



## **KALAKKI**

**Kalkkistabiloidun puhdistamolietteen tuotteistaminen lannoitteeksi**

**Opinnäytetyö**

**Heidi Jaukkuri & Heini Manninen**

**Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma**

Hyväksytty \_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

Koulutusala: Luonnonvara-ala	
Koulutusohjelma: Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma	Suuntautumisvaihtoehto: -
Työntekijä/tekijät: Jaukkuri Heidi ja Manninen Heini	
Työn nimi: KALAKKI: Kalkkistabiloidun puhdistamolietteen tuotteistaminen lannoitteeksi	
Päiväys: 14.4.2009	Sivumäärä/liitteet: 54 (+10)
Ohjaaja/ohjaajat: Kaisa Muurimäki, Sinikka Ripatti ja Pirjo Suhonen	
Toimeksiantaja: Iisalmen Vesi / Seppo Keskinen ja Vilho Partanen	
<b>Tiivistelmä:</b> <p>Puhdistamoliete on jätevedenpuhdistamon lopputuote, jota saadaan jäte- ja teollisuusvesien puhdistuksessa. Kalkkistabiloinnilla puhdistamoliete hygienisoidaan, kun siihen lisätään kalkkia. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kokemuksia kalkkistabiloinnin käytöstä puhdistamolietteen ulkomaille ja kotimaassa sekä siihen liittyvät lainsäädännöt. Näiden tietojen avulla laadittiin toimeksiantajallemme Iisalmen Vedelle tuoteseloste kalkkistabiloidusta jätevesilietteestä.</p> <p>Työssä haastateltiin iisalmelaisia viljelijöitä, jotka ovat käyttäneet Iisalmen Veden puhdistamolietettä aikaisemmin. Lisäksi haastateltiin myös muita jätevedenpuhdistamoita sekä Iisalmen Veden puhdistamolieteturakoitsijaa Reijo Jääskeläistä. Haastattelujen tarkoituksena oli kerätä kokemuksia puhdistamolietteen käytöstä ja suhtautumisesta siihen. Kansainvälisiä kokemuksia puhdistamolietteen käytöstä ja vaikutuksesta maaperään kerättiin erilaisten kansainvälisten tutkimusten avulla.</p> <p>Puhdistamoliete on orgaaninen lannoite, jonka kuiva-ainepitoisuus kalkkistabiloituna on 40 %. Puhdistamoliete parantaa maan rakennetta. Kalkkistabiloinnilla saadaan nostettua puhdistamolietteen pH:ta ja maahan sijoitettuna se nostaa myös maan pH-arvoa. Iisalmen Veden puhdistamoliete on hyvä fosforilannoite, koska se sisältää paljon fosforia (17 g/kg ka).</p> <p>Puhdistamolietettä saa levittää viljalle, sokerijuurikkaalle ja öljykasveille tai sellaisille kasveille, joita ei käytetä ihmisen ravinnoksi tai eläinten rehuksi. Nurmelle sitä saa levittää, kun se perustetaan suojaviljan kanssa. Perunaa, juureksia ja vihanneksia saa viljellä viiden vuoden päästä siitä, kun puhdistamolietettä on viimeksi levitetty. Viljelijä on ilmoitusvelvollinen puhdistamolietteen käytöstä EU-tukihaun yhteydessä.</p> <p>Iisalmen Vesi tekee tutkimusta kalkkistabiloidusta puhdistamolietteen lannoitteena Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa Maaningalla.</p>	
Avainsanat: kalkki, stabilointi, puhdistamoliete, lannoitus	
Luottamuksellisuus: Julkinen	

Field of study:	
Natural Resources and the Environment	
Degree Programme:	Option:
Agriculture and Rural Industries	-
Author(s):	
Jaukkuri Heidi and Manninen Heini	
Title of Thesis:	
KALAKKI – Branding of lime stabilized sludge into fertilizer	
Date: 14.4.2009	Pages/appendices: 54 (+10)
Supervisor(s):	
Pirjo Suhonen, Kaisa Muurimäki and Sinikka Ripatti	
Project/Partners:	
Iisalmi Water Board/ Seppo Keskinen and Vilho Partanen	
Abstract:	
<p>Sewage sludge is an end product of a sewage treatment plant and it comes in a purification process of waste and industrial water. Sewage sludge is made hygienic in lime stabilization by adding lime into it. The purpose of the Thesis was to find out experiences about the use of lime stabilized sludge both abroad and in Finland. The Thesis also includes the legislation of sewage sludge. Based on these informations, a product discription was made for Iisalmi Water Board.</p> <p>In the Thesis there were interviewed farmers who have used sewage sludge earlier in Iisalmi. Persons representing waste water treatment plants and a sewage sludge contractor Reijo Jääskeläinen were also interviewed. The purpose of the interviews was to collect experiences about the use of sewage sludge and people's reactions to it. International experiences about the use of sewage sludge and its effect on the soil was collected from different international researches.</p> <p>Sewage sludge is an organic fertilizer. Lime stabilized sludge has 40 % dry matter. Sewage sludge improves the structure of the soil. The pH-value of sewage sludge rises by lime stabilization and when spread to the soil it also improves the pH-value of the soil. Sewage sludge in Iisalmi is a good phosphorus fertilizer. It includes 17 g of phosphorus per dry matter kg.</p> <p>Sewage sludge can be spread on grain, sugar beet and oil plants or plants that are not used for human or animal food. It can be spread on grass when it is based on protection grain. Potatoes, roots and vegetables can be farmed after five years from the use of sewage sludge. The farmer is obligated to notify of the use of sewage sludge in context subsidy applications.</p> <p>Iisalmi Water Board is making a research about lime stabilized sludge as a fertilizer in Agrifood Research Finland in Maaninka.</p>	
Keywords:	
Lime, stabilization, sewage sludge, fertilization	
Confidentiality:	
Public	

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO .....	3
2 PUHDISTAMOLIETTEEN KÄYTTÖÄ OHJAAVAT SÄÄDÖKSET JA MÄÄRÄYKSET .....	5
3 PUHDISTAMOLIETTEEN LAINMUKAISET KÄSITTELYMENETELMÄT.....	9
4 PUHDISTAMOLIETE LANNOITTEENA.....	11
5 KALKKISTABILOINTI JA KOKEMUKSET SIITÄ ULKOMAILLA.....	16
5.1 Puhdistamolietteen fosforin saatavuus kasville .....	16
5.2 Lietteen taudinaiheuttajien hävittäminen kalkkistabiloinnilla .....	17
5.3 Puhdistamolietteen käsittely ja desinfiointi kalkilla.....	19
5.4 Taudinaiheuttajien määrä juurikkaissa käytettäessä puhdistamolietettä lannoitteena .....	20
5.5 Bakteerien uudelleenkasvu puhdistamolietteen varastoinnissa ja maanparannuksessa .....	21
5.6 Ulkomaalaisten viljelijöiden kokemuksia puhdistamolietteen käytöstä.....	22
5.7 Raskasmetallien vaikutus satoon viiden vuoden varoajan jälkeen .....	24
5.7 Puhdistamolietteen vaikutus maan laatuun ja ravinnetasoon .....	24
5.8 Ravinteiden käyttökelpoisuus kasveille.....	28
6 KALKKISTABILOINNIN TAUSTAT JA TOTEUTUS IISALMESSA .....	30
6.1 Vuohiniemen jätevedenpuhdistamo .....	30
6.2 Jäteveden ja puhdistamolietteen käsittely.....	31
6.2.1 Puhdistamolietteen sisältö .....	35
6.2.2 Käytetty kalkki .....	35
7 IISALMEN JÄTEVESILAITOKSEN PUHDISTAMOLIETTEEN KÄYTTÖ .....	37
7.1 Peltolohkot .....	37
7.2 Lannoitus .....	38
7.3 Viljavuus- ja raskasmetallianalyysit.....	39
8 KALKKISTABILOIDUN PUHDISTAMOLIETTEEN TUOTESELOSTE.....	41
8.1 Puhdistamolietteen koostumus.....	42
8.2 Ilmoitusvelvollisuus .....	43
8.3 Käyttöalueet Suomessa.....	43
8.4 Ulkoasu .....	45
9 OPINNÄYTETYÖPROSESSI .....	47
10 PÄÄTÄNTÖ.....	49
LÄHTEET .....	51

## LIITTEET

Liite 1 Haastattelupohja viljelijöille

Liite 2 Haastattelupohja jätevedenpuhdistamoille

Liite 3 Haastattelupohja Reijo Jääskeläiselle

Liite 4 Taiteltava tuoteseloste

Liite 5 A4-kokoinen tuoteseloste

Liite 6 Kalkkistabiloidun puhdistamolietteen tiedote

## 1 JOHDANTO

Puhdistamoliete on jätevedenpuhdistamoiden lopputuote, jota saadaan jäte- ja teollisuusvesien puhdistuksessa. Puhdistamoliete sisältää paljon orgaanista ainesta ja ravinteita, joten sitä voidaan käyttää lannoitteena maataloudessa. Puhdistamolietteen käyttöön lannoitteena on oma lainsäädäntönsä, joka määrittää hyväksyttävät käsittelymenetelmät sekä asettaa rajoituksia, jotka varmistavat, että puhdistamoliete ei ole terveydelle ja ympäristölle vaarallista.

Iisalmen Vedellä on monen vuoden kokemus puhdistamolietteen käytöstä maanparannusaineena pelloilla, ja syksyllä 2007 puhdistamolietteen käsittelyyn kokeiltiin kalkkistabilointimenetelmää. Kalkkistabiloinnissa puhdistamolietteen lisätään kalkkia sen hygienisoimiseen. Tällä hetkellä puhdistamolietteen sekoitetaan olkisirppua, ja se välivarastoidaan Peltomäelle, josta se levitetään pelloille.

Keväällä 2007 Iisalmen Vesi aloitti projektin puhdistamolietteen käsittelymenetelmän kehittämiseksi yhdessä Nordkalk Oyj:n, Savonia-ammattikorkeakoulun, Kiu-ru&Rautiainen Oy:n sekä Vesi- ja Viemärlaitosyhdistyksen (VVY) kanssa. Vuonna 2007 projektissa vertailtiin erilaisia kalkkistabilointimenetelmiä ja kehitettiin varastointi Suomen oloihin sopivaksi. Me tulimme mukaan projektiin vuoden 2008 keväällä, jolloin projektia jatkettiin kalkkistabiloidun puhdistamolietteen tuotteistamisessa lannoitteeksi. Tehtävämme projektissa on selvittää, kuinka kalkkistabilointia on käytetty muualla Euroopassa, jossa sen käytöstä on jo monen vuoden kokemus. Lisäksi selvitämme, onko tähän mennessä käytetty puhdistamoliete Iisalmessa koettu maataloilla hyödylliseksi haastatteleamalla puhdistamolietettä käyttäneitä viljelijöitä. Selvitämme myös puhdistamolietettä koskevan lainsäädännön: kuinka paljon puhdistamolietettä saa levittää sekä minne ja milloin sitä saa levittää. Yksi tärkeimmistä tehtävistämme on tuoteselosteen muodostaminen, jota tultaisiin käyttämään tuotteen markkinoinnissa viljelijöille. Koska lopulliset kokeet ovat valmiita vasta vuonna 2011, teemme selosteesta vasta pohjan, jota projektiryhmä voi täydentää tai josta mahdollisesti tulee seuraava opinnäytetyö.

Projekti käynnistettiin, koska vuoden 2007 maaliskuussa tuli voimaan uusi maa- ja metsätalousministeriön (MMM) lannoitevalmisteasetus (656/01/2007, 12/07), joka määrää, että kaikki markkinoille saatettavat lannoitetuotteet on käsiteltävä tyyppipinimihyväksynnän saaneen menetelmän mukaisesti. Suomessa käytetään hyvin vähän puhdistamolietettä maatalouskäyttöön - tutkimuksen mukaan vain 21 % jätevedenpuhdistuslaitoksista oli mahdollisuus edes tarjota tällainen vaihtoehto. Projektissa puhdistamolietteen kalkkikäsittelyä ja varastointia kehitetään niin, että ne vastaavat uuden lainsäädännön vaatimuksia. Projektissa kiinnitetään huomiota samalla myös hajuhaittoihin, ja puhdistamolietteestä kehitetään sellainen tuote, joka ei aiheuta suuria hajuhaittoja, mutta joka on hyvä lannoite. Tuote, jota pelloille saadaan, testataan Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) Maanigan tutkimusasemalla seuraavan neljän vuoden aikana, minkä jälkeen tuloksista pyritään saamaan viljelijöille käytännönläheistä tietoa. Tavoitteena projektilla onkin tutkia, kuinka puhdistamolietete toimii lannoitteena väkilannoitteen ja karjanlannan rinnalla. Tutkimuksessa selvitetään muun muassa riittävät levitysmäärät, puhdistamolietteen levitystapa, puhdistamolietteellä käsitellylle pellolle soveltuvat kasvit sekä puhdistamolietteen vaikutusta maan rakenteeseen sekä satotasoon. Jotta puhdistamolietteestä tulisi maanviljelijöille käyttökelpoinen, myös heidän mielipiteet on otettava huomioon. Sen vuoksi tähän mennessä puhdistamolietettä käyttäneiltä tiloilta kerätään käyttökokemuksia. (Mikola 2008.)

Koska tämä kalkkistabilointikokeilu on Suomessa ensimmäisiä, on erittäin tärkeää, että tiedetään, minkälainen kokemus siitä on muualla Euroopassa, ja kuinka se soveltuu maatalouskäyttöön. Iisalmen Veden puhdistamolietteen markkinointi helpottuu tuoteselosteen myötä, koska otamme siinä huomioon myös viljelijät.

Raportin alussa esitellään puhdistamolietteeseen liittyvää lainsäädäntöä ja lainmukaisia käsittelymenetelmiä. Tämän jälkeen selvitetään suomalaista ja ulkomaalaista tutkimusaineistoa puhdistamolietteen käytöstä maataloudessa. Teoriaosan jälkeen esitellään Iisalmen Veden Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon toimintaa ja taustaa kalkkistabiloinnille. Luvussa seitsemän kootaan yhteen viljelijöiden ja puhdistamolietekäyttäjien haastattelut. Lopuksi kerrotaan työn varsinaisen aiheen, eli tuoteselosteen, vaatimuksia ja sisältöä sekä kerrotaan muualla Suomessa toimivien jätevedenpuhdistamoiden kokemuksia kalkkistabiloinnista.

## 2 PUHDISTAMOLIETTEEN KÄYTTÖÄ OHJAAVAT SÄÄDÖKSET JA MÄÄRÄYKSET

Puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä on erilaisia lakeja, asetuksia ja säädöksiä. Vuonna 1994 on astunut voimaan valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä (282/1994). Päätös on tehty jätelain (1072/93) nojalla. Päätöksen 4§:n mukaan: ”*Liete on ennen sen käyttöä maanviljelyksessä käsiteltävä mädättämällä tai kalkkistabiloimalla taikka muulla sellaisella tavalla, jolla voidaan merkittävästi vähentää taudinaiheuttajien määrää ja hajuhaittoja sekä lietteen käytöstä aiheutuvia terveys- tai ympäristöhaittoja.*” Maanviljelyksessä käytettävän puhdistamolietteen ja viljelysmaan raskasmetallipitoisuudet on analysoitava. Raskasmetallipitoisuuksien raja-arvot puhdistamolietteessä sekä viljelysmaassa on osoitettu taulukossa 1. Suiluissa olevat olisi pitänyt saavuttaa vuoden 1998 alkuun mennessä. (Puhdistamolietteen käytöstä maataloudessa N:o 282/1994.)

TAULUKKO 1. Suurimmat sallitut raskasmetallipitoisuudet puhdistamolietteessä, viljelysmaassa ja Iisalmen puhdistamolietteen pitoisuudet (N:o 282/1994)

Raskasmetalli	Puhdistamolietteen suurimmat sallitut raskasmetallipitoisuudet (mg/kg KA)	Puhdistamolieteseoksen suurimmat sallitut raskasmetallipitoisuudet (mg/kg KA)	Viljelysmaan suurimmat sallitut raskasmetallipitoisuudet (mg/kg KA)	Suurin sallittu keskimääräinen vuotuinen raskasmetallikuormitus (mg/kg KA)	Iisalmen puhdistamolietteen pitoisuudet (mg/kg KA)
Kadmium	3,0 (1,5)	5,0 (3,0)	0,5	3,0 (1,5)	0,19
Kromi	300	1000 (300)	200	300	15,4
Kupari	600	3000 (600)	100	600	188
Elohopea	2,0 (1,0)	25 (2,0)	0,2	2,0 (1,0)	0,14
Nikkeli	100	500 (100)	60	100	18,5
Lyijy	150 (100)	1200 (150)	60	150 (100)	8,05
Sinkki	1500	5000 (1500)	150	1500	547



Puhdistamolietteen käyttö on rajattu seuraavilla kasveilla: viljalle, sokerijuurikkaalle ja öljykasveille taikka sellaisille kasveille, joita ei käytetä ihmisen ravinnoksi tai eläimen rehuksi. Puhdistamolietteen levitys nurmelle on sallittua, kun se perustetaan suojaviljan kanssa ja mullataan huolellisesti. Puhdistamolietteellä lannoitetun maan varoaika on viisi vuotta, jonka jälkeen perunan, juureksen ja vihanneksen viljely on mahdollista. Viljelymaan pH-arvon on oltava yli 5,8 käytettäessä puhdistamolietettä. Kun puhdistamoliete on kalkkistabiloitu, riittää maan pH-arvoksi 5,5. Levitetyn puhdistamolietteen määrä hehtaaria kohden määräytyy viljeltävän kasvin ravinnetarpeen sekä maaperän laadun mukaan. Raja-arvot raskasmetallipitoisuuksille on esitetty yllä olevassa taulukossa. Puhdistamolietteen ja tarvittaessa myös viljelymaan raskasmetallipitoisuudet on analysoitava. (Puhdistamolietteen käytöstä maataloudessa N:o 282/1994.)

Puhdistamolietteen käsittelijällä on velvollisuus antaa puhdistamolietteen käyttäjälle puhdistamolietteen laatua koskevat tiedot sekä muut tiedot sen alkuperästä ja käsittelystä ja ohjeet sen käytöstä. Jätevedenpuhdistamon on lisäksi pidettävä kirjaa seuraavista asioista: tuotetun puhdistamolietteen ja maanviljelyskäyttöön toimitetun puhdistamolietteen määrästä, laadun ominaisuuksista, käsittelystä sekä sijoituspaikoista, käyttökohteista ja vastaanottajista. Vuosittain puhdistamolietteen käsittelijän on toimitettava ympäristönsuojelulautakunnalle ja terveyslautakunnalle sekä vesi- ja ympäristöpiirille yhteenveto tuotetun puhdistamolietteen ja maanviljelyskäyttöön toimitetun puhdistamolietteen määrästä, laadun ominaisuuksista ja käsittelystä. Puhdistamolietteen käsittelijällä on velvollisuus säilyttää jäljennökset maaperän ja puhdistamolietteen analyysituloksista sekä viljelijöiden kanssa tehdyistä sopimuksista vähintään viisi vuotta. (Puhdistamolietteen käytöstä maataloudessa N:o 282/1994.)

Maa- ja metsätalousministeriö on laatinut ohjeen puhdistamolietteen käytöstä maataloudessa (2915/835/2005). Sen mukaan puhdistamoliete on käsiteltävä Elintarviketurvallisuusviraston (Evira) hyväksymällä menetelmällä, jotta viljelijä saa vastaanottaa sitä. Nämä hyväksytyt menetelmät ovat termofiilinen mädätys, kalkkistabilointi, kompostointi ja terminen kuivaus. Eviralla on valta hyväksyä myös muita menetelmiä, mikäli voidaan todistaa, että niillä pystytään vähentämään merkittävästi taudinaiheuttajien määrää puhdistamolietteessä. Puhdistamolietettä vastaanottaessa viljelijän on saatava tieto siitä, että puhdistamolietteen käsittelijä kuuluu Eviran lannoitevalmisteiden

valvonnan rekisteriin. Vahvistus voi olla esimerkiksi RA-tunnus, joka annetaan kaupanimen ja tyyppinimen vahvistamisen yhteydessä. (MMMELO 2915/835/2005.)

Puhdistamolietteen on täytettävä lannoitelaisissa määrättyt laatu- ja hygieniavaatimukset. Jokaisen tuote-erän mukana on toimitettava viljelijälle tuoteseloste sekä analyysitulokset luovutettavan puhdistamolietteen mikrobiologisista ominaisuuksista. Tuoteselosteessa tulee ilmoittaa kuiva-ainepitoisuus, orgaanisen aineksen määrä, happamuus, johtokyky, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori ja kokonaiskalium. Lisäksi tuoteselosteen liitteenä tulee olla analyysitodistus, jossa todetaan kadmiumin, kromin, kuparin, nikkelin, lyijyn, sinkin, elohopean ja arseenin pitoisuudet mg/kg kuivaainetta. Analyysitodistuksessa tulee myös todistaa, että puhdistamoliete on puhdas salmonellasta ja *Escherichia coli*n määrä ei ylitä sallittua. Näiden arvojen lisäksi voidaan tuoteselosteessa ilmoittaa liukoisen typen, kalsiumin ja magnesiumin kokonaisarvot sekä raudan, rikin ja alumiinin pitoisuudet. (MMMELO 2915/835/2005.)

Puhdistamolietteen kuljetus jätevedenpuhdistamolta tilalle tulee tehdä siten, ettei uudelleen kontaminoitumista tapahdu, eivätkä taudinaiheuttajat siirry puhdistamolta tilalle. Samalla on huolehdittava, ettei kuljetuksesta aiheudu häiriötä ihmisille, eläimille tai ympäristölle. Puhdistamoliete on kuljetettava katetussa ajoneuvossa, joka on tiivis. Puhdistamolietteen kuljettajan on myös pidettävä kirjaa kuljettamistaan puhdistamolietemääristä. Puhdistamolietteen käsittelijällä on vastuu käsitellyn puhdistamolietteen laadusta. Jos laatu ei täytä lannoitelain vaatimuksia, on käsittelijän korvattava se vahinko, joka tilalle on syntynyt. Puhdistamolietteen käsittelijä on velvoitettu myös neuvomaan vastaanottavaa tilaa puhdistamolietteen oikeasta käytöstä. Käsittelijällä on myös kuljetus- ja levitysvastuu, jota se voi vaatia myös käyttämiltään urakoitsijoilta. Viljelijällä on käytännössä vastuu puhdistamolietteen käytöstä ja varastoinnista tilansa alueella. (MMMELO 2915/835/2005.)

MMM:n asetus lannoitevalmisteista (12/07) säättää erilaiset vaatimukset, jotka koskevat lannoitevalmisteita. Tyyppinimen hakeminen ja sen lisääminen kansalliseen lannoitevalmistetyyppinimiluetteloon on tehtävä kirjallisesti. Lannoitteen valmistaja ja myyjä ovat velvollisia tarkistamaan, että lannoitetta vastaanottava tila on kotieläintila tai että tilalla on lannanvastaanottosopimus. Lannoitetta vastaanottavien tilojen tulee pitää kirjaa, mille peltolohkoille puhdistamolietettä on levitetty. Lannoitteesta on teh-

tävä räjähtämättömyyskokeet, joiden tulokset lähetetään Eviraan vähintään viisi arkipäivää ennen lannoitteen markkinoille tuloa. Todistus lannoitteen räjähtämättömyydestä saa olla enintään kuusi kuukautta vanha. Lannoite on varastoitava niin, että siitä ei synny ravinnepäästöjä ympäristöön. (Kansallinen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelo 12/07.)

Eduskunnan päätöksen mukaan on säädetty lannoitevalmistelaki (539/2006), jonka tavoitteena on turvata kasvintuotannon sekä elintarvikkeiden ja ympäristön laatu. Lain mukaan lannoitevalmisteiden on oltava tasalaatuisia, turvallisia ja käyttötarkoituksensa sopivia. Lisäksi lannoitevalmisteiden tulee täyttää lannoiteasetuksessa, sivutuoteasetuksessa ja lannoitevalmistelaissa annetut vaatimukset. Lannoitevalmiste ei saa sisältää haitallisia aineita, tuotteita tai eliöitä siinä määrin, että sen käytöstä voi aiheutua haittaa ihmisten tai eläinten terveydelle tai turvallisuudelle, kasvien terveydelle taikka ympäristölle. Lannoitevalmisteen tulee olla tyyppinimen mukainen, jotta sen voi saattaa markkinoille. Markkinoille menevässä lannoitevalmisteessa tulee olla tuoteseloste, jossa on annettava tieto lannoitevalmisteen tyyppi- ja kauppanimestä, ominaisuuksista, käytöstä, koostumuksesta, valmistajasta ja maahantuoijasta. Tuoteseloste on joko liitettävä pakkaukseen tai toimitettava lannoitevalmisteen mukana tulevien asiakirjojen mukana. (Lannoitevalmistelaki N:o 539/2006.)

### 3 PUHDISTAMOLIETTEEN LAINMUKAISET KÄSITTELYMENETELMÄT

MMM:n laatimassa ohjeessa puhdistamolietteen maatalouskäytöstä (2915/835/2005) lainmukaiset käsittelymenetelmät puhdistamolietteelle ovat termofiilinen mädätys, kalkkistabilointi, kompostointi, terminen kuivaus ja kemikond- menetelmä. Puhdistamolietteen pelkkä tiivistäminen ja kuivaus eivät ole riittävä käsittelymenetelmä. Samoin pelkkä puhdistamolietteen sekoittaminen turpeeseen, hakkeeseen, karikkeeseen tai muuhun vastaavaan ei sellaisenaan ole käyttökelpoinen maataloudessa. Myöskään mesofiilinen mädätys, joka tapahtuu 33–35 asteen lämpötilassa, ei ole riittävä käsittelymenetelmä. (MMMELO 2915/835/2005.)

**Mädätys** on anaerobinen käsittelymenetelmä, jolla voidaan hygienisoida puhdistamoliete. Mädätys tapahtuu joko termofiilisesti tai mesofiilisesti. Näistä ensimmäinen on lainmukainen käsittelymenetelmä ja sen lopputuotetta voidaan käyttää maanparannukseen. Termofiilisessä mädätyksessä lämpötila nostetaan yli 55 asteen ja tätä lämpötilaa ylläpidetään vähintään neljän tunnin ajan. Tänä aikana puhdistamolietteestä vapautuu kaasua ja vettä sekä bakteerikanta kuolee. (MMMELO 2915/835/2005.)

Puhdistamolietteen **kalkkistabiloinnissa** puhdistamolietteeseen sekoitetaan kalkkia, joka on joko sammutettua ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) tai poltettua ( $\text{CaO}$ ). Kalkki voidaan lisätä ennen tai jälkeen kuivausta tai sen yhteydessä. Kalkki aiheuttaa reaktion, jossa puhdistamolietteen pH ja lämpötila kohoavat. Kalkkistabilointi on vaatimukset täyttävää silloin, kun pH on vähintään 12 vähintään kahden tunnin ajan. Lisäksi suositellaan, että lämpötilan tulisi ylittää vähintään 55 astetta vähintään kahden tunnin ajan puhdistamolietteen hygienisoimisen tehostamiseksi. (MMMELO 2915/835/2005.)

Puhdistamolietettä voi **kompostoida** kompostointikentällä aumoissa tai patjakompostointina, reaktorissa tai jollakin muulla sopivalla tekniikalla. Kompostointimenetelmä, kompostointiprosessi ja käytetyt seosaineet vaikuttavat kompostoitumiseen tarvittavaan aika- ja lämpötilavaatimuksiin. (MMMELO 2915/835/2005.)

Auma- ja patjakompostoinnissa lämpötilan on noustava vähintään neljän tunnin ajaksi vähintään 55 asteeseen kolmen perättäisen kompostin käynnön jälkeen. Riittävä kom-

postointi voi kuitenkin vaatia enemmän kuin kolme kääntöä. Lämpövaiheen jälkeen kompostia on jälkikypsyttävä, jotta kaikki kasveille haitalliset yhdisteet häviävät. Jälkikypsytyksajaksi suositellaan kahta vuotta, mutta kuusi kuukauttaakin riittää. (MMMELO 2915/835/2005.)

Kun kompostointi tehdään ilmastetussa aumassa tai reaktorissa, lämpötilan on noustava jokaisessa erässä yli 55 asteen vähintään neljän tunnin ajaksi ja sen on pysyttävä yli 40 asteen vähintään viiden vuorokauden ajan. Tämän jälkeen kompostia on jälkikypsyttävä saman lailla kuin auma- ja patjakomposteja. (MMMELO 2915/835/2005.)

**Termisessä kuivauksessa** puhdistamolietteen kosteus vähennetään alle 10 %. Tämä tapahtuu kuumentamalla puhdistamolietettä vähintään 80 asteeseen vähintään kymmenen minuutin ajaksi. (MMMELO 2915/835/2005.)

**Kemicond- menetelmässä** puhdistamoliete hygienisoidaan rikkihapon ja vetyperoksidin avulla. Ensin puhdistamolietteen lisätään rikkihappoa sen hapottamiseksi. Sitteen puhdistamoliete hapetetaan vetyperoksidilla, mikä poistaa siitä vettä. Lopuksi puhdistamoliete on vielä kuivattava esimerkiksi lingolla, minkä jälkeen se on vielä kompostoitava. Kompostoinnin on kestävä niin kauan, kunnes puhdistamoliete on riittävän kypsää, ja se täyttää laatuvaatimukset. (MMMELO 2915/835/2005.)

#### 4 PUHDISTAMOLIETE LANNOITTEENA

Puhdistamolietettä saadaan, kun yhdyskuntien jätevesiä puhdistetaan. Yhdyskuntien jätevedet koostuvat asuma- ja teollisuusjätevesistä. Teollisen jäteveden määrä ja laatu vaikuttavat yhdyskuntien jäteveden koostumukseen. Puhdistamoliete koostuu orgaanisesta aineksesta, fosforista, typestä ja hivenravinteista. (Vihersaari 2003, 2-3.) Suomessa puhdistetusta jätevedestä vain 10 % käytetään hyväksi maatalouden lannoitteena. Tämä johtunee siitä, että viljelijät ovat vielä skeptisiä puhdistamolietteen hygieenisestä laadusta sekä siitä, miten se asettuu ympäristötukijärjestelmään. Pelkona ovat myös mahdolliset tukisanktoriskit. (Kapuinen 2008.)

Jos puhdistamolietettä käsitellään kalkkistabiloinnilla, sen on todettu nostavan maan pH arvoa 0,5–1,5 yksikköä. Näin ollen kalkkistabiloidun puhdistamolietteen käyttö voi vähentää peltojen kalkituksen tarvetta. Puhdistamolietteen kuiva-aine sisältää orgaanista ainesta noin 50 %, mikä edistää maan vedenpidätyskykyä sekä parantaa maan mururakennetta. Tällöin maan vesitalous ja ilmanvaihto paranee sekä sitä myötä maan ravinteiden sitomiskyky paranee ja pieneliötoiminta vilkastuu. (Vihersaari 2002, 47.) On todettu, että puhdistamolietteen fosforipitoisuus vaihtelee puhdistamolietteen käsiteltävän mukaan. Kompostoidun puhdistamolietteen liukoisen fosforin määrä voi olla selvästikin alle 20 % kokonaisfosforista, mutta esimerkiksi kalkkistabiloinnilla sen määrä voi vaihdella 50–90 % välillä. MTT:n tutkimuksessa tutkittiin puhdistamolietteen lannoitusvaikutusta. Typen osalta puhdistamoliete kattoi ohran koko typpilannoituksen, paitsi silloin kun käsittelymenetelmänä oli kalkkistabilointi. Fosforilannoitusarvo oli jokaisella käsittelymenetelmällä hyvä, mutta tutkimuksessa todettiin, että se ei vaikuttanut sadon määrään, koska rajoittavana ravinteena oli typpi. Näin ollen puhdistamolietteen käyttö on kannattavaa sellaisille pelloille, joilla on fosforilannoituksen tarvetta. Tutkimuksessa pääteltiin, että viljelijälle olisi kannattavinta, niin sadon kuin maanparannusvaikutuksen takia, Kemicond- menetelmällä käsitelty puhdistamoliete tai sitten biokaasulaitoksessa käsitelty puhdistamoliete. (Kapuinen 2008.)

Pelkkien väkilannoitteiden käyttö saattaa ajan myötä vähentää pellon humuksen määrää. Humuksen lisääminen puhdistamolietteellä antaa pidemmän maanparannusvaikutuksen kuin esimerkiksi karjanlanta. Tämä johtuu siitä, että puhdistamolietteen orgaa-

ninen aines on hitaasti hajoavaa ja sen vaikutus voi kestää useita vuosia. (Vihersaari 2002, 47.)

Puhdistamolietteen sisältämä typpi esiintyy kolmessa eri muodossa: kasveille käyttökelpoinen epäorgaaninen typpi, orgaaninen typpi, jonka mikrobit voivat mineralisoida kasveille käyttökelpoiseen muotoon ja orgaaninen typpi, joka ei mineralisoidu. Raakalietteessä typpi esiintyy suurimmaksi osaksi orgaanisena typpinä, mutta käsittelyn jälkeen se voi muuttua epäorgaaniseksi. Liukoisen typen määrä voi vähentyä kuivauksen yhteydessä jopa kaksi kolmasosaa alkuperäisestä. Puhdistamolietteen sisältämän typen lannoitearvo riippuu kasveille käyttökelpoisessa muodossa olevasta typen määrästä. (Vihersaari 2002, 48.)

Fosforia saostetaan jätevedestä kemiallisesti joko kalsiumilla, raudalla tai alumiinilla. Saostuksessa käytetty kemikaali vaikuttaa jätevesilietteen fosforipitoisuuteen. Kalsiumilla saostettu jätevesiliete sisältää vähiten fosforia ja alumiinilla saostettu jätevesiliete sisältää fosforia eniten. (Vihersaari 2002, 48–49.)

Suomessa on tehty tutkimus Varsinais-Suomen Agenda 21:n kautta. Puhdistamolietteen fosforipitoisuus ilmoitetaan kokonaisfosforipitoisuutena, eikä sitä ole määriteltä liukoisen fosforin tai kasveille käyttökelpoisen fosforin pitoisuuksiksi. Agendassa on tutkittu liukoisen fosforin määrää puhdistamolietteenä. Liennut fosfori on puhdistamolietteenä pääasiassa fosfaattina ( $\text{PO}_4$ ). Fosforipitoisuudet määritettiin kokoonäytteistä tai kertaäytteistä. Näytteitä on säilötty eri jätevedenpuhdistamoilla erilaisin tavoin, joten se voi vaikuttaa lopullisiin tutkimustuloksiin. (Vihersaari 2003, 21.)

Tutkimustuloksissa selvisi, että fosforia on keskimäärin 2,1 % puhdistamolietteen kuiva-ainepitoisuudesta. Liukoisen fosforin keskiarvopitoisuus oli 0,3 % kuiva-aineesta. Keskimäärin liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista oli 13,4 %. Liukoisen fosforin määrä vaihteli 1,55–32,81 % välillä. Lainsäädännön mukaan on oletettu liukoisen fosforin määräksi 75 % puhdistamolietteen kokonaisfosforimäärästä. Tutkimuksen mukaan liukoisen fosforin määrä on huomattavasti vähemmän kuin mitä käytetään levitysmäärien laskennassa. (Vihersaari 2003, 23.)

Jätevesi sisältää raskasmetalleja, joiden määrä lietteessä vaihtelee jäteveden lähteestä riippuen. Teollisuusjätevedet sisältävät eniten raskasmetalleja. Puhdistamolieteessä tarkkaillaan elohopean, kadmiumin, kuparin, sinkin, kromin, nikkelin ja lyijyn pitoisuuksia. (Vihersaari 2002, 49.) Suomessa on kehitetty jätteidenkäsittely jo niin pitkälle, että raskasmetallit tai muut epäpuhtaudet eivät ole enää ongelmana. Näin ollen on käytetty kompostoitua puhdistamolietettä ja on havaittu merkittäviä sadonlisiä verrattuna tavalliseen kivennäislannoitukseen. Puhdistamolietekompostit sisältävät paljon fosforia, mutta suuri osa siitä on kasveille käyttökelvottomassa muodossa. Komposteissa ravinteet sitoutuvat eloperäiseen aineeseen, joten ne ovat hitaasti liukenevia ja pitkävaikutteisia. Kompostit parantavat maahan sitoutuneiden ravinteiden hyväksikäyttöä sekä estävät niiden huuhtoutumista. (Joona 2008, 28–30.)

Maanparannusvaikutukseltaan paras levitysjankkohta on juuri ennen kylvöä. Etelä-Karjalassa lietekomposteja on käytetty muun muassa viljoille ja rypsilille. Rypsilillä kasvuun lähtö on ollut nopeampaa ja tasaisempaa kuin keinolannoitteilla. Samalla on myös saatu muutamien kymmenien prosenttien satolisiä. Viljelijät ovat huomanneet myös että levitysvuonna peltojen kuorettuminen on vähentynyt ja vedenpidätyskyky parantunut komposteja käytettäessä. (Joona 2008, 32.)

#### Vuohiniemen kalkkistabiloidun puhdistamolietteen peltokokeet

Vuohiniemen kalkkistabiloidulla puhdistamolietteellä tehtiin ensimmäisiä peltokokeita kesällä 2008 MTT:n Maanigan tutkimusasemalla. Testikasveina kokeissa käytettiin ohraa ja säilörehunurmea. Säilörehunurmi perustettiin suojaviljaan. Molempia kasveja lannoitettiin neljällä eri lannoitustavalla. Sama kasvi ja lannoitustapa toistui neljällä eri koeruudulla, koeruutuja kertyi yhteensä 32 kappaletta. Koelannoituksina käytettiin lannoittamatonta kontrolliruutua, kalkkistabiloitua puhdistamolietettä maksimilevitysmäärällä, tavanomaista lannoitusta NPK-moniravinteella sekä yhdistettynä NPK-moniravinnetta ja poltettua kalkkia. Kalkkistabiloidun puhdistamolietteen koeruutuja täydennettiin NK1-lannoitteella. (Pakarinen 2009.)

Ennen lannoitusta koeruuduista otettiin alkumaanäytteet. Kokeet pyrittiin suorittamaan vähäfosforisella maalla. Lannoitus ja kylvö suoritettiin kesäkuun 12. – 13. päivä 2008. Kalkkistabiloitua puhdistamolietettä levitettiin ympäristötukiehtojen maksimi-



määrien mukaisesti ohralle 14 t/ha ja säilörehunurmen perustamislannoitukseen 35 t/ha. Lisäksi ohralle tarvittiin lisälannoitteeksi NK1-lannoitetta 250 kg/ha ja säilörehunurmelle 200 kg/ha. Taulukossa 2 on esitetty lannoitemääriä vastaavat ravinnemäärät kiloina hehtaaria kohden. (Pakarinen 2009.)

TAULUKKO 2. Koeruuduille levitettyjä lannoitemääriä vastaavat ravinnemäärät (Pakarinen 2009)

Koeruutu	Typpi (kg/ha)	Fosfori (kg/ha)	Kalium (kg/ha)
Kalkkistabiloitu puhdistamolieta ohralle (+väkilannoitelisä)	16 (+50)	21,8 (+0)	9,7 (+37,5)
Kalkkistabiloitu puhdistamolieta säilörehunurmen perustamiselle (+väkilannoituslisä)	40,2 (+40)	55,1 (+0)	24,4 (+30)
Väkilannoitus oh- ralle	70	21	21
Väkilannoitus säilö- rehunurmen perus- tamiselle	80	36	50

Orastuminen oli tasaista kaikilla koeruuduilla. Koska kylvö myöhästyi ja loppukesä oli poikkeuksellisen kylmä ja sateinen, säilörehunurmi korjattiin kokoviljasäilörehuna vasta 26.8.2008, ohra puitiin 30.9.2008 ja olkinäytteet otettiin 8.10.2008. Maa- ja kasvustutuloksia ei ole vielä saatavilla. Taulukossa kolme on esitetty eri koeruutujen sato-  
tulokset. Ohralla havaittiin, että Kalkkistabiloidulla puhdistamolietteen lannoitettu pelto on lähes NPK- moniravinteen veroinen. Puhdistamolietteen käyttö lisäsi kuitenkin hieman lakosuutta. Hehtolitraino ja tuhannen jyvän paino oli kalkkistabiloiduilla koeruuduilla kerätyssä sadossa matalampi, mutta ei kuitenkaan merkitsevästi. Kokoviljasäilörehulla havaittiin, että kalkkistabiloitu puhdistamolieta on NPK- moniravinteen veroinen ja sen lannoitusyöty kontrolliruutuun nähden oli hyvin merkittävä. (Pakarinen 2009.)

TAULUKKO 3. Koeruutujen satotulokset kasvilajeittain (Pakarinen 2009)

<b>Lannoitus</b>	<b>Kasvi</b>	<b>Lako</b>	<b>Olkisato (kg ka/ha)</b>	<b>Jyväsat (kosteus 15 %)</b>	<b>HLP</b>
K					
Kontrolli	Ohra	3	2175	2331	41,1
KSPL	Ohra	9	2439	2674	39,6
KNPK	Ohra	6	2494	2788	41,0
KNPK+poltettu kalkki	Ohra	4	2353	2769	40,6
<b>Lannoitus</b>	<b>Kasvi</b>	<b>Pituus</b>	<b>Sato (ka/ha)</b>		
Kontrolli	Säilörehunurmi	86	3895		
KSPL	Säilörehunurmi	95	4845		
KNPK	Säilörehunurmi	94	4869		
KNPK+poltettu kalkki	Säilörehunurmi	93	4831		

## 5 KALKKISTABILOINTI JA KOKEMUKSET SIITÄ ULKOMAILLA

### 5.1 Puhdistamolietteen fosforin saatavuus kasville

Itävaltalaisen Seyhanin ja turkkilaisen Erdinclerin tekemässä tutkimuksessa tutkittiin fosforin saatavuutta kalkkistabiloidussa puhdistamolietteessä. Testikasvina tutkimuksessa käytettiin englanninraiheinää sen nopean kasvun vuoksi. Kokeessa käytetty puhdistamoliete, joka oli kalkkistabiloitu, sisälsi kuiva-ainetta 26 % ja sen N (typpi) –P (fosfori) –K (kalium) –suhde oli 5-4,5-1. Puhdistamolietteeseen piti lisätä 3 % kalkkia, jotta sen pH nousi yli kahdentoista kahden tunnin ajaksi. Jotta tutkimuksella saatiin nettoarvo puhdistamolietteestä maanparannusaineena, kokeessa käytettiin maata, jossa oli alhainen fosforipitoisuus. (Seyhan & Erdincler 2003, 155–156.)

Puhdistamoliete sijoitettiin maahan 0,5 senttimetrin syvyyteen siemenen alapuolelle siten, ettei se ollut kosketuksissa siemenen kanssa. Koealoihin sijoitettiin puhdistamolietettä siten, että fosforipitoisuudet vaihtelivat koealoittain (0 mg/kg, 100mg/kg, 200mg/kg, 300mg/kg ja 400mg/kg). Siemenet kylvettiin maahan 21 päivän päästä koealojen muokkauksen ja lannoituksen aloittamisesta. Kylvötiheys oli 1,3g/koealuruukku. Suurella kylvötiheydellä pyrittiin luomaan tarpeeksi suuri fosforin ottotarve, jotta saataisiin paremmin selville puhdistamolietteestä saatavan fosforin määrä. Neljäntenä päivänä kylvöstä englanninraiheinä tuli oraalle. Sadon korjuu tehtiin 20 päivän päästä kylvöstä. Englanninraiheinä katkaistiin 2 senttimetrin korkeudelta. (Seyhan & Erdincler 2003, 157–158)

Fosforin lisäys nosti satoa koeruukuissa. Suurin satotuotos saavutettiin koeruukusta, joka oli lannoitettu kalkkistabiloidulla puhdistamolietteellä, kun fosforia oli puhdistamolietteessä 100 mg/kg. Kalkkistabiloitu puhdistamoliete ei nostanut kokeissa kasvin fosforin ottoa verrattaessa puhdistamolietteettömään maahan. Tutkijat puoltavat ajatusta, että kuivatussa puhdistamolietteessä on vähemmän liukoista fosforia kuin jätevesilietteessä. Kalkkistabiloinnin yhteydessä kokkaroitunut maa heikentää kasvin fosforin saantia. Lisäksi tutkijat epäilevät kalkin mukana tulevan kalsiumin heikentävän fosforin liukenemistä. Kalkkistabilointi nostaa lietteen pH-arvoa, mikä aiheuttaa fos-

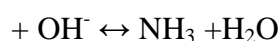
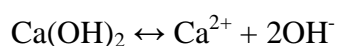
forin sitoutumista raskasmetalleihin, heikentäen myös fosforin liukenemista. (Seyhan & Erdinçler 2003, 158–159.)

Toinen tutkimus on tehty Iso-Britanniassa, jossa tutkittiin, kuinka paljon puhdistamoliete sisältää fosforia. Aikaisemmissa tutkimuksissa on käynyt ilmi, että pitkäaikainen puhdistamolietteen käyttö on lisännyt maan fosforipitoisuutta yli kaksinkertaiseksi. Fosforin määrän on todettu olevan riippuvainen puhdistamolietteen alumiinin ja raudan määrästä suhteessa fosforin määrään. Puhdistamolietteen liukoinen fosforipitoisuus laskee, kun siihen lisätään paljon kemiallisia aineita. (Hogan ym. 2001, 1347–1348.)

On arvioitu, että fosforista 50 % on kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Mutta koska ravinteet ovat vesiliukoisia, jätevesilietteen termisen kuivauksen jälkeen fosforin käyttökelpoisuusprosentti laskee 75 % keskimääräisestä. Maalajeista kalkkipitoinen savimaa on parempi fosforinhyödyntäjä kuin karkea hiuemaa. Tutkimuksen mukaan sadossa olevan fosforin määrä on verrannollinen puhdistamolietteen sekä maaperän kasvin käytettävissä olevan fosforin määrään savimailla. Hiumuilla samanlaista verrannollisuutta ei havaittu sen korkean kasveille käytettävän fosforin määrän vuoksi. (Hogan ym. 2001, 1349.)

## 5.2 Lietteen taudinaiheuttajien hävittäminen kalkkistabiloinnilla

Pohjois-Amerikan teknologiakeskuksessa tehty tutkimus osoittaa kalkkistabiloinnin vähentävän taudinaiheuttajia B-luokan tasolle. B-luokan vaatimustasona on, että taudinaiheuttajien määrä laskee tasolle, jossa ei synny terveys- tai ympäristöriskiä (Bina ym. 2004, 35). Vastaava A-luokan vaatimustaso on vähentää puhdistamolietteen taudinaiheuttajia tasolle, jossa niitä ei havaita (Bina ym. 2004, 35). B-tason saavuttamiseen tarvitaan kalkkia 150–250 g puhdistamolietekiloa kohti. Kalkinlisäys puhdistamolietteeseen aiheuttaa seuraavat reaktiot:



Kalkki ( $\text{CaO}$ ) reagoi puhdistamolietteessä veden ( $\text{H}_2\text{O}$ ) kanssa tuottaen kalsiumhydroksidia ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) ja lämpöä ( $65,2\text{kJ}$ ). Kalsiumhydroksidi hajoaa kalsiumiksi ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ja hydroksidiksi ( $2\text{OH}^-$ ) nostaen samalla puhdistamolietteen pH:ta. Ammoniumin ( $\text{NH}_4^+$ ) reagoiessa hydroksidin kanssa syntyy vapaata ammoniakkia ( $\text{NH}_3$ ) ja vettä (kuvio1). Kalkkistabiloinnin desinfioiva vaikutus johtuu puhdistamolietteen lämpötilan noususta, pH:sta ja vapaan ammoniakin määrästä maa-aineksessa. (Abu-Orf ym. 2004, 131–132.)



KUVIO 1. Puhdistamolietteestä vapautuu ammoniakkia, kun siihen lisätään kalkkia (Mikola 2008)

Bujoczekin, Liun ja Oleszkiewiczin tutkimuksessa kalkkistabiloinnilla päästään A-luokan tasolle edellistä vähemmällä kalkkimäärällä. Tässä tutkimuksessa maa-aines säilöttiin hapettomassa tilassa 20–22 asteen lämpötilassa. Tällöin kalkkia tarvittiin 30 g puhdistamolietekiloa kohti. Tutkimuksessa kolibakteerien ja salmonellan arvot laskevat A-luokan tasolle. (Abu-Orf ym. 2004, 132.)

Iranissa tehdyssä tutkimuksessa otettiin seitsemän näytettä Isfahan jätevedenpuhdistamolta. Näytteet jaettiin kahteen litran astioihin, toiseen lisättiin 9,8 g ja toiseen 21,3 g kalkkia tavoitteena saavuttaa pH tasot 11 ja 12. Näytteitä sekoitettiin kahden tunnin ajan, jonka jälkeen niitä varastoitiin viisi päivää. Analyysyjä otettiin 0, 2, 24, 72 ja 120 tunnin kuluttua. Näytteistä mitattiin kokonais- ja haihtuvat ravinteet, koliformisten

bakteerien kokonaismäärä, ulosteen koliformisten bakteerien määrä, salmonella sekä loismatojen munien määrä. (Bina ym. 2004, 35.)

Kokeessa pH oli alussa raakalietteessä 6,6. 21,3 g/l kalkkilisäyksellä pH nousi kahden tunnin kuluttua 12,5 ja pysyi koko mittausjakson ajan samana. 9,3 g/l kalkkilisäyksellä pH oli kahden tunnin jälkeen 11,4. Arvo laski jokaisella mittausvälillä ollen viimeisellä mittauksella 9,3. Kokeen alussa ennen kalkkilisäystä kokonaisravinteiden määrä oli 2,5 % ja haihtuvien 67,4 %. Koliformisten bakteerien kokonaismäärä oli  $48 \times 10^8$  kappaletta grammaa kohden ja ulosteen koliformisten bakteerien määrä  $1,6 \times 10^7$  kappaletta grammaa kohden. Salmonellaa oli 55 kappaletta neljää grammaa kohden ja loismatojen munia oli 180 kappaletta grammaa kohden. Kalkkilisäyksen jälkeen kokonaisravinteiden määrä nousi joka mittausvälillä molemmissa näytteissä ollen korkeammassa pH:ssa 6,5 % ja alemmassa pH:ssa 6,3 %. Vastaavasti haihtuvien ravinteiden määrä laski ollen korkeammassa pH:ssa 19,2. Alemmassa pH:ssa haihtuvien ravinteiden määrä laski 72 tuntiin asti 40,0 %, mutta tämän jälkeen osuus alkoi nousta. Bakteerien määrä puhdistamolietteessä laski huomasti molemmassa pH:ssa. Kokeessa kuitenkin havaittiin, että pH:n ollessa 11 bakteerien määrä alkoi jälleen nousta 72 tunnin jälkeen. Salmonella poistui puhdistamolietteestä molemmissa näytteissä kahden tunnin jälkeen. Loismatojen munien määrä laski pH 12:ssa koko ajan, mutta pH 11:ssä niiden lukumäärä lähti uuteen kasvuun 72 tunnin jälkeen. (Bina ym. 2004, 36.)

Kokeen tulosten perusteella puhdistamoliete voidaan luokitella B-luokan tasolle, jos sen pH pysyy yli 11:ssä kahden tunnin ajan. Jos pH pysyy yli 11:ssä vuorokauden ajan, se voidaan luokitella A-luokkaan. (Bina ym. 2004, 36–37.)

### 5.3 Puhdistamolietteen käsittely ja desinfiointi kalkilla

Kreikkalaisen tutkijan tekemän selvityksen mukaan kalkki desinfioi puhdistamolietteen riippumatta siitä, käytetäänkö sammutettua vai poltettua kalkkia. 10–20 kg:n kalkin lisäys kuutioon puhdistamolietettä parantaa sen kuivumista, nostaa pH:ta kahden viikon ajaksi 11,5–12:een nostamatta lämpötilaa, poistaa bakteerit ja taudinaiheuttajat mutta rajaa vaikutuksen loisiin. Kalkin lisäys kuivattuun puhdistamolietteen aiheuttaa huomattavan lämpötilan nousun sekä kuiva-ainepitoisuuden nousun haihtumisen

johdosta. Tämän jälkeen puhdistamolietettä on helpompi käsitellä ja sillä on pitkäkeisempi desinfioiva vaikutus. Jotta pH nousee haluttuun 12:een, tarvitaan kalkkia 6–10 % puhdistamolietteen kuiva-ainepitoisuudesta. Vasta kahden vuoden jälkeen tutkimuksista puhdistamolietteen pH-arvo laski happamalle puolelle. Kasveille vapaan fosforin määrä kalkitussa puhdistamolietteenä on 68 %. Kalkitun puhdistamolietteen sijoittaminen maahan aiheuttaa pH:n normalisoitumisen, jolloin vapaan fosforin määrä nousee yli 90 %:n. (Andreadakis 1999, 31–37.)

TAULUKKO 4. Kalkin vaikutus bakteereihin (Andreadakis 1999, 35)

CaO annos %	Koliformien määrä kpl/g	Lämpötilalle vastustuskykyiset koliformit kpl/g	Streptococcus	Clostridium perfringens	Salmonella
0	$23 \cdot 10^4$	$49 \cdot 10^3$	$11 \cdot 10^4$	$30 \cdot 10^3$	havaittu 10g:ssa
2	$33 \cdot 10^1$	-	$<10^0$	$18 \cdot 10^2$	-
4	$13 \cdot 10^1$	-	$<10^0$	$14 \cdot 10^2$	-
6	$33 \cdot 10^1$	-	$<10^0$	$13 \cdot 10^2$	-
8	$13 \cdot 10^1$	-	$<10^0$	$9 \cdot 10^2$	-
10	$13 \cdot 10^1$	-	$<10^0$	$2 \cdot 10^2$	-

Taulukossa 4 on esitetty, miten kalkkiannoksen määrä vaikuttaa bakteereiden tuhoutumiseen neljän tunnin jälkeen kalkin sekoittamisesta puhdistamolietteeseen.

#### 5.4 Taudinaiheuttajien määrä juurikkaissa käytettäessä puhdistamolietettä lannoitteena

Iso-Britanniassa on tehty tutkimus, kuinka eri menetelmillä käsitelty puhdistamoliete vaikuttaa taudinaiheuttajien määrään eri juurikaskasveilla. Tutkimuksen on tehnyt Paul Gale. Tutkimuksen mukaan jätevesien käsittelyssä jätevesilaitoksilla 81 % salmonellasta siirtyy jätevedestä esiselkeytyksessä poistettuun lietteeseen. Salmonellasta 19 % siirtyy biologiseen käsittelyyn jäljelle jääneen jäteveden mukana. Biologinen käsittely passivoi 90 % salmonellasta. Biologisessa käsittelyssä jätevesiliete ilmastetaan altaassa, jossa mikroeliöstö alentaa orgaanisen aineksen määrää jätevedessä. Jäljelle jääneestä 10 %:sta salmonellaa oletetaan, että 90 % kulkeutuu edelleen biologisesta

käsittelystä poistettuun lietteeseen. Litra jätevettä sisältää 2713 salmonellaa. Tässä tutkimuksessa on oletettu, että 200 litraa jätevettä tuottaa yhden litran jätevesilietettä 2,7 % kuiva-ainepitoisuudella. Tällöin salmonellaa olisi jätevesilietteessä 540 000 kpl/l. (Gale 2003, 35–38.)

Kun pellolle lisätään uuttoveteen liuenneiden aineiden kokonaismääränä kalkkistabiloitua puhdistamolietettä 6,57 hehtaaria kohden vuodessa, salmonellan nettokuormitus on 1 320 kpl/ha. Viidessä viikossa salmonellan määrä maassa vähenee 13,2 kpl/ha. Vastaava salmonellamäärä maatonnia kohden on  $3,52 \times 10^{-3}$  kappaletta. Tonnin juurikassato sisältää korjattaessa maata 0,02 tonnia, jolloin salmonellaa on  $7,04 \times 10^{-5}$  kappaletta. Tutkijoiden laskelmien ja kokeiden mukaan kalkkistabiloitu puhdistamoliete sisältää noin puolet vähemmän taudinaiheuttajia kuin mädätetty puhdistamoliete. (Gale 2003, 42–43.)

### 5.5 Bakteerien uudelleenkasvu puhdistamolietteen varastoinnissa ja maanparannuksessa

Australian yliopistossa ympäristötieteen laitoksessa on tehty tutkimus puhdistamolietteessä olevien eri bakteerien uudelleenkasvusta varastoinnissa ja maanparannuksessa. Varastointikokeita tehtiin kaksi. Ensimmäinen 60 viikon pituinen koe aloitettiin toukokuussa 1993 ja toinen 24 viikon pituinen koe helmikuussa 1994. Mädätetystä puhdistamolietteestä tehtiin  $40 \text{ m}^3$  kokoisia aumoja, jotka sijoitettiin hiekkaperäiseen maahan kalkkikivipohjan päälle. Aumat olivat noin metrin korkuisia. Kokeesta kerättiin useita näytteitä kahdesta eri syvyydestä, ja jokainen näytekohdan lämpötila mitattiin. (Gibbs ym. 1997, 269–270.)

Maanparannuskokeessa tehtiin kahdenlaisia  $5 \times 7 \text{ m}$  kokoisia alueita: toisiin lisättiin lietettä ja toisiin ei. Maasta kerättiin näytteitä 10 senttimetrin syvyydestä kaksi viikkoa ennen lisäystä, heti lisäyksen jälkeen sekä kasvavalla aikavälillä 37 viikkoon asti. Näytteet otettiin viidestä satunnaisesta kohdasta jokaiselta alueelta. Alueen viisi näytettä yhdistettiin yhdeksi, johon sekoitettiin fosforilla puskuroitua liuosta. Tämän jälkeen näyte analysoitiin indikaattoribakteerien ja salmonellan osalta. (Gibbs ym. 1997, 270.)



Ensimmäisessä varastokokeessa indikaattoribakteeri fekaalinen koliformi väheni varastoinnin aikana siten, että se oli havaitsematon viikkoon 34 mennessä. Salmonella oli vastaavasti havaitsematon viikkoon 16 mennessä. Indikaattoribakteeri fekaalinen streptokokki oli havaitsematon heti varastoinnin alussa. Indikaattoribakteerien ja salmonellan tasot alkoivat nousta uudelleen; fekaalinen streptokokki viikolla 34, salmonella viikolla 52 ja fekaalinen koliformi viikolla 53. Auman lämpötila vastasi koko kokeen ajan ympäröivää lämpötilaa vaihdellen 14 – 22 asteen välillä. Toisessa varastokokeessa indikaattori- ja salmonellabakteerien määrä vaihteli samoin kuin ensimmäisessä kokeessa. Lämpötila oli 17 – 33 asteen välillä vastaten auman ympärillä olevaa lämpötilaa. (Gibbs ym. 1997, 270–272.)

Maanparannuskokeissa salmonellaa ei havaittu ollenkaan ennen puhdistamolietteen lisäystä. Puhdistamolietteen lisäyksen jälkeen salmonellan taso aleni viikon 8–29 välillä ja oli havaitsematon. Viikolla 36 salmonellataso oli korkeampi kuin alussa. Fekaalista koliformia ja fekaalista streptokokkia havaittiin kaikilla alueilla, mutta niitä oli vähemmän käsittelemättömillä alueilla. Fekaalisen koliformin arvo nousi yli alkuperäisen viikolla 29, mutta fekaalisen streptokokin arvo ei noussut huomattavasti. (Gibbs ym. 1997, 273–274.)

Molemmissa kokeissa vaikuttivat kuivan kauden jälkeen tulleet sateet. Varastokokeessa auman kosteuspitoisuus ei muuttunut sateiden aikana, mutta maanparannuskokeissa maan kosteuspitoisuus nousi huomattavasti. Kun verrataan sadekauden ajankohtaa ja tuloksia, bakteerien populaation kasvu on ajoittunut sadekauden alkuun. (Gibbs ym. 1997, 274.)

## 5.6 Ulkomaalaisten viljelijöiden kokemuksia puhdistamolietteen käytöstä

Eräällä itävaltalaisella tilalla on käytetty kalkkistabiloitua puhdistamolietettä vuodesta 1994 lähtien. Tilan pelloilla on viljelty nurmea, maissia, kevätohraa, kauraa ja apilaa. Kalkkistabiloitua puhdistamolietettä käytetään tilalla yhdessä omien kotieläinten tuotaman karjanlannan kanssa. Yhdistetyn puhdistamolietteen käyttö on nostanut fosforin ravintoarvoa tyydyttävästä hyväksi. Lisäksi maan pH-arvo on noussut 5,1–6,2:sta 5,5–6,7:een sekä kaliumin ja magnesiumin arvot ovat optimaaliset. Satotasot ovat alueen

keskitasoa merkittävästi korkeampia. Koska maan rakeisuus on parempi kuin yhdeksän vuotta sitten, maata on helpompi muokata eikä se ole eroosiolle niin arka. (Evans 2004, 28.)

Koillis-Espanjassa sijaitsevan Costa Bravan vesilaitoksella on pitkään jatkunut yhteistyö maanviljelijöiden kanssa puhdistamolietteen käytössä maataloudessa. Kahdeksan vuoden aikana tehtyjen tutkimusten mukaan merkittäviä raskasmetallipitoisuuksien nousuja ei ole havaittu puhdistamolietekäsitellyissä maissa. Käyttämällä puhdistamolietettä satotasot eivät nousseet, mutta lannoitekustannuksissa pystyttiin säästämään, koska kaupallisia lannoitteita tarvittiin tällöin vähemmän. Peltokokeiden mukaan puhdistamolietekäsitellyllä pellolla 60 % typestä on kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Vastaava kasveille käyttökelpoisen fosforin määrä on parempi kuin kemiallisilla lannoitteilla viljellyssä maassa. (Evans 2004, 29–30.)

Monilla englantilaisilla viljelijöillä on hyviä kokemuksia puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä. Eräällä tilalla jätevesilietettä käytettäessä maan katoaminen tuulen mukana on hävinnyt - samalla maasta on tullut viljavampi. Kyseessä oleva tila ei tarvitse puhdistamolietteen lisäksi ollenkaan fosforilannoitteita. Toisella tilalla saatiin lannoitekustannukset laskemaan 8000 eurolla vuodessa puhdistamolietteen käytön vuoksi eivätkä satotasot silti laskeneet. Puhdistamolietteellä käsitelty maa tuottaa 0,5 tonnia enemmän satoa kuin pelkästään karjanlannalla lannoitettu maa. Kolmannella tilalla puhdistamolietteen käyttö auttoi maata sitomaan enemmän kosteutta, jolloin pelloista saatiin tasainen sato joka vuosi. (Evans 2004, 30–31.)

Amerikassa Oregonin tilalla on käytetty jätevesilietettä vuodesta 1990 lähtien. Maa-näytteet 0,8 senttimetrin syvyydestä osoittavat, että orgaanisen aineen määrä on 3,2 % puhdistamolietekäsitellyillä ja 1,3 % ei-käsitellyillä mailla. Lisäksi kationien vaihto on noussut 50 %:lla, mikä vähentää ravinteiden huuhtoutumista maasta. Nurmen satotasot ja ravintoarvot ovat nousseet käytettäessä puhdistamolietettä lannoitteena. (Evans 2004, 31–32.)

### 5.7 Raskasmetallien vaikutus satoon viiden vuoden varoajan jälkeen

Isossa-Britanniassa on tehty selvitys FAO:n (Food and Agriculture Organization of the United Nations) kautta siitä, kuinka puhdistamolietteen lisäys peltoon vaikuttaa raskasmetallien siirtymiseen kuudennen vuoden satoon. Tämän lisäksi kasveille lisättiin väkilannoitteita riittävän ravinteiden saannin turvaamiseksi. Samalla selvitettiin kuinka lannoitteet vaikuttivat satotasoon. (FAO.)

Tutkimuksen mukaan 60 %:lle tiloista, jotka käyttivät puhdistamolietettä, ei ilmentynyt suuria muutoksia satoihin. 26 %:lla tiloista taas satotasot nousivat merkittävästi, kun ne käyttivät puhdistamolietettä. Satotason nousu koettiin johtuvan maanrakenteen paranemisesta. Viljasadot alenivat 6–10 % savi ja hiuemailla, jotka käsiteltiin nestemäisellä puhdistamolietteellä, sekä hiesulla ja savimailla, jotka käsiteltiin kuivatulla puhdistamolietteellä. (FAO.)

Joittenkin raskasmetallien (Cd, Ni, Cu ja Zn) pitoisuudet nousivat viljeltäessä muun muassa perunaa, vehnää, kaalia ja punajuurta. Lisäksi todettiin, että raskasmetallien määrä sadossa oli alhaisempi, kun käytettiin kuivattua puhdistamolietettä verrattuna nestemäiseen puhdistamolietteeseen. Raskasmetallien määrä vaihteli kasvista riippuen. Vaikka maan nikkeli, kupari ja sinkkipitoisuudet nousivat lain sallimiin maksimipitoisuuksiin suurilla puhdistamolietelisyksillä, viljelykasveissa ei havaittu liian suuria raskasmetallipitoisuuksia. Vain kaalia viljeltäessä savimailla kuparin ja sinkin tasot saavuttivat ylimmät kriittiset pitoisuudet. (FAO.)

### 5.7 Puhdistamolietteen vaikutus maan laatuun ja ravinnetasoon

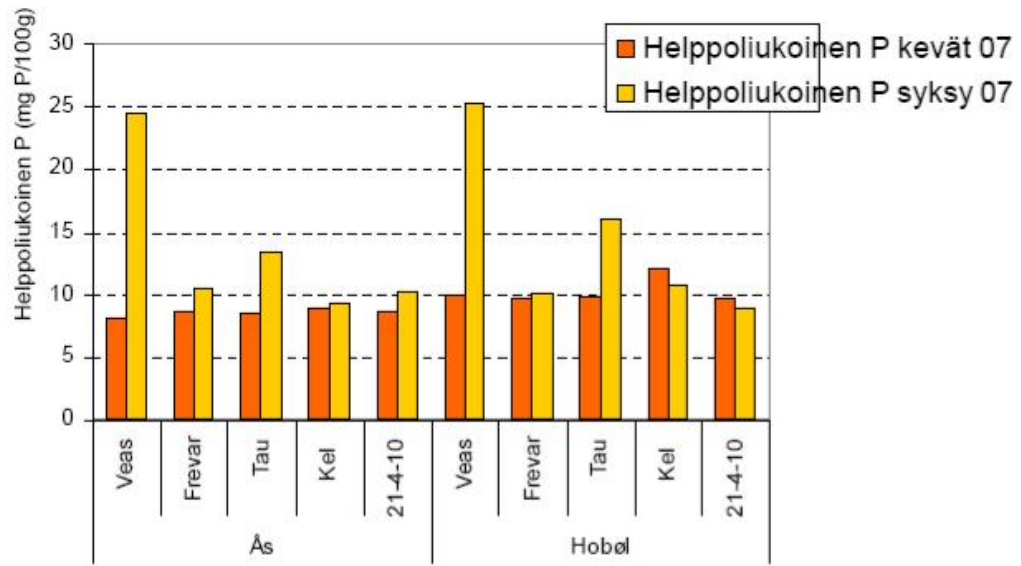
Norjalaisessa tutkimuksessa on tehty vuonna 2007 maakokeita kolmella eri tavalla valmistetulla puhdistamolietteellä, kotieläinlietteellä (Kel) sekä epäorgaanisilla lannoitteilla. Kokeita on tehty kahdella eri paikkakunnalla, Hobølissa ja Åsissa, pienillä koealoilla. Koealan koko oli 15 x 24 m, jonka sisällä oli 15 kpl 3 x 8 m ruutuja. Koe-ruutujen maaperän laatu ennen lannoitusta on esitetty taulukossa 5. Puhdistamolietettä, jota kokeessa käytettiin, tuli kolmesta eri jätevedenpuhdistamosta: Vestfjordenista (VEAS) Tondsbergfjordenista (TAU) ja FREVAR KF:stä (FREVAR). Puhdistamo-

lietteen käsittelyssä on käytetty rautasuoloja FREVAR:ssa ja TAU:ssa sekä rauta- ja alumiinisuoloja VEAS:ssa. Puhdistamolietteen hygienisointi on tapahtunut FREVAR:ssa pastöroimalla, VEAS:sa käyttämällä sammutettua kalkkia kuivauksen yhteydessä ja TAU:ssa käyttämällä poltettua kalkkia. Poltettu kalkki nosti TAU:n puhdistamolietteen lämpötilaa ja pH:ta. B-luokan puhdistamolietettä levitettiin koealueille sallittu enimmäismäärä (2 t ka /ha). Kaupallisen lannoitteen sisältämä typpi-fosfori-kalium suhde oli 21-4-10. (Grønsten 2008, 13.)

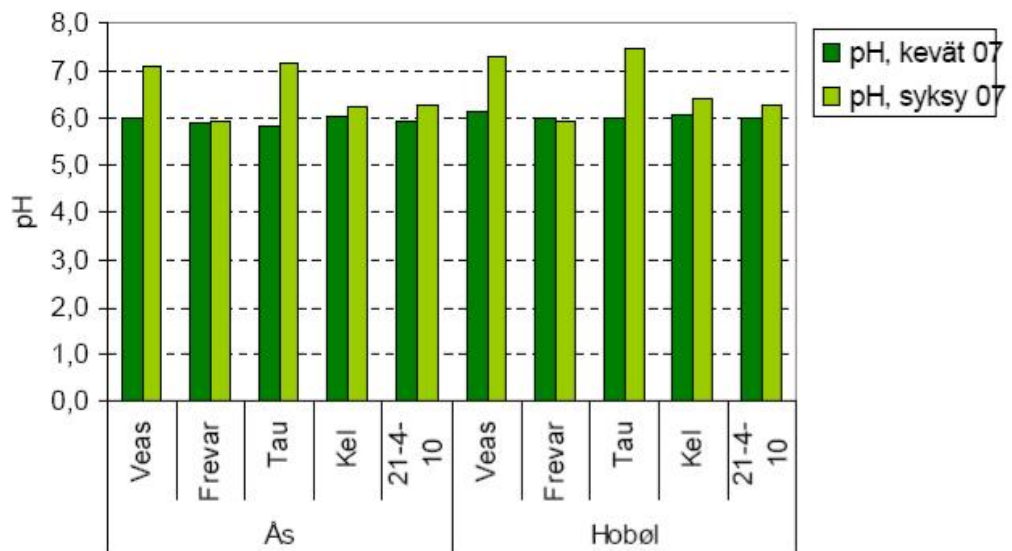
TAULUKKO 5. Maaperän laatu eri koepaikkakunnilla ennen lannoitusta (Grønsten 2008, 12)

		Hobøl	Ås
Savi	%	31	26
Hiesu	%	63	59
Hiekka	%	6	16
Org.Aines	%	3,1	4,4
pH		6,0	5,9
Kokonaisfosfori (P)	mg/kg	1197	1197

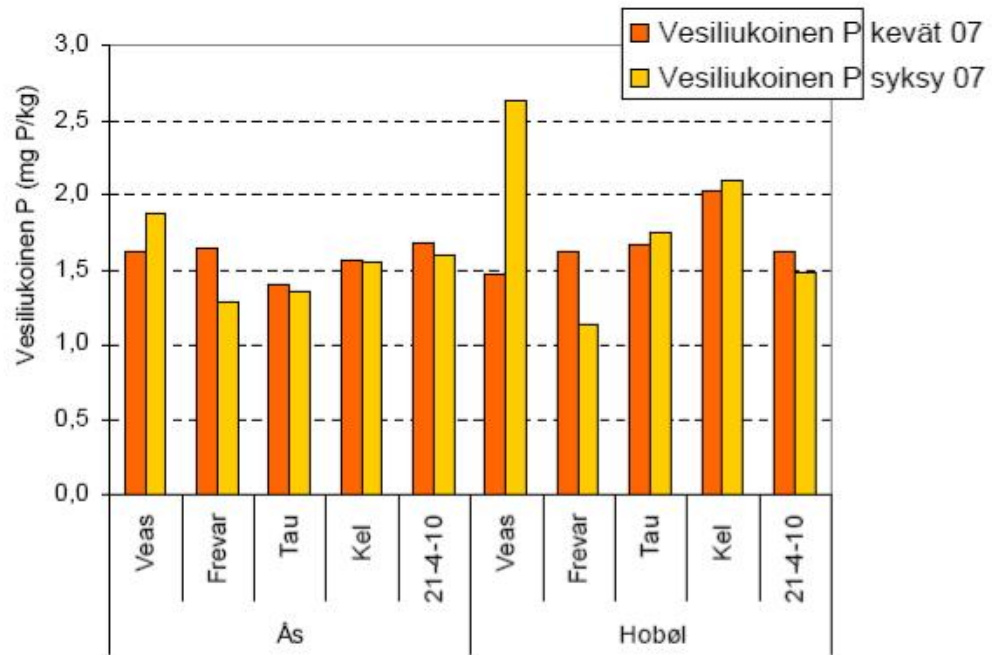
Koeruuduista on otettu näytteitä keväällä 2007 ennen lannoitusta ja syksyllä 2007 elonkorjuun jälkeen. Maanäytteistä on mitattu kokonaisfosfori, helposti liukeneva fosfori, pH ja vesiliukoisien fosforin määrä. Näytteiden tulokset on ilmaistu kuvioissa 2, 3 ja 4. Lisäksi koeruuduille levitetyistä puhdistamolietteistä on tehty analyysit. Analyysien perusteella puhdistamolietteet on pystytty jakamaan A- ja B-luokkaan. Kotieläinliete sekä TAU:n puhdistamoliete on ollut A-luokan lietettä ja FREVAR:n puhdistamoliete on ollut B-luokkaa. VEAS:n puhdistamoliete on ollut elohopean ja kuparin osalta B-luokkaa, mutta sinkin ja kaliumin osalta se alitti A-luokan rajan. (Grønsten 2008, 15–17.)



KUVIO 2. Helposti liukenevan fosforin määrä keväällä 2007 ja syksyllä 2007 (Grønsten 2008, 25)



KUVIO 3. Maan pH keväällä 2007 ja syksyllä 2007 (Grønsten 2008, 25)



KUVIO 4. Vesiliukoisien fosforin määrä keväällä 2007 ja syksyllä 2007 (Grønsten 2008, 26)

Helposti liukenevan fosforin määrä on noussut maassa kesän 2007 jälkeen puhdistamolietteellä lannoitetuissa maissa. Kotieläinlietteellä (Kel) ja kemiallisilla lannoitteilla käsiteltyjen maiden pitoisuus laski kevästä syksyyn. Suurin muutos helppoliukoisien fosforin määrässä maassa on tapahtunut kalkkikäsitellyillä puhdistamolietteillä (VEAS ja TAU). Vesiliukoisella fosforilla pitoisuuksien muutokset ovat olleet vähäisempiä kuin helposti liukenevalla fosforilla. Suurimmalla osalla koeruuduista vesiliukoisien fosforin määrä on laskenut kevään arvoista. Vesiliukoisien fosforin määrä on noussut siinä tapauksessa, kun puhdistamolietteen rautapitoisuus on ollut matala. (Grønsten 2008, 25–26.)

Maan pH-arvot ovat nousseet molemmilla paikkakunnilla kaikilla muilla lannoitteilla paitsi FREVAR:lla. Kalkkikäsitellyillä puhdistamolietteillä maan pH-arvon nousu on ollut huomattavasti suurempaa kuin muilla lannoitteilla. (Grønsten 2008, 25.)

Samassa tutkimuksessa on tutkittu myös pieneliöiden, etenkin kastematojen, määrää maassa lannoituksen jälkeen. Näytteitä on otettu 1, 5 ja 15 senttimetrin syvyydestä aina yhden neliömetrin alueelta. Hobøllissa VEAS:n, TAU:n ja kotieläinlietteen (Kel) lannoittamilla alueilla kastematokäytävien määrä oli suurin. Etenkin viiden senttimet-

rin syvyydessä esiintyi huomattavia eroja verrattaessa kaupallisiin lannoitteisiin. Äsin koealueilla kastematokäytäviä oli enemmän kuin Hobølissa, mutta ero mitattavien syvyyksien välillä ei ollut suuri. (Grønsten 2008, 32.)

### 5.8 Ravinteiden käyttökelpoisuus kasveille

Lähiaikoina Englannissa ja Walesissa julkaistavassa lannoitus suositussoppaassa on esitetty useiden näytteiden perusteella osoitettujen ravinteiden käyttökelpoisuutta kasveille. Samassa oppaassa on verrattu kotieläinlietettä ja muita orgaanisia lannoitteita, kuten kalkkistabiloitua puhdistamolietettä. (Manures and other organic resources 2008, 22.)

TAULUKKO 6. Eri orgaanisten lannoitteiden ravinnepitoisuuksia (Manures and other organic resources 2008, 24–25)

	Kuiva-aine (%)	Kokonais- typpi N (kg/t)	Heti käy- tettävissä oleva typpi (kg/t)	Kokonais- fosfori P (kg/t)	Käytettä- vissä oleva fosfori
Lehmänlanta	25	6	0,6 (10%)	3,2	1,9 (60%)
Mädätetty puhdistamoliete	25	11	1,6 (15%)	18	9,0 (50%)
Termisesti kuivattu puhdistamoliete	95	40	6 (15%)	70	35 (50%)
Kalkkistabiloitu puhdistamoliete	40	8,5	0,9 (11%)	26	13 (50%)
Kompostoitu puhdistamoliete	60	11	0,6 (18%)	6	3 (50%)

Taulukossa 6 on vertailtu puhdistamolietteen kuiva-aine-, typpi- ja fosforipitoisuuksia karjanlannan pitoisuuksiin. Eniten kuiva-ainetta on termisesti kuivatussa puhdistamolietteessä. Paras lannoitusvaikutus on termisesti kuivatulla puhdistamolietteellä. Kalkkistabiloitu puhdistamoliete on toiseksi paras lannoite fosforin suhteen. Jokaisella lannoitteella typen määrä on vähäinen ja sen vuoksi pellot tarvitsevat lisäksi muita lannoitteita. (Manures and other organic resources 2008, 24–25.)

Taulukossa 7 on samojen lannoitteiden vertailu kaliumin, rikin ja magnesiumin suhteen. Myös näitä ravinteita on eniten termisesti kuivatussa puhdistamolietteessä. Termisen puhdistamolietteen suuren rikkipitoisuuden vuoksi sitä on mahdollisuus levittää pelloille huomattavasti vähemmän kuin esimerkiksi kalkkistabiloitua puhdistamolietettä. (Manures and other organic resources 2008, 24–25.)

TAULUKKO 7. Eri orgaanisten lannoitteiden ravinnepitoisuuksia (Manures and other organic resources 2008, 24–25)

	Kokonais- kalium K (kg/t)	Käytettä- vissä oleva kalium	Kokonais- rikki S (kg/t)	Kokonais- magnesium Mg (kg/t)
Lehmänlanta	8	7,2 (90%)	2,4	1,8
Mädätetty puhdistamoliete	0,6	0,5 (90%)	6	1,6
Termisesti kuivattu puhdistamoliete	2	1,8 (90%)	23	6
Kalkkistabiloitu puhdistamoliete	0,8	0,7 (90%)	8,5	2,8
Kompostoitu puhdistamoliete	6	5,4 (90%)	2,6	2



## 6 KALKKISTABILOINNIN TAUSTAT JA TOTEUTUS IISALMESSA

Puhdistamolietteen käsittelyvaihtoehtoja on kalkkistabilointi, terminen kuivaus, mädätys, kompostointi ja kemicond-menetelmä. Puhdistamolietettä voidaan käsitellä myös muilla menetelmillä, jotka ovat saaneet hyväksynnän Eviralta. Iisalmen Veden käyttöpäällikkö Seppo Keskinen kertoo, että kalkkistabilointi on Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolle halvin vaihtoehto MMM:n hyväksymistä puhdistamolietteen käsittelyvaihtoehtoista. Lisäksi puhdistamolla on pitkät perinteet puhdistamolietteen loppusijoittamisesta peltoon alkaen vuodesta 1974. Kalkkistabiloitu puhdistamoliete saadaan loppusijoitettua peltoon samaan tapaan kuin aiempikin puhdistamoliete. Esimerkiksi kuivattua ja poltettua puhdistamolietettä ei saada perinteiseen tapaan peltokäyttöön, koska se haihtuu ilmaan. Myös investointikustannuksilta kalkkistabilointi on halvin vaihtoehto. Jätevedenpuhdistamolla jo olevat puhdistamolietteen levityslaitteet käyvät kalkkistabiloidun puhdistamolietteenkin levitykseen. Jätevedenpuhdistamolla on sekoitettu kalkkia ennenkin puhdistamolietteeseen, joten siellä on valmiina yksi kalkkisiilo, jota voidaan mahdollisesti hyväksikäyttää kalkkistabiloinnissa.

### 6.1 Vuohiniemen jätevedenpuhdistamo

Vuohiniemen jätevedenpuhdistamo (kuvio 5) on ollut toiminnassa vuodesta 1974 lähtien. Samaan aikaan aloitettiin yhteistyö myös naapurikuntien Vieremän ja Sonkajärven kanssa. Vuonna 1995 saatiin käyntiin Vieremän jätevesien käsittely Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolla yhdysvesijohdon asentamisen yhteydessä. Samanlainen kehitys tapahtui Sonkajärven kanssa vuonna 2005. (Iisalmen Vesilaitos. Vesihuolto ja viemäröinti.)



KUVIO 5. Vuohiniemen jätevedenpuhdistamo (Manninen 2008)

Rakennusvuoden jälkeen jätevedenpuhdistamoa on laajennettu jo useaan otteeseen tehostamaan jätevedenpuhdistusprosessia. Ensimmäisenä laajennuksena tuli puhdistamolietteen varastosilo sekä maa-allas tulevan jäteveden määrän ja laadun tasaamiseksi. Vuonna 1985 laitos investoi esiselkeytysaltaaseen, biosuotimeen, jälkiselkeytysaltaaseen, jätevesilietteen sakeuttamoon sekä toiseen puhdistamolietesiiloon. Lisäksi alueelle rakennettiin huoltorakennus. 1990-luvun alussa Olvi Oyj rakensi jätevedenpuhdistamon alueelle tasausaltaan panimojätevesille. (Iisalmen Vesilaitos. Vesihuolto ja viemärointi.)

## 6.2 Jäteveden ja puhdistamolietteen käsittely

”Vuohiniemen jätevesilaitokseen tulee jätevesilietettä Vieremältä, Sonkajärveltä ja Iisalmesta mukaan lukien Olvin teollisuusjätevedet”, kertoi Iisalmen Veden käyttöpäällikkö Seppo Keskinen vuonna 2008 tutustuessamme jätevesilaitoksen toimintaan. Vierailulla Seppo Keskinen esitteli jätevesilaitoksen toimintaa ja puhdistamolietteen varastointia. Näiden tietojen pohjalta on esitelty jäteveden ja puhdistamolietteen käsittelyä Iisalmessa.

Jätevesi pumpataan jätevedenpuhdistamolle tulopumppaamoon useiden pumppausten kautta. Vuorokaudessa jätevettä pumpataan keskimäärin 5500 m<sup>3</sup>. Vuoden 2007 tietojen mukaan vuositasolla jätevesilietettä tulee jätevedenpuhdistamolle noin 2,2 Mm<sup>3</sup>. Pumpattu jätevesi ensin välpätään karkeasta roskasta, minkä jälkeen se menee esisel-

keytykseen. Olvin jätevedet tulevat puhdistamolle erillisen tasausaltaan kautta. Tasausaltaassa Olvilta tuleva jätevesi saadaan neutraloitua, kun vuorottain tulee hapanta ja emäksistä jätevettä. Tämän jälkeen Olvin jätevedet menevät biosuotimen kautta samaan esiselkeytysaltaaseen yhdyskuntavesien kanssa.

Esiselkeytysaltaassa raskaampi aines eli liete valuu altaan pohjalle, josta laahaimet kuljettavat sen lietetaskuun esiselkeytysaltaan päähän/pohjalle. Jäljelle jäävä jätevesi johdetaan esiselkeytysaltaasta ilmastusaltaisiin (kuvio 6). Ilmastusaltaat ovat aerobisia ja sisältävät mikrobeja, jotka syövät bakteereita ja puhdistavat jätevettä. Ilmastusaltaasta jätevesi siirtyy jälkiselkeytykseen, jossa liete jälleen kulkeutuu laahaimien avulla lietetaskuun ja puhdas vesi johdetaan putkistoa pitkin Poronselkään. Järveen menevässä vedessä on vain 7g/l kiintoainetta: maksimi kiintoainepitoisuus saa olla 35g/l.



KUVIO 6. Ilmastusaltaat (Manninen 2008)

Lietetaskuihin keräytynyt liete kulkeutuu sakeutuksen kautta linkoihin (kuvio7). Linjoissa lietteeseen lisätään polymeeriä, joka heikentää veden pintajännitystä ja auttaa veden irtoamisessa lietteestä. Linkouksen jälkeen puhdistamoliete sijoitetaan kuiva-lietesiiiloihin, josta se kuljetetaan varastoitavaksi Peltomäkeen. Ennen linkousta kuiva-aineen osuus puhdistamolietteestä on 3 % ja linkouksen jälkeen se on 21 %.



KUVIO 7. Puhdistamoliete linkouksen jälkeen (Manninen 2008)

Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon puhdistamoliete kuljetetaan varastoitavaksi Peltomäkeen. Varastoalueella on erillinen ympäristölupa. Peltomäen varastokenttä on viemäröity, ja puhdistamolietteestä peräisin olevat valumat menevät kaivoon, josta ne johdetaan takaisin Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolle. Puhdistamolietettä on tämänhetkisellä säilytystavalla säilytettävä vähintään yksi vuosi ennen kuin sitä saa levittää pelloille. Kaikista aumoista otetaan salmonella- ja *E.coli*-näytteet.

Peltomäellä on vajaa kaksi hehtaaria tilaa varastoitavalle puhdistamolietteelle ja sinne mahtuu viidestä kuuteen aumaa. Tällä hetkellä suurempien aumojen lisäksi Peltomäellä on pieniä testiaumojakin kalkkistabiloidusta puhdistamolietteestä (kuvio 8). Nämä aumat on tehty syksyllä 2007 ja niistä on otettu kuukausittain kokeita. Kokeissa on mitattu aumojen lämpötilaa, pH:ta, kuiva-ainepitoisuutta sekä kaasujen määrää. Keväällä 2008 yhdestä testiaumasta on viety viisi tonnia lietettä MTT Maaninnan tutkimusasemalle kalkkistabiloidun puhdistamolietteen peltokokeita varten.

Tällä hetkellä puhdistamolietteen tukiaineena käytetään olkea, joka sitoo puhdistamolietettä ja siitä tulevia valumia. Tulevaisuudessa olkea ei enää tarvita, sillä kalkkistabiloidussa puhdistamolietteessä kalkki sitoo nestettä oljen sijaan. Kalkkia lisätään tällöin 30 - 40 % puhdistamolietekilon kuiva-ainemäärästä. Eli jos puhdistamolietettä olisi esimerkiksi 5000 kg ja sen kuiva-aineprosentti olisi 20, olisi puhdistamolietteessä kui-

va-ainetta 1000 kg ja tällöin tarvittavan kalkin määrä olisi 300 - 400 kg. Kalkkistabilointiin siirryttäessä Peltomäkeen rakennetaan puhdistamolietettä varten katettu varasto.



KUVIO 8. Kalkkistabilointikokeiluauma peltomäellä (Mikola 2008)

Tällä hetkellä vielä käytettävää olkea ostetaan kahdelta iisalmelaiselta maatilalta, Veljekset Patrikaiselta sekä Itikalta. Oljet on paalattu 400–500 kg suurpaaleihin ja niitä ostetaan vuosittain 1200 kappaletta. Olki levitetään jokaisen Vuohiniemen jätevesipuhdistamolta tuodun puhdistamolietekuorman päälle. Yhteen kuormalliseen mahtuu kuusi tonnia puhdistamolietettä, jota kohden tarvitaan yksi tonni olkea. Puhdistamoliete levitetään sivustalevittävällä Kompo-lietevaunulla edellisen auman kylkeen, ja olki puhalletaan olkisilppurilla puhdistamolietteen päälle. Auman reunalla olki palaa ja auman pinta laskee. Auman pinnan laskemisen jälkeen aumaa kasataan korkeammaksi, jotta puhdistamoliete saadaan pienempään tilaan. Kasauksen yhteydessä kasaan saadaan lisää happea, joka lisää oljen palamista. Aumaa möyhitään kahdesta kolmeen kertaan vuodessa, jotta sinne saadaan oljen palamiseen tarvittava määrä happea. Aina aumaa möyhittäessä syntyy ylimääräisiä hajuhaittoja. Pahimmat hajuhaitat syntyvät tyynellä pakkasilmalla.

### 6.2.1 Puhdistamolietteen sisältö

Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolla kesäkuussa 2008 otettujen näytteiden mukaan kuivatun puhdistamolietteen pH on 7. Puhdistamolietteen pH nousee kalkituksen jälkeen. Kuivatun puhdistamolietteen kuiva-ainepitoisuus on 200g/kg (20 %), tällöin se muistuttaa ruokamultaa. Puhdistamolietteen kokonaistyyppi on 40g/kg KA (4,0 %). Tästä 12g/kg KA (1,2 %) on liukoisessa muodossa. Tuorepainoa kohden liukoista tyyppiä on 2,3g/kg TP (0,23 %). Lisäksi lietteessä on fosforia 17g/kg KA (1,7 %) ja kaliumia 2,8g/kg KA (0,28 %). (Sipilä 2008.)

Raskasmetallipitoisuudet ovat kaikki alle valtioneuvoston päätöksen 282/1994 mukaisen sallittujen enimmäispitoisuuksien (Puhdistamolietteen käytöstä maataloudessa N:o 282/1994). Taulukossa 8 on esitetty puhdistamolietteen sisältämät raskasmetallipitoisuudet sekä valtioneuvoston päätöksen 282 mukaiset raja-arvot. (Sipilä 2008.)

TAULUKKO 8. Puhdistamolietteen raskasmetallipitoisuus (Sipilä 2008)

Raskasmetalli	Pitoisuus puhdistamolietteessä (mg/kg ka)	VNP 282* (mg/kg ka)
Kadmium	0,21	<1,5
Kromi	15,2	<300
Kupari	222	<600
Lyijy	12,2	<100
Nikkeli	31,5	<100
Sinkki	502	<1500
Elohopea	0,23	<1

\* Valtioneuvoston päätös n:o 282 puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä (astunut voimaan 1.5.1994)

### 6.2.2 Käytetty kalkki

Kalkkistabilointia testattiin vuonna 2007 ämpärikokeilla. Kokeiden tarkoituksena oli tehdä alustavaa selvitystä siitä, kumpi kalkki, rakeinen vai jauhemainen, on parempaa

käyttää. Ämpärikokeiden perusteella jauhemaisella ja rakeisella kalkilla tulokset olivat hyvin samankaltaisia. Ero syntyi vain reaktionopeudessa. Jauhemainen kalkki reagoi rakeista kalkkia nopeammin. (Mikola 2008, 9.) Isompien koeaumojen tekemiseen vuokrattiin Englannista sekoituslaitteisto. Laitteen avulla saatiin ensimmäiset koeaummat Peltomäelle. Aumoja seurattiin jatkuvasti, ja näistä saatiin jo ensimmäiset tulokset. Kokeessa käytettiin rakeista ja jauhemaista kalkkia. Tuloksissa huomattiin, että rakeinen kalkki reagoi paremmin lietteen kanssa. Samoin puhdistamolietteen kuivaainepitoisuus nousi enemmän, kun käytettiin rakeista kalkkia. Puhdistamolietteen hygieeninen laatu parani, salmonellaa ja *E.Colia* ei havaittu. Jauhemainen kalkki pölysi ja levittyi epätasaisesti, mikä mahdollistaa haitallisten mikrobien selviytymisen tietyissä kohdin puhdistamolietettä. Näin ollen käytettäväksi kalkiksi valittiin rakeistettu kalkki sen parempien ominaisuuksien mukaan. (Iisalmen vesilaitos. Kalkkistabilointi.)

Kalkkistabiloinnissa tullaan käyttämään Nordkalkin poltettua kalkkia, Nordkalk QL 0-3 R. Kalkki on peräisin Nordkalkin Raahen tehtailta. Poltettua kalkkia voi käyttää kuonan muodostukseen, rikinpoistoon, neutralointiin, vedenpuhdistukseen, laasteihin sekä stabilointiin. (Nordkalk. Käyttöturvatieotteet.) Poltetu kalkki valmistetaan kalkkikivestä polttamalla se joko kierto- tai kuilu-uunissa 1100 asteessa. Polton jälkeen kalkki on jauheena, rakeena ja palasina. Se joko seulotaan eri raekokoihin tai jauhetaan kokonaan hienoksi. (Nordkalk. Poltetu ja sammutettu kalkki.) Kalkkia on lupa käyttää yleiseen kulutukseen. Poltetu kalkki on kalsiumoksidia, jonka pitoisuus rakeessa on 94 %. Kalkin pH vesiliukoisena on 12–13. Käytettävä kalkki on rakeistettua kalkkia ja rakeiden koko on 0–3 mm. (Nordkalk. Käyttöturvatieotteet.)

## 7 IISALMEN JÄTEVESILAITOKSEN PUHDISTAMOLIETTEEN KÄYTTÖ

Keräsimme tietoa Vuohiniemen puhdistamolietteen käytöstä haastatteleamalla kolmea paikallista viljelijää sekä puhdistamolieteurakoitsijaa Reijo Jääskeläistä. Ennen varsinaista haastattelua laadimme kaksi eri kysymyspohjaa, toisen viljelijöiden ja toisen Jääskeläisen haastattelun pohjaksi (liitteet 1 ja 3).

Ensin otimme yhteyttä haastateltaviin puhelimitse, jolloin sovimme tapaamisesta. Puhelun yhteydessä pyysimme, että viljelijät etsisivät meille viljavuus/raskasmetallianalyysit. Viljelijöiden haastattelut tapahtuivat loka-marraskuun aikana 2008. Reijo Jääskeläistä haastattelimme tammikuussa 2009. Haastateltavat ottivat meidät positiivisesti vastaan ja vastasivat kaikkiin kysymyksiimme. Viljelijöiltä saamamme vastaukset eivät olleet sitä, mitä olimme odottaneet johtuen osaksi myös kysymysten asettelusta. Saimme kuitenkin käyttökelpoista tietoa haastatteluista. Keskimääräisesti haastattelujen kesto oli 30 minuuttia, jonka jälkeen käytiin vielä avointa keskustelua. Haastattelut otettiin myös nauhalle myöhempää tarkastelua varten.

### 7.1 Peltolohkot

Iisalmessa on noin kymmenen tilaa, jotka ovat vastaanottaneet Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon puhdistamolietettä pelloilleen. Valitsimme haastateltaviksi tiloiksi kolme tilaa, jotka ovat viime aikoina käyttäneet puhdistamolietettä. Muiden tilojen käytöstä on kulunut jo niin kauan, että heidän haastatteleminen koettiin hyödyttömäksi.

Kaikki haastatellut tilat ovat kasvinviljelytiloja. Yhdellä tilalla on kasvinviljelyn lisäksi pienimuotoista lihakarjankasvatusta. Tilat ovat kokoluokaltaan erikokoisia. Yhdellä tilalla on peltoa 500 hehtaaria, toisella 200 hehtaaria ja kolmannella 30 hehtaaria. Kokoluokaltaan isommat tilat ovat käyttäneet puhdistamolietettä lannoitteena jo noin 30 vuoden ajan, mutta pienimmällä tilalla on vastaanotettu puhdistamolietettä vain kolmena vuonna. Pienin tila sijaitseekin kauimpana puhdistamolietteen varastointipaikasta Peltomäestä. Matkaa tilan pelloille kertyy 20 kilometriä. Isompien tilojen pellot, joille puhdistamolietettä on levitetty, ovat 1–20 kilometrin säteellä.



Tiloilla viljeltäviä kasveja ovat viljat, rypsi ja nurmi. Saatu sato menee siementuotantoon, rehuksi sekä vehnä ja ruis jopa leipäviljäksi. Vastausten perusteella vaikuttaa siltä, että viljelijät eivät ole täysin tietoisia siitä, mihin tarkoitukseen kasveja saa käyttää. Jälkeenpäin ajateltuna haastateltavat eivät ehkä osanneet eritellä niitä kasveja, joita viljelevät jätevesilietteellä lannoitetuilla pelloilla, vaan vastasivat kysymykseen koko viljelyalan perusteella kysyttäessä kasvin käyttötarkoitusta.

Osalla puhdistamolietteen levitysalalla ei ole huomattu muutoksia maan laadussa, mutta joillakin lohkoilla on maan multavuus noussut. Muutos on käynyt ilmi viljavuustutkimusten perusteella. Viljelijät kertoivat, että muutos ei ole silmin nähtävissä. Lieteurakoitsija Jääskeläinen kuitenkin kertoi havainneensa muutosta erityisesti savi- maissa. Savimaat ovat olleet kosteita sekä helposti jankkoutuvia, mutta puhdistamolietteen käytön aloittamisen jälkeen sen pieneliökanta on parantunut, ja näin ollen myös vedenläpäisykyky on parempi. Satotason muutosta viljelijät eivät uskalla perustella pelkkään puhdistamolietteen käyttöön sen vähäisen typpipitoisuuden vuoksi. Pel- lot ovat kyllä kasvaneet hyvin, mutta kasvuun vaikuttavia tekijöitä on useita. Viljelijät ovat havainneet, että sopiva lisälannoitus on tarpeen, muutoin satotasot alenevat.

## 7.2 Lannoitus

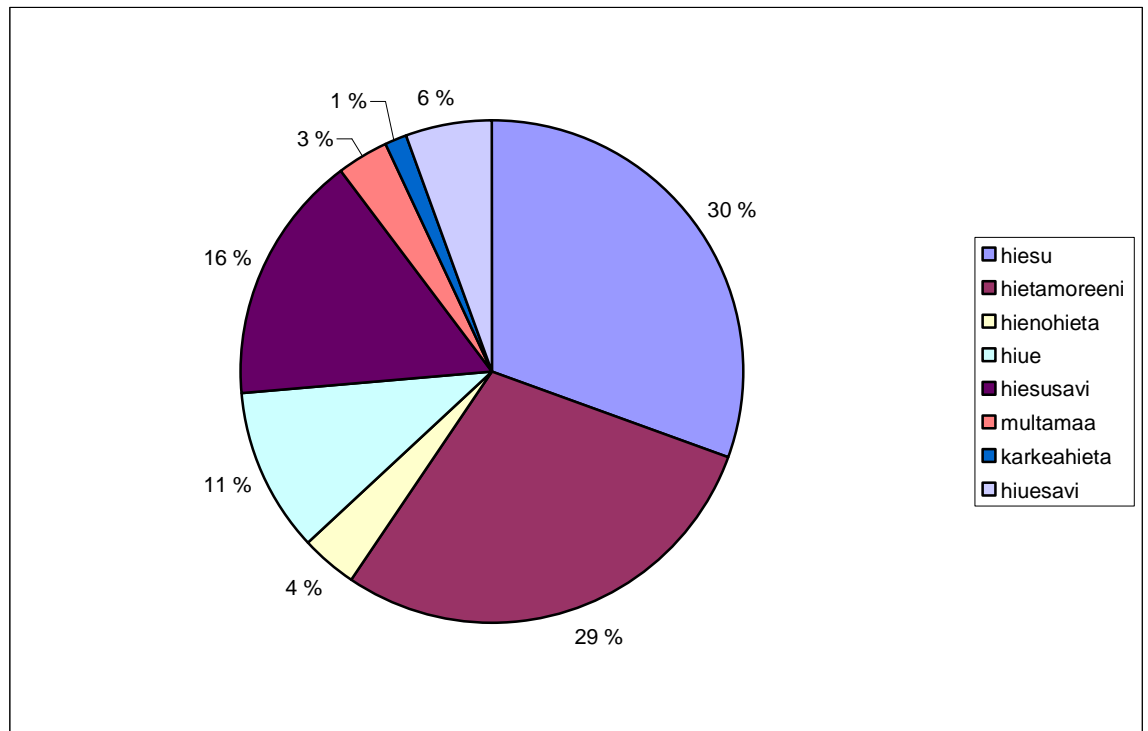
Puhdistamolietettä on levitetty tilasta riippuen sekä syksyllä että keväällä. Kevätlevi- tys on ollut mahdollista niillä tiloilla, joilla on ollut vielä keväälläkin sänkimuokatta- via pelloja. Tälle vuodelle puhdistamolietettä on levitetty 4656 m<sup>3</sup>. Puhdistamolietettä on levitetty 20–40 m<sup>3</sup>/ha riippuen maan fosforipitoisuudesta.

Puhdistamolietelannoituksen lisäksi pellot tarvitsevat typpilannoitusta. Puhdistamo- lietteen sisältämä typpimäärä on vähäinen, ja osa tyypestä ehtii haihtua ennen kasvin hyötykäyttöä. Typeä on lisätty väkilannoitteilla. Väkilannoitteita käytettäessä on huomioitu puhdistamolietteestä saatu fosfori käyttämällä fosforipitoisuuksiltaan alhai- sia lannoitteita. Reijo Jääskeläinen mainitsi, että joskus on levitetty niin paljon puhdis- tamolietettä jollekin lohkolle, että fosforin määrä on vastannut viiden vuoden lannoi- tusta. Tällöin fosforin tasaukseksi on pidetty neljä vuotta taukoa. Väkilannoitteet on levitetty viljavuustutkimusten perusteella, keskimäärin noin 250–300kg/ha. Tämä

määrä on suurin piirtein samaa luokkaa kuin tiloilla, jotka käyttävät väkilannoitteiden lisäksi karjanlantaan lannoitteina.

### 7.3 Viljavuus- ja raskasmetallianalyysit

Saimme käyttöömmme kahden eri tilan viljavuustietoja. Yhteensä viljavuustietoja oli saatavissa 395 hehtaarin alalta.



KUVIO 9. Tilojen maalajijakauma

Kuviossa 9 on esitetty tilojen maalajijakauma, josta voi päätellä, että suurin osa tilojen maalajeista on lajittuneita kivennäismaita ja hietamoreenia. Maalajeina esiintyy yleisimmin hiesu (30 %) ja hietamoreeni (29 %). Seuraavaksi eniten on hiesusavea (16 %) ja hiuetta (11 %). Muina maalajeina on hienohieta, multamaa, karkeahieta ja hiesavi. Koko Suomessa yleisimmät maalajit ovat hiesu- ja hietasavet sekä osittain hiesut ja hiedat (Mäntylähti 2003, 6). Pohjois-Savossa yleisimpiä maalajeja ovat hienot hiedat, hiesut ja hietamoreenit (Mäntylähti 2003, 6). Tämä on nähtävissä myös haastateltujen tilojen peltoaloissa.

Raskasmetallianalyyseja emme saaneet käyttöömmme kuin yhden tilan pelloilta sinkin ja kuparin osalta. Näillä pelloilla edellä mainittujen raskasmetallien pitoisuudet olivat huomattavasti alhaisemmat kuin lainsäädännön asettamat raja-arvot.

## 8 KALKKISTABILOIDUN PUHDISTAMOLIETTEEN TUOTESELOSTE

Lannoitevalmisteet on jaoteltu kuuteen eri ryhmään: epäorgaanisiin lannoitteisiin, orgaanisiin lannoitteisiin, kalkitusaineisiin, maanparannusaineisiin, mikrobivalmisteisiin ja kasvualustoihin. Kalkkistabiloitu puhdistamoliete kuuluu maanparannusaineisiin. Maanparannusaineet jaetaan viiteen ryhmään. Näistä ryhmistä kalkkistabiloitu puhdistamoliete sijoittuu maanparannusaineena sellaisenaan käytettäviin sivutuotteisiin. Sivutuotteella, jota käytetään sellaisenaan maanparannusaineina, on oltava maan fyysikaalisia, kemiallisia tai biologisia ominaisuuksia parantava vaikutus, joka ei perustu sivutuotteessa oleviin ravinteisiin. Sivutuotteen käytöstä ei saa aiheutua ympäristö- ja hajuhaittaa. Käytettäessä sivutuotetta maataloudessa on muistettava noudattaa VNp:n 282/1994 päätöstä puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä ja MMM:n antamia täydentäviä ehtoja. (Kansallinen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelo.)

Puhdistamolietteen käytöstä on ohjeistettu viljelijää täydentävissä ehdoissa. Jotta viljelijä noudattaa täydentäviä ehtoja, hänen on varmistettava puhdistamolietettä vastaanottaessaan, että puhdistamoliete on käsitelty hyväksytyllä menetelmällä ja se täyttää asetetut hygieniavaatimukset. Viljelijällä tulee olla tiedossa viljeltävien peltojen pH-arvot sekä hänen tulee pitää kirjaa puhdistamolietteen levityksestä viljelymuistiinpanoissa. Lisäksi viljelijän on oltava tietoinen puhdistamolietteen käsittelymenetelmästä sekä sen analyysituloksista. (Täydentävät ehdot 2006, 16.)

Kun viljelijöiden kanssa keskusteltiin kalkkistabiloidusta puhdistamolietteestä, he olivat kiinnostuneita etenkin sen valmistuksesta. Erityisen mielenkiinnon kohteena oli puhdistamolietteen kalkitusvaikutus peltoon verrattaessa kaupallisia kalkitusaineita. Tärkeää on myös ilmoittaa raskasmetallipitoisuudet. Haastatellut viljelijät ovat valmiita vastaanottamaan puhdistamolietettä jatkossakin. Jos puhdistamoliete olisi maksullista, viljelijät eivät olisi valmiita vastaanottamaan sitä, ellei sillä ole tutkitusti todettua, kaupallista kalkkia vastaavaa lannoitusvaikutusta.

Viljelijät ovat kokeneet puhdistamolietteen käytön hyväksi. Valituksia he ovat kuitenkin saaneet naapureilta hajuhaitan sekä tielle kulkeutuvan maa-aineksen suhteen. Kommenttien perusteella tuoteselosteeseen on syytä laittaa maininta hajuhaittojen vä-

henemisestä kalkkistabiloinnin yhteydessä, mikäli se on todistettavissa. Lisäksi viljelijöiden on saatava tietoa siitä, että käytetty puhdistamoliete on viljelytarkastettu. He haluavat olla varmoja, että esimerkiksi hukkakaura ei leviä heidän peltoihinsa puhdistamolietteen välityksellä.

### 8.1 Puhdistamolietteen koostumus

Kalkkistabiloidun puhdistamolietteen tuoteselosteessa on ilmoitettava seuraavat tiedot: raaka-aineet, kokonaistyyppi (N), vesiliukoinen typpi, kokonaisfosfori (P), vesiliukoinen fosfori, kokonaiskalium (K), pH, johtokyky, kosteus, orgaaninen aines ja haitallisten metallien pitoisuudet. Lisäksi tuoteselosteessa on mainittava käyttörajoitus, että kalkkistabiloitua puhdistamolietettä ei saa käyttää syötävälle vihanneksille, kotipuutarhoihin eikä taimituotantoon. (Kansallinen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelo.)

Kalkkistabiloitu puhdistamoliete sisältää 50 % orgaanista ainesta kuiva-aineesta. Näin ollen sillä on merkittävä maanparannusvaikutus. Lisäksi puhdistamolietteessä on muita ravinteita riippuen tuotantoerästä. Viimeisimmän koe-erän liete sisälsi typpeä 40 g/kg ka. Liukoisen typen määrä oli 12 g/kg ka. Fosforia puhdistamolietteessä oli 17 g/kg ka ja kaliumia 2,8 g/kg ka. (Sipilä 2008.)

Raskasmetallienpitoisuudet viimeisimmässä erässä olivat kadmium 0,21 mg/kg ka (<1,5), kromi 15,2 mg/kg ka (<300), kupari 222 mg/kg ka (<600), lyijy 12,2 mg/kg ka (<100), nikkeli 31,5 mg/kg ka (<100), sinkki 502 mg/kg ka (<1500) ja elohopea 0,23 mg/kg ka (<1). Puhdistamolietteen raskasmetallipitoisuuksien arvot alittavat valtioneuvoston päätöksen n:o 282/1994 puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä asettamat raja-arvot, jotka on esitetty suluissa jokaisen raskasmetallin jälkeen. (Sipilä 2008.)

## 8.2 Ilmoitusvelvollisuus

Viljelijä on velvollinen ilmoittamaan puhdistamolietteen käytöstä lannoitteena päätu-kihaun yhteydessä. Ilmoitus tehdään merkitsemällä rasti puhdistamolietteen käyttöä koskevaan kohtaan lomakkeella 101A. Tämä ilmoitus on vuosikohtainen.

Viljelijällä on oikeus saada puhdistamolietteen valmistajalta vuosittaiset tiedot hänen pelloilleen toimitetusta puhdistamolietteen määrästä ja analyysituloksista. Puhdistamolietteen valmistajaa koskevat ilmoitusvelvollisuudet on käsitelty kappaleessa kolme Puhdistamolietteen käyttöä koskevat säädökset ja määräykset.

## 8.3 Käyttöalueet Suomessa

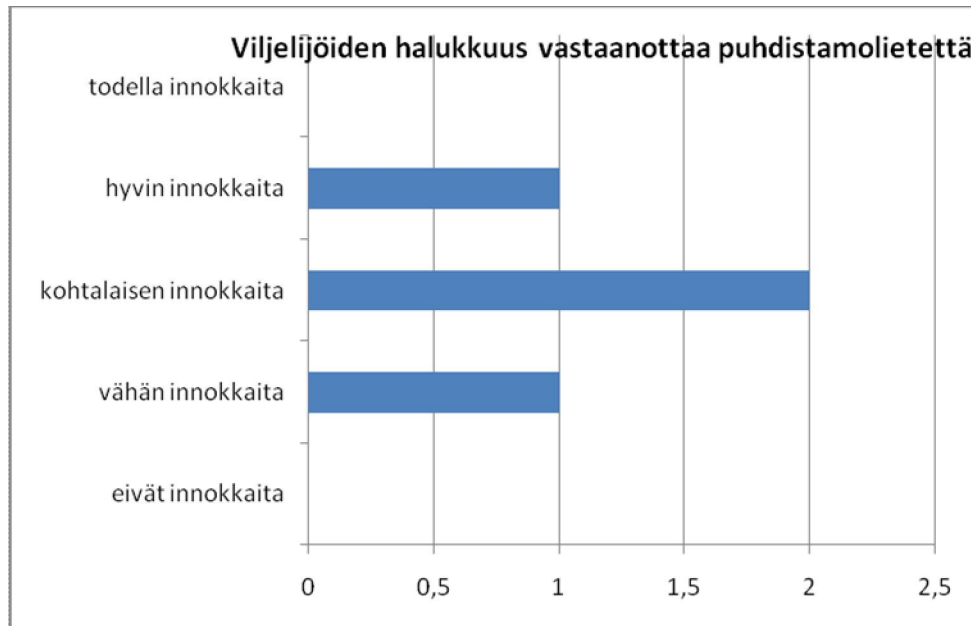
Kysyimme Suomen ympäristökeskukselta muita jätevedenpuhdistamoita, joiden puhdistamoliete menee maatalouskäyttöön. Ympäristökeskukselta saadut tiedot kattavat Lounais-Suomen sekä Pohjois-Savon alueen. Selvisi, että Suomessa viidellä jätevedenpuhdistamolla on käytössä jonkinlainen kalkkistabilointimenetelmä, josta puhdistamoliete menee maatalouskäyttöön. Teimme kyselylomakepohjan (liite 2), jonka jälkeen aloimme soittaa jätevedenpuhdistamoita läpi. Kahdelta jätevedenpuhdistamolta saimme vastaukset suoraan puhelimitse, mutta loput kolme olivat niin kiireisiä, että pyysivät lupaa vastata sähköisesti. Lähetimme heille kyselylomakepohjan sähköpostilla. Yksi jätevedenpuhdistamo vastasi, että heillä ei olekaan enää käytössä kalkkistabilointia, joten näin ollen vastauksia saimme loppujen lopuksi neljältä puhdistamolta. Nämä jätevedenpuhdistamot sijaitsevat Kyrönmaalla, Lehtimäellä, Asikkalassa ja Vöyri-Maksamaalla.

Jätevedenpuhdistamoista kolme on käyttänyt kalkkistabilointia jo kauan, yli 20 vuotta. Kyrönmaalla kalkkistabilointi on ollut käytössä vasta kolme vuotta. Näin ollen voimme olettaa, että kalkkistabilointimenetelmä ei välttämättä vastaa nykyajan termejä vanhimmilla jätevedenpuhdistamoilla. Jätevedenpuhdistamot olivat valinneet käsitte-lymenetelmäksi kalkkistabiloinnin maatalouskäyttöä ajatellen. Näin puhdistamoliete palaa tavallaan sinne, mistä se on lähtöisin, ja samalla saadaan hyvää lannoitetta

pellolle. Muita syitä olivat myös sen alhainen hinta sekä teknisesti helppo toteutus. Teorian mukaan kalkkistabiloimalla puhdistamoliete saadaan sen hajuhaitat väheneeseen, joten olimme kiinnostuneita tästä käytännössä. Osa jätevedenpuhdistamoista ei osannut kommentoida asiaa, koska haastateltava henkilö oli tullut töihin jätevedenpuhdistamolle kalkkistabilointiin siirtymisen jälkeen. Yleinen mielipide oli, että hajuhaitat olisivat vähentyneet. Yksi jätevedenpuhdistamo mainitsi, että hajuhaitat ovat merkittävät ammoniakkin kohdalta, koska sitä vapautuu korkeassa pH:ssa paljon.

Suurimmalta osalta jätevedenpuhdistamoita menee puhdistamolietemäärä maatalouskäyttöön kokonaisuudessaan. Vain Lehtimäen kunnassa maatalouskäytön osuus on 9 %, minkä jälkeen loput käytetään viherrakentamiseen. Puhdistamolietettä vastaanottavia tiloja on 1–10/kunta. Jätevedenpuhdistamot ohjeistavat viljelijöitä puhdistamolietteen käyttöön valtioneuvoston päätöksen 282/1994 mukaisesti. He myös kertovat sopivat levitysmäärät ja antavat puhdistamolieteanalyysit. Kahdella jätevedenpuhdistamolla on käytössä aumasäilytys viljelijöiden pelloilla, yhdellä on katettu halli ja yhdellä on kompostointikenttä. Pellolla sijaitsevista aumoista tapahtuu levitys viljelijän toimesta, josta hän levittää puhdistamolietteen omakustanteisesti joko omalle tai muiden viljelijöiden pelloille. Osalla on sopimus, että viljelijät hakevat puhdistamolietteen itse jätevedenpuhdistamon järjestämästä varastointipaikasta tai levityksen suorittaa urakoitsija omalla kalustollaan.

Kunkin jätevedenpuhdistamon raskasmetallipitoisuudet ovat alhaiset, ja ne eivät rajoita levitystä viljelyalueella. Jätevedenpuhdistamot kertoivat, että paikallisesti ei ole paljon valituksia tullut hajuhaitoista - varsinkin jos puhdistamolietteen multaa mahdollisimman nopeasti.



KUVIO 10. Viljelijöiden halukkuus vastaanottaa puhdistamolietettä

Kuviossa 10 on esitetty haastateltujen jätevedenpuhdistamoiden näkemys viljelijöiden halukkuudesta vastaanottaa puhdistamolietettä. Viljelijät ovat suurimmalta osalta kohtalaisen innokkaita vastaanottamaan puhdistamolietettä. Iisalmen osalta Reijo Jääskeläinen kertoi viljelijöiden olevan innokkaita vastaanottamaan puhdistamolietettä.

#### 8.4 Ulkoasu

Kun aloimme tehdä tuoteselostetta, etsimme vastaavanlaisia tuoteselosteita Internetistä ja muualta. Saimme Helsingin vedeltä taiteltavan tuoteselosteen mallin postissa.

Ajatuksenamme oli tuottaa tuoteseloste, joka on miellyttävä silmälle ja käytännönläheinen. Teimme kaksi mallia, toinen A4-mallinen (liite 5) ja toinen taiteltavaa mallia (liite 4). A4-mallissa ei ole kuvia, vaan siinä on vain informatiivista tekstiä. Taiteltavassa mallissa on kansi ja takalehti, joissa on kuvat tuomassa ilmettä. Iisalmen vesilaitos muutti nimensä vähän aikaa sitten Iisalmen vedeksi, jolloin sen logo vaihtui. Logon väri on sininen, jonka takia valitsimme myös tuoteselosteen väriksi sinisen.

Tuoteselosteiden lisäksi teimme tiedotteen Iisalmen Veden kalkkistabiloidusta puhdistamolietteenä (liite 6). Tiedote on tarkoitettu puhdistamolietteen markkinointiin Ii-



salmen Veden Internet-sivuille. Tiedotteessa tuodaan esille viljelijöiden kokemuksia puhdistamolietteen käytöstä lannoitteena.

## 9 OPINNÄYTETYÖPROSESSI

Opinnäytetyöprosessimme alkoi 5. päivä helmikuuta 2008 käydyssä projektikokouksessa. Olimme kuuntelemassa projektin senhetkistä tilannetta ja kartoittamassa mielenkiintoamme aiheeseen. Kokouksen lopuksi meiltä kysyttiin halukkuutta osallistua projektiin ja vastasimme myöntävästi. Tämän jälkeen keskustelimme ohjausryhmän kanssa opinnäytetyön sisällöstä ja sen rajauksesta. Työn tavoitteena oli tuottaa Iisalmen Vedelle kalkkistabiloidun puhdistamolietteen tuoteseloste. Selvitimme tuoteselosteen pohjaksi taustatietoa puhdistamolietteen maatalouskäytöstä kotimaassa ja ulkomailla.

Kokouksen pohjalta aloitimme suunnitelman tekemisen ja esittelimme suunnitelmamme huhtikuun lopulla 2008. Kesän 2008 aikana etsimme ulkomaalaisia lähteitä ja kirjoitimme opinnäytetyön taustaa niiden pohjalta. Lähteitä etsimme Internetistä erilaisten hakukoneiden avulla sekä koulumme kirjastosta. Lisäksi saimme lähteitä projektin asiantuntijajäseniltä Kiuru & Rautiaisen insinööritoimiston diplomi-insinööri Anna Mikolalta ja Nordkalkin tuoteryhmäpäälliköltä Kjell Wepplingiltä. Käytimme lähteiden hakemisessa apuna myös koulumme kirjaston informaattikkoa, mutta painetut lähteet jäivät silti vähäisiksi. Kun teoria oli selvillä, valmistelimme kysymyspohjan paikallisten viljelijöiden haastatteluja varten. Haastattelujen tarkoituksena oli selvittää viljelijöiden käyttäjäkokemuksia ja puhdistamolietteen vaikutuksia maaperään ja satotasoon. Haastateltavien viljelijöiden tiedot saimme puhdistamolietettä levittävältä urakoitsijalta, Reijo Jääskeläiseltä. Haastateltavia tiloja saatiin kolme. Haastattelut tehtiin loka-marraskuussa 2008 ottaen huomioon viljelijöiden syystyöt.

Viljelijöiden haastatteluiden jälkeen katsoimme tarpeelliseksi etsiä myös muualla Suomessa toimivia jätevedenpuhdistamoita, jotka tuottavat kalkkistabiloitua puhdistamolietettä maatalouskäyttöön. Saimme Suomen ympäristökeskukselta tiedon viidestä lounaissaomalaisesta jätevedenpuhdistamosta, jotka valmistavat kalkkistabiloitua puhdistamolietettä. Valmistelimme uuden kysymyspohjan näitä jätevedenpuhdistamoita varten. Muiden jätevedenpuhdistamoiden haastattelujen tarkoituksena oli selvittää heidän valmistajakokemukset kalkkistabiloidusta puhdistamolietteestä. Jätevedenpuhdistamoiden haastattelun teimme puhelimitse tammikuun 2009 alussa. Valitsimme haastattelumenetelmäksi puhelinhaastattelut sen takia, että jätevedenpuhdistamot sijaitsevat kaukana ja

puhelimitse vastaukset saa suhteellisen nopeasti. Koimme myös hyödylliseksi haastatella puhdistamolietettä levittävää urakoitsijaa Reijo Jääskeläistä. Näin ollen teimme myös hänelle oman haastattelupohjan ja haastattelimme häntä tammikuussa 2009.

Projektista oli kokous 20.1.2009, jossa käytiin läpi varastointikokeet sekä alustavat peltokokeet. Samalla esittelimme suunnittelemaamme tuoteselostetta. Saimme kommentteja tuoteselosteen parantamiseksi, ja kutsuimme projektin jäsenet opinnäytetyömme esitykseen keväällä, kun sen aika on.

Parantelimme tuoteselostetta ja kirjoitimme raportin loppuun kommentointia varten. Väliseminaari pidettiin 20.2.2009. Ohjaavat opettajat sekä Iisalmen Veden käyttöpäällikkö Seppo Keskinen kommentoivat tekstiä ja tuoteselostetta. Väliseminaarin jälkeen yritimme vielä saada tarkennusta lainsäädäntöön asiantuntijahenkilöiltä maa- ja metsätalousministeriöstä ja Pohjois-Savon TE-keskukselta. Saamamme vastaukset eivät kuitenkaan selventäneet lainsäädäntöä, eikä sen osalta voinut tehdä tarvittavia muutoksia opinnäytetyöraporttiin. Kielioppivirheiden tarkastuksen jälkeen palautimme raportin ohjaaville opettajille sekä toimeksiantajalle.

## 10 PÄÄTÄNTÖ

Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa oli meille hyvin uusi asia aloittaessamme tätä työtä. Tämän takia olimme hyvin kiinnostuneita aiheesta, ja yritimme etsiä mahdollisimman paljon tietoa. Suomalaisia lähteitä ei kuitenkaan ollut paljon, ja näin ollen tietomme perustuu suurimmalta osalta ulkomaalaisiin lähteisiin.

Kun puhdistamoliete kalkkistabiloidaan, siihen lisätään kalkkia, joka nostaa sen pH:ta ja lämpötilaa. Kalkkia tulee lisätä riittävästi, jotta lämpötila ja pH säilyvät riittävän pitkään korkeina, jolloin erilaisten taudinaiheuttajien määrä laskee. Kalkkistabiloitu puhdistamoliete sisältää paljon fosforia, josta 40 % lasketaan liukoiseksi. Näin ollen kalkkistabiloitu puhdistamoliete on hyvä fosforilannoite, ja sitä käytettäessä voidaan säästää kemiallisten lannoitteiden käyttökuluissa fosforin osalta.

Puhdistamoliete on orgaaninen lannoite ja sisältää 40 % kuiva-ainetta. Se parantaa maan rakennetta, minkä huomaa esimerkiksi savimaiden paremmasta vedenläpäisykyvystä. Myös tuulieroosio on vähentynyt hienojakoisilla mailla puhdistamolietteen käytön yhteydessä. Kun maan rakenne paranee, on huomattu myös satotasojen nousua.

Puhdistamoliete sisältää raskasmetalleja, joiden määrä vaihtelee riippuen jätevesilietteen lähteestä. Iisalmen Veden raskasmetallien määrä puhdistamolietteessä on niin pieni, että se ei estä puhdistamolietteen levitystä. Juureksien raskasmetallipitoisuuksien on todettu nousevan puhdistamolietettä käytettäessä, ja tämän takia niiden viljely on kielletty viiden vuoden ajan puhdistamolietteen levityksestä.

Puhdistamolietteen levitykseen vaikuttaa nitraattiasetus, jonka lisäksi on laadittu erikseen ohjeita puhdistamolietteen käyttöön maataloudessa. Puhdistamolietteen levitykseen vaikuttaa: maan raskasmetalli- ja ravinnepitoisuudet, puhdistamolietteen raskasmetalli- ja ravinnepitoisuudet, viljeltävä kasvi ja maan pH.

Tavoitteena oli kerätä kokemuksia niin kotimaasta kuin ulkomailtakin puhdistamolietteen käytöstä. Kokemuksien perusteella oli tarkoitus tehdä toimiva tuoteseloste Iisalmen Vedelle. Kotimaasta tiedonkeruu tapahtui pääasiassa haastattelemalla viljelijöitä

ja muita vesilaitoksia, jotka käyttävät puhdistamolietettä lannoitteena. Odotimme haastattelujen antavan meille enemmän tietoa, mitä ne loppujen lopuksi antoivat. Tämä johtui suurimmaksi osaksi haastateltavien viljelijöiden oletettua pienemmästä määrästä. Yritimme parantaa tilannetta haastattelemalla muita jätevedenpuhdistamoita, mutta myös niistä haastatteluista saatu tieto oli vähäistä. Tämän vuoksi tuoteseloste, jonka olemme tehneet, perustuu suurimmaksi osaksi lainsäädäntöön ja tuoteselosteen malliesimerkkeihin.

Vaikka haastatteluista saatu tieto olikin vähäistä, koemme silti saaneemme paljon hyödyllistä tietoa kansainvälisistä sekä muista kotimaisista lähteistä. Itse olemme oppineet paljon aiheesta lähteitä tutkimalla. Kansainväliset lähteet antoivat paljon sellaista tutkimustietoa, jota Suomessa ei vielä ole tehty. Huomasimme kuitenkin, että Suomessakin on tehty viime aikoina tutkimuksia, joten puhdistamoliete voi olla tulevaisuudessa ajankohtainen aihe.

Kalkkistabilointiprojektista on Iisalmen vedelle hyötyä, koska sen tiimoilta tehdään MTT:n Maanigan tutkimusasemalla peltokokeet, jotka kertovat tarkkaan, miten Vuohiniemen puhdistamoliete vaikuttaa maaperään. Kun projekti loppuu vuonna 2011, Iisalmen Vesi saa käyttöönsä tietoja, jotka ovat eduksi puhdistamolietteen markkinoinnissa.

Kun aloitimme työtä, oli projektin vaiheessa peltokokeet, joiden tulokset luulimme saavamme työhömmme käyttöön. Koska projekti ei saanutkaan Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskukselta (Tekes) rahoitusta, ei peltokokeiden tuloksia ole saatu vielä valmiiksi. Alkuperäisen suunnitelman mukaan tarkoitus oli tehdä kaksi tuoteselostetta, joista toinen vastaa laissa määriteltäviä ja toisen tarkoitus oli olla enemmän markkinoiva. Markkinoivan tuoteselosteen osalta työ jäi hieman vajaaksi. Tästä syystä voisi olla aiheellista, että toiset opiskelijat ottavat työkseen varsinaisten markkinoivien tuoteselosteitten tekemisen, kun peltokokeet valmistuvat.

## LÄHTEET

Abu-Orf ym. 2004. Production of class A biosolids with anoxic low dose alkaline treatment and odor management. *Water Science and Technology* vol 49, 131–138. IWA Publishing.

Andreadakis, A.D. 1999. Treatment and disinfection of sludge using quicklime. *Waste management & research*. Kreikka. 31–37.

Evans, Tim. 2004. *Layman's Guide to the Use of Sludge in Acriculture*.

Gale,P. 2003. Using event trees to quantify pathogen levels on root crops from land application of treated sewage sludge. *Journal of Applied Microbiology* 94, 35–47.

Gibbs & Hu & Ho & Unkovich. 1997. Regrowth of faecal coliforms and salmonellae in stored biosolids and soil amended with biosolids. *Water Science and Technology* vol 35, 269–275. Elsevier Science Ltd.

Hogan & McHugh & Morton. 2001. Phosphorus availability for beneficial use in biosolids products. *Environmental Technology* vol. 22, 1347–1353.

Joona, J.2008. Käytännön Maamies 4, 28–32.

Maguire & Sims & Dentel & Coale & Mah. 2001. Relationships between biosolids Treatment process and soil phosphorus availability. *J Environ Qual* 30, 1023–1033.

Mikola, Anna. 2008. Kalkkistabiloidun puhdistamolietteen tuotteistaminen lannoitteeksi, tutkimussuunnitelma. Berliini, 22.1.2008. Kiuru&Rautiainen Oy.

Mäntylahti, V. 2003. Suomen peltojen viljavuus. Viljavuuspalvelu Oy. [Viitattu 27.11.2008]. Saatavissa: <http://viljavuuspalvelu.fi/viljavuuspalvelu/index.php?id=92>

Seyhan & Erdinçler. 2003. Effect of lime stabilisation of enhanced biological phosphorus removal sludges on the phosphorus availability to plants. *Water Science and Technology* vol 48, 155–162. IWA Publishing.

Sipilä, Anna. 2008. Testausseloste. Kuopio. 22.7.2008. Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy, elintarvikeyksikkö.

#### Painamattomat lähteet

Bina & Movahedian & Kord. 2004. The effect of lime stabilization on the microbiological quality of sewage sludge. [Viitattu 28.10.2008]. Saatavissa: [http://journals.tums.ac.ir/upload\\_files/pdf/489.pdf](http://journals.tums.ac.ir/upload_files/pdf/489.pdf)

FAO. Agricultural use of sewage sludge. [Viitattu 7.4.2008]. Saatavissa: <http://www.fao.org/docrep/T0551E/t0551e08.htm>

Iisalmen vesilaitos. Kalkkistabilointi. [Viitattu 25.8.2008]. Saatavissa: <http://www.iisalmi.fi/?deptid=19844>

Iisalmen Vesilaitos. Vesihuolto ja viemäröinti. [Viitattu 3.4.2008]. Saatavissa: <http://www.iisalmi.fi/?deptid=11299>

Kansallinen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelo (12/07). Finlex. [Viitattu 16.9.2008] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/28518-07012fil1.pdf>

Kapuinen, Petri. 2008. Lietteen hyötykäyttö maataloudessa. [Viitattu 12.11.2008]. Saatavissa: [http://www.vvy.fi/files/54/kapuinen\\_petri.pdf](http://www.vvy.fi/files/54/kapuinen_petri.pdf)

Lannoitevalmistelaki (N:o 539/2006). Finlex. [Viitattu 16.9.2008]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060539>

Maa- ja Metsätalousministeriö. 2005. Maa- ja metsätalousministeriön ja Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen ohje maataloudessa käytettävälle puhdistamolietteelle 2915/835/2005. [Viitattu 2.4.2008]. Saatavissa:  
<http://74.125.77.132/search?q=cache:IN8RqTSAmjsJ:www.kunnat.net/attachment.asp%3Fpath%3D1%3B29%3B356%3B24897%3B51777%3B86783+2915/835/2005&hl=fi&ct=clnk&cd=1&gl=fi>

Manures and other organic resources. 2008. Second Draft.

Mikola & Rautiainen. 2008. Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolietteen kalkkistabilointiprosessin kehittäminen.

Nordkalk. Käyttöturvatieotteet. [Viitattu 25.8.2008]. Saatavissa:  
<http://www.nordkalk.fi/default.asp?viewID=853>

Nordkalk. Poltetu ja sammutettu kalkki. [Viitattu 25.8.2008] Saatavissa:  
<http://www.nordkalk.fi/default.asp?viewID=341>

Pakarinen, K. 2009. KALAKKI-projektista [Sähköpostiviesti]. kirsi.pakarinen@mtt.fi. 23.2.2009. [Viitattu 27.2.2009].

Puhdistamolietteen käytöstä maataloudessa (N:o 282/1994). Finlex. [Viitattu 2.4.2008]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940282>

SMA Mineral. Kalkkisanasto. [Viitattu 3.4.2008]. Saatavissa:  
<http://www.smamineral.com/sw1438.asp>

Täydentävät ehdot. 2006. Maa- ja metsätalousministeriö. [Viitattu 13.12.2008]. Saatavissa:  
[http://www.mavi.fi/attachments/5gvvBs4bf/5gyI60CwN/Files/CurrentFile/Taydentavat\\_ehdot2006\\_korj\\_viljelytapa3.pdf](http://www.mavi.fi/attachments/5gvvBs4bf/5gyI60CwN/Files/CurrentFile/Taydentavat_ehdot2006_korj_viljelytapa3.pdf)



Vihersaari,V. 2004. Opas puhdistamolietteen maatalouskäytöstä. Varsinais-Suomen Agenda 21,1/4. [Viitattu 2.4.2008]. Saatavissa:  
[http://www.vsagendatoimisto.fi/vesiensuojelu/liete/Opas\\_puhdistamolietteen\\_maanviljelykaytosta.pdf](http://www.vsagendatoimisto.fi/vesiensuojelu/liete/Opas_puhdistamolietteen_maanviljelykaytosta.pdf)

Vihersaari,V. 2003. Puhdistamoliete- fosforilannoitteena. Varsinais-Suomen Agenda 21. [Viitattu 8.10.2008]. Saatavissa:  
<http://www.vsagendatoimisto.fi/vesiensuojelu/liete/Puhdistamoliete-fosforilannoitteena.pdf>

Vihersaari,V. 2002. Puhdistamoliete- Parasta pellolle. Varsinais-Suomen Agenda 21. [Viitattu 28.10.2008]. Saatavissa:  
<http://www.vsagendatoimisto.fi/vesiensuojelu/liete/Puhdistamoliete-parastapellolle.pdf>

## Haastattelupohja viljelijöille

Tilallinen: \_\_\_\_\_

Tilan nimi: \_\_\_\_\_

1. Millainen tila teillä on?

karja [ ] vilja [ ]

2. Kuinka paljon teillä on peltoa?

3. Kuinka monta eläintä teillä on?

4. Kuinka suurelle osalle peltoalasta levitätte jätevesilietettä?

5. Kuinka kaukana pellot sijaitsevat jätevesilaitokselta?

\_\_\_\_ km

6. Mitä maalajia teidän pellot ovat?

karkea kivennäismaa [ ] hienojakoinen kivennäismaa [ ] eloperäinen maa [ ]

7. Mille maalajeille levitätte jätevesilietettä?

karkea kivennäismaa [ ] hienojakoinen kivennäismaa [ ] eloperäinen maa [ ]

8. Kuinka kauan olette vastaanottaneet jätevesilietettä Iisalmen jätevesilaitokselta?

\_\_\_\_ vuotta

9. Kuinka monta kertaa vuodessa levitätte jätevesilietettä pelloille?

\_\_\_\_ kertaa

10. Mihin aikaan vuodesta levitätte jätevesilietettä?

kevällä [ ] syksyllä [ ]

11. Kuinka paljon jätevesilietettä on levitetty pelloille hehtaaria kohden?

\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

12. Onko pelloille levitetty muita lannoitteita jätevesilietteen lisäksi?

kyllä [ ] ei [ ]

13. Mitä lannoitteita on levitetty ja kuinka paljon?

14. Millä perusteella muita lannoitteita on levitetty?

viljavuustutkimus [ ] pH [ ] varmuuden vuoksi [ ]

karjanlanta pakko levittää johonkin [ ]

15. Mitä kasveja viljelette alalla, jolle levitätte jätevesilietettä?

ruokohelpi [ ] nurmi [ ] vilja [ ] muu, mikä? \_\_\_\_\_

16. Mihin käyttötarkoitukseen kasvit menevät?  
rehuksi ☐ energiantuotantoon ☐ elintarvikkeeksi ☐ siementuotantoon ☐
17. Oletteko huomanneet muutosta maan laadussa, käytettäessä jätevesilietettä?  
kyllä ☐ ei ☐
18. Millaista muutosta olette huomanneet?
19. Miten muutos on käynyt ilmi?  
viljavuustutkimukset ☐ oma silmähavainto ☐
20. Oletteko huomanneet muutosta satotasossa, käytettäessä jätevesilietettä?  
kyllä ☐ ei ☐
21. Millaiset raskasmetallipitoisuudet teillä on? Raskasmetallianalyysit/viljavuustutkimukset? (exel pohja)

Seuraavat kysymykset ovat tulevaa kalkkistabiloidun puhdistamolietteen tuoteselostetta varten. Vastausten avulla pystymme tarjoamaan riittävän tarkan tuoteselosteen viljelijöiden käyttöön.

22. Mitä haluaisitte tietää kalkkistabiloidusta lietteestä?
23. Mikä on teidän kokemuksen mukaan viljelijälle tärkeä tieto?
24. Oletteko kiinnostuneita jatkamaan lietteen vastaanottoa sen jälkeen, kun sen käsittely muuttuu kalkkistabiloinniksi?  
kyllä ☐ ei ☐
25. Olisitteko valmiita maksamaan kalkkistabiloidusta jätevesilietteestä? (esim.10 €/t pellolle levitettynä?)  
kyllä ☐ ei ☐
26. Millaisia kokemuksia teillä on ollut jätevesilieden käytöstä?
27. Millaisia ongelmia teillä on ilmennyt käytön yhteydessä?

Haastattelupohja jätevedenpuhdistamoille

Vesilaitos: \_\_\_\_\_

Kunta: \_\_\_\_\_

1. Kuinka kauan olette käsitelleet puhdistamolietettä kalkkistabiloimalla?  
\_\_\_\_ vuotta
2. Miten käsitelitte puhdistamolietettä ennen kalkkistabilointia?
3. Miksi valitsitte kalkkistabiloinnin käsittelymenetelmäksi?  
halpa \_\_\_\_\_ kalkitusvaikutus \_\_\_\_\_ teknisesti helppo toteuttaa \_\_\_\_\_  
muu syy \_\_\_\_\_
4. Ovatko hajuhaitat vähentyneet puhdistamolietteessä kalkkistabilointiin siirtymisen jälkeen?
5. Kuinka paljon jätevesilietettä syntyy vuodessa?  
\_\_\_\_ m<sup>3</sup>
6. Kuinka suuri osa puhdistamolietteestä menee maatalouskäyttöön?  
\_\_\_\_ %
7. Mihin käyttötarkoitukseen loppu puhdistamoliete menee?
8. Kuinka monta tilaa on vastaanottanut puhdistamolietettä?
9. Kuinka moni tila käyttää puhdistamolietettä vuosittain?
10. Varastoidaanko kalkkistabiloinnilla käsitelty puhdistamoliete jossakin vai levitetäänkö se suoraan pelloille?  
siilossa \_\_\_\_\_ aumassa \_\_\_\_\_ jollain muulla tavalla \_\_\_\_\_
11. Kuinka innokkaita viljelijät ovat vastaanottamaan puhdistamolietettä?  
eivät innokkaita 1 2 3 4 5 todella innokkaita
12. Miten ohjeistatte viljelijöitä kalkkistabiloidun puhdistamolietteen käytössä?
13. Maksaako puhdistamolietteen vastaanotto viljelijöille jotakin? Kuinka paljon?  
kyllä \_\_\_\_\_ ei \_\_\_\_\_
14. Millaiset raskasmetallipitoisuudet puhdistamolietteessä on?  
korkeat \_\_\_\_\_ kohtalaiset \_\_\_\_\_ alhaiset \_\_\_\_\_
15. Rajoittavatko raskasmetallipitoisuudet levitystä viljelyalueella?  
kyllä \_\_\_\_\_ ei \_\_\_\_\_
16. Miten puhdistamolietteen levitys on järjestetty?

2(2)

17. Onko alueellanne tehty tutkimusta siitä kuinka kalkkistabiloitu puhdistamoliete vaikuttaa maan rakenteeseen ja satotasoon?  
kyllä\_\_\_\_ ei\_\_\_\_
18. Jos tutkimuksia on tehty, millaisia tuloksia on saatu? Onko niitä mahdollista saada käyttöön?
19. Kuinka paikalliset ihmiset suhtautuvat puhdistamolietteen käyttöön maataloudessa?

Haastattelupohja Reijo Jääskeläiselle

1. Kuinka monta vuotta olette toiminut puhdistamolietteen urakoitsijana?  
\_\_\_ vuotta
2. Miten puhdistamolietteen levitys on järjestetty?
3. Kuinka kaukana pellot sijaitsevat jätevesilaitokselta/Peltomäestä?  
\_\_\_ km
4. Kuinka monta kertaa vuodessa puhdistamolietettä levitetään pelloille?  
\_\_\_ kertaa
5. Mihin aikaan vuodesta puhdistamolietettä levitetään?  
keväällä\_\_\_ syksyllä\_\_\_
6. Kuinka paljon puhdistamolietettä on levitetty pelloille hehtaaria kohden?  
\_\_\_ m<sup>3</sup>
7. Rajoittavatko raskasmetallipitoisuudet levitystä viljelyalueella?  
kyllä\_\_\_ ei\_\_\_
8. Oletteko huomanneet muutosta maan laadussa käytettäessä puhdistamolietettä?  
kyllä\_\_\_ ei\_\_\_
9. Millaista muutosta olette huomanneet?
10. Millaisia kokemuksia teillä on ollut puhdistamolietteen käytöstä?
11. Millaisia ongelmia teillä on ilmennyt puhdistamolietteen käytön yhteydessä?
12. Millaisia hajuhaittoja levitettävästä puhdistamolietteestä tulee?
13. Kuinka monta tilaa on vastaanottanut puhdistamolietettä?
14. Kuinka moni tila käyttää puhdistamolietettä vuosittain?
15. Kuinka innokkaita viljelijät ovat vastaanottamaan puhdistamolietettä?  
eivät innokkaita 1 2 3 4 5 todella innokkaita
16. Kuinka ohjeistatte viljelijöitä puhdistamolietteen käytössä?
17. Kuinka paikalliset ihmiset suhtautuvat puhdistamolietteen käyttöön maataloudessa?
18. Onko teillä valokuvia levityslaitteistosta ja levitystilanteesta? Onko niitä mahdollista saada opinnäytetyömme havainnollistamiseksi?



TUOTESELOSTE 14.4.2009

**Kaupan nimi** Kalakkiliete

**Tyyppinimi** Kalkkistabiilitu puhdistamoliete

**Raaka-aineet** Puhdistamoliete ja poltettu kalkki (Nord-kalk QL 0-3 R)

**Valmistus**

Puhdistettuun jättevesilietteeseen lisätään poltettua kalkkia. Kalkin määrä on 10 % jättevesilietteen kuiva-aineesta. Valmis kalkkistabiilitu jättevesiliete varastoidaan Peltomäessä sijaitsevaan katettuun varastoon tai levitetään suoraan pelloille. Valmistuksen ja varastoinnin jälkeen puhdistamoliete on kohtalaisen hajuton.

**Käyttö**

Tuote on sellaisenaan maanparannusaineen käytettävä sivutuote. Sitä saa käyttää viljalle, sokerijuurikkaalle ja öljykasveille tai sellaisille kasveille, joita ei käytetä ihmisen ravinnoksi tai eläimen rehuksi. Sitä ei saa käyttää kotipuutarhoissa eikä taimituotannossa. Tuotteen levitys nurmelle on sallittua, kun se perustetaan suojaviljan kanssa ja multataan huolellisesti.

Tuotteella lannotetun maan varoalka on viisi vuotta, jonka jälkeen perunan, juureksen ja vihannuksen viljely on mahdollista. Tuotetta saa käyttää viljelymaille, joiden pH on yli 5,5 ja joiden raskasmetallipitoisuudet eivät ylitä viranomaisohjevoja. Levitetyn lietteen määrä hehtaaria kohden määräytyy viljeltävän kasvin ravinnetarpeen sekä maaperän laadun mukaan.

Tuotteen fosforipitoisuus on hyvä, joten tuote soveltuu hyvin pelloille, jotka tarvitsevat fosforilannoitusta.

Makroravinteet		
Kokonaispitoisuus	Kalakkiliete	Raja-arvot
Typpi (N)	40	
Fosfori (P)	17	
Kalium (K)	2,8	
Liukoiset pitoisuudet		
Typpi (N)	12	
Fosfori (P)		
Haitalliset raskasmetallit		
	mg/kg ka	mg/kg ka
Kupari (Cu)	222	600
Sinkki (Zn)	502	1500
Kadmium (Cd)	0,21	3
Kromi (Cr)	15,2	300
Elohopea (Hg)	0,23	2
Nikkeli (Ni)	31,5	100
Lyijy (Pb)	12,2	150

**Tilavuuspaino**

**Kosteus (H<sub>2</sub>O)** 75–80 %

**Orgaaninen aines** 50 % kuiva-aineesta

**Johtokyky**

**pH** 12,4

#### Valmistaja

Iisalmen Vesi

PL 10, 74101 IISALMI

Yhteysthenkilö: Vilho Partanen

p. (017) 272 3326 tai 040 588 9019

e-mail [Vilho.Partanen@iisalmi.fi](mailto:Vilho.Partanen@iisalmi.fi)

Lisätietoa:

<http://www.iisalmi.fi/?deptid=19844>

#### Valmistuspaikka

Vuohiniemen jätevedenpuhdistamo

Kivirannantie

74101 IISALMI



#### Käyttömäärät ja levitys

Käyttöä rajoittaa pellon ja puhdistamolietteen raskasmetalli- ja ravinnepitoisuudet. Koska puhdistamoliete on orgaaninen lannoite, sitä rajoittaa nitraatidirektiivi. Työ- ja ympäristöministeriön asetus, jonka mukaan luvun lisäksi käyttöä rajoittaa fosfori, jonka luku on pitoisuus lainsäädännön mukaan on 75 % kokonaisfosforista.

Jätevesilietteen levittää jätevesilaitoksen järjestämä urakoitsija.

#### Haitalliset raskasmetallit

Haitallisten raskasmetallien määrä alittaa Valtioneuvoston päätöksen (282/1994) asettamat enimmäispitoisuudet.

#### Ilmoitusvelvollisuus

Viljelijä on velvollinen ilmoittamaan puhdistamolietteen käytöstä lannoitteena päätöksen yhteydessä. Ilmoitus tehdään merkittämällä rasti puhdistamolietteen käyttöä koskevaan kohtaan lomakkeella 101A.

Alkuperä- ja valmistusmaa Suomi

#### Puhdistamolietteen tilaus ja saatavuus

Puhdistamolietettä voi tilata puhdistamolietturakkoitsijalta. Sitä on saatavilla Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolta sekä Peltoniemen varastolta. Vastaanotto ja levitys ovat viljelijälle ilmaisia.





## A4-kokoinen tuoteseloste

**KALAKKILIE**

TUOTESELOSTE 10.3.2009

Kauppanimi	Kalakkiliete															
Tyypinimi	Kalkkistabiloitu puhdistamoliete															
Raaka-aineet	Puhdistamoliete ja poltettu kalkki (Nordkalk QL 0-3 R)															
Valmistus	Puhdistettuun jätevesilietteeseen lisätään poltettua kalkkia. Kalkin määrä on 10 % jätevesilietteen kuiva-aineesta. Valmis kalkkistabiloitu jätevesiliete varastoidaan Peltomäessä sijaitsevaan katettuun varastoon tai levitetään suoraan pelloille. Valmistuksen ja varastoinnin jälkeen puhdistamoliete on kohtalaisen hajutonta.															
Käyttö	<p>Tuote on sellaisenaan maanparannusaineen käytettävä sivutuote. Sitä saa käyttää viljalle, sokerijuurikkaalle ja öljykasveille tai sellaisille kasveille, joita ei käytetä ihmisen ravinnoksi tai eläimen rehuksi. Sitä ei saa käyttää kotipuutarhoissa tai taimituotannossa. Tuotteen levitys nurmelle on sallittua, kun se perustetaan suojaviljan kanssa ja mullataan huolellisesti.</p> <p>Tuotteella lannoitetun maan varoaika on viisi vuotta, jonka jälkeen perunan, juureksen ja vihanneksen viljely on mahdollista. Tuotetta saa käyttää sellaisille viljelymailla, joiden pH on yli 5,5 ja joiden raskasmetallipitoisuudet eivät ylitä viranomaisohjearvoja. Levitetyn lietteen määrä hehtaaria kohden määräytyy viljeltävän kasvin ravinnetarpeen sekä maaperän laadun mukaan.</p> <p>Tuotteen fosforipitoisuus on hyvä, joten tuote soveltuu hyvin pelloille, jotka tarvitsevat fosforilannoitusta.</p>															
Tilavuuspaino																
Kosteus (H2O)	75–80 %															
Orgaaninen aines	50 % kuiva-aineesta															
Johtokyky																
pH	12,4															
Makroravinteet	<table><tr><td>Kokonaispitoisuus</td><td>g/kg ka</td></tr><tr><td>Typpi (N)</td><td>40</td></tr><tr><td>Fosfori (P)</td><td>17</td></tr><tr><td>Kalium (K)</td><td>2,8</td></tr><tr><td>Liukoiset pitoisuudet</td><td>g/kg ka</td></tr><tr><td>Typpi (N)</td><td>12</td></tr><tr><td>Fosfori (P)</td><td></td></tr></table>		Kokonaispitoisuus	g/kg ka	Typpi (N)	40	Fosfori (P)	17	Kalium (K)	2,8	Liukoiset pitoisuudet	g/kg ka	Typpi (N)	12	Fosfori (P)	
Kokonaispitoisuus	g/kg ka															
Typpi (N)	40															
Fosfori (P)	17															
Kalium (K)	2,8															
Liukoiset pitoisuudet	g/kg ka															
Typpi (N)	12															
Fosfori (P)																

<b>Haitalliset raskasmetallit</b>	Kupari (Cu)	222 mg/kg ka	(< 600 mg/kg ka)
	Sinkki (Zn)	502 mg/kg ka	(< 1500 mg/kgka)
	Kadmium (Cd)	0,21 mg/kg ka	(< 3 mg/kg ka)
	Kromi (Cr)	15,2 mg/kg ka	(< 300 mg/kg ka)
	Elohopea (Hg)	0,23 mg/kg ka	(< 2 mg/kg ka)
	Nikkeli (Ni)	31,5 mg/kg ka	(< 100 mg/kg ka)
	Lyijy (Pb)	12,2 mg/kg ka	(< 150 mg/kg ka)
	Haitallisten raskasmetallien määrä alittaa Valtio-neuvoston päätöksen (282/1994) asettamat enimmäispitoisuudet (suluissa olevat arvot).		
<b>Käyttömäärät ja levitys</b>	Käyttöä rajoittaa pellon ja puhdistamolietteen raskasmetalli- ja ravinne-pitoisuudet. Koska puhdistamoliete on orgaaninen lannoite, sitä rajoittaa nitraattidirektiivi. Typen lisäksi käyttöä rajoittaa fosfori, jonka liukoinen pitoisuus lainasäädännön mukaan on 75 % kokonaisfosforista.		
	Jätevesilietteen levittää jätevesilaitoksen järjestämä urakoitsija.		
<b>Ilmoitusvelvollisuus</b>	Viljelijä on velvollinen ilmoittamaan puhdistamolietteen käytöstä lannoitteena päätukihaun yhteydessä. Ilmoitus tehdään merkitsemällä rasti puhdistamolietteen käyttöä koskevaan kohtaan lomakkeella 101A.		
<b>Alkuperä- ja valmistusmaa</b>	Suomi		
<b>Puhdistamolietteen tilaus ja saatavuus</b>	Puhdistamolietettä voi tilata puhdistamolieteurakoitsijalta. Sitä on saatavilla Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolta sekä Peltomäen varastolta. Vastaanotto ja levitys ovat viljelijälle ilmaisia.		
<b>Valmistaja ja valmistuspaikka</b>	Iisalmen Vesi, Vuohiniemen jätevedenpuhdistamo PL 10, 74101 IISALMI Yhteyshenkilö: Vilho Partanen p. (017) 272 3326 tai 040 588 9019 e-mail Vilho.Partanen@iisalmi.fi Lisätietoa: <a href="http://www.iisalmi.fi/?deptid=19844">http://www.iisalmi.fi/?deptid=19844</a>		

Kalkkistabiloidun puhdistamolietteen tiedote:



**KALKKISTABILOITU PUHDISTAMOLIETE**  
12.3.2009

Iisalmen Veden kalkkistabiloitu puhdistamoliete

- parantaa maan rakennetta
- nostaa maan pH-arvoa
- toimii fosforilannoitteena
- saatavana pellolle levitettynä maksutta
- on kohtalaisen hajutonta

Iisalmelaiset viljelijät ovat käyttäneet Iisalmen Veden puhdistamolietettä jo kymmenien vuosien ajan. He kertoivat, että puhdistamolietteen käyttö on lisännyt maan multavuutta ja vedenläpäisykykyä.

Ulkomaalaisten viljelijöiden kokemusten mukaan puhdistamolietteen käyttö nostaa nurmen satotasoa sekä fosforin ravinnepitoisuutta maassa ja maan pH-arvoa. Kasveille käyttökelpoisen fosforin määrä on korkeampi kuin kemiallisilla lannoitteilla lannoitetussa maassa. Orgaanisen aineksen määrä lisääntyy sekä ravinteiden huuhtoutuminen vähenee. Maa on rakeisempaa, sitä on helpompi muokata eikä se ole niin eroosioarka.

NK-väkilannoitelisällä ensimmäisen vuoden peltokokeiden tuloksena on saatu vastaavia satomääriä kuin NPK-väkilannoitteella. Peltokokeita jatketaan MTT:n Pohjois-Savon tutkimusasemalla Maaningalla vuoteen 2011 asti.

Lisätietoa löytyy Iisalmen Veden kalkkistabiloidun puhdistamolietteen tuoteselosteesta:  
(linkki)

**Yhteystiedot:**

Iisalmen Vesi  
PL 10, 74101 IISALMI  
Yhteyshenkilö: Vilho Partanen  
p. (017) 272 3326 tai 040 588 9019  
e-mail Vilho.Partanen@iisalmi.fi

