

Heksabromisyklododekaani (HBDCD)

Heksabromisyklododekaani (HBDCD) on palonsuoja-aineena käytetty bromattu yhdiste. Sen kaupallinen seos sisältää vain kolme eri stereoisomeeriä; α , β sekä γ , joista γ -isomeerin pitoisuus (79–95 %) on selvästi korkeampi kuin α - ja β -isomeerien yhteenlaskettu pitoisuus (3–30 %). EU:ssa HBDCD:n käyttö on ollut luvanvaraista (REACHin lupaliite XIV) vuodesta 2015 lähtien sen PBT-ominaisuuksien (Persistent Bioaccumulative and Toxic) vuoksi.

1

HEKSABROMISYKLODODEKAANI HBDCD (myös lyhennettä HBCDD käytetään)

- CAS 25637-99-4 ja CAS 3194-55-5
- englanniksi hexabromocyclododecane
- palonsuoja-aine
- Tukholman sopimuksen liitteessä A

Käyttö

HBDCD:a tuotiin markkinoille 1960-luvun loppupuolella, minkä jälkeen sen kulutus kasvoi merkittävästi. HBDCD on ollut 2000-luvun alkupuolella kolmanneksi käytetyin bromattu palonsuoja-aine maailmassa TBBPA:n ja dekaBDE:n jälkeen ja sen tuotantomäärä on kaksinkertaistunut vuosien 2001–2010 välillä. Euroopassa HBDCD:a myytiin vuonna 2008 kaikkiaan noin 8 900 tonnia, ja globaalisti vajaat 30 000 tonnia vuonna 2011. Suomessa HBDCD:a on käytetty vuositasolla satoja tonneja EPS:n raaka-aineen valmistukseen, kunnes käyttö loppui 2015. Osa Suomessa käytetystä EPS-raaka-aineesta on voitu viedä ulkomaille ja vastaavasti ulkomailta on voitu tuoda Suomeen EPS-raaka-ainetta.

HBDCD:n kaupallista seosta käytetään palonsuoja-aineena paisutetussa polystyreenissä eli styroksissa (EPS) sekä suulakepuristetussa polystyreenissä (XPS), joita puolestaan käytetään pääasiassa rakennuksissa eristeinä. Jossain määrin HBDCD:a käytetään myös tekstiileissä, kuten autojen ja lentokoneiden istuimissa sekä elektroniikkatuotteissa. Myös pakkausmateriaaleina käytettävä EPS voi sisältää HBDCD:a.

HBDCD lisättiin Tukholman yleissopimukseen kieltoliitteeseen vuonna 2013 siten, että aineen käyttö sallittiin ainoastaan rakennusten EPS- ja XPS-eristeisiin määräaikaisella poikkeuksella (5–10 v). HBDCD:n käyttö tekstiileissä, HIPS-muovissa sekä kaikissa muissa EPS- ja XPS-sovellutuksissa (kuten esimerkiksi siltojen ja teiden rakentaminen, pakkausmateriaalit, huonekalujen sisukset) on lopetettava. Kyseisen poikkeuksen nojalla tuotettu EPS ja XPS on myös merkittävä niin, että se voidaan tunnistaa koko elinkaarensa ajan. Tukholman sopimuksen mukainen rajoitus tuli EU:ssa voimaan maaliskuussa 2016.

Päästöt

Valmistuksen lisäksi HBDCD-päästöjä syntyy mm. eristelevyjen työstön yhteydessä, jolloin yhdistettä pääsee sisäilmaan. Myös EPS-täytettä sisältävistä huonekaluista ja tekstiileistä voi aiheutua päästöjä. HBDCD:n käytön yleisyyden ja sitä sisältävien tuotteiden pitkän elinkaaren takia päästöjen arvioidaan tulevaisuudessa kasvavan entisestään. HBDCD voi siis pilata ympäristöä vielä pitkään sen kieltämisen jälkeen, ellei jätettä käsitellä asianmukaisesti. On arvioitu, että vuoteen 2017 mennessä EU:ssa on syntynyt n. 23 milj. t HBDCD-jätettä, joka on hävitetty joko polttamalla, kierrättämällä tai sijoittamalla kaatopaikoille. HBDCD:n poltossa voi muodostua sivutuotteena haitallisia dioksiineja ja furaaneja.

Jätteistä peräisin olevien HBCD -päästöjen on arvioitu olevan suurempia kuin yhdisteen tuotannosta tai sitä sisältävien tuotteiden käytöstä aiheutuvat päästöt. Vuoden 2013 maaliskuusta alkaen yli 1000 mg/kg HBCD:a sisältävä jäte on käsiteltävä POP-jätteenä. Keskeinen ongelma HBCD:a sisältävien tuotteiden jätekäsittelyssä on, ettei sitä voida silmämääräisesti erottaa palosuojaamattomasta materiaalista.

SYKE pyrkii yhdessä Tampereen ammattikorkeakoulun kanssa kehittämään ohjeistusta rakennusliikkeille HBCD:a sisältävien materiaalien tunnistamiseksi, jotta niiden asianmukainen jätetuolto voidaan toteuttaa ja estää niiden kierrättäminen uusiin tuotteisiin.

Terveysvaikutukset

HBCD:n vaikutuksia ihmisiin ei tunneta, mutta eläinkokeissa aineella on todettu vaikuttavan haitallisesti mm. kilpirauhasaineenvaihduntaan, lisääntymiseen ja yksilönkehitykseen. HBCD:n ja etenkin sen α -isomeerin on todettu olevan voimakkaasti biokertyvä ja ravintoketjussa rikastuva yhdiste.

HBCD:a on mitattu mm. ihmisten rintamaidosta, verestä, plasmasta sekä rasvakudoksesta. Yhdisteelle voi altistua lähinnä ravinnon kautta, mutta merkittävänä lähteenä pidetään myös kotien ja autojen pölyä.

Ympäristövaikutukset

HBCD:n α -isomeerin on havaittu olevan pysyvämpi kuin sen muut stereoisomeerit. Sitä esiintyy myös tietyissä ympäristön osissa muita isomeerejä enemmän, mikä johtuu sen suuremmasta rasvaliukoisuudesta, pysyvyydestä sekä γ -isomeerin muuttumisesta α -isomeeriksi korkeissa lämpötiloissa.

Rasvaliukoisuutensa takia HBCD sitoutuu ilmakehän partikkeleihin ja kaukokulkeutuu niiden mukana ilmavirtojen kuljettamana. Arktisten alueiden eliöistä kuten turskasta, merilinnuista ja jääkarhuista on löydetty korkeita HBCD-pitoisuuksia. Merieliöille HBCD on erittäin myrkyllistä.

HBCD:n ominaisuuksia.

	α -isomeeri	β -isomeeri	γ -isomeeri	tekninen seos
Vesiliukoisuus (25 °C)	48,8 µg/l	14,7 µg/l	2,1 µg/l	65,6 µg/l
$T_{1/2}$ (maaperässä)			63 d	
$T_{1/2}$ (vesi/sedimentti)	113 d	68 d	140 d	66–101 d
log K_{ow}	5,07	5,12	5,47	5,62
BCF _(kala)				13 085