

## Kivijauheiden hyödyntäminen lannan ravinteiden kierrätyksessä

Millaisia kivi- tai mineraalijauheita maahan tai lantaan voi lisätä, miten ja miksi? Mitä hyötyä kivijauheiden käytöstä lannan sekaan on? Tässä kirjoituksessa pyritään antamaan vastauksia edellä oleviin kysymyksiin referoimalla tieteellisiä julkaisuja. Kirjoituksen lopussa esitellään lisäksi joitakin Turun yliopiston ja Åbo Akademiin viimeaikaisten tutkimusten tuloksia, joissa kirjoittaja on mukana.



### Ydinkohdat

- Silikaattimineraalien käyttö lannassa vähentää vapaan ammoniumtypen määrää sitomalla ammoniumtypeä hilavälien varastopaikoille.
- Silikaattimineraalien käyttö lannassa vähentää typen haihtumista ja huuhtoutumista.
- Kasvit saavat kuitenkin mineraaliin sitoutuneen typen käyttöönsä entsyymitoimintansa avulla.
- Mineraalin sekoittaminen lantaan lisää kasvien kasvua
- Silikaattimineraalit sopivat lannan apuaineeksi ja maanparannusaineeksi kasvualueisiin.

Nykyaikainen ja tulevaisuudesta huolta pitävä yhteiskunta on kiertotalousyhteiskunta. Ravinteiden kierrätys on hyvin keskeinen asia kiertotalousyhteiskunnassa. Lanta sisältää tarpeellisia ravinteita, ja samalla se toimii pieneliöstön ravintona, edistää ravinteiden kiertoa maassa, lisää maan murustumista ja toimii maan eloperäisen aineksen raaka-aineena.<sup>1</sup> Lanta kannattaa hyödyntää sellaisenaan, mikäli se on mahdollista. Mitä enemmän lantaa käsitellään, sitä enemmän syntyy myös kuluja. Lannan talteenotossa, varastoinnissa ja eri käsittelyvaiheissa on riskinä päästöt ilmaan ja vesiin.

Kun lannan käyttöä tehostetaan, tulee miettiä koko ketju/kehä: ruokinta → lannan erityys → eläinsoja → prosessointi → varastointi → levitys → kasvien ravinteiden otto → ruokinta.<sup>2</sup>

Tässä kirjoituksessa tarkastellaan luonnon silikaattimineraalien käyttöä apumateriaalina lannan ravinteiden kierrätyksessä.

### Mineraaleilla suuria ravinteiden varastointikykyjä

Silikaattimineraalit muodostavat 90 % maankuoresta. Ne sisältävät enimmäkseen piitä, happea, alumiinia, rautaa, magnesiumia ja kaliumia, lisäksi ne sisältävät hivenaineita. Silikaattimineraaleja ovat esimerkiksi bentoniitti  $Al_2O_3 \cdot 4(SiO_2) \cdot H_2O$ , biotiitti  $K(Mg,Fe)_3(Al,Fe)Si_3O_{10}(OH,F)_2$ , vermikuliitti  $(Mg,Fe,Al)_3(Al,Si)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$  ja zeoliitit, kuten klinoptiloliitti  $KNa_2Ca_2(Si_{28}Al_7)O_{72} \cdot 24H_2O$ .

Mikä tahansa silikaattimineraali ei kasvualuestaan sovi, sillä osa kaupallisestikin saatavilla olevista mineraaleista saattaa sisältää raskasmetalleja.



*Kuva 1. Zeoliittia vasemmalla ja vermikuliittia oikealla. Kuva: Taina Laiho.*

Bentoniitin, biotiitin ja vermikuliitin rakenne on liuskeinen; liuskeiden väleissä on tilaa vedelle ja ioneille. Vermikuliittia myydään usein paisutettuna. Tällöin vermikuliitin rakenne on rikottu kuumentamalla vermikuliitti nopeasti hyvin korkeaan lämpötilaan, jolloin sen tilavuus on paisunut moninkertaiseksi, siitä on tullut ilmavampaa,

sen kyky sitoa vettä on kasvanut, ja samoin on kasvanut mikrobien kasvulle otollinen pinta-ala. Paisutuksessa kuitenkin menetetään ravinteiden sitomisessa hyödyllinen liuskerakenne.

Zeoliittien rakenne taas on hyvin epätasainen ja onkaloinen verrattuna esimerkiksi hiekanjyvien rakenteeseen. (Kuva 1.) Esimerkiksi klinoptiloliitin onkalorakenne on juuri oikean kokoinen ammoniumtypen ( $\text{NH}_4^+$ ), typen ( $\text{N}_2$ ), hiilimonoksidin ( $\text{CO}$ ) ja metaanin ( $\text{CH}_4$ ) kiinnittymiselle.<sup>3</sup>

Monien silikaattimineraalien kationinvaihtokyky on korkea ja esimerkiksi klinoptiloliitti ja vermikuliitti absorboivat ammoniumioneja valikoivasti. Se tarkoittaa, että ne vaihtavat halukkaasti pois rakenteessaan valmiina olevia ioneja, kuten magnesiumia, kaliumia tai kalsiumia, ja ottavat ammoniumtyppeä tilalle. Koska kyseessä ovat luonnonmateriaalit, samannimistenkin mineraalien kationinvaihtokyky vaihtelee mineraalin alkuperästä riippuen.

Joitakin luonnonmineraaleja voidaan käyttää ravinteiden sitojina eläinsuojissa, lantavarastoissa, komposteissa ja maaperässä. Jotta mineraali toimii halutunlaisesti ravinnevarastona, on tapauskohtaisesti suunniteltava sopiva mineraali, tarvittava määrä, partikkelikoko ja vaikutusaika.

### **Kivijauheiden lisääminen lantaan**

Ravinteita sitovien kivijauheiden käyttö lannan hyötyvaikutusten tehostamisessa on viime aikoina saanut paljon tutkimushuomiota. Tavoitteena on kasvien tehokkaampi ravinteiden otto verrattuna tavanomaisiin teollisiin lannoitteisiin. Mineraalit imevät itseensä lannan ravinteita sekä vähentävät ravinteiden haihtumista ja huuhtoutumista kasvualustasta. Lisäksi mineraalit vaikuttavat lannan rakenteeseen, kuten sen huokosrakenteeseen ja vedenpidätuskykyyn. Paras vaikutus saavutetaan, kun lisätään mineraali tuoreeseen lantaan.

Eräissä tutkimuksissa pieniä määriä silikaattimineraalia on lisätty eläinten rehuun, mistä se päätyy luonnollista tietä lantaan muuttaen lannan ominaisuuksia. Mikäli mineraali lisätään eläinten rehuun, on oltava erityisen tarkkana mahdollisten raskasmetallipitoisuuksien kanssa, sillä jos eläimen ruoansulatuskanavassa vapautuisi mineraalista raskasmetalleja ionivaihdon seurauksena, se vaikuttaisi suoraan lihan laatuun.<sup>3</sup>

Kanakokeiden tuloksena on arvioitu ravintolisänä annetun bentoniitin ja zeoliitin parantavan kanojen ruoansulatuksen kykyä hyödyntää ravinnon sisältämää typpeä, koska mineraalien lisääminen ruokaan vähensi lannan typpipitoisuutta. Sikakokeissa on saatu samantapaisia tuloksia klinoptiloliitilla. Koska bentoniitti sitoo kosteutta, sen lisääminen myös lisäsi lannan kosteuspitoisuutta.<sup>3,4</sup>



*Kuva 2. Vermikuliittia suursäkeissä. Vermikuliitti lannan sekaan käytettynä vähentää typen haihtumista ja parantaa kasvien kasvua lannalla lannoitettaessa. Kuva: Taina Laiho*

Mineraaleja voidaan lisätä myös eläinsuojiiin. Silikaattimineraalien tehoa on tutkittu, kun on haluttu vähentää kananlannan hajoamisesta johtuvaa ammoniakinhajua kanalassa. Tutkimuksessa havaittiin, että lisäämällä lantaan 2 % bentoniittia ja 1 % zeoliittia suhteessa lannan määrään, ilmaan haihtui 30 % vähemmän ammoniakkia kuin ilman lisäystä.<sup>5</sup>

Kompostoinnin aikana tapahtuva typen haihtuminen ammoniakkina voi olla ongelmallista. Kiihkeässä kananlantakokeessa lisättiin 10 % kiillemineraalia kompostoituvaan kananlantaan. Tämä kiihdytti kompostoitumista sekä vähensi typen ja hiilen hävikkiä ammoniakkin ja kasvihuonekaasujen muodossa, vaikka hiilidioksidin muodostuminen prosessissa lisääntyikin. Kokeessa huomattiin, että mineraalilisäys vähensi kompostoitumisesta aiheutuvaa hajua ja paransi valmiin kompostin laatua.<sup>6</sup>

Peltokokeissa on huomattu, että ravinteita sitovan mineraalin (zeoliitti) lisääminen lantaan vähensi merkittävästi ammoniumtypen haihtumista ja lisäsi typpipitoisuutta kasveissa.<sup>7</sup>

### **Ravinteita sitovien kivijauheiden vaikutus kasvien kasvuun**

Osa lannan typestä ja fosforista on sitoutunut lannan eloperäiseen ainekseen.

Jotta juuret voivat ottaa typen ja fosforin, maan pieneliöstön pitää ensin hajottaa lanta ja muuttaa typpi ja fosfori kasville käyttökelpoiseen muotoon. Hajotuksen nopeus riippuu mm. maan lämpötilasta ja kosteusoloista. Tavoite on, että kasveilla on sopiva määrä ravinteita käytettävissään oikeaan aikaan.<sup>2</sup> Käyttämällä mineraaleja kasvualustassa on mahdollista räätälöidä ravinteiden vapautuminen vastaamaan kasvien tarvetta.<sup>8</sup>

On mahdollista, että lisäämällä vuosittain lannoitetta, joka perustuu lannan ja mineraalien yhteisvaikutukseen, voitaisiin saavuttaa melko tasainen typen, fosforin ja kaliumin reservi kasveille. Kuten aiemmin tekstissä on mainittu, silikaattimineraalit sisältävät kaliumia ja lannasta niihin saadaan tarttumaan typpeä sekä kemiallisella reaktiolla että pinta-adsorptiolla. Fosforia tarttuu zeoliitin rakenteeseen ja esimerkiksi vermikuliitin lisäämisen seurauksena fosforia saostuu. Kaikki nämä mekanismit pidättävät ravinteita maaperään.

Lannan lannoitevaikutuskokeissa on osoitettu sokerijuurikkaan juuriston kasvavan klinoptiloliittia sisältävässä kasvualustassa 9-kertaisesti ja durran juuriston 84-kertaisesti verrattuna verrannekasvualustaan. Tämän selitettiin johtuvan siitä, että klinoptiloliitti vähensi vapaata ammoniumtyppeä kasvualustassa ja siten paransi kasvuympäristöä huomattavasti.<sup>8</sup> Klinoptiloliitin kyky ensin sitoa ja sitten hitaasti vapauttaa ammoniumtyppeä voisi olla hyödynnettävissä seuraavan sukupolven hidasliukoiseksi lannoitteeksi.<sup>8,9</sup>

Auringonkukalla tehdyissä kaksivuotisissa peltokasvatuskokeissa on verrattu teollisen lannoitteen (urea) tehoa karjanlantaan, johon oli lisätty 14 – 21 % zeoliittia. Kun peltolannoitukseen käytettiin näin valmistettua zeoliittilantaa, kasvien kuivapaino ja sato paranivat merkittävästi molempina

vuosina – ja varsinkin toisena vuotena. Samassa kokeessa havaittiin, että zeoliitti vähensi fosforin ja varsinkin typen huuhtoutumista pellolta.<sup>9</sup>

### Ravinteita sitovien kivijauheiden ympäristövaikutukset

Ravinteita sitovien kivijauheiden myönteiset ympäristövaikutukset johtuvat siitä, että lisätyn lannan ravinteista suurempi osa säilyy viljelykasvien käytettävissä. Kokeissa on osoitettu, että tietyt mineraalit vähentävät ravinteiden huuhtoutumista ja haihtumista.<sup>5</sup> Tiedetään, että kompostointi vähentää antibioottiresistenttien bakteerien ja geenien määrää lannassa. Kun lantakompostiin on lisätty zeoliittia, on huomattu antibioottiresistenttien bakteerien ja geenien vähenevän vielä tehokkaammin.<sup>10</sup>

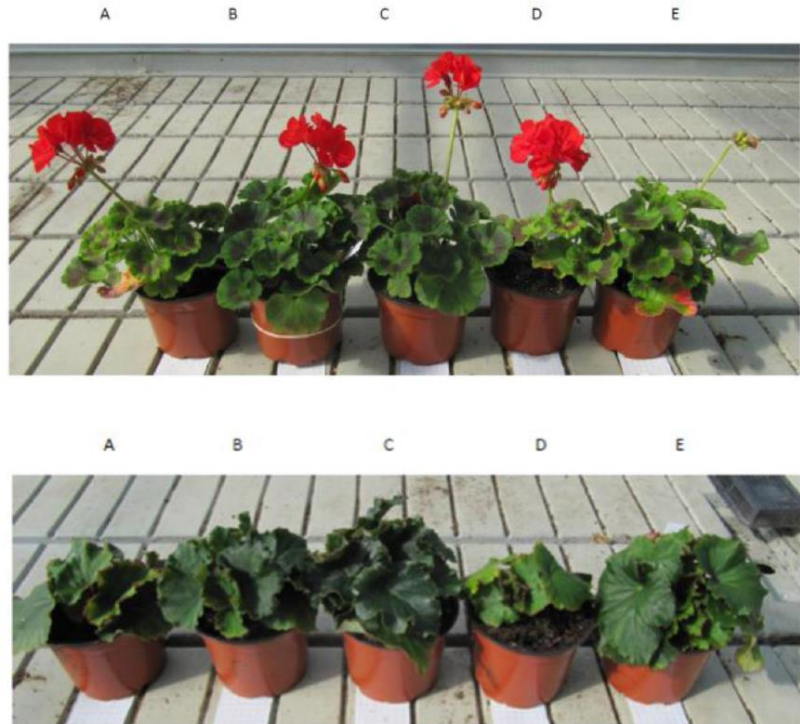
Kivijauheet hillitsevät myös kasvihuonekaasun päästöjä. Esimerkiksi Puolassa tehdyissä kokeissa valmistettiin ravinteita sitova mineraaliseos perliittistä ja bentoniitista, ja siihen lisättiin kuivattuja mikro-organismeja. Valmiste osoittautui tehokkaaksi poistamaan hajua aiheuttavia typen ja rikin yhdisteitä sekä hiilivetyjä, aldehydejä, ketoneja ja fenoleja kananlannasta.<sup>11</sup> Mineraaleja on menestyksekkäästi kokeiltu myös ilmansuodattimiin.<sup>5</sup>

Lannan hyötykäyttö lannoitteena on ensiarvoisen tärkeää, mutta tehokkuuden lisäämiseksi pitää käyttää parhaita mahdollisia keinoja.

### Vermikuliitti lannan ravinteiden talteenotossa

Monet kokeet osoittavat tiettyjen silikaattimineraalien hyödyt lannan ravinteiden talteenotossa. Silikaattimineraalien ja erityisesti vermikuliitin käyttöön ravinteiden sitomisessa on perehdytty Turun yliopistossa ja Åbo Akademilla geologian professori Olav Eklundin johdolla. Kehitetty menetelmä mahdollistaa esim. lannan typen sitomisen kiinteään muotoon ja edesauttaa samalla fosforin saostumista. Kyseisissä kokeissa käytetty mineraali on lämpökäsiteltyä vermikuliittia (patentti FI20050700A0).

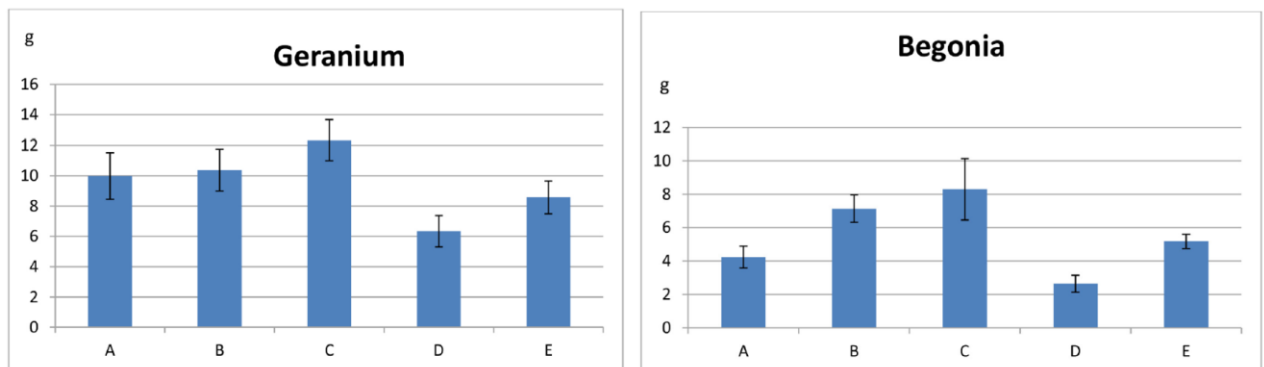
Ravinteiden talteenottokokeita on tehty muun muassa niin, että lämpökäsiteltyä vermikuliittia sekoitettiin naudan liete-lannan joukkoon ja annettiin seoksen seistä vetokaapissa. Viikon kuluttua lietteestä eroteltiin lämpökäsitelty vermikuliitti huuhtomalla runsaalla vedellä useita kertoja. Sen jälkeen mitattiin huuhdellun kivijauheen kokonaistyyppipitoisuus ja havaittiin sen olevan noin 5 %.



*Kuva 1. Yleiskuva pelargonioista ja begonioista yhden kasvatuskokeen aikana. Kasvualustat ovat: A) kaupallinen kasvualusta, B) turve+kalkki+ladattu lämpökäsitelty vermikuliitti (määrä 1), C) turve+kalkki+ladattu lämpökäsitelty vermikuliitti (määrä 2), D) turve+kalkki+lämpökäsitelty vermikuliitti, E) turve+kalkki.*

Fosforia ei huolellisesti huuhdellussa puhtaassa vermikuliittinäytteessä ollut, kuten onkin oletettavaa, sillä vermikuliitin ja fosfaatin välillä ei tapahdu kemiallista reaktiota, joka kiinnittäisi fosforin vermikuliittiin. Lannan lisäksi typpeä otettiin talteen myös jaloittelutarhan valumavedestä, jossa typpipitoisuudet ovat pienet.<sup>12</sup>

Kasvatuskokeita on tehty useita. Niitä varten ladattiin lämpökäsiteltyä vermikuliittia tyypellä uittamalla sitä biokaasulaitoksen rejektivedessä noin tunnin ajan. Sen jälkeen mineraali kuivattiin veto-kaapissa ja sekoitettiin kasvualustaan. Kasvatuskokeita on tehty muun muassa männyillä, kaaleilla, raiheinällä, vehnällä, pelargonioilla ja begonioilla.<sup>12</sup>



Kuva 2. Kaaviokuvissa on esitetty kokeen lopussa mitatut pelargonioiden ja begonioiden kuivapainot. Kirjaimet vastaavat kasvien kasvualustoja seuraavasti: A) kaupallinen kasvualusta, B) turve+kalkki+ladattu lämpökäsitelty vermikuliitti (määrä 1), C) turve+kalkki+ladattu lämpökäsitelty vermikuliitti (määrä 2), D) turve+kalkki+lämpökäsitelty vermikuliitti, E) turve+kalkki.

Ravinteiden huuhtoutumista testattiin ensin kokeilla, joissa keskityttiin vain ammoniumtyypeen. Purkkiin sekoitettiin lietelantaa ja lämpökäsiteltyä vermikuliittia. Vertailupurkkiin laitettiin pelkkää lietelantaa. Purkkien läpi laskettiin sitten puhdasta vettä, ja läpi valuneen veden ammoniumtyppipitoisuus analysoitiin. Kun purkkiin lisättiin lämpökäsiteltyä vermikuliittia 9 % lietelannan määrästä, pieneni purkin läpi valuneen veden ammoniumtyppipitoisuus 25 %:lla. Seuraavassa kokeessa testattiin huuhtoutumista sekoittamalla purkkeihin kuluttajamyynnissä olevia kananlantarakkeita ja multaa ja osaan purkeista sen lisäksi myös lämpökäsiteltyä vermikuliittia. Korvaamalla 33 % mullasta mineraalilla, saatiin ammoniumtyyppien huuhtoumaa maa-aineksen läpi pienennettyä jopa 90 %. Myöhemmissä kokeissa GeoTrap®-vermikuliitilla havaittiin, että tyyppien kiinnittyessä mineraalin hilaan tapahtuu samanaikaista fosforin saostumista. Fosforin saostumiseen liittyviä tarkempia kokeita on parhaillaan käynnissä Åbo Akademiassa professori Eklundin tutkimusryhmässä.<sup>12</sup>

Silikaattimineraaleja on mahdollista käyttää typpeä sisältävänä maanparannusaineena, josta typpi ei huuhtoudu ympäröiviin vesistöihin eikä haihdu ilmaan. Kasvit saavat kuitenkin materiaaliin sitoutuneen tyyppien käyttöönsä entsyymitoimintansa avulla. Kasvien kasvu voi olla tällöin jopa parempaa.

**Kirjoittajat:** Taina Laiho ja Jukka Rajala (toim.) **Kuvat:** Taina Laiho

### Lähteet

1 Rajala, J., *Luonnonmukainen maatalous*, 2006, Helsingin yliopiston Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus, julkaisu no 80. ISSN 0786-8367. s.149.

2 Kulmala, A., [https://www.mtk.fi/ymparisto/kiertotalous/fi/FI/Lanta\\_ravinteena/](https://www.mtk.fi/ymparisto/kiertotalous/fi/FI/Lanta_ravinteena/), viitattu 13.11.2018

- <sup>3</sup> Leung, S. et al., Zeolite (clinoptilolite) as feed additive to reduce manure mineral content, *Bioresource Technology* 98 (2007) 3309-3316.
- <sup>4</sup> Prasai, T.P. et al., Manure from biochar, bentonite and zeolite feed supplemented poultry: Moisture retention and granulation properties, *Journal of Environmental Management* 216 (2018) 82-88.
- <sup>5</sup> Wlazlo, L. et al., Removal of ammonia from poultry manure by aluminosilicates, *Journal of Environmental Management* 183 (2016) 722-725.
- <sup>6</sup> Chen, H. et al., Influence of clay as additive on greenhouse gases emission and maturity evaluation during chicken manure composting, *Bioresource Technology* 266 (2018) 82-88.
- <sup>7</sup> Shah, G.A. et al., Bedding additives reduce ammonia emission and improve crop N uptake after soil application of solid cattle manure, *Journal of Environmental Management* 209 (2018) 195-204.
- <sup>8</sup> Chin, A. et al., Sorbents can tailor nitrogen release from organic wastes to match the uptake capacity of crops, *Science of the Total Environment* 645 (2018) 1474-1483.
- <sup>9</sup> Gholamhoseini, M. et al., Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching, *Soil & Tillage Research* 126 (2013) 193-202.
- <sup>10</sup> Peng, S. et al., Influence of zeolite and superphosphate as additives on antibiotic resistance genes and bacterial communities during factory-scale chicken manure composting, *Bioresource Technology* 263 (2018) 393-401.
- <sup>11</sup> Borowski, S. et al., A novel microbial-mineral preparation for the removal of offensive odors from poultry manure, *International Biodeterioration & Biodegradation* 119 (2017) 299-308.
- <sup>12</sup> Laiho, T. et al., projektiraportit vuosilta 2009-2013.

**Esitelmä:**

Laiho T. Kivijauheiden hyödyntäminen lannan ravinteiden kierrätyksessä 27112019  
Taina Laiho, erikoistutkija, Turun yliopisto ja projektipäällikkö NanoGeo Finland Oy  
<https://luomu.fi/wp-content/uploads/sites/4/2019/12/laiho-t.-kivijauheet-27112019.pdf>

<https://luomu.fi/tietopankki/kivijauheiden-hyodyntaminen-lannan-ravinteiden-kierratyksessa/>

<https://maan-kasvukunto.fi>

**Taina Laiho** työskentelee materiaalitieteen erikoistutkijana Turun yliopistossa. Lisäksi kirjoittaja on projektipäällikkö yrityksessä NanoGeo Finland Oy, joka kehittää menetelmiä ja myy mineraaleja hyödynnettäväksi erityisesti ravinteiden kierrätyksessä.

