

**SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 5 | 2006**

Kemikaalin häiriöpäästön ympäristöriskinarviointi EUSES-mallilla

**Sirkka Koskela, Jyri Seppälä, Marja-Riitta Hiltunen
ja Tuomas Mattila**

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 5 | 2006

Kemikaalin häiriöpäästön ympäristöriskinarviointi EUSES-mallilla

**Sirkka Koskela, Jyri Seppälä, Marja-Riitta Hiltunen
ja Tuomas Mattila**

Helsinki 2006

Suomen ympäristökeskus



S Y K E

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 5 | 2006
Suomen ympäristökeskus
Tuotannon ja kulutuksen tutkimusohjelma

Taitto: Ritva Koskinen

Julkaisu on saatavana ainoastaan internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

ISBN 952-11-2257-9 (PDF)
ISSN 1796-1726 (verkkokj.)

ESIPUHE

Vuonna 2004 alkanut Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen (VTT), Turvatekniikan keskuksen (TUKES) ja Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) yhteisprojektin 'Ympäristöriskien hallinnan tehostaminen - riskianalyysit' (Ympäri-projekti) tavoitteena on ollut luoda ympäristöriskianalyysiä selventävät ohjeet. Niiden avulla ympäristöriskianalyysien laatijat, tilaajat ja niitä valvovat viranomaiset voivat varmentaa, että analyysi on tehty hyväksytyjen menettelytapojen mukaisesti. Kriteerien lisäksi tavoitteena on ollut yhtenäistää ympäristöriskeihin ja -onnettomuuksiin liittyvää käsitteistöä. Tämä raportti, joka käsittelee EUSES-mallin periaatteita ja soveltuvuutta kemikaalien häiriöpäästöjen riskinarviointiin, liittyy hankkeen tavoitteeseen tarkastella häiriöpäästön seurausvaikutuksia kulkeutumis- ja altistusmallin avulla.

SISÄLLYS

1 Johdanto	5
2 EUSES – riskinarvioinnin mallinnustyökalu	6
2.1 Taustaa.....	6
2.2 Riskinarvioinnin periaatteet	6
2.3 Mallin alueellinen ulottuvuus.....	8
2.5 EUSES-mallin rajoitukset.....	11
3 Kemikaalin häiriöpäästön seurausten arviointi	12
3.1 Lähtökohdat.....	12
3.2 Kemikaalien fysikaalis-kemialliset tiedot	13
3.3 Häiriöpäästötiedot.....	14
3.4 Kemikaalin pitoisuudet eri ympäristöosissa (PEC)	14
3.5 Vaikutusten arviointi ekotoksisuustestien avulla (PNEC)	16
3.6 EUSES-tulosten tulkinta ja hyödyntäminen seurausten arvioinnissa	17
4 Esimerkki mallin käytöstä häiriöpäästöjen seurausten arvioinnissa	19
5 Johtopäätökset	26
Sanasto	27
Lähteet	28
Kuvailulehdet	29

1 Johdanto

Riskianalyysin menetelmiä on kehitetty ja sovellettu Suomen teollisuudessa 1970-luvulta lähtien. Ympäristöasioiden korostumisen myötä 1980-luvun loppupuolella riskianalyysijä alettiin käyttää yritysten toiminnasta ympäristölle aiheutuvien vaarojen kartoittamiseen ja arviointiin. Yritysten omaehtoisen toiminnan lisäksi vesi- ja ympäristöhallinto edellytti suurilta yrityksiltä riskiselvityksiä, joiden tarkoituksena on ollut ennakoita ja estää onnettomuudesta tai muusta poikkeuksellisesta tilanteesta syntyvät ympäristövahingot pinta- ja pohjavesissä. Tällaisia selvityksiä alettiin yleisesti kutsua ympäristöriskianalyyseiksi, vaikka ne kattoivat sisällöltään hyvinkin erilaisia asioita ja vain osan ympäristöstä. Uuden ympäristölupamenettelylain myötä viranomaiset ovat jatkaneet ympäristöriskianalyysien edellyttämistä suurimmilta yrityksiltä lähinnä ympäristöluvan myöntämisen yhteydessä.

Vuonna 2004 alkanut VTT:n, TUKES:in ja SYKE:n yhteisprojektin 'Ympäristöriskien hallinnan tehostaminen - riskianalyysit' (Ympäri-projekti) tavoitteena on ollut laatia ympäristöriskianalyysin sisällölle ja suorittamiselle ajantasaiset ohjeet. Eräs keskeinen puute aikaisemmassa ympäristöriskianalyysikäytännössä on ollut se, ettei häiriötilanteista johtuvien kemikaalipäästöjen seurausvaikutuksia ole pystytty kunnolla arvioimaan, kun sopivia arviointityökaluja ei ole ollut käytössä. Tähän haasteeseen on pyritty vastaamaan tällä selvityksellä. Arvioinnin lähtökohdaksi on valittu Euroopan kemikaaliviraston kehittämä ns. EUSES-malli. Tässä työssä esitellään lyhyesti mallin perusteet ja käyttö kemikaalien häiriöpäästöjen ympäristöriskiarvioinnin työvälineenä. Työvälineen käyttöä on havainnollistettu esimerkin avulla.

2 EUSES – riskinarvioinnin mallinnustyökalu

2.1

Taustaa

Euroopassa kemikaalien käytöstä ja niiden aiheuttaman riskin arvioinnista on viime vuosikymmeninä säädetty useita direktiivejä ja lakeja. Lainsäädännön tueksi Euroopan Komissio kehitti oman riskinarviointimenetelmän, joka on dokumentoitu Kemikaalien riskinarvioinnin teknisiin ohjeisiin (Technical Guidance Document, TGD). Näiden ohjeiden pohjalta Euroopan kemikaalitoimisto kehitti tietokoneohjelman, EUSESin - The European Union System for the Evaluation of Substances - yhteistyössä tutkijoiden ja Euroopan kemikaaliteollisuuden kanssa. Ensimmäinen kemikaalien riskinarviointiin tarkoitettu EUSES-malli (versio 1.0) valmistui 1990-luvun puolivälissä Hollannissa, ja se oli suunniteltu erityisesti Euroopan alueen riskinarviointeihin. Se ei kuitenkaan kaikilta osin vastannut TGD:tä, joten vasta jatkokehittelyn tuloksena syntyi ensimmäinen varsinainen EUSES-malli 1990-luvun loppupuolella. Vuonna 2003 TGD:n päivityksen jälkeen uuden version tekeminen tuli jälleen ajankohtaiseksi. Tällä hetkellä käytetään EUSES 2.0.3 versiota, johon on tehty muutoksia noudattaen TGD:n uudistettua riskinarviointiosiota. Malli on vapaasti saatavilla taustadokumenteineen Euroopan kemikaalitoimiston internet-sivuilta (<http://ecb.jrc.it>).

Kemikaalien riskinarviotiedostoja on koottu IUCLID-järjestelmän (International Uniform Chemical Information Data Base) tietokantaan. Tietokanta sisältää tiedot kemikaalien käyttömääristä, tuottajista, päästöistä, haittavaikutuksista ja kulkeutumiseen vaikuttavista fysikaalis-kemiallisista muuttujista. Aineisto on selattavissa osoitteesta <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals>. Kemikaaleja voi hakea nimellä tai vaihtoehtoisesti CAS-, EC- tai EINECS numeron perusteella. Valmiiksi arvioiduista kemikaaleista on saatavilla valmiit EUSES export – tiedostot, jotka sisältävät kaikki arvioinnissa tarvittavan aineiston.

2.2

Riskinarvioinnin periaatteet

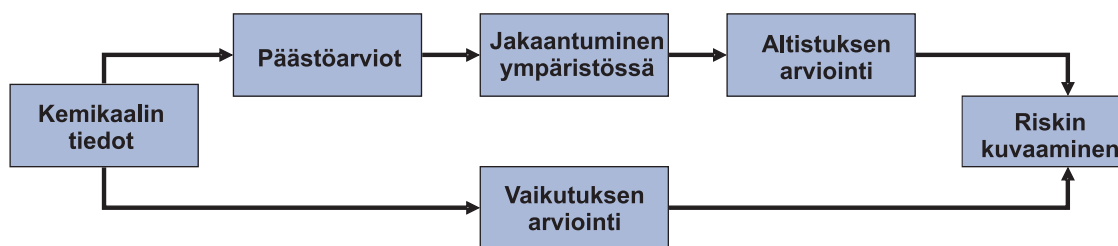
Rakenteeltaan EUSES 2.0.3 on kemikaalien kulkeutumis- ja altistusmalli, jolla voidaan arvioida sekä uusien että olemassa olevien kemikaalien ja torjunta-aineiden aiheuttamaa riskiä ympäristölle ja ihmisille. Vaikka ohjelma on varsin monimutkainen kokonaisuus, on se oikein käytettynä ja tulkittuna hyvä apuväline riskienhallinnan päätöksenteossa niin hallinnossa, tutkimuslaitoksissa kuin yrityksissäkin.

EUSES-tietokoneohjelma mallintaa kemikaalien potentiaalista riskiä, sen tähden se soveltuu erikosen hyvin aineiden seulontaan (screening). Ohjelman oletuksena on, että aineet pääsevät ennalta luonnehdittuun, kuvitteelliseen ympäristöön, jota ei siis sellaisenaan ole olemassa. EUSES-mallia ei ole erityisesti suunniteltu tiettyyn

paikkaan sidottuihin (site-specific) arviointeihin, mutta muuttamalla parametrejä kyseessä olevaa tilannetta vastaavaksi voidaan myös paikallista ja alueellista tilannetta arvioida todellisten tietojen pohjalta. EUSES mallintaa aina vain yhden aineen kerrallaan, ts. eri aineiden yhteisvaikutukset eivät ole arvioitavissa tällä mallilla.

EUSES-malli laskee annettujen syöttötietojen perusteella päästökemikaalin pitoisuusjakauman (PEC, Predicted environmental concentration) eri ympäristöosissa (maa, makea vesi, merivesi, pohjavesi, sedimentti ja ilma). Näistä pitoisuusjakaumista voidaan edelleen johtaa eri ympäristöosissa olevien eliöiden altistusmäärät¹. Tämän lisäksi malli arvioi syötettyjen toksisuustestitulosten ja arviointi(tai turva)kertoimien perusteella kemikaalin haitattomat pitoisuudet ympäristöosissa (PNEC, Predicted No-Effect Concentration), jolloin haitallisia vaikutuksia ei siis oleteta esiintyvän. Näiden kummankin arviointireitin tuloksia käytetään laskettaessa eri ympäristöosille suhdeluku (RCR = Risk Characterisation Ratio = PEC/PNEC), joka kuvaa riskin suuruutta. Jos lukuarvo on yksi, kemikaalin voidaan olettaa aiheuttavan haittaa ympäristössä. Kemikaalipäästöön liittyy sitä suurempi haittapotentiaali mitä suurempi lukuarvo on.

Riskin laskenta tapahtuu vaiheittain eri moduleissa (Kuva 1). Malli vaatii syöttötietoinaan tietoa arvioitavasta kemikaalista, sen käytöstä sekä malliympäristöstä (Taulukko 1). Ohjelma sisältää paljon oletusarvoja esimerkiksi ympäristöoloista, jäteveden puhdistamosta, alueen asukasmäärästä jne. Ohjelmaan on sisällytetty myös estimointiyhtälöitä (QSAR²), joilla tuntemattomia syöttötietoja voidaan arvioida esimerkiksi oktanoli-vesi -jakautumiskertoimesta. Käytössä on 19 eri QSAR-yhtälöä eri yhdisteryhmille. Mallin laskemat välitulokset ovat vapaasti muokattavissa, mikäli kokeellista aineistoa on saatavilla.



Kuva 1. Ohjelma laskee syöttötiedoista vaiheittain eri tasojen päästöt, pitoisuudet, kertymisen ja riskit. (EUSES 2.0 2004).

¹ Altistuksella tarkoitetaan laajasti ottaen mihin tahansa biologiseen järjestelmään tulevan aineen tai fyysikaalisen tekijän määrää aikayksikössä.

² QSAR = "quantitative structure-activity relationship". Empiirinen yhtälö, jolla ennustetaan biologisia vaikutuksia kemiallisen kaavan tai ominaisuuden (esim. rasvaliukoisuuden) perusteella.

Taulukko I. EUSES-mallin vaiheet.

Moduli	Sisältö
KEMIKAALIN TIEDOT	Kemikaalin nimi* ja CAS-numero* sekä aineen fysikaalis-kemialliset ominaisuudet*, joiden perusteella määrittyy aineen hajoavuus, kulkeutuminen ja kertyminen.
PÄÄSTÖARVIOT	Alueelliset ja paikalliset päästöarviot*. Alueelliset päästöt määrittyvät kemikaalin käyttömäärien*, käyttökohteiden* sekä ohjelman arvioimien päästökertoimien perusteella. Ohjelma laskee myös päivittäiset päästöarvot käyttäen hyväkseen oletusarvoja tai ominaispäästökertoimia. Alueellisista päästöistä muodostuu taustapitoisuudet paikallisiin arvioihin.
JAKAANTUMINEN YMPÄRISTÖSSÄ	Kemikaalin arvioidut pitoisuudet (PEC, Predicted environmental concentration) malliympäristön eri osissa (ilma, makea vesi, merialue, sedimentti, maaperä ja pohjavesi). Aineen leviämistä ympäristössä mallinnetaan mm. jätevedenpuhdistamomallin (Simple Treat) avulla.
ALTISTUKSEN ARVIOINTI	Petolintujen, nisäkkäiden sekä ihmisten altistumisen tasot. Lastenta perustuu arvioihin kemikaalin pitoisuuksista ympäristössä. Ihmisten altistumista voidaan arvioida ympäristön, kulutushyödykkeiden (sis. biosidit) ja työpaikalla tapahtuvan altistuksen kautta.
VAIKUTUKSEN ARVIOINTI	Kemikaalin pitoisuudet eri ympäristöosissa, jossa haitallista vaikutusta ei oleteta esiintyvän (PNEC, Predicted No-Effect Concentration). Pitoisuudet arvioidaan akuuttien ja kroonisten toksisuustestitulosten* ja arviointi-/turvakertoimien avulla.
RISKIN KUVAAMINEN	Kemikaalista aiheutuvaa riskiä kuvaava suhdeluku eli RCR (Risk Characterisation Ratio) = PEC/PNEC kaikille eri ympäristöosille sekä ihmisille esim. MOS, MOE. Riskin luonnehdinnassa kemikaalin käyttäytymis- ja vaikutusarviot yhdistetään tietoihin kemikaalin esiintymisestä ympäristössä.

* Käyttäjän syötettävä ohjelmaan.

Ympäristöriskin arvioinnissa päästön aiheuttama altistus kohdistuu jätevedenpuhdistamon mikrobeihin, vesistön, maaperän ja sedimenttien ekosysteemeihin ja ravintoketjuvaikutus petoeläimiin. EUSES arvioi ainoastaan ilmaan tai veteen menevien haitallisten päästöjen potentiaalista vaikutusta näissä kohderyhmissä. Suoraan maahan menevän paikallisen päästön riskinarviointiin EUSES ei sovellu kovin hyvin. Mallissa maaperään kohdistuvan vaikutuksen alkuperänä ovat toissijaiset vaikutukset puhdistamolietteen peltovelytyksestä tai/ja laskeuman seurauksena.

EUSESilla voidaan mallintaa myös ihmiseen kohdistuvaa altistusta, jota ei kuitenkaan tässä työssä käsitellä. Kohderyhminä ovat silloin työntekijät ja kuluttajat, jotka altistuvat kemikaalille suoraan ja/tai ympäristön kautta. Tässä tapauksessa PEC/PNEC suhteen sijaan riskin kuvaamiseen käytetään joko turvamarginaalia (MOS, Margin of Safety) tai samaa tarkoittavaa altistumismarginaalia (MOE, Margin of Exposure). Edellisten lisäksi biosidien käytöstä aiheutuvaa riskiä voidaan arvioida terveysperusteisella altistumisraja-arvolla AOEL (Acceptable Operator Exposure Level). Yhteinen nimitys kaikille edellä mainituille tekijöille - PEC/PNEC, MOS, MOE ja AOEL - on riskiä kuvaava suhdeluku (RCR).

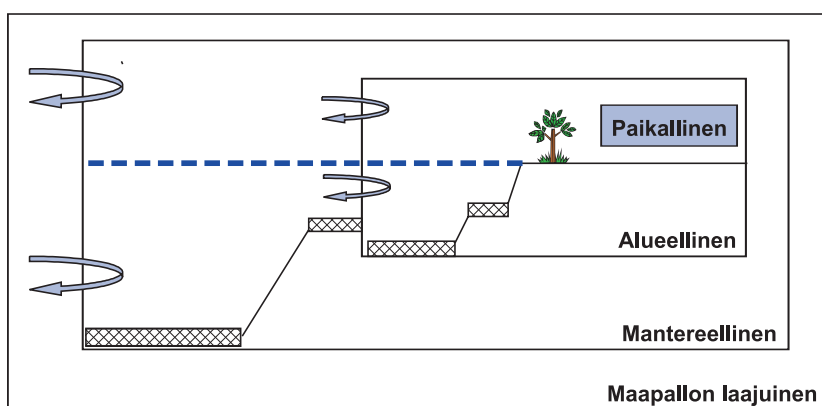
2.3

Mallin alueellinen ulottuvuus

EUSES toimii sisäkkäisenä moniympäristömallina (nested multi-media model). Se sisältää erikokoisia maantieteellisiä tasoja (Kuva 2). Päätasoja ovat alueellinen (regional), mantereenlaajuinen (continental, käsittää EU-maat) ja maapallonlaajuinen (global), joka on jaettu vielä kolmeen eri vyöhykkeeseen (arktiseen, lauhkeaan ja trooppiseen). Alueellinen, mantereenlaajuinen ja globaali mittakaava on huomioitu

sisäkkäisinä osasysteemienä, joiden välillä on vuorovaikutusta ilman ja veden välityksellä. Paikallinen taso (local) sen sijaan ajatellaan vain alueellisen yksityiskohtaksi, joka ei vaikuta kemikaalien kiertoon. Se ei ole vuorovaikutuksessa alueellisen tason kanssa, paitsi taustakuormituksen kautta. Mallin paikallinen taso on ikään kuin tarkemman resoluution malli alueellisen tason ilmiöistä, ja sen ainemäärät sisältyvät alueelliseen tasoon. Hajoamis- ja jakautumisprosessit on otettu huomioon vain yhdellä tai kahdella avainprosessilla, koska paikalliset vaikutukset arvioidaan aiheutuvan lyhyistä kertaluontoisista päästöistä. Sitä lähinnä käytetäänkin kemikaalin häiriöpäästön riskinarviointiin (käsitellään tarkemmin luvussa 3).

Alueellinen ympäristö ottaa huomioon kemikaalin jakautumisen tuloksena vakiotilapitoisuudet (steady-state) eri ympäristöosissa laajemmalla alueella. Mikäli halutaan arvioida jonkin teollisuuslaitoksen häiriöpäästön riskiä sen välitöntä lähiympäristöä laajemmin, on käytettävä alueellista riskinarviointia ja selvitetävä koko alueen kemikaalien käytöt ja päästöt. Aluetasoa laajempien alueiden pitoisuuksia ei EUSES-ohjelma käytä riskinarvioinnissa.



Pinta-alat km ²	
Paikallinen	3
Alueellinen	40 000
Mantereellinen	7 000 000
Lauhkea	85 000 000
Arktinen	42 500 000
Trooppinen	127 500 000

Kuva 2. Maantieteelliset tasot ja niiden pinta-alat (EUSES 2.0 2004).

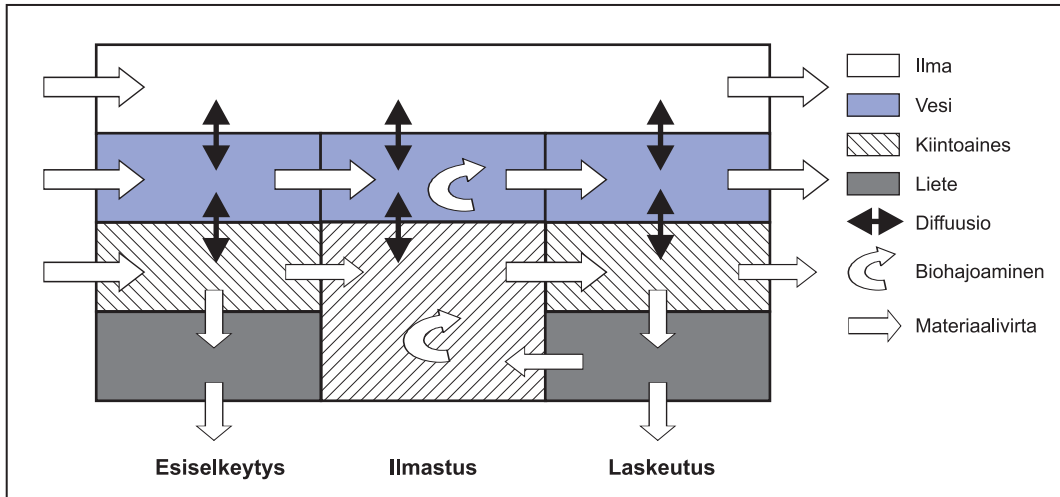
2.4

Jätevedenpuhdistamomalli

EUSES-malli sisältää myös erillisen jätevedenpuhdistamomallin. Haitallisen vesipäästön kulkeutumisen mallinnuksessa sen toiminta voidaan yksinkertaistaen ajatella operaatioksi, joka hävittää osan päästöstä (biohajoavuuden perusteella) ja jakaa loput siitä ilmaan (jos kemikaali on haihtuva), veteen ja maaperään (laskeuma, liete). Jos puhdistamo syystä tai toisesta joudutaan ohittamaan, kaikki vesipäästöt menevät luonnollisesti puhdistamattomina suoraan pintaveteen.

EUSESissa puhdistamo on kuvattu hollantilaisella SimpleTreat 3.1 mallilla, joka koostuu eri prosesseja kuvaavista osamalleista. Yhteensä mallin yhtälöitä on 59 ja ne löytyvät perusteluineen alkuperäisen mallin dokumentaatiosta (Struijs 1996). SimpleTreat on fugasiteettimalli (Mackay level III), joka laskee jakautumiskertoimien ja materiaalivirtojen perusteella vakiotilan pitoisuudet 9 puhdistamon osalle (Kkuva 3).

Malli lukee syöttötietoja eri kohdista EUSESia. Päästötietojen (Release estimation) perusteella arvioidaan puhdistamolle tuleva kemikaalikuorma. Hajoamistietojen (Degradation and transformation) perusteella määritetään käytettävän biohajoamismallin muuttujat. Puhdistamomuuttujista (Sewage treatment) lasketaan puhdistamon osien tilavuudet ja massavirtaukset. Massavirtauksen ja jakautumiskertoimien (Partition coefficients and bioconcentration factors) avulla lasketaan lokeroiden välillä kulkeutuva kemikaalimäärä. Kemikaalivirtausten ja lokeroiden tilavuuksien avulla voidaan laskea vakiotilapitoisuudet puhdistamon osille. Vakiotilapitoisuuksilla las-



Kuva 3. SimpleTreat 3.1 -mallin lokerointi. Malli laskee massataseet liuennelle ja sitoutuneelle kemikaalille sekä lietteelle kolmessa prosessin vaiheessa. Ilmastusaltaassa lietefaasin oletetaan olevan kokonaan suspendoitunut. Mallissa on takaisinkytkentä erotetulle aktiivilietteelle.

ketaan puhdistamolta poistuva pitoisuus (ilmaan, veteen, lietteeseen ja hajonneeseen määrään) sekä arvio puhdistamon mikrobeihin kohdistuvasta riskistä.

Mikrobeihin kohdistuvan riskin määrittäminen riippuu päästön kestosta. Jatkuvassa kuormituksessa riskille käytetään puhdistamon keskipitoisuutta ja pulseille sisäänvirtauspitoisuutta. Sisäänvirtauspitoisuus kuvaa suurinta puhdistamossa havaittavaa pitoisuutta ja se saadaan jakamalla päästö jäteveden tilavuusvirralla. Pitoisuutta verrataan mikrobien toksisuustietoihin (Effects – Micro-organisms). Mikrobeille ei määritetä erikseen kroonista ja akuuttia toksisuutta, sillä mikrobin elinkaarissa jo vuorokausi on krooninen ajanjakso.

Mallin soveltuvuus Suomen oloihin on suhteellisen hyvä, vaikka tietyt puhdistamokohtaiset parametrit esim. esiselkeytysaltaan mittasuhteet ja karkaavan kiintoaineen määrät poikkeavatkin suomalaisista keskiarvoista. Samalla tavalla kuin EUSES-mallissa niin myös SimpleTreat-mallin lähtötietoja on mahdollista muuttaa todellisia olosuhteita vastaaviksi.

EUSES-mallin rajoitukset

Yleisesti ottaen EUSES-malli on käyttökelpoinen työkalu kemikaalien riskinarvioinnissa. Siitä kuitenkin löytyy tiettyjä puutteita ja rajoitteita, jotka mallin soveltamisessa on otettava huomioon. Mallin ohjelmoijat ovat ilmoittaneet sen käytölle seuraavat rajoitukset:

1. EUSES on tehty EU:n yleiseen kemikaalien riskinarviointiin ja se soveltuu parhaiten orgaanisille yhdisteille. Myös epäorgaanisia yhdisteitä voidaan mallilla arvioida, mutta aineiden jakaantumiskertoimien arvoihin eri ympäristön osaluueiden välillä tulee tällöin kiinnittää erityistä huomiota.
2. Laskennan taustalla on standardoitu malliympäristö, joten mallin tuloksien soveltamisessa yksittäisiin laitoksiin ("site-specific assesment") kannattaa olla varovainen. EUSES ei korvaa tilannekohtaisia kulkeutumismalleja vaan toimii yleisen tason riskinarviointityökaluna.
3. Mallia jatkokehitetään, korjataan ja validoidaan tutkimustulosten perusteella. Sen antamat tulokset eivät ole siinä mielessä lopullisia. Joitain tärkeitä siirtoprosesseja ei ole kyetty kuvaamaan tarkasti (esimerkiksi kemikaalin kertyminen rehun kautta).
4. Malli ei kuvaa syöttötietoihin liittyvää epävarmuutta eikä sisällä ohjeistusta syöttötiedon laadunvarmistukseen. Virheelliset arviot yhdisteen käyttömääristä tai toksisuudesta voivat aiheuttaa huomattavia virheitä mallin tuloksiin. Syöttötietojen luotettavuuden ja epävarmuuden vaikutuksien arviointi jää käyttäjälle³.
5. EUSES-malli arvioi yhdisteen aiheuttamaa riskiä sen toksisuuden perusteella. Malli ei käsittele vielä muita häiritseviä vaikutuksia kuten ilmastomuutosta, otsonikerroksen ohenemista, happamoitumista, rehevöitymistä, raaka-aineiden vähenemistä, suuronnettomuuksia ja ongelmajätettä.

Mallia on kritisoitu mm. siitä, että se jättää huomiotta metallien biokertymisen ja maaperän kerrostuneisuuden erityisvaikutukset (Huijbregts ym. 2005). Malli soveltuu parhaiten rasvaliukoisille, ei-ionisille ja hitaasti hajoaville orgaanisille yhdisteille (Vermeire ym. 2005). Mallin taustalla oleva vakiotilaoletus (steady-state) kuvaa vain päästön aiheuttamaa lopputilannetta, eikä anna tietoa muutosnopeudesta.

³ Syöttötietojen epävarmuuden vaikutusta lopputulokseen voi tutkia karkeasti ajamalla mallia useita kertoja epävarmojen muuttujien eri ääriarvoilla.

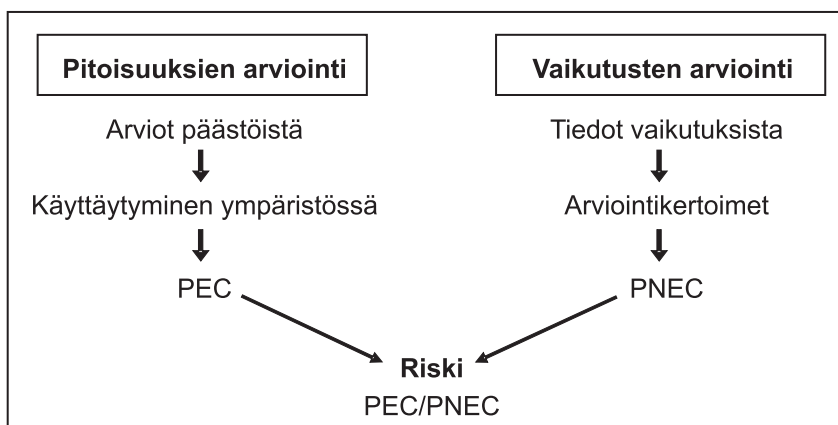
3 Kemikaalin häiriöpäästön seurausten arviointi

3.1

Lähtökohdat

Häiriöpäästöllä tarkoitetaan tässä yhteydessä päästöä, joka on määrältään tai laadultaan poikkeuksellinen. Sen aiheuttajana on poikkeuksellinen tilanne, ja sen seurauksena on olemassa mahdollisuus ympäristön pilaantumiselle (Wessberg ym. 2006). Tällaisen satunnaispäästön voidaan ajatella kestävän tunteja tai korkeintaan muutamia päiviä. Lähtökohta on siten erilainen kuin mihin EUSES-mallin alueelliset ja mantereelliset tasot on suunniteltu käytettäväksi. Näillä mallin maantieteellisillä tasoilla päästöjen oletetaan olevan jatkuvia. EUSES-mallin paikallista tasoa voidaan käyttää kuitenkin satunnaispäästöjen vaikutusten karkeaan arviointiin. Jatkuvan päästön sijasta paikalliseen tasoon ohjataan ajoittainen päästöpulssi ("intermittent"). Tämä määrittellään EUSES-mallissa säännölliseksi harvinaiseksi päästökseksi, joka "tapahtuu harvemmin kuin kerran kuussa ja kestää alle vuorokauden." Yksittäisten pulssien vaikutukset eivät mallissa kumuloidu, vaan edellisen pulssin vaikutuksen oletetaan kadonneen ennen seuraavaa.

Häiriöpäästön ympäristöriskin arviointi etenee EUSES-mallilla samalla tavalla kuin mikä esitettiin jo luvussa 2.2. Tässä yhteydessä rajoitetaan kuitenkin vain ekologiseen riskinarviointiin. (Periaatteessa ihmisen terveyteen kohdistuva riskinarviointi voidaan toteuttaa myös EUSES-mallin avulla käyttäen seuraavassa ekologisen riskinarvioinnin yhteydessä esitettävää lähestymistapaa.) Arvioinnin lähtökohtana on syöttötietojen perusteella lasketut päästökemikaalin pitoisuudet eri ympäristöosissa (PEC). Edelleen malli arvioi syötettyjen toksisuustestitulosten ja arviointikertoimien perusteella kemikaalin haitattomat pitoisuudet ympäristöosissa (PNEC). Näiden kummankin arviointireitin tuloksia käytetään laskettaessa eri ympäristöosille suhdelukua (RCR), joka kuvaa riskin suuruutta (Kuva 4).



Kuva 4. Häiriöpäästön riskinarvioinnin vaiheet EUSES-mallilla.

Häiriöpäästön yhteydessä käytetty alueellinen ulottuvuus, paikallinen taso, pystyy antamaan vain hyvin pelkistettyä tietoa riskinarviointiin. EUSES-mallin tulostus ei käytännössä pysty antamaan vastausta häiriöpäästön seurausten maantieteelliselle laajuudelle ja ajalliselle ulottuvuudelle. Käytännössä EUSES-mallin tulokset toimivat lähtötietoina lopulliseen seurausten arviointiin, jossa voidaan käyttää mitattua tietoa, asiantuntija-arvioita ja muita matemaattisia malleja.

EUSES-mallin vahvuutena on mahdollisuus arvioida myrkyllisen aineen käyttäytyminen jätevedenpuhdistamolla, minkä perusteella saadaan ko. aineen vesistöpitöisyys purkupuutken suulla. EUSES-malli pystyy myös tuottamaan syötettyjen toksisuustietojen perusteella tarkasteltavien kemikaalien haitattomat pitöisyustasot (PNEC). Lisäksi EUSES-malli antaa yleistä käsitystä kemikaalien käyttäytymisestä, jota voidaan hyödyntää asiantuntija-arvioiden tekemisessä ja sopivien jatkomallien valinnassa.

3.2

Kemikaalien fysikaalis-kemialliset tiedot

Häiriöpäästön ympäristöriskin arviointi EUSES-mallilla aloitetaan syöttämällä ohjelmaan tiedot (Physico-chemical properties) aineen hajoamisnopeuksista, haihtumisesta ja rasvaliukoisuudesta. Myöhemmässä vaiheessa ohjelma vaatii myös tietoja aineen vaikutuksista eliöihin eli ekotoksisuustietoa. Näitä tietoja on kerätty erilaisiin tietokantoihin, joista suurin osa on vapaasti saatavilla internetistä. Useimmat tietokannoista sisältävät runsaasti tietoa kemikaalien ominaisuuksista ja vaikutuksista, kun taas toiset ovat keskittyneet vain kemikaalien tiettyihin ominaisuuksiin (Taulukko 2).

Taulukko 2. Kemikaalitietolähteitä

Tietokanta	Mitä tietoa erityisesti	www-osoite
BIODEG	Biologista hajoamistietoa	www.syrres.com/esc/efdb.htm
CHEMFATE	Kemiallista hajoamistietoa	www.syrres.com/esc/efdb.htm
CERI/MITI	Hajoaminen ja kertyminen	http://qsar.cerij.or.jp/cgi-bin/DEGACC/index.cgi?E
ECOTOX	Vaikutukset eliöihin, kasveihin ja luontoon	http://epa.gov/ecotox
Hazardous Substances Data Bank (HSDB)	Terveys- ja ympäristövaikutukset	http://toxnet.nlm.nih.gov/
Kemikaalien ympäristötietorekisteri	Fys.-kem.tiedot, ekotoksisuus, pysyvyys, kertyvyys	www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=59366&lan=fi
Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet	Fys.-kem.tiedot, terveysvaara, ympäristövaikutukset	www.ttl.fi/internet/ova/index.html
IUCLID* ja EU asetuksen 793/93/EEC mukaiset riskinarviot	Fys.-kem.tiedot, käyttäytyminen ympäristössä, terveys- ja ympäristövaikutukset	http://ecb.jrc.it/esis/
Environmental Health Criteria	Arvioitua tietoa kemikaalien käyttäytymisestä ympäristössä, terveys- ja ympäristövaikutukset	www.inchem.org/pages/ehc.html
Käyttöturvallisuustiedote	Fys.-kem.tiedot, ekotoksisuus, pysyvyys, liikkuvuus	Käyttöturvallisuustiedotteet saatavissa kemikaalien valmistajilta tai jälleenmyyjiltä.

* Valmiiksi arvioiduista kemikaaleista on saatavilla valmiit EUSES export – tiedostot.

Häiriöpäästötiedot

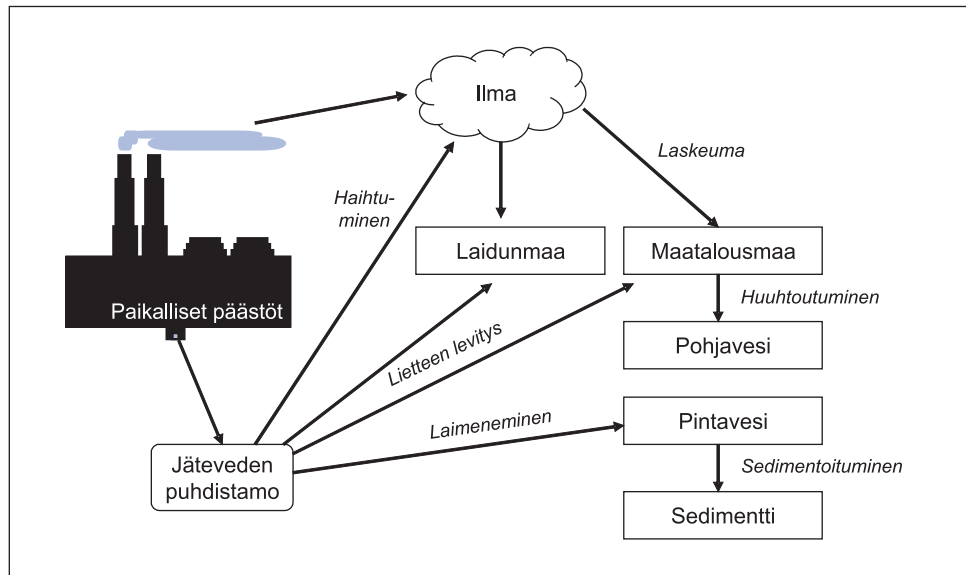
Tarkasteltavan kemikaalin häiriöpäästömäärä määritetään ja syötetään EUSES-mallin lähtötiedoksi. Häiriöpäästön kesto ei pystytä EUSES-malliin tarkemmin määrittämään. Oletuksena on se, että häiriöpäästö kestää alle vuorokauden. Syöttötieto annetaan esimerkiksi muodossa kg/vuorokausi.

Malli ei siis pysty kuvaamaan usean päivän kestävästä häiriöpäästön pitoisuusmuutoksia ympäristössä. Toisaalta tällaisten tapausten arviointia voi lähestyä käyttämällä jatkuvien päästöjen tarkasteluun soveltuvaa mallia. Olennaista häiriöpäästötapauksessa on kytkeä EUSES:iin jätevedenpuhdistamomalli laskelmiin mukaan, jos päästön oletetaan joutuvan vesistöön puhdistamon kautta.

Kemikaalin pitoisuudet eri ympäristöosissa (PEC)

Syöttötietojen ja oletusarvojen perusteella malli laskee ne pitoisuudet, joille ympäristön eri osa-alueiden kohderyhmät voivat altistua eli aineen arvioidut pitoisuudet ympäristössä (PEC). Ympäristöosa-alueet, joihin altistus paikallisessakin mallissa kohdistuu ovat ilma, makea vesi, merivesi, makean veden sedimentti, merisedimentti, maaperä (maatalousmaa ja laidunmaa), huokosvesi ja pohjavesi.

Paikallisen tason osajärjestelmä kuvaa teollisuuslaitoksen välitöntä ympäristöä 1 000 m säteellä. Laitoksen päästöt jakautuvat ilmaan ja jäteveden puhdistamolle. Pitoisuusarviointi etenee kolmessa vaiheessa, eikä siinä ole takaisinkytkentöjä, kuten jätevedenpuhdistamomallissa. Pitoisuudet ilmassa ja puhdistamolla arvioidaan suoraan päästöistä, niiden perusteella arvioidaan pitoisuudet vedessä ja maaperässä ja lopulta pohjavedessä ja sedimentissä. Mallin rakenne on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Euses 2.0 paikallistason mallin rakenne ja pääprosessit

Paikallisen tason osasynteesin käyttämät taustapitoisuudet voidaan laskea alueellisen tason mallista (ns. regional-malli). Tämä tietenkin edellyttää, että alueellisen tason mallin vaatimat lähtötiedot (esim. kemikaalien käyttökohteet ja pistelähteet) on täytetty malliin. Laskettujen taustapitoisuuksien luotettavuuteen vaikuttaa suuresti aineen hajoamisnopeudet ympäristön eri osa-alueissa, minkä vuoksi aineen hajoamisnopeuksien realistisuuteen tulisi erityisesti kiinnittää huomiota.

Ilmapitoisuudet arvioidaan OPS-mallilla (Van Jaarsveld 1995), jolla lasketaan 1 kg kemikaalia/d standardipäästön aiheuttama pitoisuus 100 m lähteestä sekä laskeuma 1000 m säteellä. OPS-mallin sisäisiä muuttujia ei voi muokata (tai edes nähdä), mutta mallin antaman pitoisuustuloksen voi vaihtaa halutessaan käsin. Päästölähteen oletetaan olevan pistemäinen ja 10 m korkeudessa. Tietyn päästön aiheuttama pitoisuusvaste saadaan kertomalla OPS –standardipitoisuus päästömäärällä. Ilmapäästönä käytetään joko suoraa ilmapäästöä tai puhdistamolta haihtuvaa, sen mukaan kumpi on suurempi. Paikalliseen pitoisuuteen lisätään taustakuormana alueellinen ilmapitoisuus, jos se on sisällytetty riskinarvioon. Ilma- ja puhdistamoemissioiden yhdistelmänä saadaan laskeuma-arvot:

$$DEP_{total} = (E_{local} \cdot air + Estp \cdot air) \cdot (F_{ass} \cdot aer \cdot DEP_{std} \cdot aer + (1 - F_{ass} \cdot aer) \cdot DEP_{std} \cdot gas) \quad (1)$$

missä DEP_{total} = kemikaalin kokonaislaskeuma
 $E_{local,stp}$ = emissiot päästölähteestä ja puhdistamolta (stp)
 F_{ass} = aerosoleihin sitoutunut osuus
 DEP_{std} = OPS-mallilla laskettu standardilaskeuma aerosoleille ja kaasulle

Pintavedet saavat kuormansa jätevedenpuhdistamolta. Pintavesien liuennut pitoisuus saadaan huomioimalla laimeneminen ja sitoutuminen hiukkasiin:

$$PEC_{local,water} = \frac{PEC_{local,eff}}{(1 + K_{p,susp} \cdot SUSP_{water}) \cdot DILUTION} \quad (2)$$

missä $PEC_{local,water}$ = kemikaalin paikallinen pitoisuus vedessä
 $PEC_{local,eff}$ = jäteveden poistovirtauksen pitoisuus
 $K_{p,susp}$ = kemikaalin jakautumiskerroin veden ja kiintoaineen välillä
 $SUSP$ = kiintoaineen pitoisuus vedessä

Laimenemiskerroin, jota voidaan myös manuaalisesti muuttaa, saadaan vesistön ja päästön virtaamatietojen avulla (ks. kohta 3.6). Oletusarvoina se on joille 10, rannikoille 100 ja merialueille 1000. Vesipitoisuuteen lisätään jälleen regional-vaiheessa laskettu taustakuorma, minkä jälkeen sedimenttipitoisuus saadaan jakautumiskertoimella:

$$PEC_{local,sed} = \frac{K_{susp-water}}{RHO_{susp}} \cdot PEC_{local,water} \quad (3)$$

missä $PEC_{local,sed,water}$ = pitoisuus sedimentissä ja vedessä
 $K_{susp-water}$ = kemikaalin jakautumiskerroin suspendoituneen aineen ja veden välillä
 RHO_{susp} = kiintoaineen tiheys

EUSESin jakautumiskertoimien estimointi perustuu orgaaniseen hiileen. Mikäli käytävissä on kokeellisia arvoja, lasketut jakautumiskertoimet voidaan korvata käsin niillä.

Häiriöpäästön arviointi on ns. "local"-arvio, joka käyttää satunnaispäästölle tarkoitettua, sallivampaa haitatonta pitoisuutta. Suoraan vesistöön tapahtuvassa local PEC-arviossa aineen PEC laskelmassa käytetään mahdollisimman yksinkertaisia oletuksia (10 kertainen laimeneminen, ei fugasiteettijakaantumista). Mikäli päästön oletetaan tapahtuvan jäteveden puhdistamon kautta, ja on olemassa tutkimustuloksia aineen myrkyllisyydestä mikrobeille, EUSES arvioi mahdollista haittaa (riskiä) myös jäteveden puhdistamon toiminnalle (PEC/PNEC - STP microbes).

Alueellinen, ns. regional malli, tulostaa aineen jatkuvan käytön ja siitä aiheutuvien päästöjen vaikutuksia alueelliseen ympäristöön. Lasketut PEC pitoisuustasot edustavat tällöin lähinnä taustapitoisuuksiin verrattavia arvoja. Mallin suorittama laskenta on huomattavasti monipuolisempaa kuin "local" arvioinnissa. Alueellinen laskentamalli arvioi myös aineen pitoisuuden biologisessa materiaalissa kuten kaloissa, sekä arvioi mahdollista aineen rikastumista ravintoketjussa (biomagnification).

Maaperämalli on huomattavasti muita lokeroita monimutkaisempi eikä sitä voi muokata. Siinä huomioidaan ilmasta ja puhdistamolietteestä tulevat kuormitukset sekä yhdisteiden hajoaminen, haihtuminen ja uuttuminen. Kulkeutumisprosessit arvioidaan omilla osamalleillaan ja yhdistetään differentiaaliyhtälöiksi. Yhtälöiden analyttisellä ratkaisulla saadaan hetkellisten pitoisuuksien lisäksi kertymä 10 vuoden ajalle. Malli arvio lisäksi, ollaanko 10 vuoden päästöillä lähellä todellista tasapainoa (steady-state), vai johtaako kuorma pitkäaikaiseen kertymään. Toksisuusarvioita varten maaperäpitoisuudesta lasketaan huokosveden pitoisuus jakautumiskertoimen avulla. Huokosveden pitoisuus on samalla pohjavesipitoisuus, eli laimenemista ei oteta siinä huomioon. Pohjavesipitoisuus lasketaan 10 vuoden kuormituksen perusteella.

3.5

Vaikutusten arviointi ekotoksisuustestien avulla (PNEC)

EUSES arvioi kemikaalipäästön ympäristövaikutusta jokaisessa ympäristöosassa erikseen potentiaalisen haitattoman pitoisuuden (PNEC) avulla lähtökohtana eri eliölajeille (kalat, levät, vesikirput) tehdyt toksisuustestit. PNEC lasketaan jakamalla pitkäaikaistestin NOEC-arvo (suurin tutkittu pitoisuus, jossa myrkyvaikutuksia ei ole havaittu) tai pienin lyhytaikaistestin EC/LC50-arvo (annos, joka koeajan kuluessa aiheuttaa myrkyvaikutuksen (EC) tai kuoleman (LC) puolelle koe-eläimistä) tulosten luotettavuutta ja kattavuutta kuvaavalla turvakertoimella (assessment factor). Lisäksi kertoimien tarkoituksena on laajentaa tuloksia koskemaan koko ekosysteemiä, vaikka lähtökohtana haitattoman pitoisuuden arvioinnissa ovatkin yksittäiselle eliölle koeolosuhteissa tehdyt toksisuustestit.

Alueellinen malli käyttää haitattoman pitoisuuden PNEC määrittelyssä ensisijaisesti vaikutustutkimusten kroonisista, pitkäaikaistesteistä saatuja tuloksia. Häiriöpäästöjen seurausten arviointi perustuu puolestaan paikallisen tason malliin, jonka vaikutusarvioinnissa hyödynnetään lyhytaikaistestien tuloksia.

EUSESissa turvakertoimien suuruus vaihtelee välillä 10-10 000 ympäristöosasta riippuen. Esimerkkinä ohjelman turvakertoimen määräytymisen perusteista taulukossa 3 on esitetty makean veden ympäristössä käytetyt kertoimet. Joissakin olosuhteissa niitäkin on tarpeen muuttaa.

Taulukko 3. Makean veden –ympäristöosion turvakertoimien määräytyminen EUSES-mallissa.

Saatavilla oleva aineisto	Turvakerroin
Ainakin yksi lyhytaikainen L(E)C50-arvo kalalle, Daphnialle ja levälle	1000
Yksi pitkäaikainen NOEC-arvo joko kalalle tai Daphnialle	100
Kaksi pitkäaikaista NOEC-arvoa kalalle ja/tai Daphnialle ja/tai levälle	50
Kolmen trofisen tason NOEC-arvoa ainakin kolmelle lajille (yleensä kalalle, Daphnialle ja levälle)	10
Ainakin kymmenen NOEC-arvoa käsittäen ainakin kahdeksan taksonomista ryhmää (soveltaen lajien herkkyysjakaumamenetelmää SDD)	5-1
Kenttätuloksia, mallinnetut ekosysteemit	Tapauskohtainen

Riski lasketaan aina soveltamalla turvakerointa alimpaan myrkyllisyysarvoon (LC50 tai NOEC). Turvakertoimen suuruuteen vaikuttaa myrkyllisyystietojen lukumäärä ja laatu (krooninen/akuutti). Laskettuja riskejä voi siis pienentää merkittävästi käyttämällä runsaasti kroonisia tutkimustuloksia, jotka käsittelevät mahdollisimman erilaisia ekosysteemin osia (meri, sedimentti, maaperä).

Hetkellisille päästöille käytetään periaatteessa vain akuutteja testituloksia. Tosin vaikuttaisi siltä, että hetkellisyys vaikuttaa vain virtaavan makean veden riskinarviointiin. Ilmeisesti maaperä ja merialueet mielletään vakaiksi ympäristöiksi, joita pulssit eivät juuri häiritse. Hetkellisessä altistuksessa arviointikertoimena käytetään lukua 100 sovellettuna alimpaan LC50 -arvoon, mutta arviointi vaatii vähintään 3 testitulosta eri trofiatasoilta (yleensä: viherlevä (tuottaja), vesikirppu (1. asteen kuluttaja), kala (2. asteen kuluttaja)).

Aineiden myrkyllisyyttä tutkitaan yleisimmin vesieliöillä, joten EUSES sisältää mallin, jolla tätä tutkimustietoa voidaan hyödyntää maaperäriskin arvioinnissa. Jos kemikaalin myrkyllisyydestä maaeliöille ei syötetä aineistoa, EUSES arvioi maaperäriskin tasapainojakautumisen (equilibrium partitioning, EP) avulla. Maaperän kokonaiskemikaalipitoisuus muunnetaan vastaamaan maavedessä olevaa biosaataavaa pitoisuutta. PEC/PNEC –suhde on tällöin sama kuin vedessä, jolloin voidaan käyttää vesieliöiden myrkyllisyystietoja. Vastaavaa menetelmää voidaan käyttää sedimenteille.

Riskinarviointi tehdään myös merialueille ja sen sedimentille, vaikka malliin syötettäisiin myrkyllisyystietoja vain makean veden eliöille. Tällöin myrkyllisyysarvioiden epävarmuutta tasapainotetaan korkeammilla turvakertoimilla.

3.6

EUSES-tulosten tulkinta ja hyödyntäminen seurausten arvioinnissa

Pitoisuuksien ja vaikutusten arvioinnin perusteella EUSES-malli laskee häiriöpäästöstä eri ympäristöosiin aiheutuvan riskin eli RCR:n (Kuva 4). RCR eli PEC/PNEC suhde on riskiä kuvaava suhdeluku, joka lasketaan jakamalla aineen arvioitu pitoisuus ympäristössä (PEC) aineen arvioidulla haitattomalla pitoisuudella (PNEC) kyseisessä ympäristön osa-alueessa.

EUSES-mallin pääasiallinen käyttö kohdistuu kemikaalipäästöjen ns. suhteelliseen riskinarviointiin. Tällä tarkoitetaan sitä, että kahta tai useampaa kemikaalipäästön aiheuttamaa riskiä verrataan toisiinsa, ja tulokseksi saadaan käsitys kemikaalipäästöjen keskinäisestä ympäristövaarallisuudesta. Tällöin EUSES-mallin laskemat suhdeluvut (RCR:t) kemikaalipäästöjen eri ympäristöosien pitoisuuksille paljastavat eri kemikaalipäästöjen haitallisuuspotentiaalini: mitä suurempi lukuarvo sitä suurempi riski ympäristölle. Laskelmien avulla ei pyritä arvioimaan seurausten laajuutta, ei-

kä yksittäisten kemikaalipäästöjen suhdelukujen tulkinta yksinään ilman vertailua muihin suhdelukuihin ole mielekäästä. Tällaisen tarkastelun perusoletuksena on se, että kemikaalipäästöjen oletetaan purkautuvan samaan ympäristöosaan (esim. veteen jätevedenpuhdistamon kautta). Laskelmien lähtökohdaksi soveltuu käytännössä EUSES:n standardiympäristö lähtöoletuksineen.

Jos häiriöpäästöjen seurausten arvioinnissa pyritään selvittämään konkreettisemmin todellisia ympäristövaikutuksia, EUSES-mallin lähtöoletukset esimerkiksi vesistöjen laimenemisolosuhteiden osalta on syytä asettaa tarkastelualueen olosuhteita vastaaviksi. Tällöin tulosten tulkintaan voidaan soveltaa EUSES-mallin käsikirjoissa esitettyä lähestymistapaa: jos laskettu suhdeluku (RCR) on yli yksi, on olemassa riski, että satunnaispäästön aiheuttamat pitoisuudet aiheuttavat haittaa ympäristössä. Tulosten tulkinnassa on kuitenkin ymmärrettävä mallin rajoitteet pitoisuuslaskelmissa (ks. 3.4). Esimerkiksi veteen menevän päästön RCR-arvo ilmentää vain pitoisuutta purkuputken päässä. Laskelma ei siis kerro mitään haitan laajuudesta vesistöissä. Tämän takia EUSES-mallin lopputulos on itse asiassa lähtötieto tarkemmalle ympäristövahingon arvioinnille, jossa voidaan käyttää apuna tervettä talonpoikaisjärkeä, asiantuntija-arvioita ja varsinaisten simulointimallien laskelmien tuloksia.

4 Esimerkki mallin käytöstä häiriöpäästöjen seurausten arvioinnissa

EUSES-ohjelman käyttöä kemikaalin häiriöpäästön seurausten arvioinnissa havainnollistetaan seuraavan esimerkin avulla. Tarkoituksena on arvioida ja verrata kolmen haitallisen aineen häiriöpäästön aiheuttamaa riskiä ympäristössä. Tehtävä etenee vaiheittain seuraavasti: 1) valitaan tarkasteltavat häiriöpäästöt, 2) haetaan kemikaalien ominaisuustiedot, 3) arvioidaan päästömäärät, 4) suoritetaan laskenta ja 5) tulkitaan tulos.

1) Tarkasteltavien häiriöpäästöjen valinta

Tehdas Y käyttää kolmea Suomen prioriteettiaineiden joukkoon kuuluvaa kemikaalia. Tehdyn riskianalyysin perusteella kemikaalit saattavat joutua häiriötilanteessa ympäristöön. Ensimmäinen kemikaali (A) on dibutyyliftalaatti, jota käytetään tekstiili-, nahka-, muovi- ja kumiteollisuuden apuaineena, pesuaineissa, maalien ja väriaineiden lisäaineena sekä hartsien apuaineena. Toinen kemikaali (B) resorsinoli on käytössä mm. mekaanisessa metsäteollisuudessa (liimoissa ja väriaineissa) sekä metallituote- ja kumiteollisuudessa. Kolmas kemikaali (C) on 1,4-diklooribentseeni, jota käytetään esim. keramiikkateollisuuden väriaineissa, ilmanraikastajien valmistuksessa sekä lisäaineena hyönteistorjunta-aineissa. (Ympäristöministeriö 2005)

2) Kemikaalien ominaisuustietojen haku

Tutkittavien kemikaalien fysikaalis-kemialliset tiedot (Taulukko 4) ja toksisuustiedot (Taulukko 6) on kerätty Suomen ympäristökeskuksen julkaisusta, joka käsittelee Suomelle ehdotettuja ympäristönlautunormeja (Londesborough 2005). Vaikka tässä esimerkissä on käytetty vain akuutteja testituloksia, kaikki saatavilla oleva toksisuustieto kannattaa hyödyntää omissa riskinarvioinneissa. Fys.-kem. tietoihin ja raja-arvoihin perustuva sanallinen luonnehdinta kemikaalien ominaisuuksista on koottu taulukkoon 5.

Taulukko 4. Tutkittavien kemikaalien fysikaalis-kemialliset tiedot.

Fys.-kem. ominaisuudet	Kemikaali		
	A	B	C
Molekyylipaino (g/mol)	278	110	147
Sulamispiste (°C)	-35	111	53,5
Kiehumispiste (°C)	340	281	174
Höyrynpaine (Pa)	0,0097	0,027	165
Vesiliukoisuus (mg/l)	10	1 400 000	65
Oktanoli-vesi jakautumiskerroin (log K_{ow})	4,6	0,88	3,4
Orgaaninen hiili-vesi jakaantumiskerroin, K_{oc} (l/kg)*	6340	10	450
Henryn lain vakio (Pa m ³ /mol)*	0,27	7,9E-05	251
Biohajoavuus	nopeasti biohajoava	nopeasti biohajoava	nopeasti biohajoava, ei täytä "10-päivän ikkuna" -kriteeriä

* Nämä arvot malli laskee muiden fys.- kem. ominaisuuksien perusteella, jos niitä ei itse syötä ohjelmaan.

Lähde: Londesborough 2005

Taulukko 5. Fys.-kemiallisiin tietoihin perustuvat kemikaalien ominaisuudet raja-arvoineen.

Ominaisuus (kuvaava suure)	Kemikaali			Raja-arvot*
	A	B	C	
Vesiliukoisuus (vesiliukoisuus)	liukeneva	erittäin vesiliukoinen	liukeneva	erittäin liukeneva > 1000mg/l, niukkaliukoinen < 1mg/l
Haihtuvuus (höyrynpaine)	heikosti haihtuva	kohtalaisen haihtuva	erittäin haihtuva	erittäin haihtuva > 100 Pa, hitaasti haihtuva < 0,01 Pa
Haihtuvuus vedestä (Henryn lain vakio)	heikosti vedestä haihtuva	hyvin heikosti vedestä haihtuva	vedestä erittäin helposti haihtuvaa	vedestä erittäin helposti haihtuvaa > 100Pa m ³ /mol, vedestä hyvin heikosti haihtuvaa < 10 ⁻² Pa m ³ /mol
Biohajoavuus	nopeasti biohajoava	nopeasti biohajoava	nopeasti biohajoava	
Kulkeutuvuus maassa (adsorptiovakio)	kulkeutumaton	erittäin kulkeutuva	kohtalaisen kulkeutuva	helposti kulkeutuva K_{oc} < 150, heikosti kulkeutuva K_{oc} > 2000
Kertyvyys (n-oktanoli/vesi jakaantumiskerroin)	kohtalaisen kertyvä	ei kertyvä	hieman kertyvä	mahdollisesti kertyvää log K_{ow} > 3

* Lähde: Suomen ympäristökeskus 1997.

Ekotoksisuustietojen (taulukko 6) perusteella voidaan päätellä, että kaikki kemikaalit ovat myrkyllisiä vesieliöille (LC/EC/IC50 < 1 mg/l). Kemikaali A on erittäin myrkyllistä kaloille (kuten myös C) ja leville, kun taas kemikaalit B ja C vesikirpuille.

Taulukko 6. Akuuttien ekotoksisuustestien tulokset.

Toksisuustesti	Kemikaali		
	A	B	C
Kalat, LC ₅₀ (mg/l)	0,35	40	1,12
Vesikirput, L(E)C ₅₀ (mg/l)	3,4 (EC ₅₀)	0,25 (LC ₅₀)	0,7 (EC ₅₀)
Levät, EC ₅₀ (mg/l)	1,2	-	28

Lähde: Londesborough 2005

3) Päästömäärien arviointi

Tässä esimerkissä paikalliseksi häiriöpäästömääräksi on valittu 500 g / d / kemikaali ja ensisijaiseksi kohdeympäristöksi makea vesi. Päästöjen oletetaan kulkeutuvan vesistöön jätevedenpuhdistamon kautta. Vesistön laimennussuhteen oletetaan olevan 10, eli vesistön virtaama (Q_v) jaettuna häiriöpäästön virtaamalla (Q_{hp}) on 10. Ko. aineita ei vesistössä ole luonnostaan, joten taustapitoisuudet ovat 0. EUSES-mallin jätevesipuhdistamon tietojen oletetaan soveltuvan esimerkkilaskelmaan eli jätevedenpuhdistamomallin parametriarvoja ei muuteta.

4) Laskenta

EUSES-malliin syötetään kohdissa 2-3 kerätyt lähtötiedot. Mallin laskentaoptioksi asetetaan häiriöpäästö "intermittent". Mallilla tarkastellaan vain paikallista (local) tasoa. Mallin alueellista (regional) tasoa ei käytetä (taustapitoisuuksien oletetaan olevan 0 kaikille kemikaaleille).

5) Laskentatulokset ja niiden tulkinta

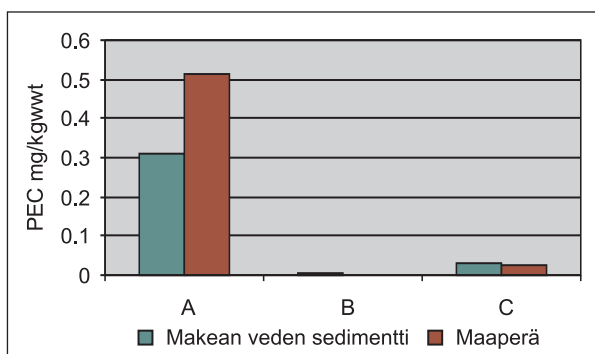
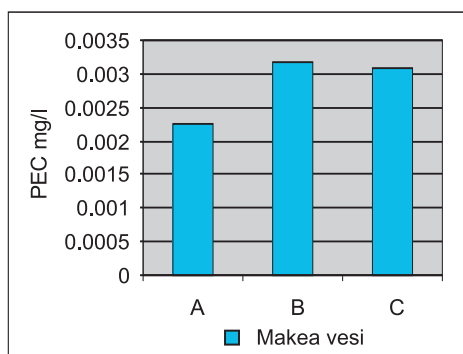
Arvioidut pitoisuudet eri ympäristöosioissa (PEC)

Ohjelmaan syötettyjen tietojen perusteella malli laskee kemikaalin arvioidut pitoisuudet (PEC) eri ympäristöosissa (Taulukko 7). Tuloksista löytyy myös vuosikeskiarvoja (annual average local PEC), joita hyödynnetään jatkuvien päästöjen tarkasteluissa eikä niitä käytetä paikallisen häiriöpäästön riskinarvioinnissa. Lisäksi taulukossa on näkyvillä mallin antamat tulokset kemikaalien mereen ja sedimenttiin kulkeutuneista pitoisuuksista. Meriympäristön tuloksiin on syytä suhtautua varauksella. Ensiksikin Suomessa ei esiinny (valta)merellisiä olosuhteita ja toiseksi kemikaaleja testataan harvoin merieliöllä, jonka seurauksena valtamerille joudutaan käyttämään suurta turvakerrontaa, mikä nostaa niihin kohdistuvan riskin määrää. Näistä syistä meriympäristö on rajattu tämän esimerkin ulkopuolelle.

Maaperä-ympäristöosassa pitoisuustuloksia on useampia (maatalousmaa, huokosvesi jne.). Riskin laskentaan malli valitsee niistä aina suurimman. Maaperäosion pitoisuudet ovat esimerkkitapauksessa käytännössä peräisin lietteestä, joka saa pitoisuuslisänsä häiriöpäästöstä. Maaperään laitettavan lietteen pitoisuuksien oletetaan olevan häiriöpäästön seurauksena syntyvää tasoa. Todellisuudessa lietteen pitoisuus laimenee ajan myötä, eikä vain häiriöpäästön saastuttamaa lietettä laiteta maaperään. Tämän takia maaperäosion tulokset kelpaavat vain eri aineiden keskinäiseen vertailuun, eikä niiden perusteella voi tehdä mitään päätelmiä todellisesta ympäristövaikutuksesta. Lietetarkastelu pitää aina tehdä tapauskohtaisesti (Kuva 6a ja 6b).

Taulukko 7. Kemikaalin arvioidut pitoisuudet eri ympäristöissä (PEC). Taulukossa on merkitty lihavoituna ne tulokset, joita tässä esimerkissä on käytetty riskin arvioimiseen.

Ympäristöot	Kemikaalit		
	A	B	C
Annual average local PEC in the air (mg/m ³)	2.69E-10	1.31E-13	2.05E-07
Local PEC in surface water during emission episode (dissolved) (mg/l)	2.25E-03	3.16E-03	3.07E-03
Annual average local PEC in surface water (dissolved) (mg/l)	6.17E-06	8.66E-06	8.42E-06
Local PEC in fresh-water sediment during emission episode (mg/kgwwt)	0.312	3.19E-03	0.0325
Local PEC in sea water during emission episode (dissolved) (mg/l)	2.48E-03	2.5E-03	2.5E-03
Annual average local PEC in seawater (dissolved) (mg/l)	6.78E-06	6.85E-06	6.84E-06
Local PEC in marine sediment during emission episode (mg/kgwwt)	0.343	2.52E-03	0.0264
Local PEC in agric. soil averaged over 30 days (mg/kgwwt)	0.513	6.17E-04	0.0257
Local PEC in agric. soil averaged over 180 days (mg/kgwwt)	0.434	1.8E-04	7.76E-03
Local PEC in grassland averaged over 180 days (mg/kgwwt)	0.173	6.19E-05	1.83E-03
Local PEC in pore water of agricultural soil (mg/l)	3.88E-03	6E-04	9.62E-04
Local PEC in pore water of grassland (mg/l)	1.54E-03	2.06E-04	2.27E-04
Local PEC in groundwater under agricultural soil (mg/l)	3.88E-03	6E-04	9.62E-04



Kuva 6a ja 6b. Kemikaalien (A= dibutyyliftalaatti, B= resorsinoli, C= 1,4 diklooribentseeni) pitoisuudet valituissa ympäristöissä.

Tulokset osoittavat, että kaikkien kolmen kemikaalin pitoisuudet makeassa vedessä ovat samaa suuruusluokkaa, vaikka kemikaalit käyttäytyvät hyvin eri tavoin puhdistamolla. Puhdistamon tuloksista (Distribution – STP - Output) havaitaan, että rasvaliukoisin kemikaali A päättyy lietteen orgaaniseen aineeseen, missä se on myös turvassa hajoamiselta (Taulukko 8). Melko rasvaliukoinen C kokisi saman kohtalon, ellei olisi hyvin haihtuvaa ja poistuisi näin ilmakehään. Erittäin vesiliukoinen B hajoaa sen sijaan suurimmaksi osaksi. Toisaalta puhdistamon kautta vesistöön päätyvissä ainemäärissä ei eri kemikaalien kesken ole juurikaan eroja, minkä takia näiden kemikaalien osalta pitoisuudet vedessä ovat samaa suuruusluokkaa.

Taulukko 8. EUSES-mallin tulos. Häiriöpäästön kemikaalien A, B ja C jakautuminen eri faaseihin jätevedenpuhdistamolla.

Kemikaali	Hajoaa (%)	Haihtuu (%)	Lietteeseen (%)	Läpi (%)
A	58,2	7,07 E-2	32,7	9,09
B	87,3	3,44 E-5	9,77E-2	12,6
C	29,8	53,9	3,99	12,3

Sedimenttien pitoisuuksissa syntyy eroavaisuuksia. Pitoisuusprofiilin perusteella voidaan päätellä, että kemikaalit A ja C kiinnittyvät sedimentteihin merkittävästi enemmän kuin kemikaali B, mikä johtuu eroista kemikaalien rasvaliukoisuudessa (oktanoli-vesi -jakautumiskerroin). Määrällisesti kemikaali B:n pitoisuus sedimenteissä on noin sadasosa ja C:n noin kymmenesosa A:n vastaavasta pitoisuudesta.

Kemikaali A esiintyy kaikkein korkeimmilla pitoisuuksilla maaperässä ja se on myös suurin pitoisuus A:lle otettaessa huomioon kaikki eri ympäristöosat. Kemikaali A:ta päätyykin huomattavasti enemmän lietteeseen kuin muita kemikaaleja ja sitä kautta maaperään. Kemikaali B:tä on kaikkein vähiten maaperässä ja C:täkin vain 0,5 % A:n vastaavasta arvosta. C:n reitti maaperään tapahtuu laskeumana ilman kautta (54 % haihtuu puhdistamolla).

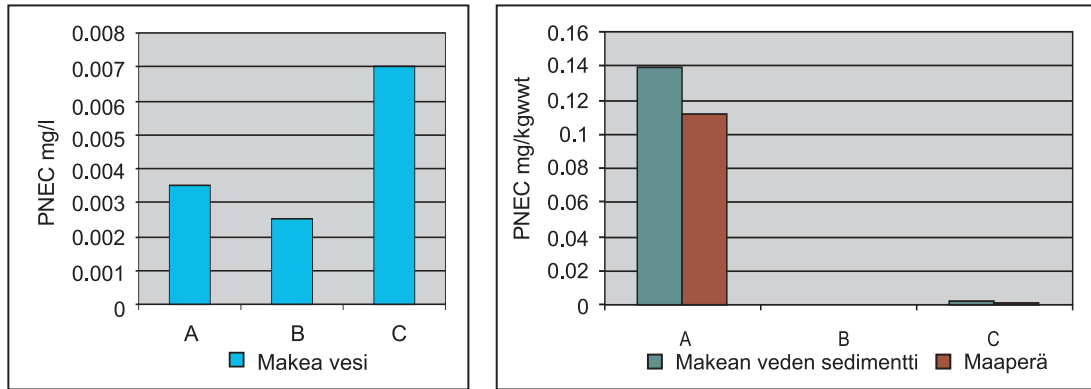
Ei-haitalliset pitoisuudet eri ympäristöosissa (PNEC)

Ohjelmaan syötettyjen toksisuustestien tulosten perusteella mallin laskemat kemikaalien haitattomat pitoisuudet (PNEC) eri ympäristöosissa on esitetty taulukossa 9. Turvakertoimiksi ohjelma on määrittänyt makealle vedelle 100. Muita turvakertoimia malli ei ilmoita lukuun ottamatta meriympäristölle määrittämänsä turvakerrointa 1000.

Taulukko 9. Kemikaalin arvioidut ei-haitalliset pitoisuudet eri ympäristöosissa (PNEC).

Ympäristöosiot	Kemikaali		
	A	B	C
PNEC for aquatic organisms (mg/l)	1E-03	2.5E-04	2E-04
PNEC for aquatic organisms, intermittent releases (mg/l)	3.5E-03	2.5E-03	7E-03
PNEC for marine organisms (mg/l)	3.5E-05	2.5E-05	7E-05
PNEC for fresh-water sediment organisms (mg/kgwwt)	0.139	2.52E-04	2.11E-03
PNEC for fresh-water sediment-dwelling organisms (mg/kgwwt)	0.139	2.52E-04	2.11E-03
PNEC for marine sediment organisms (equilibrium partitioning) (mg/kgwwt)	4.85E-03	2.52E-05	7.4E-04
PNEC for marine sediment organisms (mg/kgwwt)	4.85E-03	2.52E-05	7.4E-04
PNEC for terrestrial organisms (equilibrium partitioning) (mg/kgwwt)	0.112	7.51E-05	1.61E-03
PNEC for terrestrial organisms (mg/kgwwt)	0.112	7.51E-05	1.61E-03

Mallin laskeman tuloksen mukaan kemikaali A:lla on kaikkein suurimmat haitattomat pitoisuudet kaikissa muissa ympäristöosissa paitsi makeassa vedessä (Kuva 7a ja 7b). Kemikaalien B:n ja C:n haitattomat pitoisuusprofiilit muistuttavat toisiaan osoittaen että makeassa vedessä ei-haitattomat pitoisuudet ovat suurimmat, kun taas kemikaali A on haitattomampaa sedimentissä ja maaperässä kuin makeassa vedessä.



Kuva 7a ja 7b. Kemikaalien (A= dibutyyliftalaatti, B= resorsinoli, C= 1,4 diklooribentseeni) haitattomat pitoisuudet valituissa ympäristöissä.

Ohjelma yrittää arvata sedimentin ja maaperän vasteen vesitulosten perusteella. Tällöin PNEC-arvoihin vaikuttaa yhdisteen saatavuus, eli käänteinen rasvaliukoisuus. A ei ole erityisen biosaatavaa, sillä se on sitoutuneena orgaanisen hiilen hiukkasiin. Tuloksista voimme myös päätellä, että kemikaali B on kaikkein myrkyllisin eli sillä on kaikkein pienimmät ei-haitattomat pitoisuudet kaikissa ympäristöissä.

Riskiä kuvaava suhdeluku (RCR)

Lopuksi EUSES-malli laskee häiriöpäästöstä eri ympäristöosiin aiheutuvan riskin (RCR) jakamalla pitoisuusarvon haitattomalla pitoisuudella eli PEC/PNEC (Taulukko 10).

Taulukko 10. Riskiä kuvaava suhdeluku (RCR) eri ympäristöissä.

Ympäristöosio	Kemikaalit		
	A	B	C
RCR for the local fresh water compartment	0,643	1,26	0,439
RCR for the local fresh-water sediment compartment	2,25	12,6	15,4
RCR for the local soil compartment	4,58	8,21	15,9

5) Lopputuloksen tulkinta ja tulosten hyödyntämistapoja

Kemikaali A häiriöpäästö osoittautui kolmen haitallisen kemikaalin häiriöpäästövertailussa vähiten ympäristölle haitalliseksi kaikkien kolmen ympäristöosan (vesi, sedimentti ja maa) suhteen. Tulokset selittyvät sillä, että vaikka A:n pitoisuudet ovat suurempia eri ympäristöissä, niin sen haitattomat pitoisuudet ovat vastaavasti myös suurempia.

Kaikkien kemikaalien kohdalla riskiluku on suurempi sedimentissä ja maaperässä kuin makeassa vedessä, mikä johtuu osittain siitä, että yhdisteiden myrkyllisyydestä maaperän ja sedimentin eliöstölle ei ole tietoa. Tämä nostaa arviointikerrointa kaikille aineille. Koska sedimentin ja maaperän riskinarviointi joudutaan perustamaan vedessä mitattuihin testituloksiin, PNEC-pitoisuuksissa huomioidaan yhdisteen liukoisuus. Tällöin rasvaliukoisien A:n saatavuus ja siten myös riski pienenevät muihin verrattuna.

Tulokset osoittavat, että vesiympäristöön päästessään kemikaalien potentiaalinen uhka liittyy etenkin sedimenttiin. Tätä tietoa voidaan hyödyntää jälkiarvioinnissa mahdollisen häiriöpäästön tapahduttua. Toisaalta tieto palvelee myös yksityiskohtai-

sempien arviointimenetelmien valintaa. Arvioinnissa pitää ottaa huomioon tiedossa olevat alueen sedimentoitumisolosuhteet, jotka voivat muovata lopputulokset hyvinkin erilaiseksi.

Lisäksi mallin lopputulos antaa selvän kuvan siitä, ettei häiriöpäästöjen saastuttamaa lietettä sellaisenaan pidä sijoittaa maaympäristöön.

EUSES-mallilla voidaan helposti määrittää ne kemikaalien päästömäärät, joilla riskiraja ($RCR \geq 1$) ylittyy. Tässä esitetyn esimerkin tulos osoittaa, että makeassa vedessä B aiheuttaa riskiä jo noin 400 g päästöllä, kun taas C on näistä kolmesta kemikaalista haitattominta ja sillä riskiä aiheutuu vasta noin 1,15 kg:n päästöllä.

Lopuksi hahmotellaan vielä EUSES-mallin tulosten käyttöä lähtötietona seurausten laajuuden arvioinnissa, jossa hyödynnetään olemassa olevaa empiiristä tietoa ja lisämallinnuksen tuloksia. Jos kemikaalien B häiriöpäästö olisi ollut 5 kg, riskiluku purkuputken suulla olisi ollut 12,9. Vesistötarkkailun tietojen perusteella voidaan arvioida alapuolisen vesistöalueen laimenemisolosuhteita eri velvoitetarkkailupisteissä. Esimerkkitapauksessa tiedetään jäteveden keskimääräinen natriumpitoisuus ja virtaama sekä puhtaan veden natriumpitoisuus, minkä perusteella vesistöalueen eri kohdille saadaan laimenemiskertoimet ja niitä vastaavat riskiluvut seuraavasti:

Havaintopaikka	Etäisyys (m)	Laimeneminen	Riskiluku (RCR)
1	100	1:100	1,26
2	1000	1:800	0,16

Riskiluvun laskennassa on oletettu, ettei kemikaaliin B liity mitään kemiallis-biologisia reaktioita vesistöissä, ts. laskelmat yliarvioivat riskin mahdollisuutta. Tällainen ns. "worst case" analyysi antaa kuitenkin eväät jatkoarvioinneille. Koska riskiluku ylittää ensimmäisellä havaintopaikalla luvun 1, tutkitaan hajoamisen aiheuttamaa muutosta lopputulokseen. Empiiristen testien perusteella tiedetään, että kemikaalin B pitoisuus puolittuu 15 vuorokaudessa vesistöissä (15 °C lämpötila). Mukana on siis sekä biologisen ja abioottisen hajoamisvaikutus. Toisaalta vesistötarkkailun tietojen perusteella tiedetään, että viipymä ensimmäiselle velvoitetarkkailupisteelle on noin 1 vuorokausi esimerkkioolosuhteissa (kesän alivirtaamatilanne). Riskiluku pysyy siis edelleen yli yhden ensimmäisellä havaintopaikalla. Tämän jälkeen tutkitaan Yhdysvaltojen ympäristöviranomaisten ns. EPIWIN-mallilla (<http://www.epa.gov/oppt/exposure/docs/episuitedl.htm>) fotolyysin mahdollinen vaikutus lopputulokseen. Syöttötietoina annetaan kemikaalin B ns. Henryn vakio ja tyypilliset tuulitiedot. Malli antaa tulokseksi, että kemikaalista haihtuu vedestä noin 10 % yhden päivän aikana. Laimenemisen, hajoamisen ja haihtumisen yhteisvaikutuksena kemikaalin B riskiluku ensimmäisellä velvoitetarkkailupaikalla on siis ykkösen luokkaa, minkä perusteella voidaan ajatella vahinkoa synnyttävän seurauksen rajoittuvan noin sadan metrin laajuiselle vesialueelle.

5 Johtopäätökset

Tässä työssä on tarkasteltu teoreettisen esimerkin avulla EUSES-mallin soveltuvuutta kemikaalien häiriöpäästön ympäristöriskinarviointiin. EUSES on alun perin kehitetty monitasoiseksi kulkeutumis- ja altistusmalliksi, joka on nykyään Euroopassa laajasti hyväksytty ja käytetty varsinkin alueelliseen riskinarviointiin. Mallin hyviä puolia on se, että se on jatkuvan kehitystyön alla, ja että uudetkin versiot ovat internetin kautta kaikkien saatavilla.

Parhaiten EUSES soveltuu kemikaalien seulontaan niin alueellisella kuin paikallisellakin tasolla, koska mallissa päästön vastaanottava ympäristö koostuu ennalta määrättyistä standardiympäristöistä. Tosin useimpia mallin parametrejä voidaan muuttaa, joka näin lisää ohjelman käyttömahdollisuuksia arvioitaessa todellista paikallista tilannetta.

Tietokonepohjaisen ohjelman käyttö on helppoa, ja tulos selkeästi esitetty. Tulokseen johtavat syyt eivät kuitenkaan selviä kovin helposti monien tekijöiden vaikuttaessa niihin. Kaikkia ohjelman käyttämiä laskentakaavoja ei saa näkyville. Joissakin tapauksissa tuloksen luotettavuutta vähentää toksisuustestitulosten heikko saatavuus. Se taas puolestaan nostaa turvakertoimen arvoa, ja johtaa tulosten suurempaan epävarmuuteen. Lisäksi häiriöpäästön näkökulmasta katsottuna ohjelman haittapuolena on se, että se soveltuu vain toksisten kemikaalien arviointiin, sillä riski lasketaan toksisuustestien tulosten perusteella. Se ei pysty arvioimaan esim. rehevöittävien tai happamoittavien päästöjen vaikutuksia.

Häiriöpäästön yhteydessä EUSES-mallissa käytetty alueellinen ulottuvuus, paikallinen taso, pystyy antamaan vain hyvin pelkistettyä tietoa riskinarviointiin. EUSES-mallin tulostus ei käytännössä pysty antamaan vastausta häiriöpäästön seurausten maantieteelliselle laajuudelle ja ajalliselle ulottuvuudelle. Käytännössä EUSES-mallin tulokset toimivat lähtötietoina lopulliseen seurausten arviointiin, jossa voidaan käyttää mitattua tietoa, asiantuntija-arvioita ja muita matemaattisia malleja.

EUSES-mallin pääasiallinen käyttö kohdistuu kemikaalipäästöjen ns. suhteelliseen riskinarviointiin. Tällä tarkoitetaan sitä, että kahta tai useampaa kemikaalipäästön aiheuttamaa riskiä verrataan toisiinsa, ja tulokseksi saadaan käsitys kemikaalipäästöjen keskinäisestä ympäristövaarallisuudesta. Mallin vahvuutena on mahdollisuus arvioida myrkyllisen aineen käyttäytyminen jätevedenpuhdistamolla, minkä perusteella saadaan ko. aineen vesistöpitäisyys purkuputken suulla. EUSES-malli pystyy myös tuottamaan syötettyjen toksisuustietojen perusteella tarkasteltavien kemikaalien haitattomat pitoisuustasot (PNEC). Lisäksi se antaa yleistä käsitystä kemikaalien käyttäytymisestä, jota voidaan hyödyntää asiantuntija-arvioiden tekemisessä ja sopivien jatkomallien valinnassa.

Sanasto

AOEL	Acceptable Operator Exposure Level. Terveysperusteinen raja-arvo.
CAS-numero	Chemical Abstract Services Registry Number. Kansainvälinen kemiallisten aineiden ja eräiden seosten rekisterinumero.
EC-numero	Enzyme Commission numbers. Entsyymien numeerinen luokittelu.
EC ₅₀	Effect concentration 50%. Toksisuustestissä pitoisuus, jossa havaittiin tutkittava vaikutus 50%:lla eliöitä.
EINECS-numero	European Inventory of Existing Commercial chemical Substances. Euroopassa kaupallisessa käytössä olevien kemikaalien luettelo.
EUSES	The European Union System for the Evaluation of Substances. Kemikaalien kulkeutumis- ja altistusmalli.
IC ₅₀	Median Inhibitory Concentration: Pitoisuus, jossa 50% eliöistä estyy kasvamasta.
IUCLID	International Uniform Chemical Information Data Base. EU:n kansainvälinen kemikaalitietokanta.
LC ₅₀	Lethal Concentration 50%. Pitoisuus, jossa puolet koe-eläimistä kuolee koeaikana.
MOS/MOE	Margin of Safety / Margin of exposure. Turvamarginaali / altistusmarginaali. Ihmisaaltistuksen riskiä kuvaava suhdeluku.
NOEC	No Observed Effect Concentration. Vaikutukseton pitoisuus eli toksisuustestissä suurin testattu pitoisuus, jossa ei havaittu vaikutusta.
OPS	Operational Priority Substances atmospheric transport model. Malli, joka laskee pistepäästöjen pitkäaikaiset keskiarvopitoisuudet ilmassa.
PEC	Predicted Environmental Concentration. Ennustettu pitoisuus ympäristössä.
PNEC	Predicted No Effect Concentration. Ympäristössä haitattomaksi arvioitu pitoisuus.
QSAR	Quantative Structure-Activity Relationship. Kvantitatiivinen rakenne-aktiivisuussuhde, aineen ominaisuuksien arviointi ja mallintaminen molekyylirakenteen perusteella.
RCR	Risk Characterisation Ratio. Altistumisen ja vaikutusten määrällinen vertailu, joko PEC/PNEC tai MOS.
TGD	Technical Guidance Document. EU:n kemikaalien (olemassa olevien ja uusien kemikaalien sekä biosidien) riskinarvion tekninen ohje.
Trofiataso	Eliön paikka ravintoketjussa tai -verkossa.

Lähteet

- EUSES 2.0 2004. European Union System for the Evaluation of Substances. Background report. <http://ecb.jrc.it>
- Huijbregts, M.A.J., Struijs, J., Goedkoop, M., Heijungs, R., Hendriks, J.A. ja van de Meent, D. 2005. Human population intake fractions and environmental fate factors for toxic pollutants in Life Cycle Impact Assessment. *Chemosphere*, 61 (10):1495-504.
- Londesborough, S. 2005. Proposal for Environmental Water Quality Standards in Finland. The Finnish Environment 749. Finnish Environment Institute, Helsinki.
- Struijs J. 1996. Simple Treat 3.0: A model to predict the distribution and elimination of chemicals by sewage treatment plants. RIVM Report No. 719101025, RIVM, Bilthoven, The Netherlands.
- Suomen ympäristökeskus 1997. Tulkintaopas. Tietoa kemikaaleista.
- Van Jaarsveld J.A., 1995. Modelling the atmospheric behaviour of pollutants. RIVM rapport nr. 722501005, 1995.
- Vermeire, T., Rikken, M., Attias, L., Boccardi, P., Boeije, G., Brooke, D., de Bruijn, J., Comber, M., Dolan, B., Fischer, S., Heinemeyer, G., Koch, V., Lijzen, J., Müller, B., Murray-Smith, R. ja Tadeo, J., European union system for the evaluation of substances: the second version, *Chemosphere* 59 (2005) 473-485.
- Ympäristöministeriö 2005. Vesiympäristölle haitalliset ja vaaralliset aineet pintavesissä. Ympäristöministeriön moniste 159. Helsinki.

KUVAILOLEHTI

<i>Julkaisija</i>	Suomen ympäristökeskus (SYKE)			<i>Julkaisuaika</i> Toukokuu 2006
<i>Tekijä(t)</i>	Sirkka Koskela, Jyri Seppälä, Marja-Riitta Hiltunen ja Tuomas Mattila			
<i>Julkaisun nimi</i>	Kemikaalin häiriöpäästön ympäristöriskinarviointi EUSES-mallilla			
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Suomen ympäristökeskuksen raportteja 5 / 2006			
<i>Julkaisun teema</i>				
<i>Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut</i>				
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Tämä YMPÄRI-projektin* erillisraportti käsittelee EUSES -mallin soveltuvuutta teollisessa toiminnassa syntyvien kemikaalihäiriöpäästöjen riskinarviointiin.</p> <p>EUSES (The European Union System for the Evaluation of Substances) on Euroopan komission kehittämä riskinarviointimenetelmä, jonka pohjalta Euroopan kemikaalitoimisto kehitti vapaasti saatavilla olevan tietokoneohjelman. Tässä raportissa esitellään lyhyesti EUSES - kulkeutumis- ja altistusmallin perusteet ja käyttömahdollisuudet kemikaalien häiriöpäästöjen ympäristöriskiarvioinnin työvälineenä. Työvälineen käyttöä on havainnollistettu teoreettisen esimerkin avulla. Tarkoituksena oli arvioida ja verrata kolmen haitallisen aineen (veteen menevän häiriöpäästön) aiheuttamaa riskiä ympäristössä. Tehtävässä selvitettiin mm. kemikaalien ominaisuustietoja ja toksisuustestien tuloksia. Erityistä huomiota kiinnitettiin mallin tulosten tulkintaan.</p> <p>EUSES-mallin pääasiallinen käyttö kohdistuu kemikaalipäästöjen ns. suhteelliseen riskinarviointiin. Ts. kahden tai useamman kemikaalipäästön aiheuttamaa riskiä verrataan toisiinsa, ja tulokseksi saadaan käsitys kemikaalipäästöjen keskinäisestä ympäristövaarallisuudesta. Mallin vahvuutena on mahdollisuus arvioida haitallisen aineen käyttäytyminen jätevedenpuhdistamolla, minkä perusteella saadaan ko. aineen vesistöpitoisuus purkupuutken suulla. EUSES-malli pystyy myös tuottamaan syötettyjen toksisuustietojen perusteella tarkasteltavien kemikaalien haitattomat pitoisuustasot (PNEC). Lisäksi se antaa yleistä käsitystä kemikaalien käyttäytymisestä, jota voidaan hyödyntää, kun tehdään asiantuntija-arvioita tai valitaan sopivia jatkomalleja ympäristöseurauksia arvioitiin.</p> <p>*VTT:n, TUKES:in ja SYKE:n yhteishanke 'Ympäristöriskien hallinnan tehostaminen - riskianalyysit'. Projektin päätulokset on julkaistu Suomen ympäristö-sarjassa (2/2006).</p>			
<i>Asiasanat</i>	riskinarviointi, häiriöpäästöt, teollisuus			
<i>Rahoittaja/ toimeksiantaja</i>				
	ISBN (nid.)	ISBN 952-11-2257-9 (PDF)	ISSN (pain.)	ISSN 1796-1726 (verkkoj.)
	<i>Sivuja</i> 31	<i>Kieli</i> Suomi	<i>Luottamuksellisuus</i> Julkinen	<i>Hinta (sis.alv 8 %)</i>
<i>Julkaisun myynti/ jakaja</i>				
<i>Julkaisun kustantaja</i>	Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki			
<i>Painopaikka ja -aika</i>				

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finland miljöcentral (SYKE)			Datum Maj 2006
Författare	Sirkka Koskela, Jyri Seppälä, Marja-Riitta Hiltunen och Tuomas Mattila			
Publikationens titel	Kemikaalin häiriöpäästön ympäristöriskinarviointi EUSES-mallilla (Miljöriskanlys av kemikaliers tillfälliga utsläpp med EUSES modellen)			
Publikationsserie och nummer	Suomen ympäristökeskuksen raportteja 5 / 2006			
Publikationens tema				
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt				
Sammandrag	<p>Denna särrapport från YMPÄRI-projektet handlar om hur EUSES-modellen lämpar sig för riskanalys av tillfälliga kemikalieutsläpp från industri.</p> <p>EUSES (The European Union System for the Evaluation of Substances) är en riskanalysmetod utvecklad av Europeiska kommissionen, som utgjorde basen för ett dataprogram som Europas kemikaliemyndighet utvecklade och som finns fritt tillgängligt. Här presenteras i kort grunderna för EUSES transport- och exponeringsmodell samt dess användningsmöjligheter som verktyg vid miljöriskanalys av kemikaliers tillfälliga utsläpp. Användningen exemplifieras med ett teoretiskt fall. Avsikten var att uppskatta och jämföra vilken risk tre skadliga ämnen (släppta i vatten) orsakar i miljön. Uppgifter om kemikaliernas egenskaper och resultat av toxicitetstest utredes. Speciell uppmärksamhet lades vid tolkningen av modellens resultat.</p> <p>EUSES-modellen används främst för sk. relativ riskanalys av kemikalieutsläpp. Dvs. riskerna av utsläpp av två eller flera kemikalier jämförs med varandra och resultatet ger en uppfattning om kemikalieutsläppens inbördes miljörisk. Modellens styrka är möjligheten att uppskatta det skadliga ämnets beteende vid reningsverket, varifrån man får det ifrågasvarande ämnets halt i vattendraget vid utsläppsrörets mynning. EUSES-modellen kan också producera kemikaliernas riskfria halter (PNEC) utgående från inmatade toxicitetsdata. Därtill ger den en allmän uppfattning om kemikaliernas beteende som kan utnyttjas när man uppgör expertutlåtanden och bedömer lämpliga fortsatta modeller för bedömning av miljökonsekvenser.</p> <p>* Ett samprojekt mellan VTT, Säkerhetsteknikcentralen och Finlands miljöcentral kallat 'Hur kontrollen av miljörisker kan effektiveras - riskanalyserna'. Projektets huvudresultat har publicerats i serien Finlands miljö (Suomen ympäristö 2/2006).</p>			
Nyckelord	riskbedömning, tillfälliga utsläpp, industri			
Finansiär/ uppdragsgivare				
	ISBN (hft.)	ISBN 952-11-2257-9 (PDF)	ISSN (print)	ISSN 1796-1726 (online)
	Sidantal 31	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %)
Beställningar/ distribution				
Förläggare	Finlands miljöcentral, PB 140, 00251 Helsingfors, Finland			
Tryckeri/tryckningsort och -år				

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute (SYKE)			<i>Date</i> May 2006
<i>Author(s)</i>	Sirkka Koskela, Jyri Seppälä, Marja-Riitta Hiltunen and Tuomas Mattila			
<i>Title of publication</i>	Kemikaalin häiriöpäästön ympäristöriskinarviointi EUSES-mallilla (Environmental risk assessment of accidental emissions of chemicals using the EUSES model)			
<i>Publication series and number</i>	Suomen ympäristökeskuksen raportteja 5 / 2006			
<i>Theme of publication</i>				
<i>Parts of publication/ other project publications</i>				
<i>Abstract</i>	<p>This separate report of the YMPÄRI project* deals with applicability of the EUSES model for the risk assessment of accidental chemical emissions in the industrial sector.</p> <p>EUSES (The European Union System for the Evaluation of Substances) is a risk assessment method developed by the European Commission. Based on the method, the European Chemicals Bureau has designed a freely available PC-program. In this report, principals of the EUSES - fate and exposure model and its feasibility as a tool for an environmental risk assessment of accidental emissions of chemicals are shortly introduced. The use of the tool is demonstrated with a theoretical example. The aim was to assess and compare environmental risks of three toxic substances (accidental re-leases into water system). In the task, properties of the chemicals and toxicological data were investigated. Particular attention was paid to the interpretation of results given by the model.</p> <p>The main use of the EUSES model is in the so called relative risk assessment of chemical releases, that is risks of two or more chemical releases are compared to each other, and as a result a comprehension of their mutual hazardous to the environment is obtained. The advantage of the model is that it enables to assess the fate of a chemical in a waste water treatment plant, and thus the concentration of the substance near the sewage outlet in the water system can be defined. The EUSES model can also produce the Potential No-Effect Concentrations (PNECs) of the chemicals on the basis of toxicological data. Additionally, it provides general view of the behavior of chemicals, which can be further utilized in expert justifications and in the selection of extended models in order to assess the environmental effects.</p> <p>The joint project of VTT, TUKES and SYKE. The main results are published in the Finnish Environment series (2/2006).</p>			
<i>Keywords</i>	risk assessment, accidental emissions, industry			
<i>Financier/ commissioner</i>				
	ISBN (pbk.)	ISBN 952-11-2257-9 (PDF)	ISSN (print)	ISSN 1796-1726 (online)
	<i>No. of pages</i> 31	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i>
<i>For sale at/ distributor</i>				
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute, P.O.Box 140, FIN-00251 Helsinki, Finland			
<i>Printing place and year</i>				



ISBN 952-11-2257-9 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkkokj.)