

Rikkihappo on tehokas aine lietelannan pH:n alentamiseen, mutta sen käsittely vaatii huolellisuutta ja asianmukaista suojavarustusta. Rikkihapon korvaaminen biomassojen pyrolyysissä muodostuvalla, heikkoja orgaanisia happoja sisältävällä pyrolyysinesteellä on laboratoriomittakaavassa lupaavaksi todettu vaihtoehto parantaa happokäsittelyn työturvallisuutta ja ekologisuutta, ja mahdollisesti myös pienentää kustannuksia. Tämä toisi kaivatun käyttökohteen nestejakeelle, ja lisäksi siten pyrolyysiprosessin kannattavuutta.

Kotieläinten lietelanta ja biokaasulaitosten mädätteet aiheuttavat ammoniakkipäästöjä eli typen karkaamista ilmaan varastoinnissa ja levitettäessä pellon pintaan. Lämmin, aurinkoinen ja tuulinen sää lisää ammoniakkin haihtumista. Varastoinnin ja levityksen yhteydessä voidaan menettää jopa yli puolet lietteen typestä, mikä heikentää tuotteiden lannoitearvoa merkittävästi. Ilmakehään karannut ammoniakki on haitallista ihmisten ja eläinten terveydelle, ja aiheuttaa ympäristössä happamoitumista ja rehevöitymistä.

- Teksti: Sari Peltonen, Marleena Hagner, Mari Rätty, Riikka Keskinen
- Kuvat: Mari Rätty, Riikka Keskinen

Lietteiden happokäsittely vähentää ammoniakkipäästöjä



Suomen vuotuisista ammoniakkipäästöistä noin 90 prosenttia on peräisin maataloudesta: lannasta sekä orgaanisista ja epäorgaanisista typpilannoitteista. Tehokkaimmat toimenpiteet maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentämiseksi liittyvät lannan varastointiin ja levitykseen. Lannan ammoniakkipääs-

töistä muodostuu eläinsuojissa 44 prosenttia, peltolevityksessä 29, varastoinnissa 19 sekä laidunnuksessa ja jaloittelualueilla 8 prosenttia. Lisäksi päästöihin on mahdollista vaikuttaa eläinten ruokinnan kautta, mutta se on huomattavasti haasteellisempaa.

Happokäsittelyllä ammoniakkipäästöt alas

Hapon sekoittaminen lietteen joukkoon vähentää tehokkaasti lietteiden ammoniakkipäästöjä. Arviolta 90 prosenttia ammoniakkipäästöistä syntyy ensimmäi-

sen vuorokauden eli 12–24 tunnin kuluttua levityksestä, suurin osa jopa ensimmäisen parin tunnin aikana. Kun lietteiden pH:ta alennetaan alle kuuteen, siinä oleva typpi pysyy kasveille käytökelpoisessa ammonium-muodossa eikä muutu ilmaan haihtuvaksi ammoniakiksi.

Ammoniumtyyppiä on aiemmissa kotimaisissa tutkimuksissa arvioitu haihtuvan ammoniakina karkeasti kolmasosa lannan sisältämästä liukoisesta tyypestä levityksen jälkeisinä kahtena päivänä.

Luonnonvarakeskuksen Pysti-hankeessa levitettiin käsittelemättömää naudan lietelantaa nurmen toiselle sadolle. Mitattu ammoniakkin haihtuminen oli keskimäärin 3,4 kg typpiä (N) hehtaarilta tunnissa ensimmäisen vuorokauden mittausjaksojen aikana. Vuorokauden jälkeen ammoniakkia haihtui 1 kg N/ha/h, ja kahden vuorokauden jälkeen 0,3 kg N/ha/h. Yhteensä ammoniakkia vapautui käsittelemättömästä lietteestä levityksen jälkeen arviolta 34 kg N/ha, joka vastasi 55 prosenttia lannan liukoisen tyypen määrästä. Happokäsittelyllä lietteillä ammoniakkin haihtuminen jäi keskimäärin alle 0,09 kg

N/ha/h, mikä vastasi vain noin kolmea prosenttia lannan liukoisesta tyypestä.

Luonnonvarakeskuksen LantaLogistiikka-hankkeen järjestämissä kokeissa nurmella vuosina 2017–2018 happokäsittely vähensi lietteen pintalevityksen jälkeistä ammoniakkin haihtumisnopeutta mittausjaksojen aikana yli 90 prosenttia käsittelemättömään lietteeseen verrattuna. Sijoituslevitys taas vuodesta ja olosuhteista riippuen vähintään puolitti tai vähensi 80 prosenttia ammoniakkin haihtumisnopeutta käsittelemättömään, pintalevitettyyn lietteen päästöihin verrattuna.

Tanskassa lietteen pintalevityksen ehtona lainsäädännössä on, että liete on happokäsittely. Siellä sijoituslevitys ei ole niin yleistä, ja kapeamman työlevyden takia se on myös työn tehokkuudeltaan heikompi.



Pyrolyysinesteen lisäys lietteeseen aiheuttaa voimakasta vaahtoaamista, samaan tapaan kuin rikkihappokin, mikä on huomioitava happojen käytössä lietesäiliöissä tai -konteissa.

Pyrolyysinesteet rikkihapon korvaajina?

Happokäsittelyyn on käytettävissä voimakkuudeltaan erilaisia happoja, joista rikkihappo on

vahvin ja tehokkain. Sen käsittely vaatii kuitenkin tarkkuutta ja tehokasta suojautumista, ja on työturvallisuusvaatimusten takia käytännössä ammattilaisten työtä.

| Eri kasvimateriaalista tuotettujen pyrolyysinesteiden ja rikkihapon (H ₂ SO ₄) käyttömäärät (l/t) pH 5,5 saavuttamiseksi | | | | | | | |
|---|--------------------------------|------------|--------------|-------|-------|-----------|------|
| | H ₂ SO ₄ | Koivutisle | Männyn kuori | Haapa | Oilki | Säilörehu | Paju |
| Naudan liete, Jokioinen | 3,2 | 65 | 145 | 44 | 80 | 126 | 49 |
| Naudan liete, Maaninka | 3,3 | 66 | 145 | 44 | 84 | 130 | 50 |
| Mädätysjäännös | 7,1 | 126 | 294 | 87 | 174 | 264 | 99 |
| Sian liete | 6,1 | 103 | 209 | 68 | 126 | 190 | 75 |

LÄHDE: PYSTI-HANKEET TUTKIMUKSET 2018–2020

Ammoniakkipäästöjen vähentäminen, päästökattodirektiivi ja ilmansuojeluohjelma

■ EU:n päästökattodirektiivi (2016/2284) velvoittaa jäsenmaita laatimaan kansallisen ilmansuojeluohjelman, joka sisältää päästövähennysvelvoitteiden toimeenpanemiseksi tarvittavat toimet ja muita ilmanlaadun parantamiseksi tarvittavia toimia. Suomen ilmansuojeluohjelma on valmistunut vuonna 2019 ja ulottuu vuoteen 2030.

Maataloudessa velvoitteet koskevat erityisesti ammoniakkipäästöjen vähentämistä. Velvoitteiden saavuttamiseksi on vuonna 2020 päivitetty toimintaohjelma maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentämiseksi Suomessa. Maatalouden päästöt ovat laskeneet 2000-luvulla tuotantoeläinten määrän vähenemisen ja käyttöön otettujen lannankäsittelyteknologioiden myötä. Eläinten

tuotosten noustessa eläintä kohti eritetyn tyypin määrä on kuitenkin noussut, mikä on hidastanut ammoniakkin kokonaispäästöjen vähenemistä. Maatalouden ammoniakkipäästöjen oletetaan vähenevän edelleen erityisesti eläinmäärien ennustetun vähenemisen myötä. Myös lannan käsittelyn teknisiä toimenpiteitä tulee edelleen kehittää ammoniakkipäästöjen rajoittamiseksi.

Suomen ympäristökeskuksen tekemien laskelmien mukaan päästökattodirektiivin asettamat päästövähennysvelvoitteet toteutuvat maatalouden ammoniakkiohjelman toimeenpanossa sovitulla toimilla. Silti toimia tarvitaan edelleen ylläpitämään saavutettu vähennystaso. Päästövähennysvelvoitteiden toteutumista seurataan vuosittain.

Myös nitraattiasetus säätelee maatalouden ammoniakkipäästöjä lannan varastoinnin ja levitysvaatimusten sekä typpilannoitteiden enimmäismäärien kautta. Ympäristöluvituksessa voidaan antaa nitraattiasetusta tiukempia määräyksiä muun muassa lannan levitystekniikoista, nopeammasta multauksesta ja lantaloiden kattamisesta. □

Lisätietoa:

- Suomen kansallinen ilmasto-ohjelma **Maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentäminen -viljelijäopas**
- Luonnonvarakeskuksen Lantalogistiikka-hankkeen **ammoniakkipäästöjen mittaus eri levitysmenetelmissä ja happokäsittelyssä**

Happokäsittelyn HYÖDYT

- Lietteiden käytettävyyksensä paranevat, jos lähtökohdat happokäsittelyyn ovat kunnossa ja olosuhteet ovat suotuisat. Happokäsittelystä on hyötyä sen aiheuttamista lisäkustannuksista huolimatta, sillä täydentävää typpilannoitusta voidaan tällöin vähentää. Rikkihapon lisäkustannus on noin 0,5–2 € lietetonna kohti, pyrolyysinesteillä vastaavaa kustannusarviota ei vielä ole.
- Myös rikkilannoitusta voidaan vähentää, jos happokäsittely on tehty rikkiha-

polla. Rikkiä saadaan happokäsittelyn seurauksena peltoon 34 kg/ha, kun käyttömäärä 2 l rikkihappoa/lietetonni ja levitetään 30 tn lietettä/ha.

- Happokäsittely yhdistettynä kevyempään ja suuremman työlevyeyden pinta-levityskalustoon voi tarjota vaihtoehdon sijoituslevitykselle, vähentää pohjaan tiivistymisriskiä, laajentaa levitysjankkoja sekä parantaa työn tehokkuutta.

Biohiilen valmistuksessa syntyvät pyrolyysinesteet ovat happamia, ja aiempien laboratoriomittakaavan kokeiden perusteella ne soveltuvat lietteiden happokäsittelyyn. Tämä toisi kaivatun käyttökohteen nestejakeelle, ja lisäisi siten pyrolyysiprosessin kannattavuutta.

Happokäsittelyssä käytetään pyrolyysiprosessissa syntyvän, kondensoituvan nestefraktion vesiliukoista osaa, josta tervajae on poistettu. Se sisältää veden (60–80 %) lisäksi satoja muita yhdisteitä. Suurin osa nesteen orgaanisesta fraktiosta on etikkahappoa (4–20 %). Muita yhdisteitä ovat muun muassa metanoli, hydroksiasetoni, muurahaishappo ja furfuraali. Pyrolyysinesteen vesiliukoisen osan PAH-pitoisuus on hyvin matala.

Pysti-hankkeessa saatujen tulosten mukaan pyrolyysinesteet vähensivät lietteiden ammoniakkipäästöjä pintalevityksessä rikkihapon veroisesti. Ne toisivat siten turvallisemman ja ekologisemman sekä mahdollisesti myös edullisemman vaihtoehdon happokäsittelyyn. Heikkoina happoina niiden käyttömäärät ovat huomattavasti rikkihappoa suurempia saavuttamaan tavoiteltu alle kuuden pH-taso.

Pyrolyysinesteen lisäys lietteeseen aiheuttaa voimakasta vaahoutumista, samaan tapaan kuin rikkihappokin, mikä on huomioitava happojen käytössä. Lietteen pH:n säätö onnistuu pyrolyysinesteellä helposti. Pyrolyysineste sekoitettuna lietteeseen muodostaa levityksen jälkeen vahvan kuorettoman lietteen

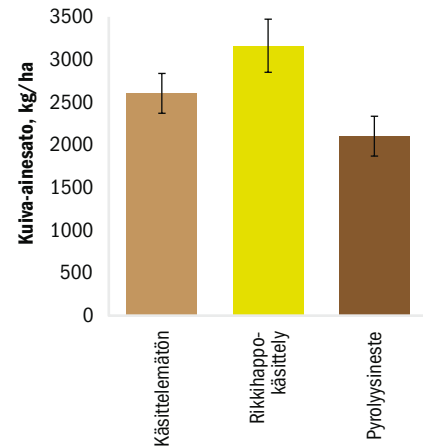
pinnalle, mikä saattaa myös hillitä ammoniakkin haihtumista.

Happokäsittelyllä muitakin hyötyjä

Happokäsittely lisää lietteiden typen hyödyntämistä ja parantaa kasvien typen hyväksikäyttöä, mutta hyöty vaihtelee vuodesta sekä kasvukauden olosuhteista ja maalajista riippuen. Typeä saadaan laskennallisesti talteen kasvien käyttöön 20–30 kg/ha enemmän happokäsittelyn seurauksena. Jos maassa on paljon kasveille käyttökelpoista typeä, ei happokäsittely liete tuota välttämättä sadonlisäystä, vaikka ammoniakkipäästöt vähenevätkin.

Pyrolyysineste ei Pysti-hankkeen tutkimuksessa tuottanut satovasteita ammoniakkipäästöjen vähentymisestä huolimatta.

Nurmen kuiva-ainesato erilaisilla lietteillä



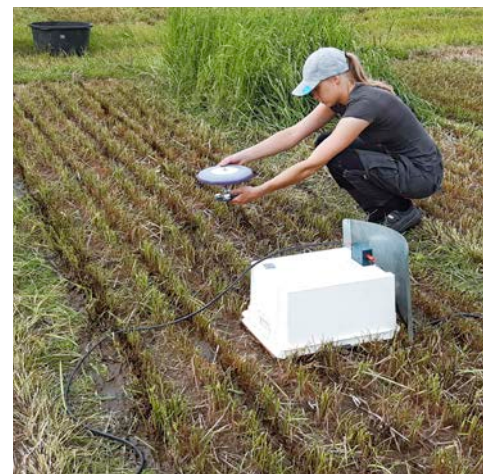
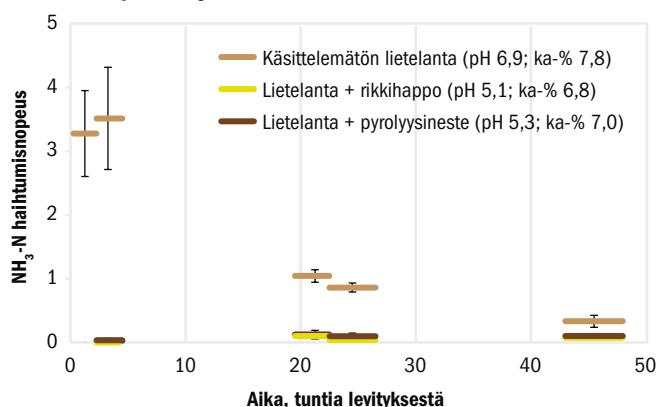
Pyrolyysinesteellä ei saatu runsaampaa nurmisatoa ammoniakkipäästöjen vähentymisestä huolimatta. Rikkihapolla käsitelty liete sen sijaan lisäsi nurmisatoa runsaat 500 kuiva-ainekiloa hehtaarilta käsittelemättömään lietteeseen verrattuna.

Verranteena ollut rikkihappo sen sijaan lisäsi nurmen kuiva-ainesatoa runsas 500 kiloa hehtaarilta käsittelemättömään lietteeseen verrattuna.

Pyrolyysineste saattaa haitata kasvien typen ottoa, sillä kokeissa havaittiin, että käsitellyn lietteen liukoisen typen käytökelpoisuus heikentyi rikkihapolla käsiteltyyn tai käsittelemättömään lietteeseen verrattuna. Käytökelpoisuuden heikkeneminen voi johtua lisääntyneestä mikrobiologisesta aktiivisuudesta.

Ammoniakkin haihtuminen ($\text{NH}_3\text{-N}$ kg/ha/h, keskiarvo \pm keskihajonta) mittauskerrojen aikana nurmen lietteen (45–49 t/ha) levityksen jälkeen. Käsittelemätön ja rikkihapolla (4,9 l/t) sekä pyrolyysinesteellä (83 l/t) käsitelty lietelevitys levitettiin nurmen toiselle sadolle eikä lietteen typeä täydennetty väkilannoitetyypellä. Ammoniakkin haihtumista mitattiin passiivisiin diffuusioerämiin perustuvalla JTI-mittausmenetelmällä lietteiden levityspäivänä ja kahtena seuraavana päivänä levityksen jälkeen.

Typen haihtuminen nurmen lietteen levityksen jälkeen



desta, mikä todettiin mikrobihengitysmittauksissa. Pyrolyysineste sisältää runsaasti erilaisia orgaanisia yhdisteitä, joita maan mikrobisto rupeaa hajottamaan aktiivisesti aiheuttaen mahdollisesti typen immobilisaatiota.

Pyrolyysinesteillä voi olla vaikutusta myös lannan metaanipäästöjen vähentämiseen varastossa. Vaikutus perustuu metaanintuottoon erikoistuneiden bakteerien haihtuvien rasvahappojen tuotannon häiriintymiseen.

Pyrolyysituotteet vähentävät lietteen ominaishajua ja muuttavat sitä enemmän tervamaiseksi. Pyrolyysinesteiden on havaittu myös karkottavan kärpäsiä.

Pyrolyysineste hajoaa nopeasti haitattomaksi

Pyrolyysinesteiden on todettu olevan täysin haitattomia maaperälle, kun käyttömäärät ovat olleet alle 2 000 litraa hehtaarille. Pyrolyysinesteen yhdisteet hajoavat maaperässä nopeasti: 10 vuorokaudessa hajoaa noin 76 prosenttia. Lantaan sekoitettuna happojae neutraloituu jo ennen maaperään päätymistä reagoi-
nessaan lannan kanssa.

Pyrolyysinesteillä ei ole todettu haitallisia vaikutuksia maan pieneliöstöön, mutta ne voivat vähentää lietteen mikrobiaktiivisuutta lyhytaikaisesti. Tämä vaikutus kuitenkin häviää levitettäessä käsitelty liete pelolle, koska maan mikrobisto pystyy pilkkomaan mahdolliset inhiboivat (estävät) yhdisteet muutamien päivien aikana.

Pyrolyysinesteillä voi olla ohimeneviä fytotoksisia (=kasville myrkyllinen) vaikutuksia. Fytotoksisuus havaittiin siementen itämisen estymisenä, kun ne kylvettiin välittömästi happokäsitellyn lietteen levittämisen jälkeen maahan. Haittavaikutukset lievenivät ja poistuivat kokonaan 1–2 viikon kuluessa.

Koska pyrolyysinesteet sisältävät erilaisia, mahdollisesti haitallisia, mutta maassa hajoavia ja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, suositellaan käsitellyn ja kasvuston hyödyntämisen välillä 1–2 viikon pituista varoaikaa.

Biohiili lietesäiliöiden katteena

■ Pyrolyysiprosessin kiinteän lopputuotteen, biohiilen, käyttö lietesäiliön kelluvana katteena on lupaava mahdollisuus estää lietteen varastoinnin aikaisia ammoniakkipäästöjä. Lannanlevityksen yhteydessä biohiili muokataan maahan, mikä edistää ravinteiden kierrätystä ja parantaa pellon kasvukuntoa sekä hiilen sidontaa. Vaihtoehtoisesti biohiili voidaan kerätä lietesäiliön pinnalta ja käyttää uudestaan katteena, jolloin kustannukset saadaan pienemmiksi.

Biohiili on laboratoriotutkimuksissa sekä alustavissa käytännön kokeiluissa osoittautunut voimakkaasti kelluvaksi. Luonnonvarakeskuksen Pysti-hankkeen tutkimuksissa 2018–2020 parhaiten kulluvat hiilet olivat peräisin männyn kuoresta, pajusta ja oljesta. Muut tutkitut biohiilet olivat säilörehusta, haavasta ja koivusta.

Samaisesta Pysti-hankkeesta verrattiin männyn kuoresta, pajusta ja oljesta valmistettujen hiilien tehoa Leca-soraan ja kattamattomaan verrattuna ammoniakkipäästöjen estämisessä lietteiden pinnasta. Kaikki tutkitut hiilet olivat Leca-soran veroisia katemateriaaleja. Typen hävikki katetuissa lietteissä oli 33 prosenttia lietteen alkuperäisestä typpisisällöstä, kun se kattamattomassa lietteessä oli 65 prosenttia. Hiilikate pystyi myös sitomaan itseensä osan kaasumaisesta typen hävikistä, jonka määrä vastasi 1–7 prosenttia lietteen alkuperäisestä typpisisällöstä.

Lainsäädäntö vielä kesken

Pyrolyysinesteen käyttöä liete-
lannan käsittelyssä säätelee ensisijaisesti REACH-asetus. Pyrolyysineste vaatii REACH-rekisteröinnin. Aine on esirekisteröity, mutta varsinainen REACH-asetuksen mukainen rekisteröinti on päärekisteröijän puuttessa edelleen tekemättä. Suurin haaste sekä rekisteröinnin että nesteiden käytön kannalta on pyrolyysinesteen kemiallisen koostumuksen vaihtelu ja rekisteröinnin hinta.

Alustavan arvion mukaan pyrolyysineste luokitellaan CLP-asetuksen eli aineiden ja seosten luokitusta, merkintöjä ja pakkaamista koskevan asetuksen mukaan vaaralliseksi aineeksi, jolloin sen merkinnöissä, pakkaamisessa ja kuljetuksessa on otettava huomioon sekä CLP-asetus että VAK-laki eli laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta.

Pyrolyysinesteen sisältämien yhdisteiden vuoksi se luokitellaan todennäköisesti ihoa ja silmiä ärsyttäväksi aineeksi, jota käsiteltäessä on käytettävä sopivaa suojavarustusta.

Ruokaviraston alustavien tulkintojen mukaan lannan happokäsittely rikkihapolla tai pyrolyysinesteellä ei tee lannasta lannoitevalmistetta, joten siihen ei sovelleta kansallista lannoitevalmistelakia tai -asetusta. Pyrolyysinesteen käyttö liete-
lannan happokäsittelyssä soveltuu myös luomutuotantoon. Tällä hetkellä pyrolyysinestettä ei ole erikseen mainittu ympäristökorvausjärjestelmässä.

Pyrolyysiprosessin sivutuotteen, nestejakeen erottelu ja hyötykäyttö olisi prosessin energiatalouden kannalta hyödyllistä. Nyt se joudutaan polttamaan, koska sille ei ole suuressa määrin käyttökohdetta. Tämän

Aiemmassa Luonnonvarakeskuksen turkiseläinten lannan käsittelyä koskevassa tutkimuksessa vuonna 2018 biohiili osoittautui hyväksi lannan kateaineeksi, joka vähensi ammoniakkipäästöjä. Myös lannan sekaan sekoitettuna biohiili alensi kompostointiprosessin poistokaasujen ammoniakkipitoisuutta keskimäärin 38 prosenttia ja metaanin päästöjä 34 prosenttia verrattuna pelkkään lantakompostiin.

Suomessa kasviperäistä biohiiltä voidaan tuottaa ja myydä tyyppinimellä Kasviperäinen kasvu-
alustahiili 3A3. Tuote kuuluu tyyppinimiryhmään "Maan rakennetta parantava aine" ja lannoitevalmistetyyppiin "Maanparannusaine".

Kasviperäinen biohiili on luomutuotantoon soveltuva aine. Näin ollen sen käyttö kelluvana katteena on mahdollista myös luomutiloilla.

Tällä hetkellä biohiiltä ei ole erikseen mainittu nitraattiasetuksessa eikä ympäristökorvausjärjestelmässä. Nitraattiasetuksessa 1250/2014 todetaan, että liete-
lantalat ja nestemäisten orgaanisten lannoitevalmisteiden varastointitilat tulee kattaa kiinteällä tai kelluvalla katteella ammoniakkipäästöjen ja hajuhaittojen vähentämiseksi. □

Lisätietoja:

Pysti-hankkeen lainsäädäntöselvitys

vuoksi Pysti-hankkeen kaltaiset tutkimukset ovat tärkeitä, jotta uusia käyttökohteita voidaan tutkia, ja ohjata tuotantoa ja teknologiakehitystä kestävään suuntaan. Lisäksi jos lannan happokäsittely tulee viljelijän toimenpidepalettiin mukaan maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentämiseksi, on hyvä, että erilaisia vaihtoehtoja on käytettävissä. □

Kirjoittajat ovat toimineet laajemman tutkimusryhmän kanssa Pyrolyysituotteet lannan ravinnearvon turvaajina PYSTI-hankkeessa vuosina 2018–2020. Hanke on saanut rahoitusta ympäristöministeriön koordinoimasta, hallituksen kiertotalouden kärkihankkeiden Raki-ohjelmasta.

Peltonen on ProAgria Keskusten Liitosta ja muut kirjoittajat Luonnonvarakeskuksesta.