



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SUUNNITELMAN LAATIMINEN KÄYTÖSTÄ POISTETTAVILLE JA KUNNOSTETTAVILLE JÄTEVESIEN MAA-ALTAILLE

TEKIJÄ:

Janina Suomalainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Janina Suomalainen	
Työn nimi Suunnitelman laatiminen käytöstä poistettaville ja kunnostettaville jätevesien maa-altaille	
Päiväys 26.5.2021	Sivumäärä/Liitteet 29/9
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Infrap Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia suunnitelma käytöstä poistettaville ja kunnostettaville jätevesien maa-altaille. Työn tilaajana toimi Infrap Oy ja heidän asiakkaansa Pellon vesihuolto-osuuskunta. Työ oli osa Pellon vesihuolto-osuuskunnalle myönnetyn ympäristöluvan lupamääräystä, jossa määrättiin luvanhakijaa toimittamaan aikataulutettu suunnitelma maa-altaiden poistoa koskevista toimenpiteistä. Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää sellaiset toimenpiteet, joiden avulla maa-altaissa oleva liete saadaan käsiteltyä ja altaat poistettua kustannustehokkaasti.</p> <p>Työn aluksi perehdyttiin jätevesilietteeseen ja lietteen kuivausmenetelmiin sekä lietteen kompostointiin. Suunnitelman laatimisen aluksi selvitettiin suunnitteluun tarvittavat lähtötiedot, kuten altaiden tilavuudet, altaissa oleva lietemäärä sekä arvio lietteen kuiva-ainepitoisuudesta. Työssä laskettiin lietteen eri kuiva-ainepitoisuuksien vaikutusta kompostoinnissa tarvittavaan tukiainemäärään. Lisäksi työssä tutustuttiin eri kunnostusvaihtoehtoihin sekä niiden kustannuksiin. Kunnostusvaihtoehtoja vertailtiin niiden kustannusten, soveltuvuuden sekä toteutuskelpoisuuden mukaan. Suunnitelma laadittiin yhteistyössä tilaajan, Pellon vesihuolto-osuuskunnan sekä lupaviranomaisen kanssa.</p> <p>Kunnostusvaihtoehdoksi valittiin lietteen kompostointi paikan päällä. Suunnitelmassa käytiin läpi valitun vaihtoehdon kunnostusvaiheet sekä laadittiin toteutusaikataulu. Opinnäytetyön yhteydessä laadittuun suunnitelmaan pyydettiin lausunto Lapin Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen lupaviranomaisella. Lupamääräyksen toteuttamisen lisäksi suunnitelma ohjaa Pellon vesihuolto-osuuskuntaa kunnostuksen toteutuksessa.</p>	
Avainsanat jätevesiliete, kompostointi, lietteen kuiva-ainepitoisuus	

Field of Study Technology, Communication and Transport		
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology		
Author(s) Janina Suomalainen		
Title of Thesis Creating a Removal and Repair Plan for Old Sewage Tanks		
Date	26 May 2021	Pages/Appendices
		29/9
Client Organisation /Partners Infrap Oy		
<p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by Infrap Oy and their customer Pellon Vesihuolto Osuuskunta. Finding a way to do the decommission of the tanks as well as processing and removing the sludge in a cost-efficient way from the tanks was the objective of this thesis. The purpose was to make a removal and repair plan for old sewage tanks. The work was part of the environmental permits' permission regulation and Pellon Vesihuolto Osuuskunta was to deliver a scheduled plan about the measures concerning the removal of the tanks.</p> <p>At first familiarization with the sewage waste, sewage sludge treatment and sludge compost was made. Initial data to make the plan was gathered. This data consisted of the volume of the tanks, the amount of sludge in the tanks and the amount of dry matter in the sludge. The effect of the dry matter concentration of the sludge on the needed amount of compost components to in composting was calculated. Also studies between different repair options and their expenses were made. Different repair options were compared in terms of expenses, suitability and viability. Finally, a plan was made in cooperation with the commissioner, Pellon Vesihuolto Osuuskunta and the Lapland Centre for Economic Development, Transport, and the Environment.</p> <p>As a result, composting at the sewage treatment plant was chosen as the repair method. A schedule and the needed repair steps were included in the plan. The plan was approved by the Lapland Centre for Economic Development, Transport and the Environment. In conclusion, the plan fulfills the permission regulation and steers the repair of sewage tanks.</p>		
<p>Keywords wastewater sludge, sewage, composting</p>		

ESIPUHE

Haluan kiittää työn tilaajaa Infrac Oy:tä opinnäytetyön aiheesta sekä erityisesti tilaajan edustajaa Pekka Iivaria ohjauksesta. Pääsin soveltamaan oppimaani sekä kehittämään ammatillista osaamistani työtä tehdessä. Kiitokset Pellon vesihuolto-osuuskunnalle tiiviistä yhteistyöstä työn tekemisen aikana sekä ohjaavalle opettajalle Pasi Pajulalle työn ohjauksesta ja tuesta.

Kuopiossa 26.5.2021

Janina Suomalainen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	JÄTEVEDEN PUHDISTAMINEN JA JÄTEVESILIETE	7
2.1	Jäteveden koostumus.....	7
2.2	Jäteveden puhdistaminen	7
2.3	Jätevesilietteet.....	8
3	JÄTEVESILIETTEEN TIIVISTÄMINEN JA KUIVAUS.....	10
3.1	Lietteen tiivistäminen	10
3.1.1	Laskeutustiivistys	11
3.1.2	Flotaatiotiivistys	11
3.2	Lietteen kuivaus.....	11
3.2.1	Linko.....	11
3.2.2	Imusuodatin	12
3.2.3	Suotonauhapuristin	13
4	JÄTEVEDENPUHDISTAMOLIETTEEN KOMPOSTOINTI	14
4.1	Kompostointimenetelmät.....	15
4.2	Kompostoinnin vaiheet	15
4.3	Tukiaineet	16
4.4	Kompostoinnin seuranta ja hoito/ylläpito	17
5	KUIVA-AINEPITOISUUDEN VAIKUTUS LISÄTTÄVÄÄN TUKIAINEEN MÄÄRÄÄN	18
6	MAA-ALTAIDEN POISTO- JA KUNNOSTUSSUUNNITELMAN LAATIMINEN (EI JULKINEN)	20
7	VAIHTOEHDOT LIETTEEN KÄSITTELYLLE (EI JULKINEN).....	24
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	26
	LÄHTEET	27
	LIITE 1: MAA-ALTAIDEN KUNNOSTUSSUUNNITELMA (EI JULKINEN)	29

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on laatia Infrap Oy:lle suunnitelma käytöstä poistettaville ja kunnostettaville jätevesien maa-altaille. Poistettavat ja kunnostettavat jätevesien maa-altaat sijaitsevat Pellon kirkonkylän jätevedenpuhdistamon alueella. Puhdistamoalueelle on rakenteilla uusi jätevedenpuhdistamo, jonka myötä nykyisille altaille ei ole enää käyttöä.

Infrap Oy on suomalainen infra-alan hankkeiden projektinjohtopalveluihin, rakennuttamiseen, valvontaan sekä mittauksiin erikoistunut asiantuntijaorganisaatio. Infrap Oy perustettu vuonna 2014. Yritys toimii tällä hetkellä Suomen ja Baltian alueella ja sillä on toimipisteitä ympäri Suomea. Infrap toimii viidellä eri toimialalla, jotka ovat Ylläpito, päällysteet ja tiemerkinnet, Hoito ja kunnossapito, Vesihuolto ja teollisuusrakentaminen, Väylätietopalvelut ja mittaukset sekä Rakentaminen ja muut asiantuntijapalvelut.

Pellon kirkonkylän jätevedenpuhdistamolle myönnetyn ympäristöluvan lupamääräyksissä veloitettiin luvanhakijaa toimittamaan aikataulutettu suunnitelma maa-altaiden poistoa ja kunnostusta koskevista toimenpiteistä. Suunnitelman tavoitteena on löytää sellaiset toimenpiteet, joilla nykyiset maanvaraiset altaat saadaan tyhjennettyä siten, ettei siitä aiheudu ympäristölle vaaraa. Lisäksi tavoitteena on löytää kustannustehokasratkaisu, joka on kohtuullisella työmäärällä toteutettavissa. Suunnitelman laatimisessa otetaan huomioon taloudelliset ja toiminnalliset näkökulmat ja vertaillaan eri toteutusvaihtoehtoja.

Suunnitelma laaditaan yhteistyössä tilaajan, Pellon vesihuolto-osuuskunnan sekä lupaviranomaisen kanssa. Suunnitelmaan pyydetään lausunto lupaviranomaiselta, jonka jälkeen se tulee tilaajan käyttöön. Suunnitelma sisältää kohde-esittelyn, kunnostuksen tavoitteet, toteutustavan kuvauksen sekä toteutusaikataulun.

Pellon kirkonkylän jätevedenpuhdistamo sijaitsee Pellon kunnassa Tornionjoen vierustalla. Puhdistamolla puhdistettu vesi johdetaan purkuputkea pitkin Tornionjokeen. Tornionjoki on Suomen ja Ruotsin rajajoki, jonka valuma-alue ulottuu Kilpisjärveltä Perämeren rannikolle. Valuma-alueella on useita jätevedenpuhdistamoja, jotka kuormittavat vesistöaluetta. Lisäksi maa- ja metsätalous, kaivostointi, matkailu sekä kalastus ja poronhoito vaikuttavat vesien tilaan. Alueelle on laadittu vesienhoitosuunnitelma, jossa esitettyjen toimenpiteiden tavoitteena on ylläpitää tai saavuttaa vesien hyvä tila.

Opinnäytetyössä perehdytään jätevedenpuhdistusprosessiin ja siitä muodostuviin lietevirtoihin sekä niiden käsittelyyn, kuten tiivistykseen ja kuivaukseen. Lisäksi perehdytään lietteen kompostointiin ja kuiva-ainepitoisuuden vaikutukseen kompostointiin tarvittavan tukiaineen määrässä. Lietteitä ja kompostoinnista syntyvä massaa tarkastellaan myös kestävä kehityksen näkökulmasta, sillä ne eivät ole pelkästään jätettä, vaan niitä voidaan hyötykäyttää esimerkiksi viherrakentamisessa ja energian tuotannossa.

2 JÄTEVEDEN PUHDISTAMINEN JA JÄTEVESILIETE

Yhdyskuntajätevedellä tarkoitetaan sellaista vettä joka koostuu talous- ja teollisuusjätevesistä. Suomessa muodostuu yhdyskuntajätevettä noin 500 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli noin 300 litraa vuorokaudessa jokaista asukasta kohden (Yhdyskuntien jätevedenpuhdistus 2013, SYKE 2015, 7). Syntyvä jätevesi on puhdistettava siten, että se täyttää valtioneuvoston yhdyskuntajätevesiä koskevan asetuksen vaatimukset. (Asetus 2006/888: Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä, 4 pykälä)

Syntyvä yhdyskuntajätevesi siirretään joko syntypaikalta puhdistettavaksi jätevedenpuhdistamolle tai käsitellään syntypaikalla. Jätevesi voidaan siirtää paineviemäriä pitkin käsiteltäväksi puhdistamolle tai se voidaan kerätä kiinteistöllä sijaitsevaan umpisäiliöön, josta se kuljetetaan säiliöautolla puhdistamolle käsiteltäväksi. Kiinteistöllä jätevesi voidaan käsitellä saostuskaivossa, maapuhdistamossa tai pienpuhdistamossa. Saostus- eli sakokaivossa tapahtuu painovoiman avulla mekaaninen puhdistus, josta vesi ohjataan erilliseen vähintään kerran vuodessa tyhjennettävään säiliöön. Maapuhdistamossa vesi puhdistetaan joko maameyttämössä maaperään imeyttämällä tai maisuodattamossa ohjaamalla vesi suodatuskentän kautta purkupuutkea pitkin purkupaikkaan. Pienpuhdistamoissa jätevesi käsitellään kuten jätevedenpuhdistamoissa, mutta vain kooltaan pienemmässä mittakaavassa. (Jätevesijärjestelmän omaseuranta, ELY-keskus 2007, 9-12.)

2.1 Jäteveden koostumus

Jätevesi koostuu useista eri vesivirroista, jotka voidaan jakaa kahteen pääluokkaan; mustavesi ja harmaaavesi. Mustaa vettä syntyy WC:n käytössä ja se sisältää pääasiassa virtsaa sekä ulostetta. Harmaaavesi koostuu peseytymisen ja kodinhuollon, kuten pyykin- ja astianpesun yhteydessä syntyvistä vesistä. (Larsen, Lienert & Udert 2013, 242.)

Jätevesi sisältää kiintoainesta, orgaanista ainesta, ravinteita ja mikrobeja. (RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 492.) Jätevedenpuhdistamoille päätyy vuosittain 4300 tonnia fosforia ja 32 700 tonnia typpeä. Suurin osa fosforista on peräisin pesuaineista ja ureasta. Puhdistamolle tulevassa jätevedessä olevat ravinteet päätyvät puhdistusprosessista muodostuviin lietevirtoihin.

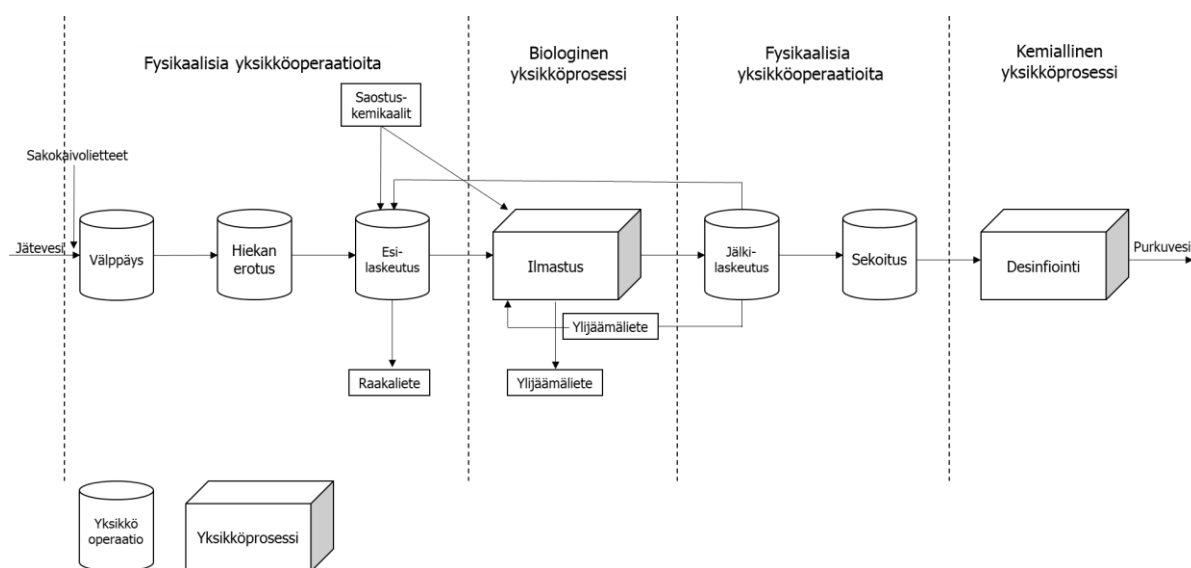
2.2 Jäteveden puhdistaminen

Jätevedenpuhdistusprosessi koostuu kolmesta vaiheesta (kuva 1): mekaaninen, biologinen ja kemiallinen puhdistus. Mekaanisessa puhdistuksessa vedestä erotetaan välppäyksen ja siivilöinnin avulla suurimmat kiintoainelosat. Välppäyksen jälkeen vesi kulkeutuu hiekanerotukseen, jossa siitä poistetaan hiekka. Hiekanerotus tapahtuu hiekanerotusaltaissa. Mekaanisen puhdistuksen tavoitteena on saada vesi jatkokäsittelyn kannalta sopivaan muotoon. (Jätevesijärjestelmän omaseuranta, ELY-keskus 2019, 10.)

Mekaanisen puhdistuksen jälkeen vesi siirtyy biologiseen puhdistukseen. Biologisessa puhdistuksessa jätevedestä poistetaan orgaanista ainesta, typpeä ja fosforia bakteerien ja muiden pienliöiden avulla. Biologisista puhdistusmenetelmistä yleisin on aktiivilieteprosessi, jossa ilmastuksella eli ilmaa lisäämällä, jätevedessä olevat mikrobit kasvavat ja hajottavat jätevedessä olevaa eloperäistä ainesta vapauttaen typpeä. Ilmastuksella pyritään myös pitämään jätevesi

jatkuvassa liikkeessä, jotta mikrobit ja epäpuhtaudet ovat paremmin kontaktissa keskenään. (RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 17, 183.)

Biologisen puhdistuksen jälkeen jätevesi puhdistetaan kemiallisesti. Kemiallisessa puhdistuksessa jätevedessä olevat epäpuhtaudet poistetaan lisäämällä veteen kemikaaleja, jotka käynnistävät vedessä kemiallisia reaktioita. Kemiallisissa puhdistusprosesseissa ovat esimerkiksi desinfiointi ja kemiallinen saostus. Kemiallisessa saostuksessa veteen lisätään saostuskemiaalia, jonka seurauksena vedessä oleva liuennut fosfori muuttuu kiinteäksi sakaksi, joka poistetaan jätevedestä mekaanisesti. (RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 18; Jätevesijärjestelmän omaseuranta, ELY-keskus 2019, 10.)



KUVA 1 Yksikköoperaatioiden ja yksikköprosessien sijoittuminen jäteveden puhdistamon virtauskaaviossa (Muokattu lähteistä RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 17; Jätevesien ravinteet kiertoön turvallisesti ja tehokkaasti, SYKE 2021, 13).

2.3 Jätevesilietteet

Jätevedenpuhdistuksen yhteydessä syntyy vuosittain 140 000 tonnia jätevesilietettä kuiva-aineena laskettuna. Jätevesiliete sisältää vettä, orgaanista ainesta, rakasmetalleja sekä patogeenejä, kuten viruksia bakteereja ja loisia. Jätevesilietteen koostumus riippuu käytetystä lietteen käsittelymenetelmästä sekä käsiteltävän jäteveden laadusta. (Euroopan komissio julkaisuaikea tuntematon; Jätevesien ravinteet kiertoön turvallisesti ja tehokkaasti, SYKE 2021, 9,12.)

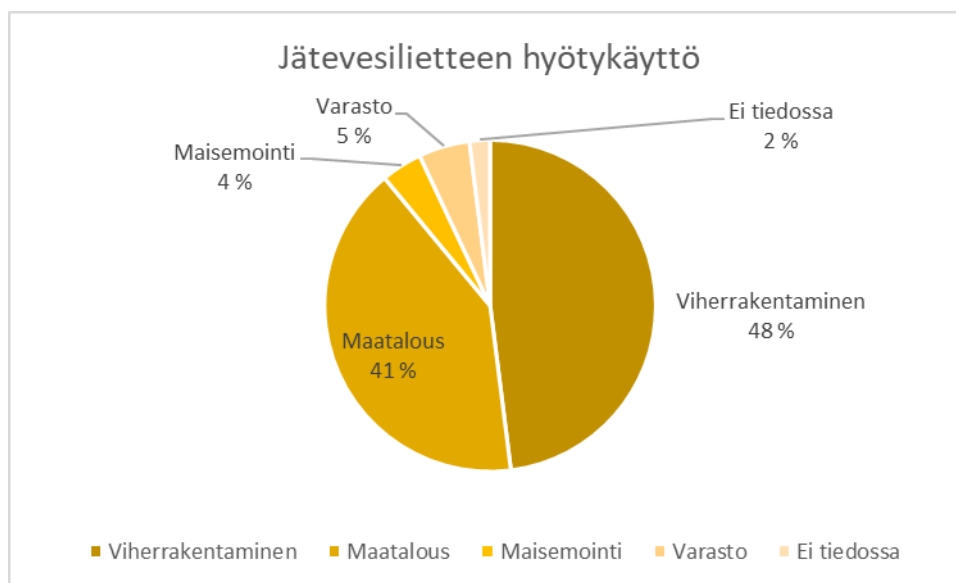
Lietteet voidaan jakaa kolmeen ryhmään sen mukaan, missä prosessin vaiheessa lietettä syntyy. Nämä ovat primääriliete, sekundääriliete sekä tertiääriliete. Primääriliete eli raakaliete on mekaanisen puhdistuksen yhteydessä muodostuvaa lietettä. Raakaliete sisältää hajoamattomia partikkeleita, mistä johtuu lietteelle tyypillinen tiiveys ja sitkeys. Mekaanisessa puhdistuksessa syntyvä liete on helposti mätänevä. Sekundäärilietettä muodostuu biologisessa käsittelyssä. Biologisissa prosesseissa muodostuvat lietteet ovat hyvin vesipitoisia sekä herkästi juoksevia. Tertiääriliete on kemiallisessa jälkisaostuksessa syntyvää lietettä. Lietteen ominaisuudet (taulukko 1) riippuvat käytetyistä kemikaaleista. (RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 557)

	Primääriliete	Sekundääriliete	Tertiääriliete
Kuiva-ainepitoisuus (TS), %	2,0..8,0	0,5..2,0	0,83..1,16
Typpi, % kuiva-aineesta	1,5..4,0	1,6..6,0	2,4..5,0
Fosfori, % kuiva-aineesta	0,8..2,8	1,5..4,0	2,8..11,0
Energiaa, kJ/kg	4300..5400	1720..2580	3440..4300

TAULUKKO 1 Jätevesilietteiden ominaisuuksia (Muokattu lähteestä RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 558)

Jätelain mukaan jätevedenpuhdistuksessa syntyvä liete on yhdyskuntajätettä, jota koskee jätelaissa esitetty etusijajärjestys. Etusijajärjestyksen mukaan liete on ensisijaisesti käytettävä aineena ja toissijaisesti energiana. Mikäli nämä ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista toteuttaa, tulee liete loppusijoittaa. (Jätelaki 2011/646, 5 §, 8§)

Puhdistamolietteestä käytetään noin puolet viherrakentamisessa ja 40 % maataloudessa (kuva 2). Liete on ennen hyötykäyttöä käsiteltävä siten, että se täyttää laatu- ja hygieniakriteerit. Liete voidaan käsitellä joko biologisesti, kemiallisesti tai fysikaalisesti siten, että se täyttää kriteerit. (Yhdyskuntalietteen käsittelyn ja hyödyntämisen nykytilannekatsaus, Vesilaitosyhdistys 2017, 2)

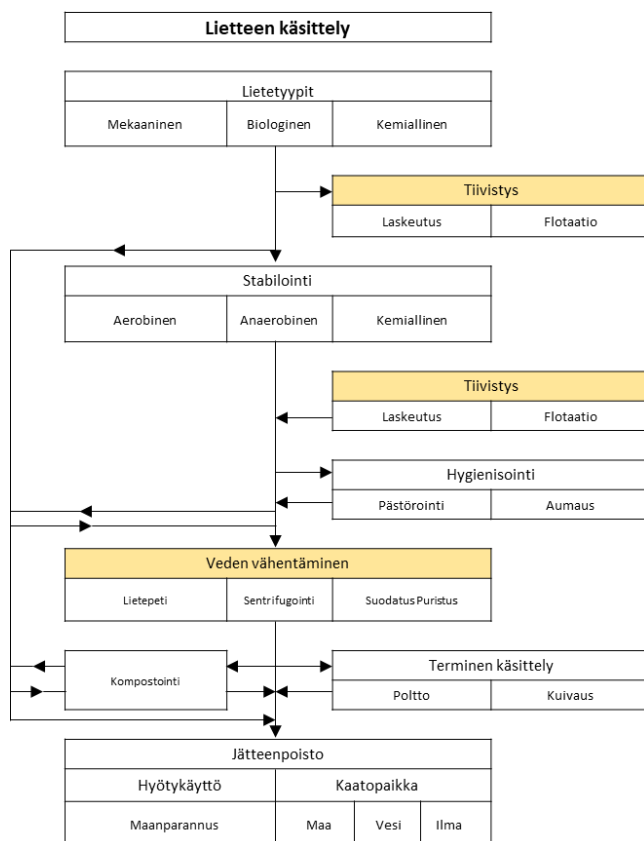


KUVA 2 Jätevesilietteen hyötykäyttötavat vuonna 2018 (Jätevesien ravinteet kiertoön turvallisesti ja tehokkaasti, SYKE 2021, 9.)

Puhdistamoliete sisältää ravinteita sekä energiaa, jotka päätyvät hyötykäytössä maaperään ja sitä kautta kasvien ja eliöiden käyttöön. Kaikki lietteessä olevat haitta-aineet eivät poistu lietteen käsittelyssä vaan ne siirtyvät lietteen mukana maaperään. Tulevaisuudessa tulee kehittää uusia menetelmiä, jotta ravinteita ja haitta-aineita saadaan otettua enemmän talteen. (Jätevesien ravinteet kiertoön turvallisesti ja tehokkaasti, SYKE 2021, 69.)

3 JÄTEVESILIETTEEN TIIVISTÄMINEN JA KUIVAUS

Jätevesilietteen käsittelyllä tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla lietteen ominaisuuksia muutetaan sellaisiksi, että liete olisi helpommin käsiteltävää. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi lietteen tiivistäminen ja kuivaus, joilla pienennetään lietteen tilavuutta ja vesipitoisuutta. Lietteenkäsittelyn tavoitteena on helpottaa lietteen jatkokäsittelyä. Lietteenkäsittely alkaa lietteen tiivistyksellä, jota seuraa lietteen kuivaus (kuva 3). (Vesihallitus 1977, 14)



KUVA 3 Lietteenkäsittelymenetelmät (Muokattu lähteestä RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 560)

Käsittelemättömän primääri- eli raakalietteen kuiva-ainepitoisuus on 2–8 %. Tiivistyksellä saavutetaan tiivistystavasta sekä lietteen koostumuksesta riippuen 2,5–10 % kuiva-ainepitoisuus. Tiivistyksen jälkeen kuiva-ainepitoisuus on 2...3-kertainen lähtötilanteeseen verrattuna. Kuivatun lietteen kuiva-ainepitoisuus on 15–60 % lietteessä. (Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 2001.)

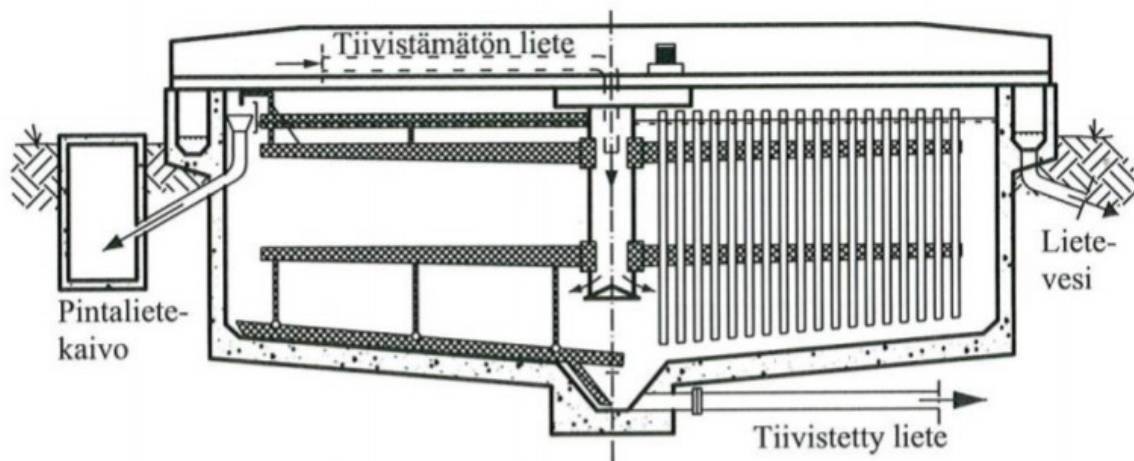
Joissakin lietteen käsittelymenetelmissä käytetään lisäaineita parantamaan menetelmän tehokkuutta. Käytettäviä lisäaineita ovat polymeeri, ferrikloridi, kalkki ja orgaaniset polyelektrolyytit. Lisäaineiden tarkoituksena on saostaa lietettä, jotta kiintoaineen poistaminen helpottuu. (RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 564, 565)

3.1 Lietteen tiivistäminen

Lietteen tiivistämisellä tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla nostetaan lietteen kuiva-ainepitoisuutta. Kuiva-ainepitoisuuden nostaminen tapahtuu poistamalla vettä lietteestä joko laskeutustiivistyksen tai flotaation avulla. Lietteen tiivistyksellä saavutetaan keskimäärin 4–5 % kuiva-ainepitoisuus.

3.1.1 Laskeutustiivistys

Laskeutustiivistys on painovoimaan perustuva lietteentiivistysmenetelmä, jossa vettä raskaammat, kiinteät partikkelit laskeutuvat vedessä alaspäin laskeutusaltaan pohjalle (kuva 4). Altaan pohjalle laskeutunut liete pumpataan jatkokäsittelyyn. Riippuen lietteestä, laskeutustiivistyksellä saavutetaan 2,5–10 % kuiva-ainepitoisuus. Laskeutustiivistys sopii erityyppisille lietteille ja on käyttökustannuksiltaan edullinen, mutta tarvitsee runsaasti tilaa. (RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 77; Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 2001.)



KUVA 4 Lietteen tiivistäminen (RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 562)

3.1.2 Flotaatiotiivistys

Flotaatiotiivistyksessä lietteessä olevat hiukkaset nostetaan altaan pintaan ilmakuplien avulla. Ilmakuplat tekevät partikkeleista vettä kevyempiä, jolloin ne nousevat nosteen vaikutuksesta pintaan. Pintaan nousseet lietehiukkaset kaavitaan ketjukaapimella lietekouruun. Altaaseen jäänyt lietevesi poistetaan altaan alaosasta. Flotaatiotiivistys soveltuu kevyille lietteille. Menetelmän etuja on pieni tilantarve, mutta sen käyttökustannukset ovat suuremmat kuin laskeutustiivistyksen. (RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 564)

3.2 Lietteen kuivaus

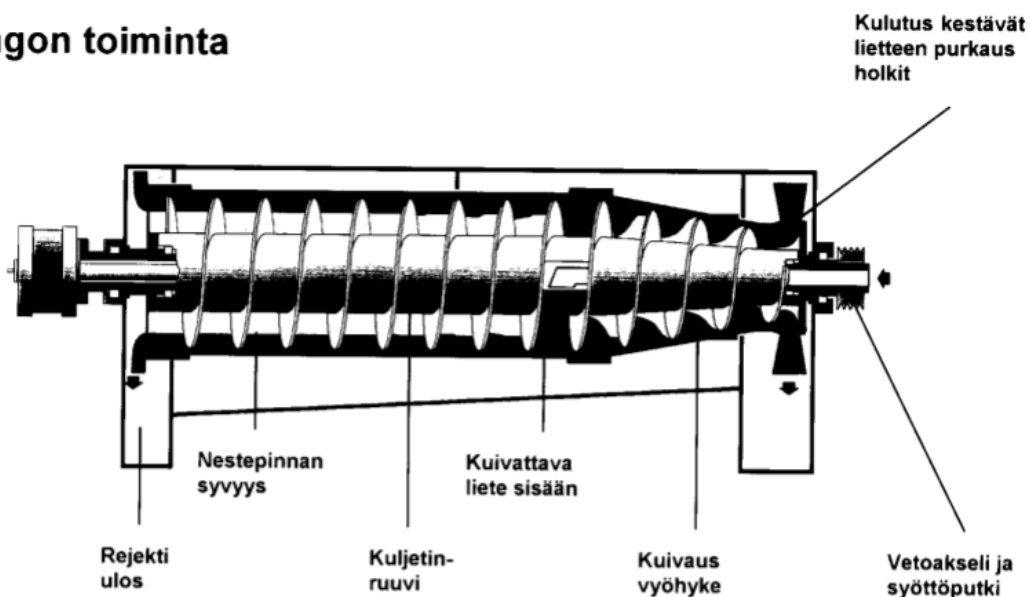
Lietteen kuivauksella tarkoitetaan menetelmiä, joilla lietteessä olevaa vesimäärää pyritään vähentämään. Koneelliset lietteenkuivausmenetelmät voidaan jakaa linkoihin, imusuodattimiin ja suotopuristimiin. Riippuen menetelmästä, kuivauksen jälkeen lietteen kuiva-ainepitoisuus on 15–35 %. (RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 566; Vesihallitus 1977, 14)

3.2.1 Linko

Linko eli sentrifugi on keskipakovoimaan perustuva kuivausmenetelmä, jolla voidaan erottaa kiinteitä- ja nestemäisiä aineita toisistaan. Linkouksessa syntyy kaksi pääfaasia, jotka ovat sedimentti ja nestefaasi. Sedimentti koostuu eri kokoisista partikkeleista ja nestefaasia nesteestä. Lingossa (kuva 5) liete syötetään syöttöputken kautta rumpuosaan, jonka sisällä on pyörivä ruuvikuljetin. Rumpu ja

ruuvi pyörivät nopeasti, jolloin keskipakoisvoiman ansiosta kiinteät aineet laskeutuvat rummun pohjalle muodostaen sedimenttifaasin ja nesteet kulkeutuvat ruuvin mukana rummun toisesta päästä ulos. Rumpuun jäävä sedimenttifaasi etenee vastapäivään ruuviin nähden ja poistuu ulos rummun toisesta päästä. (RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 568.) Linkouksella voidaan saavuttaa 20–30 % kuiva-ainepitoisuus lietteessä. Saavutettava kuiva-ainepitoisuus riippuu lietteestä sekä käytettyjen tukiaineiden määrästä ja laadusta. Kuiva-ainepitoisuuden määrään voidaan vaikuttaa myös linkousnopeutta muuttamalla. (Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 2001.)

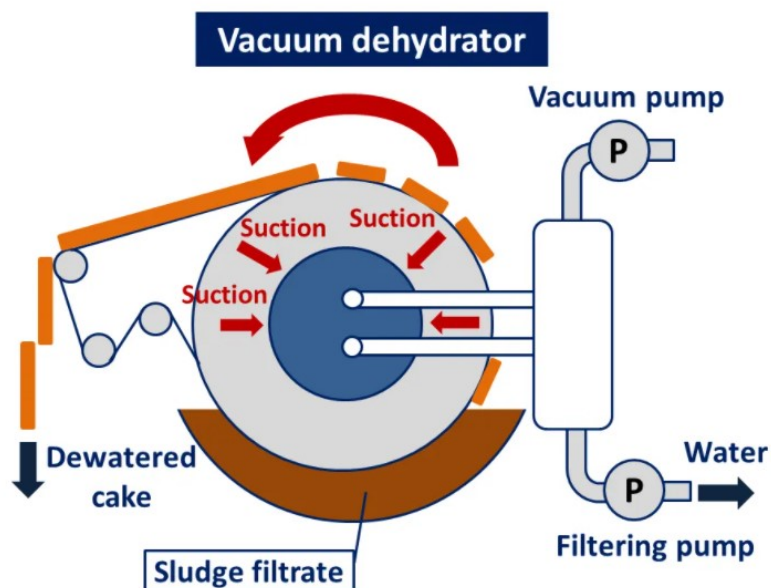
Lingon toiminta



KUVA 5 Linko (Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 2001.)

3.2.2 Imusuodatin

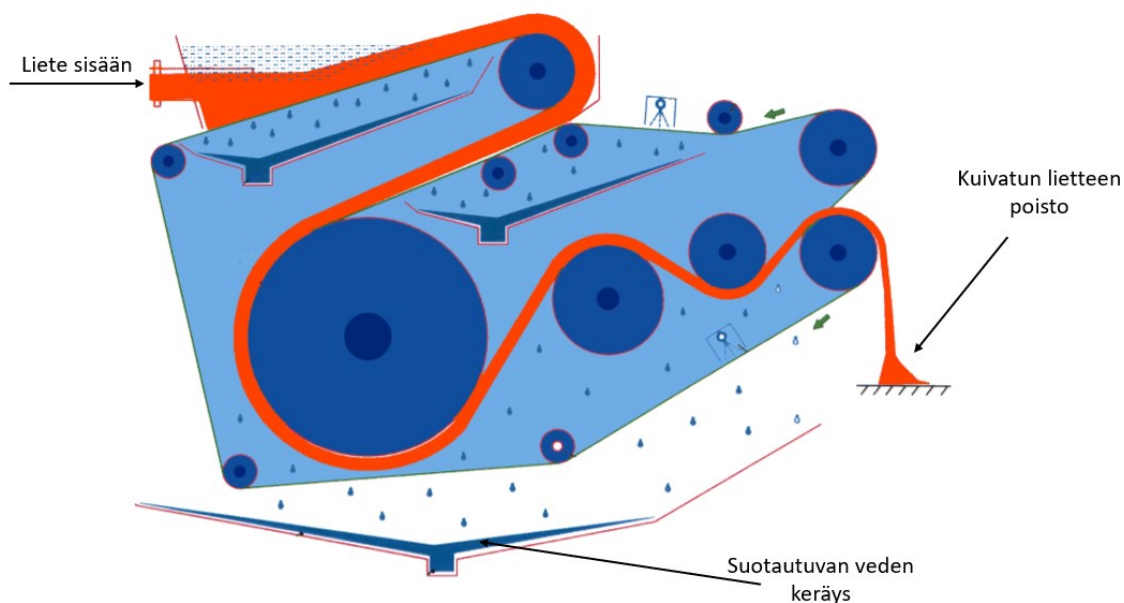
Imusuodatinlaitteisto (kuva 6) koostuu osittain altaaseen upotetusta rummusta sekä siihen yhdistetystä tyhjiöpumpusta. Rumpu on peitetty suodatinviiralla, jolloin rummun pyöriessä rumpuun yhdistetty tyhjiöpumpun imu vetää altaasta lietettä virran päälle. Pumppu imee lietteestä vapautuvan veden, joka poistetaan imusuodatinlaitteistosta. Viiralle jäävä kuivunut liete poistetaan rummun toisella puolella. Imusuodatuksella pystytään saavuttamaan 15–25 % kuiva-ainepitoisuus lietteessä. (RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 566.)



KUVA 6 Imusuodatin (KENKIDRYER 2020)

3.2.3 Suotonauhapuristin

Suotonauhapuristimen (kuva 7) toiminta perustuu puristukseen ja painovoimaan. Kuivattava liete ohjataan hitaasti kulkevalle ylemmälle viiralle, josta se suotautuu painovoiman johdosta alemmalle viiralle. Liete puristuu viirojen välissä ja lietteessä oleva vesi suotautuu viirojen läpi pois. Suotonauhapuristamisella saavutetaan 12–35 % kuiva-ainepitoisuus. Puristin soveltuu kapasiteetin puolesta hyvin pienille ja keskisuurille jätevedenpuhdistamoille, joilla lietteen laatu pysyy tasaisena.



KUVA 7 Suotonauhapuristin (Muokattu lähteestä ECONET julkaisuaika tuntematon)

4 JÄTEVEDENPUHDISTAMOLIETTEEN KOMPOSTOINTI

Jätevedenpuhdistuksen yhteydessä muodostuu lietettä, jonka käsittelyä säätelee jätelaki. Jätevesilietteen käsittely biologisesti kompostoimalla täyttää jätelaissa säädetyt vaatimukset lietteen käsittelystä. Kompostoinnilla tarkoitetaan prosessia, jossa orgaaninen aines hajoaa hapellisissa olosuhteissa. Prosessin hajoamistuotteena syntyy pääosin vettä ja hiilidioksidia.

Noin 90 % syntyvistä puhdistamolietteistä käsitellään 25 suurimmassa lietteenkäsittelylaitoksessa (kuva 8) ja loput 10 % käsitellään pienemmissä kompostointilaitoksissa. Suurissa lietteenkäsittelylaitoksissa käsitellään myös muualla kuten maataloudessa ja teollisuudessa syntyviä lietteitä.

(Jätevesien ravinteet kiertoon turvallisesti ja tehokkaasti, SYKE 2021, 10; Pöry Environment Oy 2007, 3-5.)



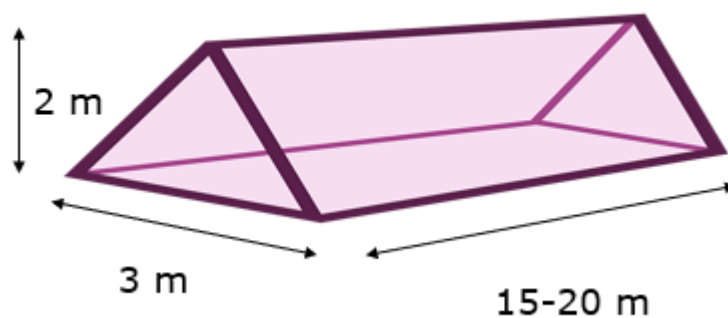
KUVA 8 Lietteenkäsittelylaitokset Suomessa (Pöry Environment Oy 2007, 5).

4.1 Kompostointimenetelmät

Kompostointitavan valinta riippuu käytävissä olevasta tilasta, kustannuksista sekä hajupäästöihin ja kapasiteettiin liittyvistä vaatimuksista. Yleisimpiä Suomessa käytettyjä kompostointimenetelmiä ovat aumakompostointi, tunnelikompostointi ja rumpukompostointi. Kompostointiprosessin kesto riippuu käytetystä kompostointitavasta sekä kompostoitavasta materiaalista. Kompostoitumista voidaan nopeuttaa ilmastusta lisäämällä, kompostia sekoittamalla tai eristämällä komposti.

(Biolaitosyhdistys 2014, 13-14)

Aumakompostoinnilla tarkoitetaan ulkona pitkissä kartiomallisissa aumoissa (kuva 9) tapahtuvaa kompostointia. Aumakompostointi on oikein toimiessaan edullinen ja helppo tapa kompostoida. Kompostin riittävä ilmastus varmistetaan kääntämällä kompostia tai erikseen asennettavilla ilmastusputkilla. Aumakompostoinnin heikkouksia ovat tilantarve sekä hajuhaitat, minkä vuoksi se ei sovellu käytettäväksi kaikissa kohteissa. Aumakompostin heikkouksia on myös prosessin epätasaisuus sekä pitkä kompostoitumisaika, noin vuosi. (Biolaitosyhdistys 2014, 14)



KUVA 9 Aumakompostointi

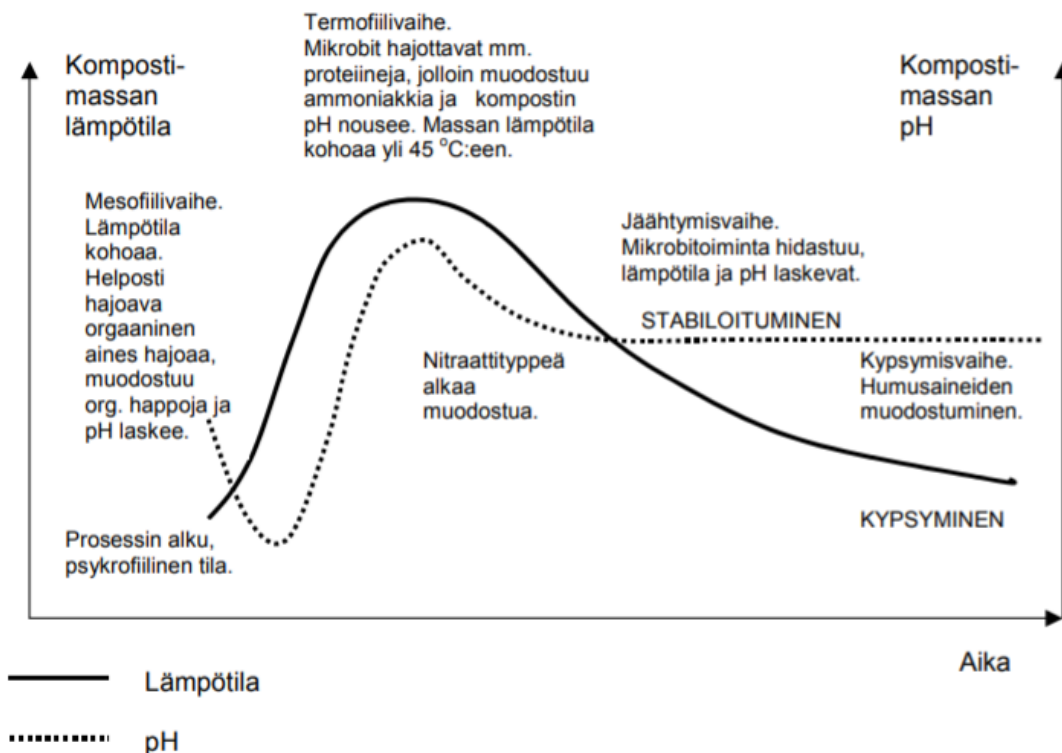
Tunnelikompostointi on betonisessa tunnelissa tapahtuva kompostointiprosessi, jossa kompostiseos hajotetaan tunneliin luoduissa optimaalisissa olosuhteissa. Kompostin ilmastus varmistetaan puhaltamalla alhaalta päin ilmaa kompostiseokseen. Tunnelissa tapahtuva vaihe kestää 2–3 viikkoa, jonka jälkeen kompostiseosta jälkikypsytetään aumoissa 6–12 kuukautta. Tunnelikompostointi soveltuu hyvin useille massatyypeille ja eri määriille. (Biolaitosyhdistys 2014, 14)

Rumpukompostoinnilla tarkoitetaan teräksisessä rummussa tapahtuvaa kompostointiprosessia. Rummun pyörimisliike sekä rumpuun lisättävä ilma tehostavat kompostointiprosessia, jolloin kompostiseoksen viipymäaika rummussa on 5-7 vuorokautta. Kompostiseos syötetään rumpuun toisesta päästä ja ohjataan ruuvikuljettimella ulos toisesta päästä jälkikypsytykseen, jonka kesto on 2-3 kuukautta. (Biolaitosyhdistys 2014, 14)

4.2 Kompostoinnin vaiheet

Kompostointiprosessissa mikrobit hajottavat hapellisissa ja kosteissa olosuhteissa orgaanista ainesta. Hajottamisen seurauksena muodostuu vettä, hiilidioksidia ja stabiloituvaa humusainetta sekä uutta mikrobimassaa. Mikrobitoiminnan vaikutuksesta kompostin lämpötila kohoaa. Kompostointiprosessi

voidaan jakaa massan lämpötilan perusteella eri vaiheisiin. Nämä vaiheet ovat mesofiilivaihe, termofiilivaihe, jäähtymisvaihe ja kypsyminen. Kuvassa 10 on esitetty kompostoinnin eri vaiheet sekä niistä aiheutuva lämpötilan ja pH:n vaihtelu.



KUVA 10. Kompostointiprosessin eri vaiheet sekä niissä tapahtuva lämpötilan ja pH:n vaihtelu. (Halinen & Tontti 2004, 13)

Eri vaiheissa erilaiset mikrobit hajottavat orgaanista ainesta. Mikrobit voidaan jakaa niiden lämmönsietokyvyn perusteella psykoofiilisiin (0–25 °C), mesofiilisiin (25–45 °C) ja termofiilisiin mikrobeihin (yli 45 °C).

Prosessin alussa komposti on psykoofiilisessa tilassa, jolloin kompostin lämpötila on ympäristön kanssa samaa luokkaa. Kompostointiprosessin käynnistyessä alkaa mesofiilinen vaihe, jolloin kompostin lämpötila kohoaa 40 °C:een. Mikrobit toiminnasta muodostuu happoja, jolloin kompostin pH laskee. Termofiilisessä vaiheessa kompostin lämpötila nousee yli 45 °C:een ja mikrobit muodostavat ammoniakkia, joka nostaa kompostin pH:ta. Jäähtymisvaihe alkaa, kun mikrobit ovat hajottaneet helposti hajoavan orgaanisen aineksen, kuten sokerit, rasvat, hiilihydraatit ja proteiinit. Jäähtymisvaiheessa mikrobitoiminta hidastuu, jonka seurauksena lämpötila laskee ja komposti stabiloituu. Viimeisessä vaiheessa eli kypsymissä vaiheessa mikrobitoiminta on vähäistä ja eikä lämpötila enää kohoaa. (Halinen & Tontti 2004, 12)

4.3 Tukiaineet

Kompostointiprosessin onnistumiseksi kompostiseoksen kuiva-ainepitoisuuden tulee olla 40 %. Jotta tarvittava kuiva-ainepitoisuus saavutetaan, tulee lietteeseen sekoittaa tukiainetta. Kuiva-ainepitoisuuden nostamisen lisäksi tukiaineiden tehtävänä on kuohkeuttaa kompostia sekä tasapainottaa

kompostin hiili/typpi -suhdetta. Yleisimpiä käytettyjä tukiaineita ovat turve, puuhake ja sahanpuru (kuva 11).

Turve lisää kompostoitavan seoksen ilmapuutusta ja sitoo hyvin kosteutta, mutta ei sovellu yksinään käytettäväksi tukiaineena, sillä se on helposti tiivistyvää. Sahanpuru imee hyvin kosteutta, mutta on liian hienojakoista yksinään käytettävänä. Puuhake soveltuu käytettäväksi tukiaineena turpeen ja sahanpurun kanssa, sillä sen jäykkä rakenne tekee siitä ilmavan. (RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 574.) (Mäkelä-Kurtti & Tontti 1999, 17-18)



KUVA 11 Suomessa yleisimmin käytetyt tukiaineityypit (Muokattu lähteistä Pixabay julkaisuaika tuntematon; Puutarhamulta julkaisuaika tuntematon)

4.4 Kompostoinnin seuranta ja hoito/ylläpito

Kompostoinnin onnistumisen varmistamiseksi kompostin tilaa tulee seurata kompostoitumisprosessin aikana. Kompostin kypsymistä voidaan arvioida aistinvaraisesti ja kemiallisesti sekä kasvi- ja mikrobiaktiivisuustestien avulla (kuva 12). (Albers ym. 2003)

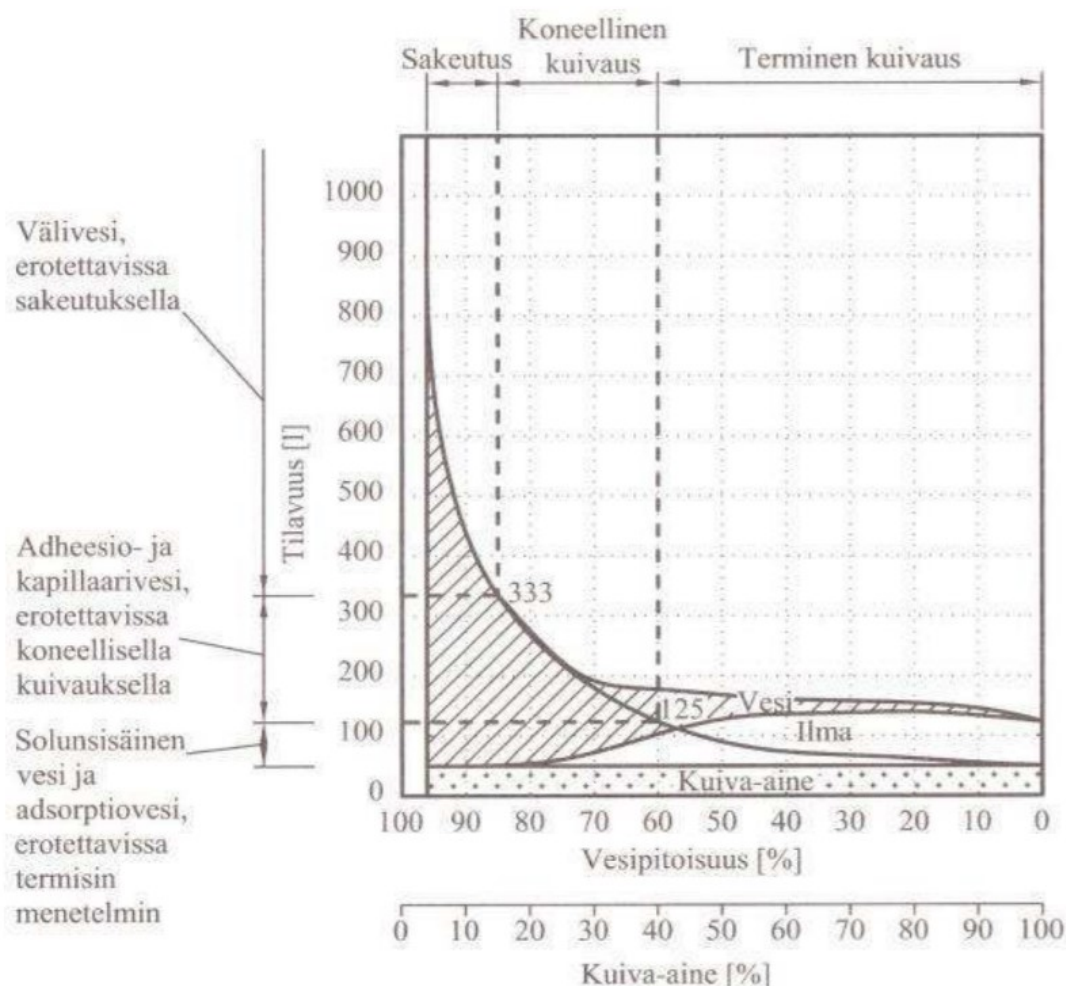
<p>Aistinvaraiset menetelmät:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Lämpötila -Haju, väri, rakenne 	<p>Kasvitestit</p> <ul style="list-style-type: none"> -Itäminen -Juuren pituus -Kasvu
<p>Kemialliset menetelmät:</p> <ul style="list-style-type: none"> -pH, happamuus -Orgaanisen aineksen väheneminen -Hiili/typpisuhde -Kationinvaihtokapasiteetti -Ammonium/nitraattitypen suhde -Humusparametrit -Orgaaniset hapot (etikkahappo ym.) 	<p>Mikrobiaktiivisuustestit</p> <ul style="list-style-type: none"> -Rottegrad-testi -Hiilidioksidin muodostuminen -Hapenkulutus -ATP -Entsyymiaktiivisuus

KUVA 12 Kompostin kypsymisen arvioimiseen käytettyjä menetelmiä (Albers ym. 2003)

Suurin osa patogeeneistä eli sairauksia aiheuttavista mikrobeista tuhoutuu termofiilisessä vaiheessa, jolloin lämpötila on 45 °C:tta. Kompostin hygieenisyyden varmistamiseksi kompostin lämpötilan tulee nousta vähintään 55 °C:een kolmen peräkkäisen päivän ajaksi. (Halinen ja Tontti 2004, 14)

5 KUIVA-AINEPITOISUUDEN VAIKUTUS LISÄTTÄVÄÄN TUKIAINEEN MÄÄRÄÄN

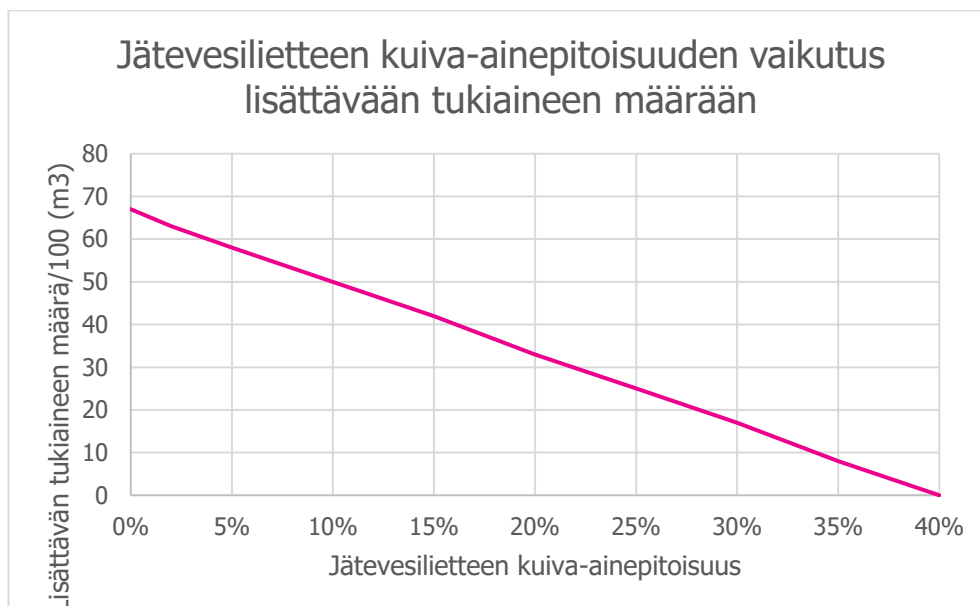
Lietteen kuiva-ainepitoisuudella tarkoitetaan kuiva-aineen (TS) osuutta lietteessä. Kuiva-aine on nesteen poistamisen jälkeen lietteeseen jäävää ainetta. Lietteen kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa veden määrään lietteessä, sillä mitä suurempi kuiva-ainepitoisuus on, sitä vähemmän lietteessä on vettä. Näin ollen kuiva-aineen määrä vaikuttaa myös lietteen tilavuuteen (kuva 13).



KUVA 13 Lietteen tilavuus eri kuiva-ainepitoisuuksilla (RIL 124-2. Vesihuolto II 2004, 563.)

Kompostiseoksen kuiva-ainepitoisuutta saadaan nostettua tukiaineita käyttämällä. Kuiva-ainepitoisuuden nostamisen lisäksi tukiaineet tekevät kompostiseoksesta ilmavan ja parantavat kompostoitumisolosuhteita.

Jätevesilietteen kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa lisättävän tukiaineen määrään. Kuvassa 14 on esitetty kuiva-ainepitoisuuden vaikutus lisättävän tukiaineen määrään. Jätevesilietteen kuiva-ainepitoisuuden noustessa, lisättävän tukiaineen määrä pienenee. Tavoiteltuna kuiva-ainepitoisuutena on käytetty 40 %, sillä se on vaadittava pitoisuus kompostoinnin onnistumiseksi. Laskennassa ja vertailuarvona on käytetty lietetilavuutena 100 m³ ja kuiva-ainepitoisuuksina 0–40 %.



KUVA 14. Kuiva-ainepitoisuuden vaikutus lisättävään tukiaineen määrään

Lisättävän tukiaineen määrä on laskettu kaavalla 1. Kaavan avulla saadaan määritettyä 100 m³ jätevesilietettä lisättävä tukiaineen määrä eri kuiva-ainepitoisuuksilla.

100 m³ lisättävän turpeen määrä eri kuiva-ainepitoisuuksilla saadaan kaavalla

$$y = \frac{40-x}{0,6}(1)$$

missä y on lisättävä turpeen määrä (m³) ja x lietteessä oleva kuiva-aineen määrä (m³).

Kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa myös lietteen kompostoinnista syntyviin kustannuksiin. Kompostoinnista syntyvät kustannukset koostuvat suurimmaksi osaksi tukiaineen kustannuksista. Mitä suurempi lietteen kuiva-ainepitoisuus on, sitä vähemmän tukiainetta tarvitaan kompostiseokseen. Kuiva-ainepitoisuuden nostaminen helpottaa lietteen käsittelyä sekä vaikuttaa myös lietteen jatkokäsittelyn kustannuksiin.

6 MAA-ALTAIDEN POISTO- JA KUNNOSTUSSUUNNITELMAN LAATIMINEN (EI JULKINEN)

7 VAIHTOEHDOT LIETTEEN KÄSITTELYLLE (EI JULKINEN)

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia suunnitelma kunnostettaville ja poistettaville jätevesien maatalaille. Tavoitteena oli löytää sellaiset toimenpiteet, joilla nykyiset maanvaraiset altaat saadaan tyhjennettyä siten, ettei siitä aiheudu ympäristölle vaaraa. Suunnitelman laatimisessa otettiin huomioon taloudelliset ja toiminnalliset näkökulmat ja niiden pohjalta etsittiin kustannustehokasratkaisu, jonka avulla tavoitteet saadaan toteutettua.

Suurimmaksi epävarmuustekijäksi kunnostussuunnitelman laatimisessa muodostui epävarmuus lietteen kuiva-ainepitoisuudesta. Lietteen kuiva-ainepitoisuuden määrä on suoraan yhteydessä tarvittavaan tukiainemäärään ja näin ollen kunnostuksen kuluihin. Suurin osa kunnostuksen kustannuksista muodostuu kompostointiin tarvittavasta tukiaineesta. Tarvittava tukiainemäärä arvioitiin eri kuiva-ainepitoisuuksille ja lopulliseen tukiainemäärän valintaan vaikutti tehdyt laskelmat sekä aiempi kokemus kompostoinnista.

Uuden puhdistamon rakentamiseen liittyvät altaiden kunnostus- ja poistotyöt aiheuttavat lisäkustannuksia jätevedenpuhdistamolle. Uuden puhdistamon suunnittelussa ja budjetoinnissa ei ole välttämättä otettu huomioon kaikkia lupamääräysten täyttämistä syntyviä kustannuksia. [REDACTED]

Valmiiseen suunnitelmaan pyydettiin lausunto Lapin ELY-keskuksen valvovalta viranomaisella. Suunnitelma ei pelkästään palvele tilaajaa lupamääräyksen täyttämässä vaan ohjaa myös jätevedenpuhdistamoa altaiden kunnostuksen toteutuksessa.

Suunnitelma laadittiin yhteistyössä tilaajan, Pellon vesihuolto-osuuskunnan sekä Lapin ELY-keskuksen valvovan viranomaisen kanssa. Pidimme kevään aikana palavereja, jotka palvelivat kaikkia yhteistyötahoja. Palavereissa käytiin läpi suunnitelmassa esitetyt ratkaisut ja kuultiin niin viranomaisen kuin Pellon vesihuolto-osuuskunnan mielipiteitä esityksistä. Suunnitelman laatimisen lisäksi palaverit olivat myös oppimisen ja työelämään siirtymisen kannalta hyvää harjoitusta. Oli hienoa nähdä tällaisen suunnitteluprosessin eteneminen, ja mitkä ovat eri tahojen vaatimukset siinä.

Suunnitelman laatiminen oli aikataulullisesti ensisijaisena, sillä lupamääräyksessä oli asetettu aikaraja, milloin suunnitelman tuli olla Lapin ELY-keskuksella. Suunnitelma saatiin palautettua ajoissa viranomaiselle, joka hyväksyi suunnitelman. Suunnitelman laatimisen aikana perehdyin pääasiassa kompostointiin ja siihen liittyviin asioihin kuten lietteen kuiva-ainepitoisuuteen sekä tarvittavaan tukiainemäärään. Nämä olivat keskeisiä asioita kunnostussuunnitelman laatimisen kannalta.

Kun suunnitelma oli valmis, tein opinnäytetyön kirjallisuusosion. Kirjallisuusosiossa perehdyin tarkemmin jätevedenpuhdistamoilla syntyviin lietteisiin sekä niiden käsittelyyn. Lisäksi tutustuin kompostointiprosessiin sekä tarkastelin kuiva-ainepitoisuuden vaikutusta kompostointiin. Vaikka teinkin suurimman osan kirjallisuusosiossa vasta työosuuden jälkeen, koen että sain silti perehdyttyä riittävästi aiheeseen suunnitelman teon kannalta. Kirjallisuusosion laadinnassa ei tullut juurikaan eteen sellaista tietoa, jota olisin tarvinnut suoraan suunnitelman laatimiseen.

LÄHTEET

Allu julkaisuaika tuntematon. Verkojulkaisu. <https://www.allu.net/fi/Tuotteet/Transformer/MAAN-RAKENNUS-JA-SIIRTO>. Viitattu 26.4.2021

Arja Halinen ja Tiina Tontti 2004. Laitoskompostien laadun parantaminen kypsytystä tehostamalla. Pdf-tiedosto. <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/441159/mmts70.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 20.3.2021

Asetus 2006/888: Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060888>. Viitattu 1.4.2020.

Euroopan komissio julkaisuaika tuntematon. Jätteet ja kierrätys. Verkojulkaisu. https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/sewage-sludge_en. Viitattu 24.3.2021.

Jäkälä 2020. Maksut ja hinnasto. Verkojulkaisu. <https://jakala.fi/maksut-ja-hinnasto/yrityshinnasto/>. Viitattu 17.4.2021.

Jätelaki 646/2011. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>. Viitattu 16.5.2021

Jätevesijärjestelmän omaseuranta. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. PDF-tiedosto. Julkaistu 2019. <https://www.biolan.fi/media/ohjeet-ja-esitteet/jatevesijarjestelman-omaseuranta-ely-esite-2019.pdf>. Viitattu 17.4.2021.

Jätevesijärjestelmän omaseuranta. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. PDF-tiedosto. Julkaistu 2007. https://vesiensuojelu.fi/jatevesi/wp-content/uploads/2015/04/Omaseuranta_VSELY.pdf. Viitattu 18.4.2021.

Kenki Dryer 2020. Sludge drying. Verkojulkaisu. <https://kenkidryer.com/2020/06/03/vacuum-dehydrator/>. Viitattu 15.5.2021.

Larsen, Tove A, Lienert, Kai M & Udert Judit 2013. Source Separation and Decentralization for Wastewater Management. Lontoo: IWA Publishing.

Orgaanisen jätteen keräys ja käsittely Suomessa, Biolaitosyhdistys 2014. Pdf-tiedosto. Julkaistu 31.12.2014. https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2019/06/Orgaanisen_jatteen_kerays_ja_kasittely_Suomessa.pdf. Viitattu 20.3.2021.

Pellon jätevedenpuhdistamon ympäristölupa. Pohjois-Suomen Aluehallintovirasto. Pdf-tiedosto. Julkaistu 7.12.2017. <https://ylupa.avi.fi/fi-FI/asia/898614>. Viitattu 20.2.2021.

Pöyry Environment Oy ja Sitra 2007. Lietteenkäsittelyn nykytila Suomessa ja käsittelymenetelmien kilpailukyky -selvitys. Pdf-tiedosto. <https://media.sitra.fi/2017/02/27172733/LietteenkC3A4sittely-2.pdf>. Viitattu 21.3.2021.

RIL 124-2. Vesihuolto II 2004. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen ympäristökeskus 2015. Yhdyskuntien jätevesien puhdistus 2013. Pdf-tiedosto. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/158957/SYKEra_34_2015.pdf?sequence=1. Viitattu 18.5.2021.

Suomen ympäristökeskus 2021. Jätevesien ravinteet kiertoon turvallisesti ja tehokkaasti. Pdf-tiedosto. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/328632/SYKEra_18_2021_NORMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 8.5.2021.

Tiede 2002. Miksi joki mutkittelee? Verkojulkaisu. Päivitetty 30.4.2002. https://www.tiede.fi/artikkeli/kysy/miksi_joki_mutkittelee. Viitattu 1.4.2021.

Tiina Tontti & Ritva Mäkelä-Kurtto, 1999. Biojätekompostit kasvintuotannossa. Pdf-tiedosto. <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/439802/asarja64.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 20.3.2021.

Valtion teknillinen tutkimuskeskus 2001. Lietteiden käsittely: Uudet ja käytössä olevat tekniikat. Pdf-tiedosto. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2001/T2081.pdf>. Viitattu 17.5.2021.

Valtion teknillinen tutkimuskeskus 2003. Kompostointiprosessin monitorointi ja ohjaus. Pdf-tiedosto. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2003/T2207.pdf>. Viitattu 19.3.2021.

Vesihallitus 1977. Tutkimuksia jätevesilietteen kunnostuksesta ja koneellisesta kuivauksesta. Pdf-tiedosto. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/28241/Vesihallitus%20Tiedotus%20124.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 16.5.2021.

Vesilaitosyhdistys 2017. Yhdyskuntalietteen käsittelyn ja hyödyntämisen nykytilannekatsaus. Pdf-tiedosto. https://www.vvy.fi/site/assets/files/1621/yhdyskuntalietteen_ka_sittelyn_ja_hyo_dynta_misen_nykytilannekatsaus_26092017.pdf. Viitattu 16.5.2021.

LIITE 1: MAA-ALTAIDEN KUNNOSTUSSUUNNITELMA (EI JULKINEN)