

## Tietoja bentseenistä sekä pilaantuneen maaperän kynnys-, ohje- ja viitearvoista

### Bentseenin ominaisuuksista

Bentseeni on rengasmainen molekyyli, joka koostuu hiilestä ja vedestä. Bentseeniä käytetään yleisesti teollisuuden raaka-aineena, luonnossa bentseenin lähteitä ovat mm. metsäpalot ja ihmisen elinympäristössä sen lähteitä ovat esim. liikenteen pakokaasut ja tupakansavu. Ilmakehässä bentseeni on kaikkialla läsnä, mutta sen pitoisuudet ovat pieniä, sillä ilmassa bentseeni hajoaa muutamassa tunnissa tai päivässä. Ihmiselle bentseeni on vaarallinen pitkäaikaisena altistumisena hengitettynä.

Ominaisuuksiltaan bentseeni on helposti haihtuvaa, mutta veteen se liukenee melko heikosti. Koska se kuitenkin liukenee veteen, maaperään joutuessaan se voi aiheuttaa pohjaveden pilaantumisen. Pintamaasta bentseeni haihtuu nopeasti ilmaan. Ilmaan joutunut bentseeni hajoaa hydroksyyli-radikaalien vaikutuksesta ja sen määrä puoliintuu 1–2 viikon kuluessa. Maaperässä bentseeni sitoutuu orgaaniseen ainekseen, puhtaasta hiekasta bentseeni haihtuu tai suodatautuu veden mukana. Bentseeni hajoaa maaperässä biologisesti, ympäristöolosuhteet kuitenkin vaikuttavat hajoamisnopeuteen. Hyvissä aerobisissa olosuhteissa bentseeni on biologisesti nopeasti hajoavaa: Mikrobit hajottavat sen hapellisissa oloissa katekoli-molekyylin kautta hiilidioksidiksi ja vedeksi. Esim. biologisessa jätevedenkäsittelyssä bentseeni hajoaa pääsääntöisesti tällä mekanismilla ja lähes täysin. Anaerobisissa oloissa bentseeni hajoaa mikrobiologisesti metaaniksi ja hiilidioksidiksi.

Bentseenin kulkeutuessa vesiympäristöön se hakeutuu veden pinnalle, mistä se haihtuu helposti ilmaan. Haihtuminen on bentseenin ympäristössä kulkeutumista määräävä ominaisuus; bentseenin ominaisuudet (liukoisuus veteen ja Henryn kaasuvakio) kertovat siitä, että bentseeni veteen joutuessa ensisijaisesti kulkeutuu vedestä ilmakehään. Vedessä bentseeni voi myös hajota hapettumalla valon vaikutuksesta. Laskentamallien avulla on arvioitu, että sen määrä puoliintuu matalassa joessa (syvyys yksi metri) noin kolmessa tunnissa.

Bentseenin ei ole todettu kertyvän eliöihin, eikä rikastuvan ravintoverkossa. Sen bioakkumulaatioarvo, eli kertymispotentiaali eliöihin, on matala, mikä kertoo matalasta riskistä kertyä eliöihin. Tutkimuksissa bentseenin ei ole havaittu kertyvän ravintoketjuun vesiekosysteemeissä eikä aiheuttavan haittaa eliöstölle.

### Lähteet:

Työterveyslaitos, Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet – turvallisuusohjeet

Bitton, G., Wastewater microbiology, Wiley-Liss, 1994

Wilbur S., Keith, S., Faroon, O., Wohlers D. Stickney J., Paikoff, S., Diamond G. and Quinones-Rivera, A., Toxicological profile for benzene, US Dept. of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007

## Haitallisten aineiden pitoisuusrajat pilaantuneen maaperän kunnostuksessa

Pilaantuneen maaperän kunnostuksessa käytetään lainsäädännössä asetettuja kynnys- ja ohjearvoja (VNA maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007). Näiden raja-arvojen perustaksi on suoritettu yleinen ympäristö- ja terveysriskin arviointi, jossa haitta-aineen maaperäpitoisuuksille on määritelty erilaisia viitearvoja. Bentseenin kynnysarvo on asetettu pohjaveden pilaantumisriskin perustuvan arvon mukaan ja ohjearvot terveysriskeihin pohjautuvien viitearvojen perusteella. Ekologiset viitearvot ovat terveysperusteisia viitearvoja korkeammat: bentseenin kynnysarvon perustaksi määritetty maaperän viitearvo SVPEko on 1,5 mg/kg, alemman ohjearvon perustaksi määritetty maaperän viitearvo SHPEko on 180 mg/kg. (Reinikainen J. 2007, Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittämisperusteet, Suomen ympäristö 23/2007.)

Pilaantuneen maaperän riskinarvioinnin laatimiseen on ympäristöministeriö julkaissut ohjeen (Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014, Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta). Tässä ohjeessa (s. 72) todetaan, että ”Liukoisuustestejä on standardisoitu ja kehitetty erityisesti jätteissä esiintyvien epäorgaanisten yhdisteiden liukoisuuskäyttäytymisen tutkimiseen. Useimmat näistä soveltuvat kuitenkin myös maaperätutkimuksiin sekä orgaanisille haitta-aineille. Käytännössä liukoisuustutkimuksilla arvioidaan liukoisuuden lisäksi haitta-aineiden pidättymistä maaperään.” Riskinarvioinnissa voidaan siis soveltaa erilaisia menetelmiä. Riskinarviointi myös perustuu erilaisten aineiden kemiallisten ominaisuuksien huomioon ottamiseen.

Seuraavalla sivulla tiedot bentseenistä raportista ”Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittämisperusteet” (Reinikainen Jussi, Suomen ympäristö 23/2007, Liite 1/13 Haitallisten aineiden tietokortit s.103 Bentseeni).

Lyhenteet poimittu raportin sivuilta 86-87:

**HCx**-arvot Hazardous Concentration; pitoisuus, joka on haitallinen x %:lle eliöistä

**SHP** suurin hyväksyttävä pitoisuus; alemman ohjearvon perustaksi määritetty maaperän viitearvo

**SHPT** suurin hyväksyttävä pitoisuus teollisuusalueella; ylemmän ohjearvon perustaksi määritetty maaperän viitearvo

**SVP** suurin vaikutukseton pitoisuus; kynnysarvon perustaksi määritetty maaperän viitearvo

## Bentseeni

Bentseeni on helposti haihtuva ja vesiliukoinen aromaattinen neste. Maaperässä bentseeni ei pidäty voimakkaasti maa-ainekseen, joten se kulkeutuu hyvin ja päättyy helposti pohjaveteen. Maaperässä ja pohjavedessä bentseeni hajoaa yleensä suhteellisen helposti sekä aerobisissa että anaerobisissa olosuhteissa. Bentseenin puoliintumisaikaksi maaperässä on arvioitu aerobisissa olosuhteissa alle kuukausi, mutta anaerobisissa olosuhteissa puoliintumisaika voi olla muutamasta kuukaudesta pariin vuoteen. Bentseeni on genotoksinen karsinogeeni, joka on luokiteltu terveysvaaran perusteella seuraavasti: F; R11; Carc. Cat. 1; R45; Muta.Cat. 2; R46; T; R48/23/24/25; Xn; R65; Xi; R36/38. Maaperässä bentseeni aiheuttaa usein suurimman terveysriskin päästessään haihtumaan rakennusten sisäilmaan tai kulkeutuessaan talousvetenä käytettävään pohjaveteen. Bentseeni on myrkyllistä vesieliöille. Bentseeniä esiintyy tavallisimmin maaöljystä tai kivihielestä valmistetuissa tuotteissa, kuten bensiinissä. Bentseeni on myös tärkeä kemianteollisuuden välituote. Maaperään bentseeniä on pääsyt tyypillisimmin bensiinin käytön ja varastoinnin seurauksena.

Bentseeni								
Ekologia	SHPeko mg/kg	SVP mg/kg	HC50aq mg/l	HC5aq µg/l	logKoc l/kg	NOECterr mg/kg	NOECaq makea ja merivesi mg/l	L(E)C50aq makea ja merivesi mg/l
	<b>180<sup>1)</sup></b>	<b>1,5<sup>2)</sup></b>	41 <sup>3)</sup>	340 <sup>4)</sup>	1,87	-	0,18-600	7,5-920
Terveys	SHPter mg/kg	SHPTter mg/kg	CRoral µg/kg/vrk	CRinhal µg/m <sup>3</sup>	SVP <sub>PV</sub> mg/kg	STM 461/2000 µg/l	Eri organisaatioiden esittämiä sallitun enimmäissaannin arvoja pitkäaikaisessa altistuk- sessa (ellei muuta mainintaa)	
	<b>0,2</b>	<b>0,96</b>	3,3 <sup>5)</sup>	20 <sup>6)</sup>	<b>0,007</b>	1,0	17 µg/m <sup>3</sup> , altistus hengitys- teitse, lisäsyöpäriski 10 <sup>-4</sup> (WHO) 1,3-4,5 µg/m <sup>3</sup> , altistus hengi- tysteitse, lisäsyöpäriski 10 <sup>-5</sup> (U.S.EPA)	

<sup>1)</sup> HC50aq x Koc x 0,0588. Ei tietoa maaperäeliötesteistä.

<sup>2)</sup> HC5aq x Koc x 0,0588. Ei tietoa maaperäeliötesteistä.

<sup>3)</sup> Tilastollisesti NOECaq-jakaumasta (n = 10, makea + merivesi). 90 % luotettavuusväli: 8-211 mg/l. Geom. ka. L(E)C50-arvoista: 61 mg/l.

<sup>4)</sup> Tilastollisesti NOECaq-jakaumasta (n = 10, makea + merivesi). 90 % luotettavuusväli: 0,01-2,34 mg/l.

<sup>5)</sup> Ekstrapoloitu sallitusta hengitysilman pitoisuudesta 20 µg/m<sup>3</sup> (CR<sub>inhal</sub>, kts. kohta<sup>6)</sup>). Elimistöön absorboituvaksi osuudeksi oletettu hengitysaltistuksessa 50 % ja suun kautta tapahtuvassa altistuksessa 100 %. Lisäsyöpäriski 10<sup>-5</sup>.

<sup>6)</sup> Perustana epidemiologiset tutkimukset, joissa on selvitetty hengitysilman bentseenipitoisuuden ja altistuneilla teollisuustyöntekijöillä todettujen syöpätapausten välistä yhteyttä. Tutkimusten perusteella määritetty lisäsyöpäriskitaso 10<sup>-6</sup> aiheuttava pitoisuusalue 0,2-20 µg/m<sup>3</sup> ja tason 10<sup>-4</sup> aiheuttava pitoisuusalue 20-36 µg/m<sup>3</sup> (EU Working Group 1999). Näiden pitoisuusalueiden perusteella arvioitu lisäsyöpäriskitasoa 10<sup>-5</sup> edustavaksi pitoisuudeksi 20 µg/m<sup>3</sup>.

Kynnysarvo: **0,02 mg/kg**

Alempi ohjearvo: **0,2 (t) mg/kg**

Ylempi ohjearvo: **1 (t) mg/kg**