

ppb, (parts per billion, amerikkalainen), eurooppalaisittain miljardisosa. Epävirallinen pitoisuusyksikkö joka vastaa ng/g eli µg/kg eli 10⁻⁹ g/g.

ppt, (parts per trillion, amerikkalainen), eurooppalaisittain biljoonasosa. Epävirallinen pitoisuusyksikkö joka vastaa pg/g eli ng/kg eli 10⁻¹² g/g.

promoottorit, kemikaalit, jotka edistävät syövän kehittymistä. Yleensä syövän kehittyminen jaetaan initiaatio- ja promootiovaiheisiin. Jotkin kemikaalit voivat aiheuttaa virheen solun geneettisessä informaatioissa (ks. *mutageenisuus*), jolloin solu muuttuu syöpäsoluksi. Yksi syöpäsolu ei yleensä kehity varsinaiseksi syöväksi, elleivät muut tekijät edistä sen kasvua ja kehitystä. Promoottorit ovat iso ryhmä sellaisia kemikaaleja, jotka edistävät syövän kehitystä erilaisilla mekanismeilla. Yksinkertaisin näistä mekanismeista on pelkkä kudosaivastus, joka saa solut jakautumaan tuhoutuneiden solujen korvaamiseksi. Dioksiiniyypiset kemikaalit ovat vahvoja syövän kehittymisen promoottoreita, mutta ne eivät ole mutageenisia.

proteiinit (valkuaisaineet), tärkeimpiä elimistön ja kaikkien elävien organismien makromolekyyliä. Proteiinit ja niiden alayksiköt, peptidit, muodostuvat *aminohapoista* (ks. *aminohappo*), ja yleensä ne valmistuvat ribosomeissa, pienissä solun organelleissa, lähetti-RNA:n siirtämän koodin mukaisesti (ks. *RNA*).

puoliintumisaika, ajanjakso, jonka kuluessa kemikaalin määrä vähenee puoleen (ks. myös *PCB – puoliintumisaika* ja *PCDD/F – eliminaatio*). Useimmat kemikaalit eliminoituvat kehosta niin kutsutun ensimmäisen asteen eliminaatiokinetiikkaa noudattaen. Tällä tarkoitetaan sitä, että tietty määrä (esim. 1 %) elimistössä olevasta kemikaalista eliminoituu tietyn ajanjakson aikana (esim. tunnissa). Jos siis pitoisuus kehossa on suuri, myös eliminoituvan kemikaalin määrä on absoluuttisesti suuri (esim. milligrammoina/h mitattuna). Kun pitoisuus elimistössä vähenee, myös aikayksikössä eliminoituvan aineen määrä pienee.

Eliminaationopeutta on kätevää mitata puoliintumisajalla. Se on aika, jonka kuluessa kemikaalin määrä elimistössä vähenee 50 %:iin havainnoinnin aloittamishetkellä vallinneesta määrästä. Kunkin kemikaalin puoliintumisaika on vakio, ja ensimmäisen puoliintumisajan kuluessa määrä vähenee 50 %:iin, seuraavan puoliintumisajan kuluessa 25 %:iin, seuraavan aikana 12,5 %:iin ja niin edelleen. Nyrkisääntö on, että aine eliminoituu 5 puoliintumisajan kuluessa (todellisuudessa 3 % kemikaalista on tällöin yhä elimistössä). Eliminaation puoliintumisaika on yhtä pitkä kuin kumuloitumisen puoliintumisaika.

ka. Jos siis saanti on vakio, elimistön kuorma kasvaa käytännössä viiden puoliintumisajan ajan ja saavuttaa sitten vakaan tilan.

Pyralene, kaupallinen PCB-valmiste, ks. *PCB – kauppanimet*.

Pyroclor, kaupallinen PCB-valmiste, ks. *PCB – kauppanimet*.

pysyvyys ympäristössä, kemikaalin kyky jatkaa olemassaoloaan ympäristössä (ks. *PCB – pysyvyys ympäristössä, PCDD/F – pysyvyys ympäristössä*).

päiväannos, päiväsaanti, se määrä kontaminoivaa kemikaalia, jolle yksilö altistuu yhden päivän aikana useimmiten ruoan välityksellä (ks. *PCB – lähteet, PCDD/F – lähteet*).

Ranch Hand, Yhdysvaltain Vietnamin sodassa suorittama sotilasoperaatio, jossa laajoille alueille levitettiin vesakkomyrkkä kasvillisuuden tuhoamiseksi. Yksi käytetyistä aineista oli Agent Orange, joka sisälsi enimmäkseen 2,4,5-T:tä ja jossa oli epäpuhtauksina PCDD/F-yhdisteitä (ks. myös *klooratut fenoksihappoherbisidit*)

ribosomi, solun organeli, jossa syntyy proteiineja. Ribosomit itse muodostuvat useista proteiinimolekyyleistä.

riskinarviointi, ks. *PCDD/F – riskinarviointi, konservatiivinen riskinarviointi*.

RNA (ribonukleiinihappo), DNA:n kaltainen nukleiinihappo (ks. *DNA*), jossa tymiinin paikalla on urasiili. RNA:ta on kolmea tyyppiä. Lähetä-RNA on yhden geenin kopio, joka on syntynyt DNA:n transkriptioiden aikana, ja se antaa yleensä koodin yhtä proteiinimolekyyliä varten. Siirtäjä-RNA siirtää yhden aminohapon kerrallaan ribosomissa syntyvään proteiiniin. Ribosomaalinen RNA toimii ribosomissa. Lisätietoja saa mistä tahansa biologian tai biokemian oppikirjasta.

Saksan dioksiinitapaus, eläinrehun saastumistapaus Hampurin lähellä marraskuussa 2010. Rehutehtaan rutiinianalyysi paljasti PCDD/F-aineita rehun tekemiseen tarkoitetuissa rasvoissa. Teknisiä rasvahappoja oli sekoitettu muihin rasvoihin kierrätysfirmassa ja tämä aiheutti noin 60 ng/kg dioksiinipitoisuuden yhdessä rasvaerässä. Suurin mitattu pitoisuus tuotetussa rehussa oli noin 1,5 ng/kg, mikä ylitti maksimirajan 0,75 ng/kg (TEq rehussa). Muutamista kananmunista mitattiin pitoisuuksia, jotka olivat suurimmillaan yli 12 ng/kg (TEq rasvassa), mutta suurimmassa osassa pitoisuudet olivat pienempiä kuin EU:n maksimiraja 3 ng/kg. Siten tämä tapahtuma ei ole läheskään verrattavissa Belgian dioksiinikatastrofiin (ks. tämä).

Santotherm FR, kaupallinen PCB-valmiste, ks. *PCB – kaupanimet*.

seitsemän PCB-merkkiainejohdosta ($\Sigma 7\text{PCB}$), valikoima PCB-kongeneereja. $\Sigma 7\text{PCB}$ merkitsee seitsemän PCB-merkkiainejohdoksen yhteismäärää. PCB-yhdisteitä sisältävässä näytteessä on usein kymmeniä eri kongeneereja. Käytännön syistä ei aina mitata niitä kaikkia, vaan indikaattoreina käytetään tärkeimpiä kongeneereja. Belgian kananlihatapauksessa mitattiin yleensä seitsemän runsaasti esiintyvää kongeneeria: kongeneerit, joilla on IUPAC:in numerot 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180 (2,4,4'-TriCB, 2,2',5,5'-TCB, 2,2',4,5,5'-PeCB, 2,3',4,4',5-PeCB, 2,2',3,4,4',5'-HxCB, 2,2',4,4',5,5'-HxCB, 2,2',3,4,4',5,5'-HpCB vastaavassa järjestyksessä). Seitsemän kongeneerin arvioidaan kattavan noin kolmanneksen kaikista saastuneen rehun sisältämistä PCB-yhdisteistä.

Seveson onnettomuus, tunnetuin dioksiinionnettomuus, joka tapahtui vuonna 1976 Italiassa. Sevesossa, 20 km pohjoiseen Milanosta, räjähti kemiantehtaan trikloorifenolin valmistusreaktori, ja useita kiloja TCDD:tä vapautui ympäristöön. Kemikaalipilvi levisi jopa 6 km:n päähän tehtaasta ja laskeutui maahan. Viiden viikon kuluessa alue jaettiin kolmeen pienempään vyöhykkeeseen maaperässä havaittujen pitoisuuksien perusteella: vyöhyke A (87 hehtaaria, yli $50 \mu\text{g}/\text{m}^2$ TCDD:tä), vyöhyke B (270 hehtaaria, yli $5 \mu\text{g}/\text{m}^2$) ja vyöhyke R (1430 hehtaaria, alle $5 \mu\text{g}/\text{m}^2$). A-vyöhykkeeltä evakuoitiin yli 730 asukasta, ja muiden vyöhykkeiden asukkaille annettiin tarkat hygieniasäännöt. Valikoidussa, erittäin suurille määrille altistuneiden ihmisten ryhmässä TCDD-pitoisuudet olivat jopa $56\,000 \text{ ng}/\text{kg}$ (TCDD:tä rasvassa). Satunnaisotoksen näytteissä laskettiin keskimääräisiksi pitoisuuksiksi A-vyöhykkeellä $390 \text{ ng}/\text{kg}$ (TCDD:tä rasvassa), B-vyöhykkeellä $78 \text{ ng}/\text{kg}$, ja vertailuryhmässä $5,5 \text{ ng}/\text{kg}$.

Klooriaknea todettiin noin 200 ihmisellä, enimmäkseen lapsilla, mutta muita välittömiä terveysvaikutuksia ei todettu. 20 vuoden kuluttua klooriaknepotilailla ja kontroleilla ei havaittu eroja terveydentilassa. Myös laboratoriolöydökset olivat vähäisiä. Myöhemmin todettiin lapsina altistuneilla vaikutuksia hampaiston kehitykseen ja miehille syntyvien poikalapsien vähenemistä. 25 vuoden kuolleisuustutkimuksissa ja 20 vuoden syöpäilmaantuvuustutkimuksissa ei havaittu kokonaiskuolleisuuden eikä kokonaissyöpämäärän lisääntymistä (A- ja B-vyöhykkeillä odotusten mukainen noin 300 syöpää). Eräissä lymfaattisen kudoksen ja hematopoieettisen kudoksen pahanlaatuisissa kasvaimissa näytti olevan lisääntymistä B-vyöhykkeellä (29 syöpätapausta, 28 kuolemantapausta, riski noin 1,5-kertainen). Näiden joukossa oli myelooista leukemiaa (7 tapausta, 6 kuoleman-

tapausta), ja myeloomaa (6 tapausta, 5 kuolemantapausta). Samanlaisia muutoksia oli A-vyöhykkeellä, mutta väestö oli liian pieni luotettavan analyysiin. Voidaan siis päätellä, että joidenkin syöpälajien lisääntyminen on todennäköisesti totta, mutta toisaalta, kun otetaan huomioon, että Seveson asukkaat altistuivat varsin suurille pitoisuuksille, riski ei ole kovin suuri (Lisätietoja: *Consonni et al., Am. J. Epid. 2008:167:847–858*, <http://pubmed.gov/18192277>; *Pesatori et al., Environ. Health 2009:8:39*, <http://pubmed.gov/19754930>).

sikiö, syntymätön jälkeläinen silloin, kun kaikki pöyränteet (raajat, sisäelimet) ovat muodostuneet. Ihmisillä seitsemännestä tai kahdeksannesta raskausviikosta syntymään asti (ks. myös *alkio*).

sitrusmassaraetapaus, karjanrehun kontaminaatio tapaus 1997 ja 1998. Sitrusmassarakeitten kuivatusprosessissa brasilialaisessa appelsiinimehutehtaassa käytettiin PCDD/F-kontaminoitunutta kalkkia. Massarakeita (lähinnä kuivatusta appelsiininkuoresta) tuotiin moniin Euroopan maihin, etenkin Ranskaan, Belgiaan, Alankomaihin ja Saksaan karjan rehuksi. Saksassa havaittiin tasaista dioksiinipitoisuuksien nousua lehmänmaidossa: ennen elokuuta 1997 keskiarvo oli 0,62 ng/kg (I-TEq rasvassa); syyskuun ja joulukuun välillä 0,89; tammikuun ja helmikuun 1998 välillä 1,38; maaliskuussa jopa 7,4 ng/kg (I-TEq rasvassa). Huhtikuussa 1998 sitrusmassarakeitten todettiin olevan kontaminaation lähde.

Sitrusmassarakeitten tuonti Brasiliasta kiellettiin kuukausiksi, ja mahdollisten uusien pellettikontaminaatioiden torjumiseksi käynnistettiin ohjelma. EU:ssa sitrusmassarakeitten PCDD/F-arvojen ylärajaksi säädettiin väliaikaisesti 0,5 ng/kg kuivapainoa (I-TEq). Suuri osa rehua vedettiin markkinoilta ja tuhottiin. Kontaminoituneita massarakeita oli yhteensä noin 100 000 tonnia. Koska tähän erään oli sekoittunut kuljetuksen aikana pieni määrä pahasti kontaminoituneita massarakeita, pitoisuudet vaihtelivat suuresti. Sitrusmassarakeitten tyypilliset PCDD/F-pitoisuudet olivat alle 10 ng/kg kuivapainoa (I-TEq), mutta suurimmat pitoisuudet olivat jopa 32 ng/kg kuivapainoa (I-TEq).

Sovol, kaupallinen PCB-valmiste. Ks. *PCB – kaupanimet*.

2,4,5-T (2,4,5-trikloorifenoksihappo), rikkaruohomyrkkyy, joka on nykyään kielletty monissa maissa, ks. *klooratut fenoksihappoherbisidit*.

TCDD, 2,3,7,8-tetraklooridibentso-*p*-dioksiini, kaikkein voimakkain polykloorattu dibentso-*p*-dioksiini. Lisätietoja ominaisuuksista, ks. *PCDD/F -hakusanat*.

TDI-arvo, Tolerable Daily Intake, siedettävä päiväannos (aikaisemmin puhuttiin yleensä ADI-arvosta, acceptable daily intake). Hallinnollisessa toksikologiassa käytetty teoreettinen käsite. Se ilmoittaa suurimman kemikaalimäärän, jonka voidaan olettaa olevan turvallinen elinikäisessäkin altistuksessa. Yleensä TDI-arvot määritellään eläinkokeiden perusteella. TDI-arvot sisältävät normaalisti turvamarginaalin, joka takaa annoksen turvallisuuden siinäkin tapauksessa, että ihminen olisi herkempi kuin eläin. Turvamarginaali on usein satakertainen, mutta se voi olla suurempikin, mikäli tutkimustiedot eivät ole riittävät. Karsinogeenisen kemikaalin kohdalla (ks. *karsinogeenisuus*) käytetään eri maissa erilaisia menetelmiä. Jotkin maat käyttävät suurta turvallisuuskerrointa (esim. 1000-kertainen turvamarginaali) ja toiset matemaattista ekstrapolaatiota (ks. *ekstrapolaatio*) turvallisiksi arvioidun tason määrittämisessä (esim. enintään todennäköisyys, että yksi miljoonasta sairastuu syöpään elinikäisen kemikaalille altistumisen vuoksi). On huomattava, että TDI-arvon tarkoitus on palvella hallintoa päätöksenteossa eikä yksityisiä ihmisiä. Se ei ennusta sitä, miten todennäköisesti yksilölle aiheutuu terveysvaikutuksia, mikäli annos ylittyy. Eri maiden viranomaisten asettamat dioksiinien TDI-arvot vaihtelevat yli tuhatkertaisesti, mikä kuvaa dioksiinien riskien arvioinnin hankaluuksia. Viimeisin suositus dioksiinien ja dioksiinityyppisten PCB-yhdisteiden yhteismäärän TDI-arvoksi on 1–4 pg/kg/päivä (WHO-TEq painokiloa kohti), toisin sanoen 70-kiloiselle ihmiselle 70–280 pg päivässä. Tämä tarkoittaa siis keskimääräistä saantia pitkällä aikavälillä ja se on laskettu nimenomaan hedelmällisessä iässä oleville naisille takaamaan syntyvän lapsen turvallisuus (ks. *kumuloituminen*).

TEF (TCDD-ekvivalenttikerroin, toksisuusekvivalenttikerroin), suhteellinen PCDD/F- tai PCB-yhdisteen toksisuuskerroin suhteessa TCDD-yhdisteeseen. TEF-kertoimet vaihtelevat 1:stä 0,00003:een (taulukko 4; ks. myös *TEq*). Eri TEF-arvoja on kehitetty, esim. WHO-TEF, pohjoismainen TEF, kansainvälinen TEF eli I-TEF. WHO-TEF-arvot perustuvat viimeisimpään tieteelliseen yhteisymmärrykseen. Eri TEF-arvojen erot eivät ole suuria. Viimeisen arvioinnin suoritti WHO:n asiantuntijaryhmä vuonna 2005, ja näitä TEF-kertoimia käytetään tässä oppaassa WHO-TEF -muodossa PCDD/F-yhdisteille ja PCB-TEF -muodossa PCB-yhdisteille. $TEq = \sum TEF_i * C_i$, jossa C_i on i-yhdisteen määrä (tai pitoisuus) (lisätietoa: *Van den Berg ym., Toxicol. Sci* 2006:93: 223–241, <http://pubmed.gov/16829543>).

teho, merkitsee suurinta vastetta, joka lääkeaine- tai kemikaaliannoksella saadaan. Kemikaaleilla, joilla on sama teho, voi olla eri voimak-

Taulukko 4. PCDD/F- ja PCB-yhdisteiden TEF-kertoimet. Muilla kongeneereilla ei ole tunnettuja dioksiinityypisiä vaikutuksia. PCB-yhdisteiden IUPAC-numerot on annettu sulkeissa.

Congeneeri	WHO-TEF 2005
PCDD	
2,3,7,8-TCDD	1
1,2,3,7,8-PeCDD	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01
OCDD	0.0003
PCDF	
2,3,7,8-TCDF	0.1
1,2,3,7,8-PeCDF	0.03
2,3,4,7,8-PeCDF	0.3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01
OCDF	0.0003
Non-ortho-PCB	
3,3',4,4'-TCB (77)	0.0001
3,4,4',5-TCB (81)	0.0003
3,3',4,4',5-PeCB (126)	0.1
3,3',4,4',5,5'-HxCB (169)	0.03
Mono-ortho-PCB	
2,3,3',4,4'-PeCB (105)	0.00003
2,3,4,4',5-PeCB (114)	0.00003
2,3',4,4',5-PeCB (118)	0.00003
2',3,4,4',5-PeCB (123)	0.00003
2,3,3',4,4',5-HxCB (156)	0.00003
2,3,3',4,4',5'-HxCB (157)	0.00003
2,3',4,4',5,5'-HxCB (167)	0.00003
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (189)	0.00003

kuus, eli sama vaikutus saadaan eri annoksilla. Siksi tehoa ja *voimakkuutta* (ks. voimakkuus) ei pidä sekoittaa toisiinsa.

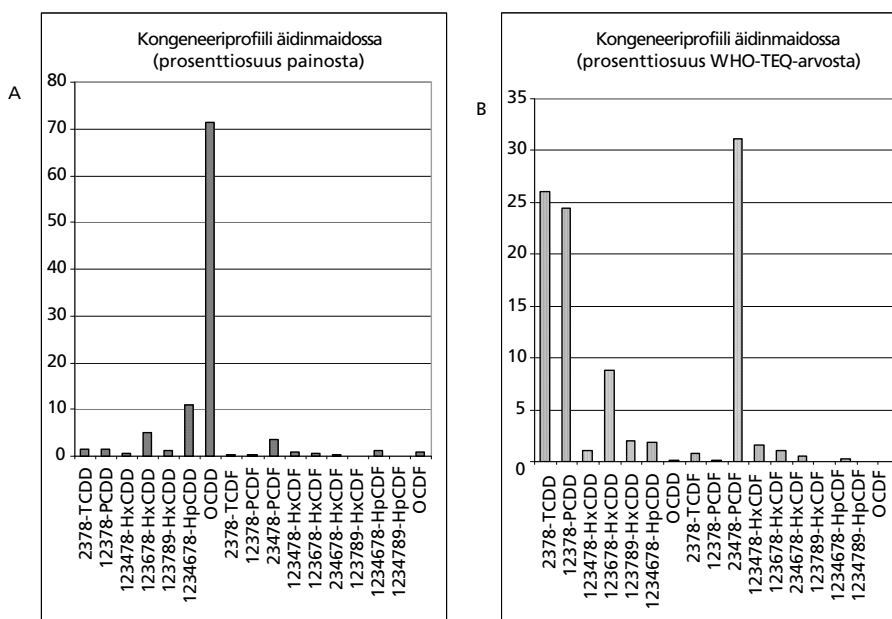
TEq, TCDD-ekvivalenttimäärä, toksisuusekvivalentti (ks. myös *TEF*). Dibentso-*p*-dioksiinien ja dibentsofuraanien eri kongeneereilla on monia samoja biologisia vaikutuksia, mutta ne ovat voimakkuudeltaan erilaisia, mikä tarkoittaa, että saman vaikutuksen syntymiseen tarvitaan eri määrä kutakin ainetta (kuvio 8).

Esimerkiksi 1,2,3,4,7,8-heksaklooridibentso-*p*-dioksiinin (HxCDD) toksisuus on kymmenesosa TCDD:n toksisuudesta. Seoksen vaikutusten arvioimiseksi kaikki kongeneerit normalisoidaan TCDD:n vaikutuksen tasolle: esim. HxCDD-pitoisuus tai -määrä kerrotaan ekvivalenttikerto-

mella 0,1 (HxCDD:n TEF-kerroin on 0,1). Kun kaikki kongeneerit on laskettu ikäänkuin TCDD:ksi muutettuina, ne voidaan helposti laskea yhteen, ja saatu summa kertoo seoksen kokonaistoksisuuden (samoin kuin olut, viini ja koskenkorva voidaan laskea yhteen alkoholiksi muutettuna). Myös merkittävimmille dioksiininkaltaisille PCB-yhdisteille on annettu TEF-kertoimet, mutta PCB-yhdisteillä saattaa olla muitakin vaikutuksia, joita ei voida ilmoittaa TCDD-ekvivalenttina. (Lisätietoja TEQ-käsitteestä ja sen käytöstä: *Van den Berg ym., Toxicol. Sci., 2006: 93: 223–241, <http://pubmed.gov/16829543> ; Tuomisto, kirjassa R. Pohjanvirta (toim.) *The AH Receptor in Biology and Toxicology*, John Wiley & Sons, 2011).*

tetra-, neljä. Esimerkiksi tetrakloori- tarkoittaa neljää klooriatomia molekyyliässä.

Times Beach, Itä-Missourissa sijaitseva kylä, jossa vuonna 1971 ruiskutettiin pölyämisen estämiseksi ratsastuskentälle ja 37 km pituiselle ajotielle yli 30 mg/kg TCDD:tä sisältävää jäteöljyä. Lähialueella kuoli satoja lintuja ja jyrssiöitä sekä 48 kentällä harjoitetuista 85 hevosesta. Kolmelle lapselle ja yhdelle aikuiselle kehittyi klooriakne. Pääläh-



Kuvio 8. Kongeneerien profiili äidinmaidonäytteissä (17 dioksiininkaltaista PCDD/F-yhdistettä). Kuva A ilmoittaa kongeneerien määrän painoyksiköinä; kuvio B ilmoittaa kongeneerien toksisen voimakkuuden WHO-TEQ-arvoina.

de oli heksaklorofeenia valmistavan yrityksen tislauksjäte. Tapauksen johdosta alueen väestö evakuoitiin ja Yhdysvaltain hallitus osti koko alueen.

toksisuus ihmiselle, ks. *PCB – toksisuus ihmiselle, PCDD/F – toksisuus ihmiselle*.

tolerable daily intake, ks. TDI-arvo

transkriptio, geneettisen informaation kopiointi DNA:sta RNA:han (ks. *DNA*).

transkriptiotekijä, solutumana proteiini, joka voi sitoutua tiettyihin DNA:n kohtiin (ks. *DNA*), tai sellaisten proteiinien ryhmän jäsen, jotka DNA:han sitoutumisen jälkeen käynnistävät tapahtumaketjun, joka johtaa tietyn geenin ilmenemiseen. Tämä yleensä johtaa kyseisen geenin määrittämän proteiinin synteesiin.

translaatio (luenta), lähetti-RNA:ssa olevan viestin lukeminen (ks. *RNA*) proteiinin valmistamiseksi.

tri-, kolme. Esimerkiksi trikloori- tarkoittaa kolmea klooriatomia molekyylissä.

trofiatasot, ekologisen ravintoketjun tasot. Esimerkiksi Itämerellä merikotka syö lohia, jotka syövät silakoita, jotka puolestaan syövät pieniä äyriäisiä ja eläinplanktonia, jonka ravintoa on kasviplankton. Kemikaalit siirtyvät ja biokertyvät (biokonsentroituvat) ravintoketjun tasolta toiselle.

Tukholman sopimus. Sopimus lopettaa pysyvien orgaanisten saaste-kemikaalien tuotanto ja käyttö. Sopimus koski alun perin (2001) 12 orgaanista ainetta tai aineryhmää mukaan lukien PCDD/F ja PCB-yhdisteet. Sen on allekirjoittanut 151 osapuolta vuoteen 2011 mennessä (lisätietoja: <http://www.pops.int>).

vakaa tila, tila, jossa kemikaalin määrä elimistössä pysyy muuttumattomana. Toisin sanoen määrääjassa elimistöstä poistuu yhtä paljon kemikaalia kuin sitä tulee lisää (ks. *kumuloituminen*).

varovaisuusperiaate, hallinnollinen periaate, jonka mukaan epävarmoissa tilanteissa toimitaan, vaikka vaaraa ei olisi näytetty sitovasti toteen, mutta sen seuraukset olisivat vakavat (ks. *konservatiivinen riskinarviointi*).

voimakkuus, vaihteluväli, jolla annoskoon lisääminen tuottaa voimistuvan vasteen. Tietyssä kongeneerien ryhmässä useilla kemikaaleilla voi olla samankaltaisia vaikutuksia ja samankaltainen teho (ks. *teho*),

Taulukko 5. Painoyksiköt.

1 kg (kilogramma)	1000 g	10 ³ g
1 g (gramma)	1 g	10 ⁰ g
1 mg (milligramma)	0.001 g	10 ⁻³ g
1 µg (microgramma)	0.000,001 g	10 ⁻⁶ g
1 ng (nanogramma)	0.000,000,001 g	10 ⁻⁹ g
1 pg (picogramma)	0.000,000,000,001 g	10 ⁻¹² g
1 fg (femtogramma)	0.000,000,000,000,001 g	10 ⁻¹⁵ g

mutta saman reaktion ilmenemiseen tarvitaan erikokoiset annokset. Esimerkiksi 1 µg/kg 2,3,7,8-TCDD:tä voi aiheuttaa saman vaikutuksen kuin 10 µg/kg 1,2,3,4,7,8-HxCDD:tä, toisin sanoen ensin mainittu on kymmenkertaisesti voimakkaampi kuin jälkimmäinen.

yksiköt. Dioksiinien ja PCB-yhdisteiden pitoisuudet ja määrät ovat hyvin pieniä, ja siksi niiden mittaamisessa käytetyt yksiköt eivät kuulu jokapäiväiseen kielenkäyttöömme (taulukko 5). Jos 10 g (lusikallinen) sokeria liukenee 10 m syvään ja 1 km² laajuiseen järveen, lopputuloksena on yksi pikogramma grammaa kohti. Koska siis kyseessä ovat näin pienet pitoisuudet, varsin pienet kemikaalimäärät voivat esimerkiksi saastuttaa suuria rehumääriä.

PCDD/F-pitoisuudet ilmoitetaan usein TE_q-arvolla (ks. *TE_q*). PCB-pitoisuus ilmoitetaan yleensä kaikkien PCB-yhdisteiden yhteismääränä (ΣPCB) tai analysoitujen PCB-merkkiainejohdosten summana (esim. Σ7PCB:t, seitsemän PCB-merkkiainejohdoksen yhteismäärä [ks. tämä]).

PCB- tai PCDD/F-pitoisuuksia voidaan ilmoittaa tuorepainosta (esim. kaloissa), kuivapainosta (esim. maaperässä), normalisoidusta kuutiometristä (Nm³) (esim. pakokaasuissa), tai rasvasta. Monet organismit sisältävät noin 10 % rasvaa, jolloin rasvassa ja tuorepainossa havaittujen pitoisuuksien ero on noin kymmenkertainen. Kuitenkin erityisesti kalojen rasvapitoisuudet voivat vaihdella paljonkin, ja yleensä PCB- ja PCDD/F-pitoisuudet kaloissa ilmoitetaan tuorepainosta. Ihmisillä PCB- ja PCDD/F-pitoisuudet ilmoitetaan usein rasvagrammaa kohti, koska pitoisuudet ovat vertailukelpoisia riippumatta siitä, mitataanko ne seerumista, rasvakudoksesta vai maidosta. Ihmiskeho sisältää noin 15 % (10–12 kg) rasvaa, mutta vaihtelu on suurta, etenkin ylöspäin. Ks. myös johdanto-osuuden kohta *Yleiset virhelähteet ja käytännön vaikeudet*.

Yhdyskuntajätteen polttolaitos, ks. *jätteenpolttolaitos*.

Yu-Chengin onnettomuus, Taiwanissa sattunut riisiöljyn saastuminen PCB:llä. Vuonna 1979 arvioitiin 2061 ihmisen saaneen PCB-myrkytyksen. Altistuneet ihmiset olivat käyttäneet riisiöljyä, joka oli saastunut lämmönvaihdinjärjestelmästä vuotaneesta PCB:stä (53–99 mg/kg [Σ PCB rasvassa]). PCB-saannin arvioitiin olleen 700–1800 mg (Σ PCB henkeä kohti) ja keskimääräisen PCDD/F-saannin arvioitiin olleen 3,8 mg (Σ PCDD/F henkeä kohti). Veressä arvot olivat keskimäärin 50–100 μ g litrassa (Σ PCB). Kongeneerispesifinen analyysi tehtiin vasta vuosina 1994–1995 kerätyistä potilasnäytteistä. Silloin PCDF-yhdisteet aiheuttivat 44 % TEq:sta, non-orto-PCB:t 24 %, mono-orto-PCB:t 20 % ja PCDD:t 12 %. TEq-pitoisuus oli vielä silloin yli 1300 ng/kg rasvassa. Kuten aiemmin tapahtuneessa *Yushon tapauksessa* (ks. tämä), yleisimmät oireet olivat silmäoireet (turvotus, Meibomin rauhasen runsas erityis), epänormaali pigmentaatio, hidastunut hermojen johtokyky, hyperpigmentaatio ja hampaiden epämuodostumat altistuneiden äitien lapsilla.

Yushon onnettomuus, Japanissa tapahtunut riisiöljyn saastuminen PCB:llä. Vuonna 1968 Fukuokan ihotautiklinikalle tuli klooriaknesta kärsiviä potilaita, ja tämä tauti yhdistettiin saastuneen riisiöljynerän kulutukseen. Öljyn saastumisen oli aiheuttanut lämmönvaihtimesta riisiöljyn sekaan vuotanut Kanechlor 400, eräs PCB-valmiste (2000–3000 mg/kg [Σ PCB:tä riisiöljyssä]). Keskimääräinen altistus henkeä kohti oli 633 mg PCB-yhdisteitä ja 3,4 mg PCDD/F-yhdisteitä sekä joitakin muita kemikaaleja. Altistuksen on arvioitu olleen 154 000 pg/kg päivässä (I-TEq painokiloa kohti päivässä) eli 100 000 kertaa suurempi kuin keskimääräinen tausta-altistus. Ensimmäiset toksisuuden oireet olivat silmien Meibomin rauhasen laajentuminen ja liikaeritys, silmäluomien turvotus sekä ihon ja limakalvojen pigmentaatio. Lisäksi havaittiin monia erilaisia iho-ongelmia, mm. ihon tummumista, ihon sarveiskerroksen paksuuntumista ja klooriaknea. Yushon onnettomuudessa altistuneiden äitien vauvat olivat normaalia pienempiä, niillä oli tummanruskeaa pigmentaatiota, ja joillain vastasyntyneillä todettiin ienten liikakasvua sekä hampaita. Potilaiden kokonaismäärä oli noin 1200, mikä on melko pieni määrä syöpävaikutusten luotettavaksi arvioimiseksi. Miespotilaiden syöpäkuolleisuus näyttää kuitenkin olevan normaalia suurempi. Japanilaiset tutkijaryhmät ovat päätyneet siihen, että oireet aiheutuivat pääosin pienemmistä epäpuhtauksista, toisin sanoen riisiöljyn saastuttaneen PCB-yhdisteen sisältämistä PCDF-yhdisteistä. Maailman Terveysjärjestön International Programme on Chemical Safety päätteli vuonna 1993, että Yushon ja Yu-Chengin onnettomuuksien myrkytysta-

paukset johtuivat enimmäkseen PCB- (erityisesti koplanaaristen) ja PCDF-yhdisteiden yhteisvaikutuksesta. Lisätietoja Yushon tapauksesta: ”Yusho; A human disaster caused by PCBs and related compounds”, toim. M. Kuratsune, H. Yoshimura, Y. Hori, M. Okumura, Y. Masuda, Kyushu Univ. Press, Fukuoka, 1996.

äidinmaito, yksi tärkeimmistä dioksiinien ja PCB-yhdisteiden lähteistä (ks. kuvio 2). Maidossa on monia äidin rasvakudoksen sisältämiä rasvaliukoisia aineita. PCB- ja PCDD/F-yhdisteiden pitoisuudet ovat itse asiassa lähes samat äidin rasvakudoksessa, seerumin lipideissä ja maidon rasvassa. Maito on tehokas erityisreitti äidille, jolla yhdisteiden kuorma voi vähetä jopa 25 % pitkänä imetysaikana. Tällöin 25 % äidin elimistön kuormasta konsentroiduu kuitenkin vauvan paljon pienempään elimistöön. Siten rintaruokittavat lapset ovat selvästi PCB- ja PCDD/F-yhdisteille altistuva riskiryhmä. Riskinarvioijalle ongelmallista on se, että rintatuokinnan hyödyllisyys lapselle on varmaa, mutta ei ole varmuutta siitä, aiheuttavatko nämä kemikaalit haittaa nykyisinä pitoisuuksina. Siksi useimmat kansainväliset asiantuntijaryhmät ovat korostaneet rintaruokinnan merkitystä ja todenneet, että vaikka dioksiinit aiheuttaisivatkin riskejä, ne ovat vähäisempiä kuin riskit joita aiheutuisi siitä, että terveellinen äidinmaito arvokkaine ravinteinen ja immunologisesti tärkeine proteiineineen jätettäisiin käyttämättä. Viimeinen dioksiiniriskien arviointi perustuu nimenomaisesti rintaruokitun lapsen turvallisuuteen siten, että siedettävä päiväannos (TDI) on määritetty annoksena, jonka äiti voi päivittäin saada ilman, että se aiheutaisi liian suurta altistusta enempää sikiölle kuin imetetävälle lapselle (*WHO, Food Add. Contam. 2000:17:223–238*, <http://pubmed.gov/10912238>).

Σ (sigma), summa. Hakusanat ovat aakkosjärjestyksessä sigma-etuliitettä huomioimatta.