (1991b): Report on a limited study of the oral toxicity of 2-ethylhexanol in rats after administration by gavage (aqueous emulsion) for 3 months. Unpublished report, project No. 31C0631/87082. On behalf of the Chemical Manufacturers Association, Washington, USA. BASF AG, Department of Toxicology. Siteerattu dokumenteissa: DFG 2003, SCOEL 2011.
- Deisinger, P.J., Boatman, R.J., Guest, D. (1994): Metabolism of 2-ethylhexanol administered orally and dermally to the female Fischer 344 rat. *Xenobiotica; the fate of foreign compounds in biological systems* 24(5), 429-440.
- DFG, Deutsche Forschungsgemeinschaft (2000): The MAK Collection for Occupational Health and Safety; 2-Ethylhexanol. MAK, 30. Lieferung, 2000. MAK Value Documentation, 2000. Wiley online library 2013. Weinheim, Germany.
- DFG, Deutsche Forschungsgemeinschaft (2003): The MAK Collection for Occupational Health and Safety; 2-Ethylhexanol. MAK Value Documentation, 2003. Wiley online library 2013. Weinheim, Germany.
- DFG, Deutsche Forschungsgemeinschaft (2006): The MAK Collection for Occupational Health and Safety; 2-Ethylhexanol. MAK, 41. Lieferung, 2006. MAK Value Documentation, 2006. Wiley online library 2013. Weinheim, Germany.
- DFG, Deutsche Forschungsgemeinschaft (2012): The MAK Collection for Occupational Health and Safety; 2-Ethylhexanol. MAK, 53. Lieferung, 2012. MAK Value Documentation, 2012. Wiley online library 2013. Weinheim, Germany. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb10476kskd0053/pdf>
- ECB, European Chemicals Bureau (2000): IUCLID Dataset. Substance ID:104-76-7; 2-ethylhexanol-1-ol.
- Ernstgard, L., Norback, D., Nordquist, T., Wieslander, G., Walinder, R., Johanson, G. (2010):

- Acute effects of exposure to 1 mg/m³ of vaporized 2-ethyl-1-hexanol in humans. *Indoor air* 20(2), 168-175.
- EY, Euroopan yhteisö (2008): Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 1278/2008 aineiden ja seosten luokituksesta, merkinnöistä ja pakkaamisesta. Liitteet III, VI. .
- Hellwig, J., Jaekch, R. (1997): Differential prenatal toxicity of one straight-chain and five branched-chain primary alcohols in rats. *Food and Chemical Toxicology* 35(5), 489.
- Horn, O., Nalli, S., Cooper, D., Nicell, J. (2004): Plasticizer metabolites in the environment. *Water Research* 38(17), 3693-3698.
- IFA, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherungen (2012): GESTIS-International limit values for chemical agents. Occupational exposure limits (OELs). . http://limitvalue.ifa.dguv.de/Webform_gw.aspx
- IPCS, International Programme on Chemical Safety (2005): International Chemical Safety Card (ICSC 0890): 2-Etyyliheksanoli (suomennos 2006, TTL). <http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/khtml/nfin0890.htm>
- JSOH, The Japan Society for Occupational Health (2010): Recommendation of occupational exposure limits (2010-2011). *Journal of Occupational Health* 52, 308-324. <http://joh.sanei.or.jp/oel/oel2010.pdf>
- Järnström, H., (2005): Muovimattopinnoitteisen lattiarakenteen VOC-emissiot sisäilmaongelmatapauksissa. VTT publications 571. Espoo
- Järnström, H., (2007): Reference values for building material emissions and indoor air quality in residential buildings. VTT publications 672. Espoo
- Kamijima, M., Sakai, K., Shibata, E., Yamada, T., Itohara, S., Ohno, H., Hayakawa, R., Sugiura, M., Yamaki, K., Takeuchi, Y. (2002): 2-Ethyl-1-hexanol in Indoor Air as a Possible Cause of Sick Building Symptoms. *Journal of Occupational Health* 44(3), 186-191.
- Kamijima, M., Shibata, E., Sakai, K., Ohno, H., Ishihara, S., Yamada, T., Takeuchi, Y., Nakajima, T. (2005): [Indoor air pollution due to 2-ethyl-1-hexanol airborne concentrations, emission sources and subjective symptoms in classroom users]. *Nihon Koshu Eisei Zasshi*. 2005 Dec;52(12):1021-31.
- Kiesswetter, E., Thriel, C., Schaper, M., Blaszkewicz, M., Seeber, A. (2005): Eye blinks as indicator for sensory irritation during constant and peak exposures to 2-ethylhexanol. *Environmental toxicology and pharmacology* 19(3), 531-541.
- Klimisch, H.J., Deckardt, K., Gembardt, C., Hildebrand, B. (1998): Subchronic inhalation toxicity study of 2-ethylhexanol vapour in rats. *Food and Chemical Toxicology* 36(3), 165-168.
- MRI, Midwest Research Institute, Kansas City, USA (1981): Evaluation of 2-ethylhexanol in the E. coli DNA repair-suspension assay Report, MRI project No. 4822-E (1981) On behalf of Tenneco Chemicals, Inc., Saddle Brook, New Jersey, USA. NTIS/OTS 0515130. Siteerattu dokumenteissa: DFG 2003, SCOEL 2011.
- Muller, J., Greff, G. (1984): Recherche de relations entre toxicite de molecules d'interet industriel et proprietes physico-chimiques: Test d'irritation des voies aeriennes superieures applique a quatre familles chimiques. *Food and Chemical Toxicology* 22(8), 661-664.
- Nalli, S., Cooper, D.G., Nicell, J.A. (2006a): Metabolites from the biodegradation of di-ester plasticizers by *Rhodococcus rhodochrous*. *Science of The Total Environment* 366(1), 286-294.
- Nalli, S., Horn, O.J., Grochowalski, A.R., Cooper, D.G., Nicell, J.A. (2006b): Origin of 2-ethylhexanol as a VOC. *Environmental Pollution* 140(1), 181-185.
- Nelson, B.K., Brightwell, W.S., Khan, A., Krieg, E.F., Hoberman, A.M. (1989): Developmental Toxicology Evaluation of 1-Pentanol, 1-Hexanol, and 2-Ethyl-1-Hexanol Administered by Inhalation to Rats. *International Journal of Toxicology* 8(2), 405-410.
- Norbäck, D., Wieslander, G., Nordström, K., Wälinder, R. (2000): Asthma symptoms in relation to measured building dampness in upper concrete floor construction, and 2-ethyl-1-hexanol in

- indoor air. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease : The Official Journal of the International Union Against Tuberculosis and Lung Disease* 4(11), 1016.
- Putus, T., Tuomainen, A., Rautiala, S. (2004): Chemical and microbial exposures in a school building: adverse health effects in children. *Archives of environmental health* 59(4), 194-201.
- Sakai, K., Kamijima, M., Shibata, E., Ohno, H., Nakajima, T. (2006): Indoor air pollution by 2-ethyl-1-hexanol in non-domestic buildings in Nagoya, Japan. *Journal of Environmental Monitoring* 8(11), 1122-1128.
- Sakai, K., Kamijima, M., Shibata, E., Ohno, H., Nakajima, T. (2009): Annual transition and seasonal variation of indoor air pollution levels of 2-ethyl-1-hexanol in large-scale buildings in Nagoya, Japan. *Journal of Environmental Monitoring* 11(11), 2068-2076.
- Salonen, H., Pasanen, A.L., Lappalainen, S., Riuttala, H., Tuomi, T., Pasanen, P., Bäck, B., Reijula, K. (2009b): Volatile Organic Compounds and Formaldehyde as Explaining Factors for Sensory Irritation in Office Environments. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 6(4), 239-247.
- Salonen, H.J., Pasanen, A.-L., Lappalainen, S.K., Riuttala, H.M., Tuomi, T.M., Pasanen, P.O., Bäck, B.C., Reijula, K.E. (2009a): Airborne Concentrations of Volatile Organic Compounds, Formaldehyde and Ammonia in Finnish Office Buildings with Suspected Indoor Air Problems. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 6(3), 200-209.
- Scala, R.A., Burtis, E.G. (1973): Acute Toxicity of a Homologous Series of Branched-Chain Primary Alcohols. *American Industrial Hygiene Association Journal* 34(11), 493-499.
- Schaper, M. (1993): Development of a database for sensory irritants and its use in establishing occupational exposure limits. *American Industrial Hygiene Association Journal* 54(9), 488-544.
- SCOEL, The Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (2011): Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for 2-ethylhexanol, SCOEL/SUM/158. European Commission.
<http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=6660&langId=en>
- Seeber, A., van Thriel, C., Haumann, K., Kiesswetter, E., Blaszkewicz, M., Golka, K. (2002): Psychological reactions related to chemosensory irritation. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 75(5), 314-325.
- Seed, J.L. (1982): Mutagenic activity of phthalate esters in bacterial liquid suspension assays. *Environmental Health Perspectives* 45, 111-114.
- Shailaja, S., Venkata Mohan, S., Rama Krishna, M., Sarma, P.N. (2008): Degradation of diethylhexyl phthalate (DEHP) in bioslurry phase reactor and identification of metabolites by HPLC and MS. *International Biodeterioration & Biodegradation* 62(2), 143-152.
- Sjöberg, A., (2001): Secondary Emissions from Concrete Floors with Bonded Flooring Materials - Effects of Alkaline Hydrolysis and Stored Decomposition Products. Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden. Publication P-01:2 .
- Sjöberg, A., Ramnäs, O. (2007): An experimental parametric study of VOC from flooring systems exposed to alkaline solutions. *Indoor air* 17(6), 450.
- STM, Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö (2012): HTP-arvot 2012. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Helsinki <http://www.stm.fi/julkaisut/nayta/-/julkaisu/1796805>
- TTL, Työterveyslaitos (2005): Kemikaalit ja työ, Selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä. Akrylaatit ja metakrylaatit s.163. Lisääntymiselle vaaralliset ftalaatit (dietyyliheksyyliftalaatti ja dibutyyliftalaatti) s. 196. Työterveyslaitos, Helsinki.
- TTL, Työterveyslaitos (2008): Työhygieniä. Ftalaatit s. 228. Työterveyslaitos, Helsinki.
- TTL, Työterveyslaitos (2011): Sisäilman 2-etyyli-1-heksanoli. (Päivitetty 23.6.2011). http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/terveydelliset_tekijat/sisailman_2eh/sivut/default.aspx
- TTL, Työterveyslaitos (2012a): Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri, Työterveyslaitos,

Helsinki.

http://www.ttl.fi/fi/rekisterit/tyohygieenisten_altistumismittausten_rekisteri/Sivut/default.aspx

TTL, Työterveyslaitos (2013): Lattiapäällysteiden uudet kosteusindikaattorit. (Päivitetty 18.4.2013).

http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/terveydelliset_tekijat/kosteusindikaattorit/Sivut/default.aspx

Tuomainen, A., Seuri, M., Sieppi, A. (2004): Indoor air quality and health problems associated with damp floor coverings. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 77(3), 222.

Tuomainen, A., Stark, H., Seuri, M., Hirvonen, M.R., Linnainmaa, M., Sieppi, A., Tukiainen, H. (2006): Experimental PVC material challenge in subjects with occupational PVC exposure. *Environmental health perspectives* 114(9), 1409-1413.

Tyl, R.W., Fisher, L.C., Kubena, M.F., Vrbanic, M.A., Gingell, R., Guest, D., Hodgson, J.R., Murphy, S.R., Tyler, T.R., Astill, B.D. (1992): The developmental toxicity of 2-ethylhexanol applied dermally to pregnant Fischer 344 rats. *Fundamental and applied toxicology : official journal of the Society of Toxicology* 19(2), 176-185.

van Thriel, C., Seeber, A., Kiesswetter, E., Blaszkewicz, M., Golka, K., Wiesmuller, G.A. (2003): Physiological and psychological approaches to chemosensory effects of solvents. *Toxicology letters* 140-141, 261-271.

van Thriel, C., Kiesswetter, E., Schaper, M., Blaszkewicz, M., Golka, K., Seeber, A. (2005): An integrative approach considering acute symptoms and intensity ratings of chemosensory sensations during experimental exposures. *Environmental toxicology and pharmacology* 19(3), 589-598.

van Thriel, C., Kiesswetter, E., Schaper, M., Blaszkewicz, M., Golka, K., Juran, S., Kleinbeck, S., Seeber, A. (2007): From neurotoxic to chemosensory effects: new insights on acute solvent neurotoxicity exemplified by acute effects of 2-ethylhexanol. *Neurotoxicology* 28(2), 347-355.

Wieslander, G., Norbäck, D., Nordström, K., Wålinder, R., Venge, P. (1999): Nasal and ocular symptoms, tear film stability and biomarkers in nasal lavage, in relation to building-dampness and building design in hospitals. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 72(7), 451.

Wieslander, G., Kumlin, A., Norback, D. (2010): Dampness and 2-ethyl-1-hexanol in floor construction of rehabilitation center: Health effects in staff. *Archives of environmental & occupational health* 65(1), 3-11.