

Suomessa tuotetuista komposteista merkittävä osa käytetään viherrakentamiseen, ja maahan sekoitettavien määrät ovat suuria verrattuna maatalouskäyttöön. Lannoitevalmisteiden laatua ja ympäristövaikutuksia selvitettiin BIOLIETE-hankkeessa.

OUTI PRIHA JA ANU KAPANEN, VTT,  
LIISA MAUNUKSELA, EVIRA

**V**TT:n ja Eviran toteuttamassa *Biotestien kehittäminen lannoitevalmisteiden valvontaan; lietteiden hyötykäytön edistäminen (BIOLIETE)*-hankkeessa tutkittiin kompostoiduista lietteistä valmistettujen orgaanisten lannoitevalmisteiden laatua ja ympäristövaikutuksia viherrakentamisessa ja maisemoinnissa. Hanketta rahoittivat maa- ja metsätalousministeriö sekä osallistuneet yritykset.

Hankkeessa selvitettiin orgaanisten haitta-aineiden pitoisuuksia viherrakentamiseen käytettävissä kompostoiduissa lietteissä ja tutkittiin biotestien käyttöä niiden vaikutusten määrittämisessä.

#### LAINSÄÄDÄNTÖ SÄÄTELEE

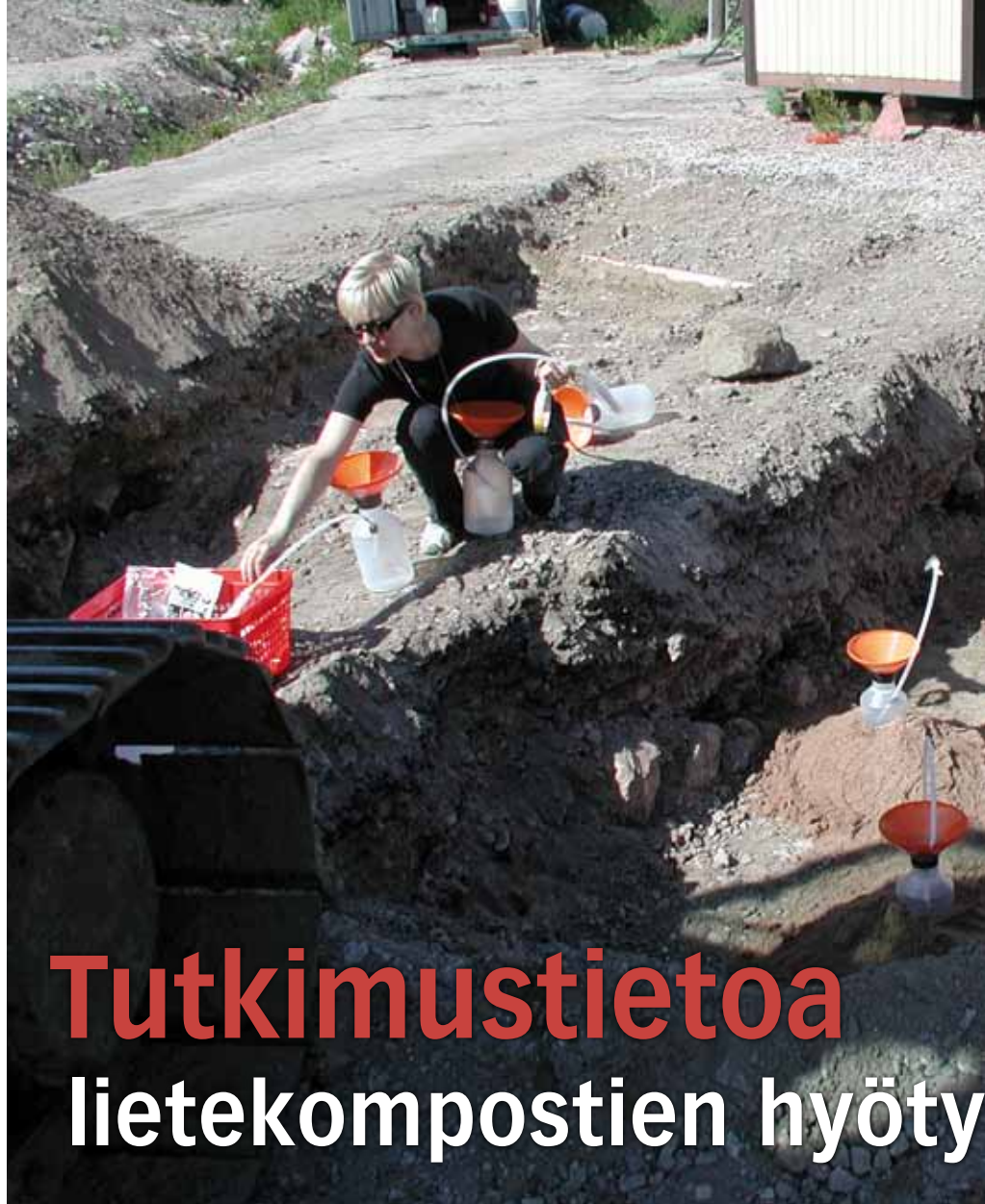
Viherrakentamiseen käytetyt kasvualustat koostuvat yleensä kivennäismaasta johon on sekoitettu eloperäistä materiaalia, joka voi olla esimerkiksi kompostoitua puhdistamolietettä, mädätettyä lietettä tai erilliskerättyä kompostoitua biojätettä. Alkuperästään riippuen lietteet sisältävät eri määriä orgaanisia haitta-aineita, joiden leviäminen ympäristöön on mahdollinen riski.

Suomessa lannoitevalmistelaki (539/2006) säätelee maanparannusaineiden ja kasvualustojen hyödyntämistä viherrakentamisessa ja maisemoinnissa. Sen mukaan maanparannusaineet ja kasvualustat eivät saa sisältää ympäristölle tai ihmiselle haitallisia aineita siinä määrin, että niiden käytöstä aiheutuisi vaaraa. Myös lannoitevalmisteiden raaka-aineiden tulee olla turvallisia.

EU:n jätevesilietedirektiivin uudistaminen on ollut käynnissä jo vuosien ajan (*Working document on sludge, 3rd draft*). Tällä hetkellä on vielä epäselvää, missä muodossa uusi direktiiviehdotus tulee voimaan ja yhdistelläänkö sitä mahdollisesti esimerkiksi biojätedirektiiviin.

Direktiiviluonnoksen mukaan sitä laajennetaan koskemaan lietteiden maatalouskäytön lisäksi myös viherrakentamista, maisemointia ja metsäkäyttöä.

Luonnoksessa annetaan raja-arvot adsorboituville orgaanisille halogeeniyhdisteille (AOX), lineaarisille alkyylibentseenisulfaateille (LAS), nonyyli-fenoleille ja nonyyli-fenolietoksy-laateille (NP+NPE), di(2-etyyli)heksyyli-faalaateille (DEHP), polyaromaattisille



# Tutkimustietoa lietekompostien hyöty

hiilivedyille (PAH), polyklooratuille bifenyyleille (PCB) sekä polyklooratuille dibentso-p-dioksiineille ja polyklooratuille dibentsofuraaneille (PCDD/F). Raskasmetalleille ja taudinaiheuttajamikrobeille on jo olemassa raja-arvot, jotka lannoitevalmisteiden tulee alittaa.

#### ORGAANISTEN HAITTA-AINEIDEN PITOISUUDET PÄÄOSIN PIENIÄ

BIOLIETE-projektissa määritettiin jätevesilietedirektiiviluonnoksessa mainittujen orgaanisten haitta-aineiden sekä organotinayhdisteiden pitoisuudet kolmesta eri kasvialustasta ja niiden raaka-aineista.

Kahden kasvialustan raaka-aineena oli kompostoitu yhdyskuntajätevesiliete ja kolmannen kasvialustan raaka-aineina käytettiin sekä kompostoitua kuitulietettä että broilerinlantakompostia.

Kaikkia mitattuja orgaanisia haitta-aineita PCDD/F:ää lukuun ottamatta löytyi tutkituista näytteistä, kuten oheinen taulukko osoittaa. Pitoisuudet olivat kuitenkin pieniä ja alittivat eri Euroopan maissa komposteille, pilaantuneelle maalle ja lietteille asetetut raja-arvot. Vain yhdessä jätevesilietekompostissa mitatut PAH- ja PCB- pitoisuudet olivat lähellä raja-

arvoja. Kasvialustoissa pitoisuudet olivat pienempiä kuin komposteissa. Tässä hankkeessa ei määritetty kasvialustojen raskasmetallien pitoisuuksia, jotka ovat suomalaisissa lannoitevalmisteissa pääsääntöisesti olleet alle asetettujen raja-arvojen.

#### PALONESTOAINET UUTENA UHKANA

Palonestoaineita käytetään yleisesti muun muassa huonekaluissa, tekstiileissä, elektronisissa laitteissa, muoveissa ja kumeissa. Niiden vaikutuksia ei tunneta hyvin, eikä niille ole asetettu raja-arvoja. Näytteistä määritettiin Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa bromattujen palonestoaineiden (polybromatut difenyylietteerit, PBDE) pitoisuudet. PBDE-yhdisteitä on 209 johdosta, joista kaikilla on erilaiset kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet.

Kompostoiduissa yhdyskuntajätevesilieteteissä ja niistä valmistetuissa kasvialustoissa PBDE-yhdisteiden pitoisuudet olivat varsin korkeita verrattuna maaperästä muissa tutkimuksissa mitattuihin pitoisuuksiin.

Suomessa Helsingistä on mitattu pitoisuuksia 0,15–1,84 µg/kg ka (kuiva-ainetta) maata (Fraktman 2/2002, Hgin ympäristökeskuksen



Orgaanisten haitta-aineiden ja ravinteiden huuhtoutumista pohjaveteen tutkittiin kenttäkokeella lysimetrien avulla.

# käytöstä

VTT

julkaisuja) ja Ruotsissa 0,03–1,9 µg/kg ka maata (Sellström ym. 2005, Environ. Sci. Technol. 39:9064), mutta mitatut kongeneerit eivät olleet täsmälleen samat missään tutkimuksessa.

BIOLIETE-projektin näytteistä yksittäistä palonestoaineista korkeimpia pitoisuuksia löytyi BDE-209:ää, jota oli keskimäärin 87 prosenttia kaikista mitatuista PBDE-yhdisteistä.

## BIOTESTIT TYÖKALUNA

Ympäristövaikutusten arviointi pelkästään kemiallisen analytiikan pohjalta on vaikeaa, koska kaikkien lannoitevalmisteiden sisältämien orgaanisten haitta-aineiden analysointi kemiallisesti on mahdotonta.

Riskejä ympäristölle voidaan arvioida myös biotesteillä, joilla mitataan haitallisten yhdisteiden yhteisvaikutusta. BIOLIETE-projektissa testiorganismeina käytettiin *Vibrio fischeri* -bakteeria, *Saccharomyces cerevisiae* -hiivaa (kaupallinen genotoksisuustesti), maaperäeläintä (*Enchytraeus albidus*) sekä krassia.

Valobakteeritesti tunnisti eniten haitta-aineita sisältävän kompostin ja siitä valmistetun kasvualustan akuutisti myrkyllisiksi. Myös maaperäeläintesti osoitti kyseisen kasvualustan myrkylliseksi. Kasvitestin tulokset riippuivat valituista testiolosuhteista, ja kaupallisen genotoksisuustestin tulokset olivat vaihtelevia.

Soveltuvan testin valinta kuhunkin tarkoitukseen ja kullekin näytetyypille onkin tärkeä vaihe myrkyllisyystestauksen onnistumisen kannalta.

Kasvialustojen käyttöönoton suhteen on tärkeää arvioida niiden sisältämien orgaanisten haitta-aineiden merkitystä.

Ihmisten kannalta riskeinä ovat haitta-aineiden huuhtoutuminen juomaveteen sekä niiden kulkeutuminen kasvin syötäviin osiin tai kotieläimiin ja sitä kautta ihmisiin.

BIOLIETE-projektissa tehtiin kenttäkoe kompostoitua jätevesilietettä sisältävällä kasvialustalla 2:lla. Kenttäkokeessa ei havaittu orgaanisten haitta-aineiden huuhtoutumista pohjaveteen. Monet orgaaniset haitta-aineet sitoutuvatkin orgaaniseen aineeseen niin lujaasti, että vain pieni osa niistä voi huuhtoutua. Toisaalta toisten yhdisteiden kuten pinta-aktiivisten aineiden sekä partikkeleiden läsnäolo voivat kiihdyttää huuhtoutumista.

Tämän tutkimuksen näytteissä orgaanisten haitta-aineiden pitoisuudet olivat niin alhaisia, ettei Euroopan maissa asetettuja raja-arvoja ylitetty minkään yhdisteen kohdalla.

Bromattujen palonestoaineiden pitoisuudet olivat korkeita maaperästä mitattuihin pitoisuuksiin verrattuna, mutta niiden vaikutukset ja kulkeutumisreitit tunnetaan huonosti, eikä niille toistaiseksi ole asetettu raja-arvoja. Luotettavan riskinarvioinnin tekeminen haitta-aineiden vaikutuksista maaperässä on haastavaa, sillä vaikka mitattavat pitoisuudet eivät olisi testiorganismeille akuutisti haitallisia, pitkäaikaisvaikutuksia ja yhdisteiden yhteisvaikutusta on vaikea ennustaa. Tässä tutkimuksessa eniten haitta-aineita sisältävät näytteet todettiin kuitenkin myös biotesteillä akuutisti myrkyllisiksi. Kasvialustojen ympäristövaikutuksia arvioitaessa on otettava huomioon myös mahdollisten taudinaiheuttajamikrobien läsnäolo sekä epäorgaanisten haitta-aineiden kuten raskasmetallien pitoisuudet, joita ei tässä tutkimuksessa määritetty.

## Orgaanisten haitta-aineiden pitoisuudet kasvialustoissa ja komposteissa.

	AOX, mg/kg ka	LAS, mg/kg ka	DEHP, mg/kg ka	NPE+NP mg/kg ka	EPA- PAH-16, mg/kg ka	PCB-7 mg/kg ka	PCDD/F ng I-TEQ/ kg ka	Organo- tinayhd., µg/kg ka	12 PBDE summa, µg/kg ka
<b>Kasvialustat</b>									
1 (raaka-aine: komposti 1)	43	<50	3,2	3,2	0,7	0,01	nd	230	79
2 (raaka-aine: komposti 2)	32	<50	0,2	<0,2	1,3	<0,01	nd	21	27
3 (raaka-aine: kompostit 3a ja b)	106	<50	<0,1	<0,2	0,1	<0,01	nd	15	0,9
<b>Kompostit</b>									
1 (yhdyksuntajäte- vesiliete)	210	190	21	6	3,6	0,08	<8,9	628	548
2 (yhdyksuntajäte- vesiliete)	75	<50	1,2	<0,2	0,4	0,01	<7,6	59	306
3a (kuituliete)	79	<50	0,3	<0,2	0,2	<0,01	<8,1	21	0,5
3b (broleirinlanta)	104	nd	<2,6	nd	<0,48	nd	nd	<1	nd

ka = kuiva-aine, nd = ei määritetty, I-TEQ = International Toxic Equivalency Concentration