

VARPU NURMI

**M**aapallon fosfaattivarat ovat poistumassa ruoantuotannon kierrosta ja muuttumassa vaikeammin hyödynnettävään muotoon. Lannoitukseen käytettävät fosfaattimineraalivarat ovat nopeasti ehtymässä, mutta toisaalta rehevöityminen jatkuu pelloilta vesistöihin valuvan fosforin vaikutuksesta.

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla syntyvä liete muodostaa jätevirran, jonka sisältämät ravinteet ja orgaaninen aines voisivat viljelymaille kierrätettyinä korvata mineraalilannoitteita ja parantaa maan rakennetta.

Maanviljelyksessä käytettävä osuus liettestä on kuitenkin alle 5 prosenttia. Suurin osa menee viherrakentamiseen ja kaatopaikkojen maisemointiin. Luonnonvarojen kestävä käytön edistämiseksi on kehitettävä ja otettava käyttöön menetelmiä, joilla puhdistamoliete saadaan käsiteltyä hygieenisesti turvalliseksi ja muutenkin nykyistä paremmin maanviljelykseen soveltuvaksi.

#### JÄTEHIERARKIA OHJAA PUHDISTAMOLIETTEIDEN HYÖTYKÄYTTÖÄ

Tulevien sukupolvien elinmahdollisuuksien parantamiseksi on pyrittävä syklisen materi-



Nykyisin Ekokemillä työskentelevä Varpu Nurmi tutki diplomityössään puhdistamolietteiden termistä kuivausta.

Virpi Suikki

## Puhdistamolietteet hyö

Miten käsitellä puhdistamolietteet hyötykäyttöön sopiviksi? Terminen kuivaus helpottaa lietteen käyttöä maanviljelyksessä ja mahdollistaa energiahyödyntämisen.

aalivirtojen muodostamiseen käyttämällä uusiutuvia materiaaleja ja energianlähteitä sekä hyödyntämällä jätevirtojen tarjoamat resurssit tehokkaasti. Koska nykyisin yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla syntyvän lietteen määrään ei juuri voida vaikuttaa, jätehierarkia ohjaa hyödyntämään puhdistamolietteen sisältämät ravinteet ja orgaanisen aineen ensisijaisesti maanviljelyksessä.

Puhdistamolietteiden maanviljelykseen liittyy kuitenkin dilemma: toisaalta mineraalilannoitteiden käyttö ei ole kestävä, toisaalta lietteet voivat sisältää haitta-aineita ja siten saastuttaa peltoja.

Jätevedessä olevat raskasmetallit kerääntyvät lietteisiin samoin kuin useat orgaaniset haitta-aineet, jotka eivät hajoa aktiivilieteprosessissa tai jää puhdistettuun jäteveten. Myös osa jä-

tevedessä olevista taudinaiheuttajista selviytyy puhdistusprosessin läpi ja säilyy lietteessä infektointikykyisinä.

Lietteisiin liittyvän lainsäädännön tarkoituksena on sekä edistää lietteiden hyötykäyttöä että suojella ympäristöä ja terveyttä lietteen sisältämien haitallisten aineiden ja patogeenien aiheuttamilta riskeiltä.

Vaikka haitta-aineille määrätty raja-arvot alitettaisiin ja käsitellyn lietteen hygieenisuus varmistettaisiin, lietteen maanviljelykseen hankaloittaa kuitenkin se, että fosfori, joka jätevedenpuhdistusprosessissa kemiallisessa saostuksessa sitoutuu niukkaliukoisiin fosforisuoloihin, ei ole kasveille helposti käyttökelpoisessa muodossa. Lietteiden käsittely, kuten mädätys ja kompostointi, vaikuttaa taas lietteen typpipitoisuuteen niin, että lietteen typpifos-



Scanstockphoto

# tykäyttöön

forisuhde pienenee ja lannoitusvaikutus heikkenee edelleen.

Maanviljelyskäytön rajoitusten ja käytännön hankaluuksien vuoksi lietteen energiahyödyntäminen on muuttumassa erityisesti Keski-Euroopassa jatkuvasti sekä taloudellisesti että käytännöllisesti houkuttelevammaksi vaihtoehdoksi. Varsinkin suurilla puhdistamoilla lietteen poltto on ollut yleistä jo pitkään.

## LIETTEIDEN ENERGIAHYÖDYNTÄMINEN YLEISTYMÄSSÄ?

Puhdistamolietteen energiahyödyntäminen edellyttää, että liete poltetaan jätteenpolttoon soveltuvaan laitoksessa, jossa poltossa vapautuva energia otetaan talteen joko sähkö- tai lämpöenergian muodossa.

Määrän puhdistamolietteen poltosta ei kuitenkaan juurikaan saa otettua talteen energiaa, koska orgaanisen aineen palamisessa vapautuva lämpö kuluu lietteessä

Hyötykäytetyistä lietteistä vain viisi prosenttia menee nykyisin maanviljelyskäyttöön. Osuuden kasvattamiseksi tarvitaan uusia menetelmiä puhdistamolietteiden käsittelyyn.

olevan veden haihduttamiseen. Energiahyödyntäminen edellyttääkin lietteen lämpöarvon nostoa niin, että tukipolttoaineen tarve poistuu.

## TERMINEN KUIVAUS TUO VAIHTOEHTOJA

Lietteen termisellä kuivauksella tarkoitetaan menetelmiä, joissa vesi erotetaan lietteestä haihduttamalla lämmön avulla. Polttoa edeltävällä termisellä esikuivauksella lietteestä voidaan poistaa niin paljon vettä, että liete ylläpitää itse palamistaan. Termisellä kuivauksella puhdistamoliete voidaan myös käsitellä hygieeniseksi maanparannusaineena käytettäväksi tuotteeksi, jonka kuiva-ainepitoisuus on yli 90 prosenttia. Tässä kuiva-ainepitoisuudessa myös mädättämätön, termisesti kuivattu puhdistamoliete täyttää lainsäädännön hygienisointivaatimuksen.

Kuivaa lietettä on helppo käsitellä. Sitä voidaan varastoida pitkiä aikoja ja kuljettaa

märkää lietettä laajemmalle alueelle. Terminen kuivaus mahdollistaa puhdistamolietteen hyötykäytön jätehierarkian mukaisesti ensisijaisesti materiaalina.

Mikäli maanviljelyskäyttö ei kuitenkaan ole mahdollista esimerkiksi puhdistamolietteen haitta-aineiden suuren määrän, soveltuvan peltopinta-alan riittämättömyyden tai markkinoiden puuttumisen vuoksi, termisellä kuivauksella voidaan myös kasvattaa lietteen tehollista lämpöarvoa ja siten edesauttaa lietteen hyödyntämistä toissijaisesti energiana.

## SIDOTTU VESI HÖYRYSTYÄ KUIVAUKSESSA

Termisessä kuivauksessa lietteeseen sitoutunut vesi poistetaan höyryttämällä. Terminen kuivaus on ainoa menetelmä, jolla lietteestä voidaan erottaa sellainen sidottu vesi, jota ei voida poistaa mekaanisesti kemiallisen kunnostuksen jälkeenkään.

Kuivausprosessin aikana liete on joko suorassa kontaktissa lämmönsiirtoon käytetyn väliaineen (ilma) kanssa, tai kuivattavan lietteen ja väliaineen (höyry, öljy) erottaa toisistaan lämmönvaihtopinta. Lietepartikkeleihin muodostuu lämpötilagradientti, joka saa lietteessä olevan veden kulkeutumaan lietepartikkeleiden pinnalle diffuusion, kapillaarivirtauksen ja par-



Termisen kuivauksen avulla lietettä on aiempaa helpompaa varastoida ja kuljettaa. Terminen kuivaus voisikin kasvattaa lietteen suosiota maanviljelyskäytössä.

Scanstockphoto





Varpu Nurmi



Varpu Nurmi

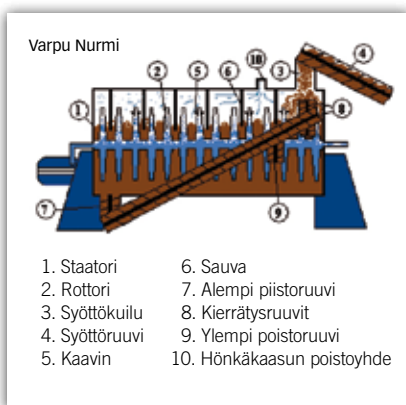
Mädättämätöntä lietettä ennen kuivausta.

Mädättämätöntä lietettä kuivauksen jälkeen.

## Ekokem tutki termistä kuivausta

■ Ekokem Oy Ab toteutti viime vuonna yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston Kemian ja biotekniikan laitoksen kanssa diplomityötutkimuksen puhdistamolietteidien termisestä kuivauksesta.

Hankkeessa tutkittiin yhdyskuntajätevedenpuhdistamoiden lietteiden käsittelyä pilot-mittakaavan epäsuoralla höyrykuivaimella.



Koeajoissa käytettiin pilot-mittakaavan epäsuoraa höyrykuivainta. Lieite kulkeutuu laitteen läpi onttojen kiekkojen sisälle johdetun höyryn kuivatessa sitä.

**Varpu Nurmen** toteuttamassa diplomityössä keskityttiin erityisesti maanparannuskäyttöön ja polttoon vaikuttavien parametrien ja ainepitoisuuksien analysointiin. Lisäksi hankkeen aikana tutkittiin lietteen poltossa syntyviä tuhkia sekä näiden lan-

noitehyötykäyttöpotentiaalia.

Diplomityön tulosten perusteella voidaan todeta, että termisesti yli 90 prosentin kuiva-ainepitoisuuteen kuivatut puhdistamolietteet täyttävät hygieenisuus- ja muut vaatimukset, jotka lannoitevalmisteasetus (MMMa 12/07) asettaa maanparannusaineelle tyypinimeltään kuivarae tai jauhe.

Tutkituissa lietteissä ei todettu salmonellaa 25 grammassa näytettä, ja *Escherichia coli*n määrä oli kaikissa näytteissä pienempi kuin 10 pmy/g. Kuivattujen lietteiden raskasmetallipitoisuudet eivät ylittäneet asetuksen liitteen IV raja-arvoja.

Puhdistamolietteen poltossa syntyvän tuhkan käyttö suoraan epäorgaanisena lannoitteena ei ole tällä hetkellä sallittua lietteen jäteluonteen vuoksi. Koetulosten perusteella tuhkan lannoitekäytön sallimisen saattaisivatkin estää nykyisin sallittujen tuhkien pitoisuusrajoihin nähden liian suuret raskasmetallien, lähinnä kadmiumin, pitoisuudet.

Vaikka kadmiumin määrä tuhkassa on sama kuin lietteessä, pitoisuus on tuhkassa suurempi orgaanisen aineen puuttumisen vuoksi. Lannoittavan fosforin määräänkään suhteutettuna kadmiumin määrä ei poltossa muutu.

### TULEVAISUUS NÄYTTÄÄ

Tulokset osoittavat, että lietteiden tehollista lämpöarvoa saataisiin esikuivaamalla nostettua niin, että lieite ylläpitää poltossa itse palamistaan.

Esikuivauksessa lietteen kuiva-ainepitoisuuden ylärajan määrittelee pitoisuus, jolla lieite muuttuu tahmaiseen ja tarttuvaan olomuotoon. Mädättämättömästä aktiivilieteprosessin ylijäämälietteestä hajoaa termisessä kuivauksessa orgaanista ainetta, mikä hieman laskee kuiva-aineen tehollista lämpöarvoa. Orgaanisen aineen siirtyminen lietteestä haihtuvaan veteen myös kasvattaa kuivauksessa syntyvän rejektiveden kuormitusta.

Rejektivesien käsittelyvaatimusten lisäksi termisen kuivauksen rajoitukseksi muodostuu käytännössä prosessin energiataloudellisuus. Kuivaus kuluttaa huomattavan määrän matalapainehöyryä, ja vaikka rejektivesien lauhdutuksesta voidaankin ottaa suuri osa lämpöenergiasta talteen, prosessissa syntyy myös häviöitä.

Lannoitevalmisteasetuksen muutoksen myötä myös hygienisoitua lietettä sisältävä mädätysjäännös käy sellaisenaan tai mekaanisesti kuivattuna maanparannusaineeksi, joten terminen kuivaus ei ole maanviljelyskäytön kannalta välttämätöntä.

Termisen kuivauksen edut, muun muassa kuivatun lietteen varastoitavuus ja helpompi kuljetettavuus, voivat kuitenkin lisätä termisen kuivauksen suosiota, mikäli lietteen maanviljelyskäyttö tavoitteiden mukaisesti lisääntyy.

Mikäli maanviljelyskäyttö sen sijaan vaikeutuu esimerkiksi EU-lainsäädännön kiristymisen vuoksi, termisellä esikuivauksella lietteen lämpöarvoa voitaisiin nostaa niin, että tukipolttoaineen tarve poltossa poistuisi.

# Lainsäädäntö ohjaa hyötykäyttöön

■ Lietteiden käsittelyyn, hyödyntämiseen ja loppusijoitukseen vaikuttavia säädöksiä on Suomessa ympäristönsuojelu, jäte, lannoite ja vesihuoltolainsäädännössä.

Ympäristönsuojelulaki (86/2000) luo yleiset periaatteet lietteiden käsittelylle ja jäte- ja jätela- ktiin (1072/1993) on kirjattu jätehierarkian periaate.

Valtioneuvoston päätöksellä puhdistamolietteiden käytöstä maanviljelyksessä (282/1994) pyritään edistämään lietteen asianmukaista käyttöä maanviljelyksessä.

## LANNOITEVALMISTEASETUS KESKEINEN SÄÄDÖS

Lannoitevalmistelaki (539/2006) ja asetus (MMM 12/07) ovat käytännössä syrjäyttäneet puhdistamolietepäätöksen. Nykyisin esimerkiksi viljelijätukien saamisen ehtona on, että maanviljelyksessä käytettävä puh-

distamoliete on käsitelty lannoitevalmistelainsäädännön vaatimusten mukaisesti.

Lainsäädännön tavoitteena on edistää hyvälaatuisten, turvallisten ja kasvintuotantoon sopivien lannoitevalmisteiden tarjontaa ja sellaisiksi soveltuvien sivutuotteiden hyötykäyttöä. Periaatteena on, että markkinoille saa saattaa ainoastaan sellaisia lannoitevalmisteita, jotka täyttävät jonkin lannoitevalmisteasetuksen liitteen I luetteloon kuuluvan tyyppinimen vaatimukset.

Tyyppinimikohtaisesti säädetään muun muassa valmistusmenetelmästä, käyttö- ja joituksesta, ravinteiden vähimmäispitoisuuksista ja tuoteselosteesta ilmoitettavista tiedoista. Lisäksi kaikkien lannoitevalmisteiden tulee alittaa asetetut haitallisten aineiden, taudinaiheuttajien ja muiden mikro-organismien sekä epäpuhtauksien enimmäispitoisuuksien raja-arvot.

Lannoitevalmisteasetuksen ja sen muu-

tosten mukaan hyväksytyjä käsittelymenetelmiä ovat muun muassa kompostointi, termofiilinen mädätys, mesofiilinen mädätys yhdistettynä hygienisointiin tai jälkikompostointiin, terminen kuivaus, kemiallinen hydrolyysi sekä lahotus.

Jätevedenpuhdistamolietteitä mädättävän laitoksen hajukaasujen pesunesteistä voidaan valmistaa kemiallisesti typpilannoitetta, sen sijaan rejektivesi-niminen lannoitevalmiste ei saa sisältää yhdyskuntajätevesilietettä mädättävän laitoksen rejektivesiä.

Lannoitevalmisteasetuksessa rajoitetaan liukoisen fosforin enimmäislevitysmääriä, ja lisäksi on noudatettava Valtioneuvoston asetusta (931/2000) maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta. Maatalouden ympäristötuen ehdoissa on myös rajoituksia ravinteiden enimmäislevitysmäärille.

tikkeleiden kutistumisesta aiheutuvien voimien avulla.

Vesi haihtuu lietepartikkeleiden kuumentuneelta ulkopinnalta. Lietteiden kuivumisnopeus riippuu sekä aineensiirron nopeudesta lietepartikkeleiden sisällä että veden haihtumisnopeuden vaikuttavista ulkoisista olosuhteista kuten

lämpötilasta, kosteudesta, lietteen ohi kulkevan kaasun nopeudesta, sekoituksesta sekä lietepartikkeleiden muodosta ja pinta-alasta.

Terminen kuivaus on pitkään tunnettu puhdistamolietteen käsittelymenetelmä, mutta sen yleistymistä ovat rajoittaneet energiankulutus ja käyttökustannukset.

Kirjoittaja Varpu Nurmi valmistui maaliskuussa Tampereen teknillisen yliopiston Ympäristö ja energiatekniikan koulutusohjelmasta. Tällä hetkellä hän työskentelee tutkimusinsinööriä Ekokemin T&K-ryhmässä.



St1:n etanolipolttoainetta myydään jo seitsemällä pääkaupunkiseudun jakeluasemalla.

VTT:n tulosten mukaan korkeaseosteinen alkoholipolttoaine saadaan toimimaan hyvin myös matalissa lämpötiloissa.

LAURI LEHTINEN

## Polttoaine-etanolin kylmäkäynnistyvyys hyvälle tasolle

**B**ensiini on hyvin laaja hiilivetyjen seos, jolloin sen kevyimpien ainesosien höyrynpaine riittää kaasuntumiseen ja polttoaineen leimahtamiseen hyvinkin kylmissä olosuhteissa. Puhdas etanoli on tässä suhteessa huono, sillä sen höyrynpaine riittää vain +20 asteeseen saakka.

VTT:n tulosten mukaan korkeaseosteinen alkoholinpoltoaine saadaan toimimaan hyvin myös matalissa lämpötiloissa optimoimalla etanolin lisänä käytettävät polttonesteen seoskomponentit. Tavallisissa bensiinissä on liuenneena muiden muassa nestekaasua, joka toimii mainiosti kylmässä.

Tutkimus on osa TransEco-ohjelmassa toteutettavaa polttoainehanketta, eikä vastaavaa etanolipolttoaineen optimointia arktisiin oloihin ole tehty muualla.

St1:n vuosi sitten markkinoille tuoma Refuel RE85 sisältää vuodenajasta riippuen jopa 85 prosenttia yhtiön biojätteistä valmistamaa etanolia, joka takaa polttoaineelle erittäin alhaiset fossiiliset hiilidioksidipäästöt.

Tämä polttoaine sopii flexifuel-automalleihin, ja sitä myydään tällä hetkellä jo seitsemällä pääkaupunkiseudun St1-jakeluasemalla. Refuel

RE85:n jakeluverkosto laajentuu ensi vuonna kysynnän kasvun mukaan myös pääkaupunkiseudun ulkopuolelle. Jakelu- ja myyntiverkon pystytys on logistisesti melko raskas investointi.

VTT:n koordinoimassa TransEco-tutkimusohjelmassa kehitetään mm. kustannustehokkaita Suomeen sopivia polttoainevaihtoehtoja, joilla saadaan henkilöautojen polttoaineisiin jopa 20 prosentin biokomponenttiosuus vuoden 2020 ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Näin suuri etanolin määrä tuo haasteita nykyisille automootoreille.

Pohjoihin ilmasto-olosuhteisiin kehitetyn biopolttoaineen testitulokset vahvistavat, että se toimii hyvin myös matalissa lämpötiloissa. Tulosten varmentaminen alan huippuosaajien kanssa antaa hankkeelle merkittävää näyttöä myös kansainvälisesti, sillä näin laajoja etanolitestejä ei maailmallakaan ole tehty. Tutkimuksen tuloksia hyödynnetään myös eurooppalaisten standardien valmistelusta vastaavassa CENissä (European Committee for Standardization), joka parhailaan hioo määrittelyään bioalkoholia sisältäville moottoripolttoaineille.