

VALIMOIDEN YLIJÄÄMÄHIEKAN KOMPOSTOINTI



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Forssa, Kestävä kehitys

Syksy 2018

Sonja Heinänen

Kestävä kehitys
Forssa

Tekijä	Sonja Heinänen	Vuosi 2018
Työn nimi	Valimoiden ylijäämähiekan kompostointi	
Työn ohjaajat	Sanna Hakkarainen, Rauni Varkia	

TIIVISTELMÄ

Vuosittain valimoissa syntyy kymmeniä tuhansia tonneja ylijäämähiekkaa jatkuvasti kehittyvistä hiekan kierrätysprosesseista huolimatta. Tiukentuneen lainsäädännön vuoksi tällä hetkellä vain pieni osa ylijäämähiekoista saadaan jatkokäyttöön, joten jatkokäytön mahdollistamiseksi on kehitettävä erilaisia menetelmiä, joilla haitta-aineet voidaan puhdistaa ylijäämähiekoista.

Euroopan unionin Life-ympäristöohjelman osarahoittamassa hankkeessa Re-use of Surplus Foundry Sand by Composting LIFE13 ENV/FI/285, toteutettiin koejaksot valimoiden ylijäämähiekan kompostoinnille. Tulokset ovat olleet positiivisia; orgaaniset haitta-aineet on saatu puhdistettua hiekoista kompostimenetelmällä. Lopputuotteen tulee täyttää Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen lannoitevalmisteista (24/2011) raja-arvot seosmullalle 5A2, jolloin lopputuotteena syntyvää seosmultaa voidaan käyttää maanparannusaineena ja viherrakentamisessa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mitä kompostointipuhdistuskenttää perustettaessa tulisi ottaa huomioon kentän rakenteiden osalta ja kuinka kompostointikentän ympäristövaikutukset voidaan rajata kustannustehokkaasti mahdollisimman vähäisiksi. Tässä opinnäytetyössä esitetyt ratkaisut pohjautuvat Suomen lainsäädäntöön, joten niitä ei voida suoraan soveltaa muissa maissa.

Avainsanat valuhiekka, orgaaniset yhdisteet, kompostointi

Sivut 35 sivua

Degree Programme in Sustainable Development
Forssa

Author	Sonja Heinänen	Year 2018
Subject	Cleaning Surplus Foundry Sand by Composting	
Supervisors	Sanna Hakkarainen, Rauni Varkia	

ABSTRACT

Besides the effective processes of recycling foundry sand in foundries, the total amount of surplus foundry sand is annually 18 million tons in Europe. Because of legislation, only a small part of surplus foundry sand is nowadays reused. Therefore, new methods for cleaning surplus foundry sand must be developed.

In European Union's Life-Foundry Sand project "Re-use of Surplus Foundry Sand by Composting" LIFE13 ENV/FI285, methods for cleaning surplus foundry sand by composting, were tested. The results were encouraging, and the hazardous organic compounds could be cleaned from surplus foundry sand by the adequate composting method.

The thesis is based on the Finnish legislation. The purpose of this thesis was to find out what issues should be taken into consideration when establishing the composting field, i.e. how to make compost field's environmental impacts as low as possible by using cost-efficient technologies.

Keywords Foundry sand, organic compounds, composting

Pages 35 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	VALIMOIDEN YLIJÄÄMÄHIEKKA.....	1
3	KOMPOSTOINTI	4
3.1	Aumakomposti	6
3.2	Tunnelikomposti.....	7
3.3	Mekaaniset kompostimenetelmät.....	8
4	KOMPOSTOINTI VALIMOHEKAN PUHDISTUSMENETELMÄNÄ.....	9
4.1	Koetoiminta.....	9
4.2	Koetulokset	10
5	KOMPOSTOINTIKENTÄN PERUSTAMINEN.....	11
6	POHJARAKENTEET	13
7	VESIHUOLTO	14
7.1	Jätevesien puhdistaminen yleisesti.....	15
7.1.1	Kiintoaineen puhdistaminen jätevesistä	17
7.1.2	Orgaanisen aineen puhdistaminen jätevesistä	17
7.1.3	Fosforin puhdistaminen jätevesistä	19
7.1.4	Typen puhdistaminen jätevesistä.....	20
7.2	Kompostikentän jätevesien ohjaaminen jätevedenpuhdistamolle	20
7.3	Kompostikentän jätevesien puhdistaminen kohteessa	22
8	ILMAPÄÄSTÖT.....	24
8.1	Ilmapäästöjen hallinta.....	26
8.2	Hiukkasten puhdistaminen	26
8.3	Haju ja kaasumaiset yhdisteet	30
9	MELU JA TÄRINÄ.....	35
10	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	35
	LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

Euroopan valimoista kertyy vuosittain noin 18 miljoonaa tonnia ylijäämähiekkaa, joka sisältää haitallisia orgaanisia yhdisteitä. Ylijäämähiekat on pääsääntöisesti ohjattu jätekeskuksiin, mutta keskusten rajallinen kapasiteetti sekä tiukentunut lainsäädäntö ovat ohjanneet tilanteeseen, jossa täytyy kehittää uusia ratkaisuja, joilla arvokas materiaali voitaisiin hyödyntää entistä paremmin uudelleen. (Foundry Sand Project, 2017)

Re-use of Surplus Foundry Sand by Composting LIFE13 ENV/FI/285 on Euroopan unionin Life-ympäristöohjelman osarahoittama hanke, jossa koe-
luontoisesti testattiin valimoiden ylijäämähiekan puhdistamista kompostimenetelmällä. Testeissä käytettiin erilaisia ylijäämähiekoja (furaanihiekkaa, fenolihiekkaa sekä tuorehiekkaa) ja erilaisia orgaanisia tukimateriaaleja. Kokeet suoritettiin Pirkanmaan jätehuolto Oy:n Koukkujärven jätekeskuksen alueella vuosina 2015–2016. Hankkeen koordinaattorina toimi Meehanite Technology Oy.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mitä kompostointipuhdistuskenttää perustettaessa tulisi ottaa huomioon kentän rakenteiden osalta ja kuinka kompostointikentän ympäristövaikutukset voidaan rajata kustannustehokkaasti mahdollisimman vähäisiksi. Tässä opinnäytetyössä esitetyt ratkaisut pohjautuvat Suomen lainsäädäntöön, joten niitä ei voida suoraan soveltaa muissa maissa.

2 VALIMOIDEN YLIJÄÄMÄHIEKKA

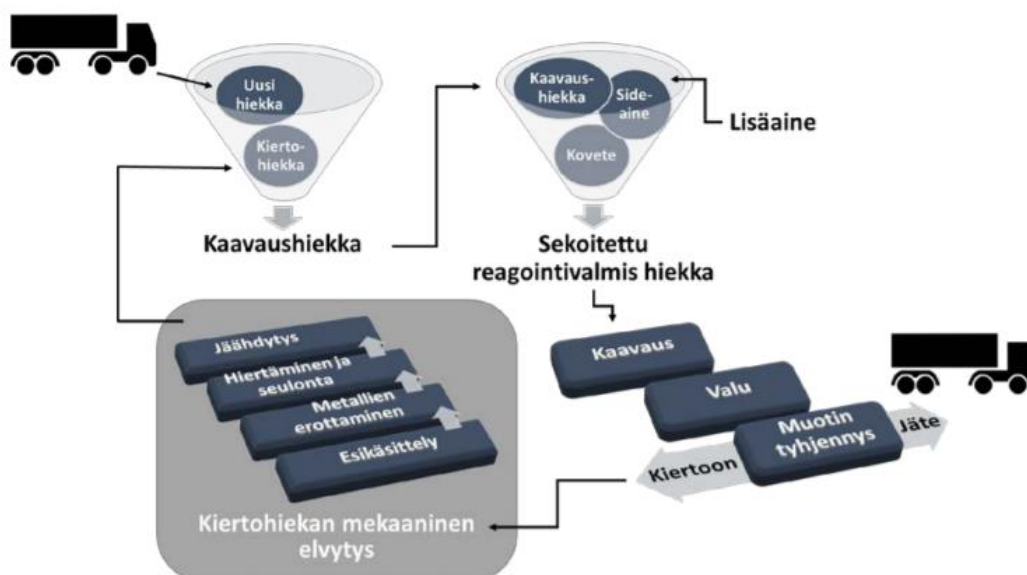
Valutuotteiden valamiseen käytetään muotteja ja keernoja, joilla sula materiaali saadaan asettumaan halutun tuotteen muotoon. Valumuottiin kaadettava sula raaka-aine on usein erittäin kuumaa, sillä esimerkiksi raudan sulamispiste on yli 1 500 celsiusastetta. Korkean sulamispisteensä, kestävyytensä ja edullisuutensa ansioista valimoiden kertakäyttöisissä valumuoteissa käytetään usein materiaalina hiekkaa, hiekkalajeista yleisimmin kvartsihiekkaa. Harva materiaali täyttää kaavaushiekalta vaaditut ominaisuudet yhtä hyvin kuin kvartsihiekkaa ja on silti kohtalaisen edullista. (Keskinen & Niemi, 2011)

Kertamuotti on käyttökelpoinen vaihtoehto pienille käsin kaavattaville sarjoille, yksittäiskappaleille ja suurikokoisille kappaleille. Kestomuottimenetelmissä yhdellä valumuotilla voidaan valaa jopa tuhansia kappaleita. Kestomuotit valmistetaan useimmiten metallista, mutta valumuotin kestävyys rajoittaa menetelmän käytön lähes yksinomaan ei-rautametallien

valamiseen. Pääsääntöisesti kestopuottimenetelmällä valettavat metallit ovat messinkejä sekä alumiini-, sinkki- ja magnesiumseoksia. (Meskanen, n.d.)

Jotta hiekka saadaan kovettumaan halutun malliseksi muotiksi, lisätään siihen useimmiten hartsipohjaisia sideaineita kuten fenoli-, formaldehydi- ja furaanihartseja, jotka kovettuvat reagoidessaan kemiallisesti joukkoon li-sättävän koveteaineen kanssa. Furaanihartsin kovetteena käytetään fosfo-rihappoa sekä paratolueenisulfonihappoa. Fenolihartsin kovetteena käy-te-tään esterä. Tuorehiekkamenetelmässä sideaineena käytetään bentoniit-tia, mutta muotin kovettaminen tapahtuu sullomalla. Sideaineiden määrä lisää muotin lujuutta, joten annostus selvitetään vaadittavan lujuustason sekä hiekan laadun mukaan. Hartsipohjaisia sideaineita pyritään kuitenkin lisäämään mahdollisimman vähän, jotta koveteaine tehoaa halutulla ta-valla, muotit on helppo irrottaa ja palamisessa syntyy mahdollisimman vä-hän haitallisia kaasuja. (Keskinen & Niemi, 2011)

Metallin asetuttua muotoonsa hiekkamuotti puretaan kappaleen ympä-riltä. Osa hiekasta hyödynnetään kiertohiekkana uusien muottien valmis-tuksessa, mutta osa hiekasta poistetaan käytöstä, sillä prosessissa kiertä-nyt hiekka heikkenee laadultaan. Kiertohiekan rakeet alkavat kulua ja mur-tua sekä hiekkaan rikastuu haitallisia aineita. Kiertohiekkaa pyritään elvy-tämään erilaisin menetelmin, mutta väistämättä osa hiekasta joudutaan poistamaan käytöstä eikä valimoilla ole käyttökohdetta prosessista poiste-tuille hiekoille. (Meskanen & Höök, 2015) Kuvassa 1 on esitetty valuhiekan kierto valimoissa.



Kuva 1. Hiekan kierto valimoissa (Meskanen & Höök, 2015).

Pääsääntöisesti valimoiden ylijäämähiekat on toimitettu jätekeskuksiin, mutta tiukentuneen maanrakennuslain ja sitä myötä kohonneiden jätemaksujen vuoksi valimot joutuvat varastoimaan tonneittain ylijäämähiekkaa. Ensisijaisesti ylijäämähiekan syntyä tulisi vähentää, mutta väistämättä sitä syntyy aina jonkin verran, vaikka kiertohiekan hyödyntäminen olisi tehokasta. Hiekka on monenlaiseen käyttöön soveltuva ja käytettävä materiaali. Valimoiden ylijäämähiekat sisältävät kuitenkin muun muassa raskasmetalleja, sekä useita orgaanisia yhdisteitä, joiden vuoksi materiaalin hyödyntäminen ilman jatkokäsittelyä ei usein onnistu. (Meskanen & Höök, 2015) Eri haitta-aineita sisältävien hiekkajakeiden ja pölyjen erottelu valimoilla on jatkokäsittelyn kannalta tärkeää (Foundry Sand Project, 2017).

Vuoden 2018 alusta lähtien valimoiden ylijäämähiekkaa on ollut mahdollista hyödyntää maanrakentamisessa väylä- ja kenttärakenteissa sekä teollisuus- ja varastorakennuksien pohjarakenteissa, jos haitallisten aineiden pitoisuudet alittavat maanrakennusasetuksen asettamat raja-arvot (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa, MARA, 843/2017).

Eräiden jätteiden käyttöön maanrakentamisessa ei tarvita ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaista ympäristölupaa tiettyjen edellytysten täyttyessä. Asiasta on kuitenkin tehtävä ilmoitus valtion valvontaviranomaiselle. MARA-asetuksen tavoitteena on tehostaa kiertotaloutta ja helpottaa jätteiden hyödyntämistä maanrakentamisessa. (MARA, 842/2017) Raja-arvot ovat kuitenkin edelleen hyvin tiukat, joten vain osa valimoissa syntyvästä ylijäämähiekasta voidaan hyödyntää suoraan maanrakentamisessa. (Tapola, 2018)

Kompostoimalla voidaan puhdistaa valimoiden ylijäämähiekasta orgaanisia haitta-aineita. Kompostoimalla valmistetun lopputuotteen tulee täyttää Maa- ja metsätalousministeriön lannoitevalmisteita koskevan asetuksen (24/2011) raja-arvot ja kriteerit seosmullalle 5A2. Taulukossa 1 (sivu 4) on esitetty raja-arvot ja kriteerit seosmullalle 5A2.

Taulukko 1. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteille (24/2011), haitallisten metallien ja taudinaiheuttajien enimmäismäärät lannoitevalmisteissa

Alkuaine	Enimmäispitoisuus mg/kg kuiva-ainetta
Arseeni (As)	25
Elohopea (Hg)	1
Kadmium (Cd)	1.5
Kromi (Cr)	300
Kupari (Cu)	600
Lyijy (Pb)	100
Nikkeli (Ni)	100
Sinkki (Zn)	1500
Taudinaiheuttaja	Enimmäismäärä
Salmonella	Ei todettavissa 25 grammassa näytettä
<i>Escherichia coli</i>	1000 pmy/g

Seuraavaksi esiteltävällä kompostointipuhdistusmenetelmällä on koetoinnin aikana saatu orgaaniset haitta-aineet puhdistettua valimoiden ylijäämähiekasta, niin että haitta-ainepitoisuudet täyttävät seosmullalle asetetut raja-arvot ja kriteerit (MMM 24/11, 5A2). Kompostoimalla puhdistettua hiekkaa voidaan erityisesti hyödyntää seosmullassa, jolloin puhdistetulla ylijäämähiekalla voidaan korvata neitseellisen hiekan käyttö mullan seostamisessa. Seosmultaa voidaan käyttää esimerkiksi maanparantamisessa sekä viher- ja ympäristörakentamisessa. (Heinänen, Tapola & Tapola, 2018)

Lisäksi ylijäämähiekkaa voidaan hyödyntää esimerkiksi seosmullissa, joita valmistetaan seostamalla lannoitevalmisteseen maa-ainesta kuten hiekkaa, savea tai turvetta. Jos ylijäämähiekkaa käytetään seosmullassa vain seostamalla, ilman erillistä puhdistusprosessia, tulee sen täyttää pysyvän jätteen kaatopaikkakriteerit (VNa 331/13) haitallisten liukoisten metallien ja orgaanisten haitta-aineiden osalta. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11).

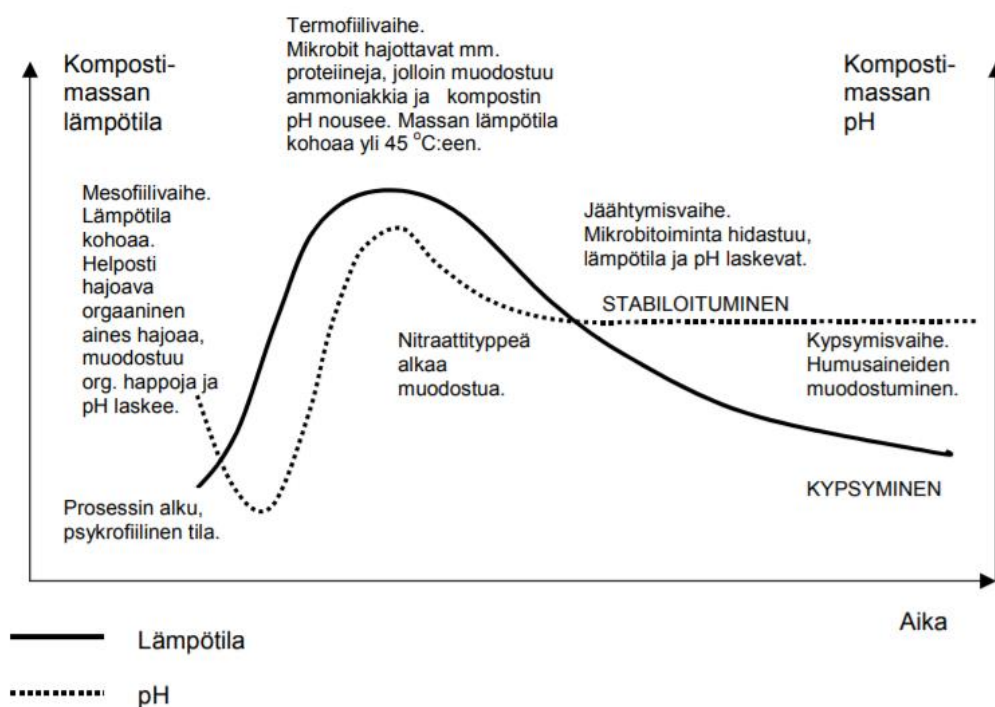
3 KOMPOSTOINTI

Kompostoituminen on hyvin tunnettu prosessi, jossa mikrobit hajottavat eli käyttävät ravintonaan orgaanista-ainetta. Komposti koostuu yleensä kompostoitavasta materiaalista sekä tukiaineesta, jonka tarkoituksena on parantaa massan rakennetta ja edistää hapen ja kaasujen kulkua kompostissa. Kompostoituminen voidaan jakaa eri vaiheisiin kompostin lämpötilan vaihteluiden mukaan. Prosessin lopputuotteena syntyy hiilidioksidia, vettä

ja humusta sekä haihtuvia yhdisteitä ja lämpöä. (Halinen & Tontti, 2004, s. 12)

Kompostin perustamisen jälkeen mikrobit alkavat hajottaa helposti hajoavia orgaanisia aineita mesofiilivaiheessa. Mikrobitoiminnan kiihtyessä kompostin lämpötila kohoaa ja saavuttaessaan yli 45 asteen lämpötilan voidaan kompostin sanoa olevan termofiilivaiheessa (kuva 2). Korkeimmillaan kompostin lämpötila voi olla yli 70 astetta, tällöin lämmön vapautuminen on yhtä nopeaa kuin sen tuottaminen, minkä vuoksi kompostin lämpötila ei enää kohoaa. Termofiilisiä oloja kestävät mikrobit alkavat hajottaa proteiineja, jolloin muodostuu ammoniakkia. Komposti myös hygienisoituu bakteerien ja virusten kuollessa termofiilivaiheessa, jonka vuoksi kompostin lämpötilan nousu on välttämätöntä, jotta esimerkiksi jätevesilietteen sisältämät patogeenit (*Salmonella* ja *E. Coli*) poistuvat. (Halinen & Tontti, 2004, s. 12)

Termofiilivaiheen jälkeen komposti stabiloituu, jolloin kompostissa tapahtuva mikrobitoiminta hidastuu ja lämpötila sekä pH laskevat. Kompostointiprosessin aktiivisin vaihe voi olla nopeimmillaan muutamia päiviä kompostimenetelmästä riippuen, mutta kompostin täydellinen kypsyminen vie kuitenkin aikaa 6-12 kuukautta. (Halinen & Tontti, 2004, s. 12)



Kuva 2. Kompostoitumisen vaiheet (Halinen & Tontti, 2004, s. 13).

Mikrobitoiminnan pitämiseksi aktiivisena ja aerobisena, vaatii kompostointiprosessi ilmastusta. Ilmanvaihtoa tehostavat muun muassa kompostoitavan materiaalin sekaan lisätty tukiaine kuten puunkuori tai hake ja säännöllisesti tehtävä kompostin kääntäminen. Jos hajoamisprosessi tapahtuu anaerobisissa oloissa, syntyy pahanhajuisia yhdisteitä ja metaania. Metaani on voimakas kasvihuonekaasu. Riittävä ilmastus edistää myös kompostin lämpötilan nousua ja sitä myötä tehostaa mikrobien toimintaa. (Heinänen ym., 2018)



Kuva 3. Aumakompostin kääntäminen tehostaa kompostin ilmanvaihtoa (Foundry Sand Project, 2017).

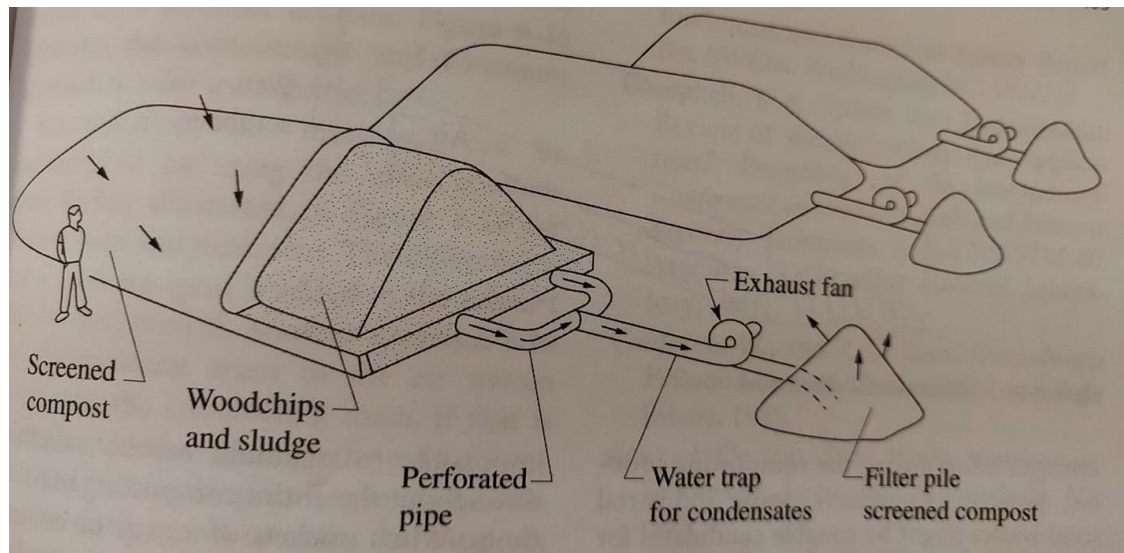
Optimaalinen kompostoitumisprosessi vaatii hapen lisäksi riittävän kosteuden. Kuiva komposti ei hajota orgaanista ainetta tehokkaasti, joten komposti voi vaatia erillistä kastelua optimaalisen kompostoitumisprosessin ylläpitämiseksi. Kompostin kuivuudesta kertoo esimerkiksi hiilidioksidipäästöjen väheneminen. (Halinen & Tontti, 2004, s. 21)

3.1 Aumakomposti

Auma on kompostimassasta muodostettu kartion mallinen pitkä kasa. Auman korkeus on yleensä 1,5–2 metriä ja leveys 3–6 metriä, pituudeltaan se voi olla jopa satoja metrejä. Auma koostetaan kompostoitavasta materiaalista sekä tukiaineesta, joka osaltaan tehostaa mikrobitoimintaa ja edistää hapen kiertoa aumassa. Riittävästä kompostin happipitoisuudesta pidetään huolta myös kääntämällä aumoja säännöllisesti. (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 401)

Aumakompostointi voidaan suorittaa kattamattomissa tai katetuissa aumoissa. Kattamattomien aumojen ongelmana voivat olla kasvihuonekaasupäästöt ja hajuhaitat, joita on vaikea hallita. Muita aumakompostoinnin haittoja ovat pitkä käsittelyaika sekä tilantarve. Oikein käytettynä menetelmä on kuitenkin erilaisista kompostointivaihtoehdoista helpoin ja edullisin. (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, MTT n.d.)

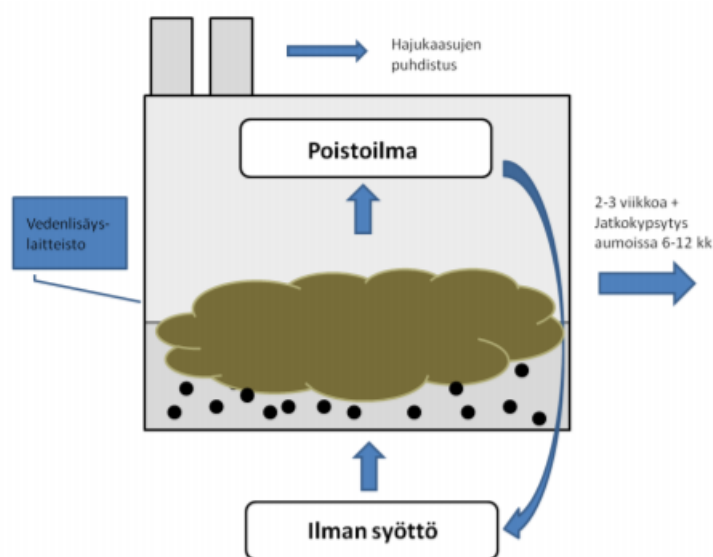
Woodard & Curran Inc:n teoksessa esitellään myös 1970-luvulla jätevesilietteiden kompostoimista varten kehitetty pakotetulla ilmanvaihdolla toimiva auma (kuva 4). Menetelmän periaatteena on se, että auma katetaan kypsällä kompostimassalla, jonka läpi ilma imetään aumaan alipaineen avulla. Aumasta ilma ohjataan putkea pitkin vielä kypsään kompostimassaan, jonka läpi happi vapautuu takaisin ilmaan. Alipaineisesta ja valmiilla kompostilla päällystetystä aumasta ei kirjan mukaan vapaudu hajuja, joten menetelmää voidaan hyödyntää esimerkiksi asutuksen lähellä. (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 402)



Kuva 4. Aumakomposti pakotetulla ilmanvaihdolla (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 402).

3.2 Tunnelikomposti

Tunnelikomposti on Suomessa yleisin laitoskompostointimenetelmä. Menetelmässä biomassa asetetaan kompostoitumaan tunneliin, jossa ilma puhalletaan kompostiin alapuolelta. Kuvassa 5. (sivu 8) on esitetty tunnelikompostin periaate. (MTT, n.d.)



Kuva 5. Tunnelikompostin periaate (MTT, n.d.)

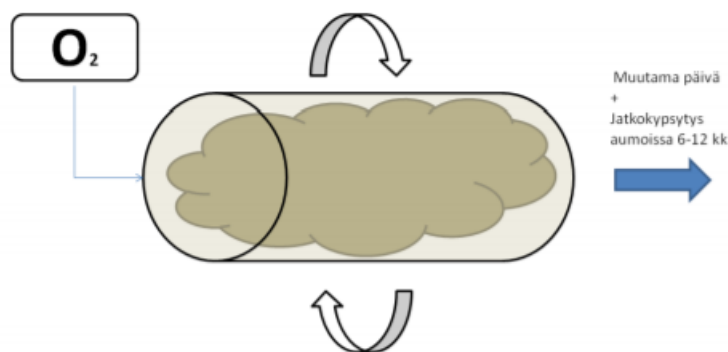
Tunnelivaihe kestää 1–2 viikkoa, jonka jälkeen kompostimassa voidaan siirtää vielä muutamaksi viikoksi kypsytyslaatoille. Tämän jälkeen massa kypsyy valmiiksi tuotteeksi aumoissa 6–12 kuukautta. (Mustankorkea, n.d.)

Tunnelikompostointi sopii myös isoille jätemassoille ja sen etuna on hyvät mahdollisuudet hallita ilmapäästöjä kompostimassan aktiivisimman kypsytysvaiheen aikana. (MTT, n.d.)

3.3 Mekaaniset kompostimenetelmät

Kompostointiin on kehitetty erilaisia mekaanisia menetelmiä, yleisimmin niistä on käytössä rumpukomposti, jolla kompostoitumisprosessi saadaan tehokkaasti käynnistettyä. Toinen mekaaninen menetelmä on ns. vertikaalinen menetelmä, jossa kompostimassa laitetaan pystymallisiin siiloihin, jossa sitä kuljetaan ylös-alas. (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 401)

Kuvassa 6. (sivu 9) on esitetty rumpukompostin periaate. Menetelmän etuna on helppo päästöjen hallitseminen, kuten muissakin laitosmaisissa kompostointiratkaisuissa. Jos laitoksessa käsitellään yli 10 000 tonnia vuodessa kompostimassaa, ei rumpukompostointi ole välttämättä kannattava ratkaisu, sillä laitos vaatisi useita kompostirumpuja. (MTT, n.d.)



Kuva 6. Rumpukompostin periaate (MTT n.d.).

4 KOMPOSTOINTI VALIMOHIEKAN PUHDISTUSMENETELMÄNÄ

Valimohiekan kompostimenetelmässä orgaanista ainesta, kuten hevosenluntaa tai jätevedenpuhdistamoilta saatua lietettä sekoitetaan keskenään valimoiden ylijäämähiekan ja muiden tukiaineiden kanssa. Kompostoinnissa mikrobit käyttävät ravintonaan orgaanista ainetta, jonka seurauksena syntyy humusta, hiilidioksidia ja vettä sekä haihtuvia yhdisteitä ja lämpöä. Puhdistusmenetelmän periaatteena on se, että aumassa oleva mikrobikanta erikoistuu hajottamaan valimoiden ylijäämähiekan sisältämiä orgaanisia yhdisteitä eli muun muassa fenolia, DOC, TOC, BTEX- ja PAH-yhdisteitä. Raskasmetallit eivät ole liukoisia eivätkä ne hajoa kompostoinnin aikana, joten puhdistukseen otetaan vain hiekkalaatuja, jotka eivät sisällä raskasmetalleja. (Heinänen ym., 2018)

Jos kompostointi toteutetaan aumoissa, orgaaniset yhdisteet puhdistuvat seoksesta 5–6 kuukauden aikana, mutta kompostin täydellinen kypsyminen käyttökelpoiseksi seosmullaksi kestää vielä aktiivivaiheen jälkeen 6-12 kuukautta. (Heinänen ym., 2018)

4.1 Koetoiminta

Kompostipuhdistuksen koetoiminta suoritettiin Aluehallintoviraston myöntämän koetoimintaluvan puitteissa Koukkujärven jätekeskuksen alueella aikavälillä 18.6.2015–30.9.2016. Koejaksot toteutettiin kesällä 2015 ja 2016, sekä talvella 2015–2016. Koetoimintaa varten osa jätekeskuksen asfalttikentästä eristettiin muista alueen valumavesistä. Koealueelle oli oma kokoomakaivo, johon koekentän valumavedet ohjattiin ja kerättiin analysoitavaksi koetoimintaluvan mukaisesti. (Heinänen ym., 2018)

Koepuhdistukseen valittiin valimoissa käytettävistä valuhiekoista fenoli-, tuore-, ja furaanihiekkaa. Furaanihiekan DOC-pitoisuudet olivat hiekkatyypeistä korkeimmat, kun taas fenolihiekkä sisälsi eniten fenolia ja tuorehiekkä BTEX-yhdisteitä. Puhdistukseen otettiin hiekkajakeita, jotka eivät sisältäneet merkittäviä määriä raskasmetalleja. Myös erilaisia orgaanisia materiaaleja testattiin kompostikokeiden aikana. (Heinänen ym., 2018) Kuvassa 7. on aumoja koetoiminta-alueella kesällä 2015.



Kuva 7. Koukkujärven koetoiminta-alueella aumoja kesällä 2015 (Foumdry Sand Project, 2017).

Koetoiminnassa kompostointi suoritettiin aumakompostointina. Aumoissa oli materiaalia noin 20 tonnia. Aumat käännettiin koejakson aikana kerran aumojen happipitoisuuden ylläpitämiseksi ja mikrobitoiminnan tehostamiseksi. Kääntöjen seurauksena aumojen lämpötilat nousivat reilusti mikrobitoiminnan kiihtyessä niiden saatua happea. (Heinänen ym., 2018)

Koetoiminnan aikana tutkittiin haitta-aineiden pitoisuuksia aumoissa ja kerätyissä jätevesissä, lisäksi mitattiin aumasta vapautuvat ilmapäästöt. Näytteet otettiin koejakson alussa, keskellä ja lopussa. Myös kompostin pH-arvoja, lämpötilaa sekä kosteutta seurattiin. (Heinänen ym., 2018)

4.2 Koetulokset

Koetoiminnan tuloksena voidaan todeta, että kompostimenetelmä on potentiaalinen vaihtoehto valimoiden ylijäämähiekan puhdistamiseen. Kokeen alussa pysyvän jätteen raja-arvot ylittyivät liuenneen orgaanisen hiilen (DOC), fluoridien, fenolien, orgaanisen kokonaishiilen (TOC) ja BTEX-

yhdisteiden osalta, mutta kaikkien orgaanisten haitta-aineiden osalta pysyvän jätteen raja-arvot alittuivat valmiissa kompostoituneessa lopputuotteessa, sekä Maa- ja metsätalousministeriön lannoitevalmisteita koskevan asetuksen (24/2011) raja-arvot ja kriteerit seosmullalle 5A2 täyttyivät. (Heinänen ym., 2018)

Koetuloksissa valimohiekan sisältämät fluoridipitoisuudet laskivat, mutta fluoridien oletetaan liuenneen muuhun orgaaniseen materiaaliin. Fluoridien käyttöä ollaan kuitenkin aktiivisesti korvaamassa valimoprosesseissa muilla aineilla, joten tulevaisuudessa puhdistukseen tulevien hiekkojen ei pitäisi sisältää fluoridia. (Heinänen ym., 2018)

Koetoiminta-alueelta analysoiduista jätevesistä ei löytynyt merkittäviä pitoisuuksia haitta-aineita. Jätevedet ohjattiin käsittelykentältä jätevedenpuhdistamolle, jossa ne eivät olleet aiheuttaneet liiallista kuormitusta vesien puhdistusprosessille. (Foundry Sand Project, 2017) Kuvassa 8. on kompostoituneita aumoja Koukkujärven koetoiminta-alueella.



Kuva 8. Kompostoitunut valmis auma (Foundry Sand Project, 2017).

5 KOMPOSTOINTIKENTÄN PERUSTAMINEN

Ennen kompostointikentän perustamista tai toiminnan muuttamista jo olemassa olevalla kompostointikentällä, tulee toiminnalle hakea ympäristölupa. Toiminnanharjoittajan tulee olla tietoinen toimintansa ympäristövaikutuksista ja niiden hallinnasta. Ympäristöluvassa esitetään, kuinka

muun muassa lain asettamat vaatimukset tullaan toiminnassa täyttämään. Alla on esitetty joitain lainsäädännöllisiä määräyksiä, joita kompostipuhdistuskenttää perustettaessa tulee ottaa huomioon. Seuraavissa luvuissa esitellään yksityiskohtaisemmin eri rakenteilta vaadittuja ympäristönsuojausmenetelmiä.

Yleisesti ottaen kompostipuhdistuskenttä tulee suunnitella ja toteuttaa niin, että alueen toiminnalla on mahdollisimman vähän vaikutuksia ympäröivään luontoon. Ympäristöpäästöt ilmaan, vesistöön ja maaperään tulee estää tai ainakin minimoida. Toimintasuunnitelma päästöjen ehkäisemiseksi tulee eritellä ympäristöluvassa ja tarkastella aina tapauskohtaisesti. Käsittelykentän perustamisessa vaadittuihin ratkaisuihin vaikuttavat muun muassa käsittelyalueen maaperä, pohjavesialueet ja mahdollinen asemakaava. Lisäksi kentällä tulee suorittaa säännöllistä ja asianmukaista valvontaa ja ympäristövaikutusten seuranta. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014)

Suomessa valtaosa kompostoinnista tapahtuu tällä hetkellä kattamattomissa aumoissa. Kompostointi tulee edullisemmaksi, kun laitoista ei tarvitse rakentaa eikä toiminta edellytä runsasta teknologiaa ja sen ylläpitoa. Muita kompostiratkaisuja ovat erilaiset bioreaktorit kuten tunneli- ja rum-pukompostit, mutta myös aumassa voidaan kompostoida katetusti. Suljetuissa käsittelyprosesseissa päästöjen hallinta ja seuranta on helpommin toteutettavissa kuin kattamattomissa prosesseissa.

Käsittelykenttää perustettaessa tulee kentän perustamispaikka suunnitella huolella. Huolella valittu paikka vähentää kentän perustamiseen ja ylläpitoon uppoavia kustannuksia. Lisäksi kompostikenttien yksi isoimmista ongelmista on ympäristöön leviävät hajuhaitat. Ympäristölupaa hakiessa naapurusto voi estää kentän perustamisen, jos hajun katsotaan aiheuttavan kohtuutonta haittaa naapurustossa.

Ympäristöluvassa tulee ottaa huomioon Ympäristönsuojelulain (527/2014) asettamat vaatimukset parhaalle käyttökelpoiselle tekniikalle (BAT) ja ympäristön kannalta parhaasta käytännöstä (BEP). Suoranaisesti kompostointilaitokselle ei ole kuitenkaan asetettu tarkkoja määräyksiä parhaan käyttökelpoisen tekniikan suhteen.

Kompostikentällä tulee pitää huolta terveellisyydestä ja turvallisuudesta. Kenttä tulee pitää puhtaana, jotta esimerkiksi kompostimateriaaleista irtoava pöly ei pääsisi leviämään ympäristöön. Kentällä käytettävää laitteistoa tulee huoltaa ja puhdistaa, jotta ympäristön saastuminen ja mahdollisten tautien leviäminen saadaan ehkäistyä. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999)

Jätelain (646/2011) 15 § mukaan: ”Lajiltaan ja laadultaan erilaiset jätteet on kerättävä ja pidettävä jätehuollossa toisistaan erillään siinä laajuudessa

kuin se on terveydelle tai ympäristölle aiheutuvan vaaran tai haitan ehkäisemiseksi, 8 §:n 1 momentissa säädetyn etusijajärjestyksen noudattamiseksi taikka jätehuollon asianmukaiseksi järjestämiseksi tarpeellista sekä teknisesti ja taloudellisesti mahdollista.”

Kompostikentälle vastaanotettavat materiaalit sekoitetaan yleensä heti, kun ne tuodaan kentälle, mutta mahdollinen jätteiden varastointi tulee toteuttaa niin, että eri jätelajit varastoidaan toisistaan erillään varastointialueella. Varastointialue voidaan jakaa esimerkiksi betoniharkkoilla eri jätelajeita varten. Lisäksi varastointialueen jätevedet tulee kerätä omaan kookomakeroon.

Valmis lannoitevalmiste tulee varastoida sille varatulla alueella niin, että tuotteen ominaisuudet säilyvät ja tuote vastaa myös varastoinnin jälkeen tuoteselostetta. Varastointi tulee olla suunniteltu niin, ettei tuotteen ravinteet pääse ympäristöön. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11)

Alati epävakammaksi muuttuvassa ympäristössä erityisesti riskienhallintaan tulee kiinnittää huomiota. Ilmastomuutoksen myötä ääriolosuhteiden, kuten kylmyys, tulvat ja kuivuus lisääntyvät ja tämä on hyvä pitää mielessä kompostointipuhdistuskenttään perustettaessa.

6 POHJARAKENTEET

Ennen kentän perustamista tulee mahdollisen käsittelyalueen maaperä selvittää, jotta rakenteista voidaan tehdä mahdollisimman kestäviä. Edullisinta pohjarakenteen rungon rakentaminen on routimattomalle kivennäismaalle, kuten soralle. Routimattoman maaperän syvyyden tulisi olla 1,5-2 metriä. (Foundry Sand Project, 2017)

Käsittelykentän rakenteissa voidaan hyödyntää myös MARA:n ohjeavot alittavaa valimoiden ylijäämähiekkää. Pohjarakenteen tulee säilyttää ominaisuutensa kaikissa sää- ja muodonmuutosolosuhteissa.

Pohjarakenteen pintakerrokset voidaan koostaa esimerkiksi tienpohjustuksessa käytettävistä rakennekerroksista. Alin kerros perusmaan yllä on suodatinkerros, johon voidaan tarvittaessa asentaa suodatinkangas. Suodatinkerroksen ylle tehdään jakava ja kantava kerros jakamaan pohjamaahan kohdistuvaa painetta sekä tiivistämään pintarakennetta. Päällimmäiseksi perustetaan kulutuskerros. (Kiiskinen, Savonen & Tomperi 2014, s. 17)

Jotta päästöt maaperään saadaan estettyä, tulee varastointi- ja käsittelyalueen kulutuskerroksen olla vesitiiviisti asfaltoitu. Vesitiiviin eli eristeasfaltin huokostilavuus on alle 3 prosenttia ja muihin keinotekoisiiin eristeisiin verrattuna kerrospaksuus eristeasfaltilla on suuri. Hyvä eristeasfalttikerros vähentää yhdistelmä rakenteen mineraalikerrokselta vaadittavaa syvyyttä. (Sarkkila, Kuusiniemi, Forstén & Manni-Rantanen 2006, s. 16)

Pohjarakenne voidaan toteuttaa siis joko pelkällä eristeasfalttikerroksella tai yhdistelmä rakenteella. Yhdistelmä rakenne vaaditaan, jos kentällä käsitellään merkittävän riskin aiheuttavia haitallisia aineita tai kenttään kohdistuu jatkuva vesipaine. Eristeasfaltti tulee tapauksesta riippuen toteuttaa yksi- tai kaksikerroksisena. (Sarkkila, ym. 2006, s. 19)

Yhdistelmä rakenne koostuu keinotekoisesta eristekerroksesta, joka on vettä läpäisemätön eli eristeasfaltista sekä mineraalisesta tiivistyskerroksesta, joka läpäisee vettä hyvin vähän. Jos keinotekoinen eristekerros vuorioituu, ei alla ole vettä johtavaa kerrosta vaan mineraalinen tiivistyskerros, joka estää veden pääsyn maaperään. (Sarkkila, ym. 2006, s. 14)

7 VESIHUOLTO

Kuten päästöt maaperään niin myös päästöt vesistöön sekä viemäriverkostoon tulee estää tai rajoittaa mahdollisimman vähäisiksi. Jos käsittelyalue sijaitsee pohjavesialueella, on päästöjen hallinta toteutettava hyvin tarkasti, jotta toiminnasta ei aiheudu minkäänlaista pohjavesien pilaantumiseriskiä. Käsittelykenttä olisikin hyvä perustaa alueelle, joka ei ole merkittäväällä vedenotto- tai pohjavesialueella. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014).

Käsittelykentän valumavedet tulee hallita niin, etteivät valumavedet valu kentän ympäristöön eivätkä valumavedet ympäristöstä pääse käsittelykentälle ja sen rakenteisiin. Valumavesien kohtaaminen estetään kentän pinnan muotoilulla ja salaojituksella. Käsittelykentän valumavedet ohjataan kokoomakaivosta puhdistukseen.

Aluehallintoviraston ympäristölupapäätöksessä Vehkosuon Komposti oy:n kompostointilaitokselle on vaadittu valumavesien hallitsemiseksi käsittelykentän ympäröimistä kaksoisojituksella. Kaksoisojituksessa kentän puoleiseen ojaan valuvat vedet puhdistetaan ja ulompaan ojaan valuvat vedet ohjataan käsittelykentän ohi.

Jos kompostointi suoritetaan esimerkiksi katetussa hallissa, vaativat aumat kastelua optimaalisen hajotustoiminnan takaamiseksi. Huolto- ja kuljetus kalustoa saatetaan joutua pesemään käsittelyalueella ja mahdollisissa sosiaalitaloissa voidaan tarvita puhdasta vettä. Aluetta perustaessa täytyy

selvittää, kuinka puhdas vesi kohteeseen hankitaan vai, voiko esimerkiksi aumojen kastelussa hyödyntää alueelta kerättäviä valumavesiä tai ajoneuvojen puhtaana pidossa käyttää jätevesien puhdistusprosessin läpikäynyttä vettä.

Veden hankinnassa tulee pitää huolta, että puhdas vesi ja jätevesi eivät kohtaa missään tilanteissa. Jos kohteessa hyödynnetään kaivosta otettua pohjavettä, tulee vedenotto sijoittaa maastossa korkeammalle kuin, missä mahdollinen jätevesien purkupaikka on.

Katetussa ratkaisussa aumojen kastelussa käytettävää vettä voitaisiin kiertättää prosessissa useampaan kertaan. Aumoista valuva vesi kerättäisiin kokoomakaivoon tai -altaaseen, josta se olisi mahdollista pumpata letkuilla takaisin kastelujärjestelmään. Vesi tulisi kuitenkin säännöllisesti ohjata puhdistukseen, jotta puhdistusjärjestelmä ei kuormittuisi voimakkaasta haitta-ainepiikistä. Jätevettä voidaan hyödyntää myös mahdollisen puhdistusprosessin jälkeen, jos puhdistetut vedet pumpataan kokoomakaivosta takaisin käyttöön. (Heinänen ym., 2018)

Koneet tulee huoltaa omalla alueellaan, jotta huoltoalueen vedet saadaan kerättyä erilliseen kokoomakaivoon. Huoltoalueelta kerätyt jätevedet voidaan ohjata öljynerotuksen jälkeen tasausaltaaseen muiden jätevesien kanssa.

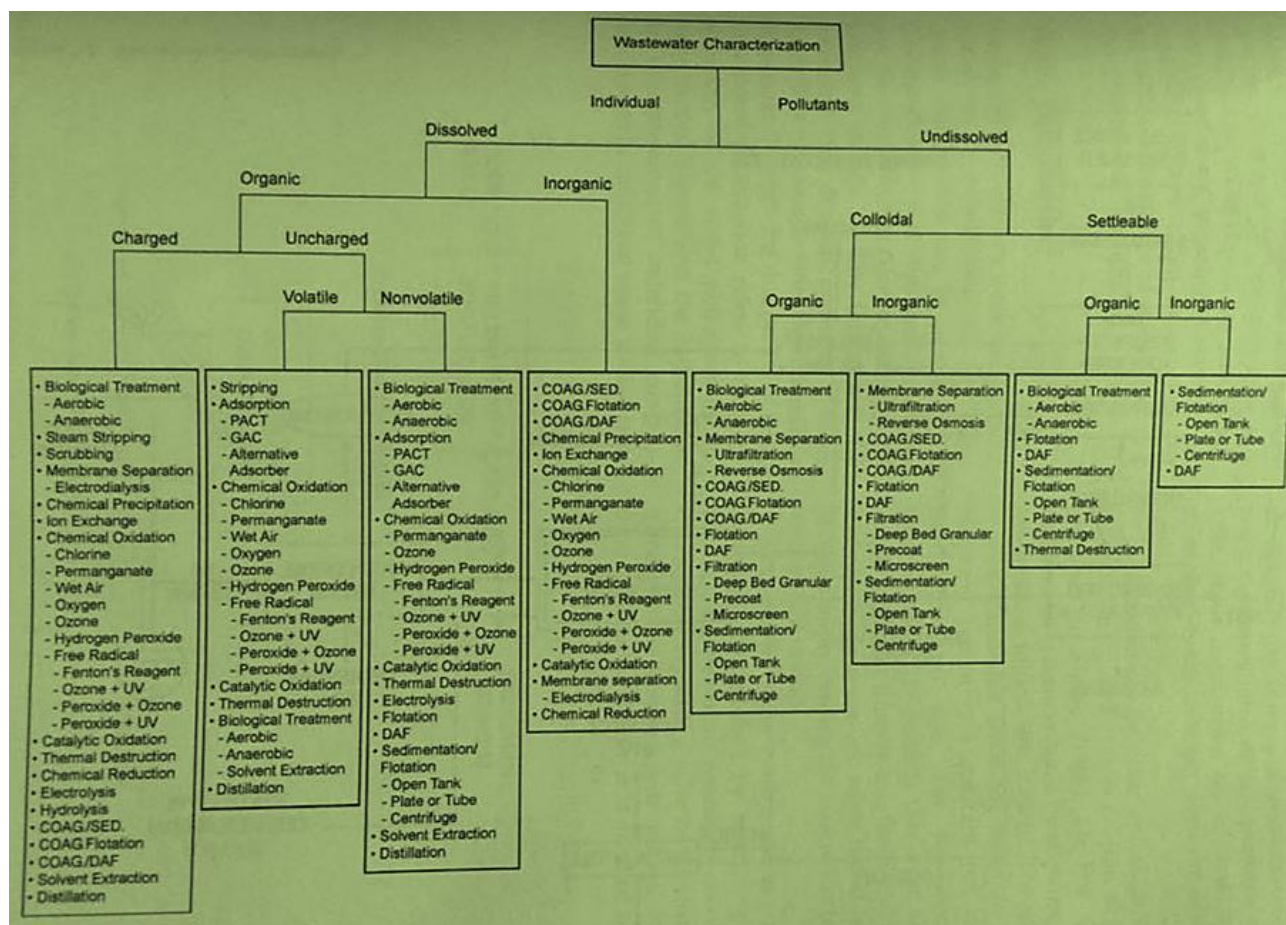
Jos aluetta ei ole liitetty kunnalliseen viemäriverkostoon, sosiaalityöihin mahdollisesti tulevat saniteettitilat voisi olla toteutettu kompostoivana kuivakäymälänä, jolloin ”mustia vesiä” ei syntyisi ja ”harmaat vedet” voitaisiin johtaa kohteen omaan jäteveden puhdistukseen, jos aluetta ei ole liitetty kunnalliseen viemäriverkostoon. Muutoin mustat jätevedet voidaan ohjata umpikaivoon ja kuljettaa asianmukaiseen käsittelyyn.

7.1 Jätevesien puhdistaminen yleisesti

Jätevesien puhdistusmenetelmät voidaan jakaa kemiallisiin, fysikaalisiin sekä biologisiin menetelmiin. Kemiallisissa menetelmissä tapahtuu kemiallisia reaktioita, joissa atomit vaihtavat tai jakavat elektroneja. Fysikaalisissa menetelmissä poistetaan liuenneet tai liukenemattomat aineet ilman, että aineiden olomuoto kemiallisesti muuttuu. Biologisissa menetelmissä elävät organismit käyttävät orgaanista ainesta ravintonaan, jolloin aineen kemiallinen ja fysikaalinen olomuoto muuttuu. (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 149)

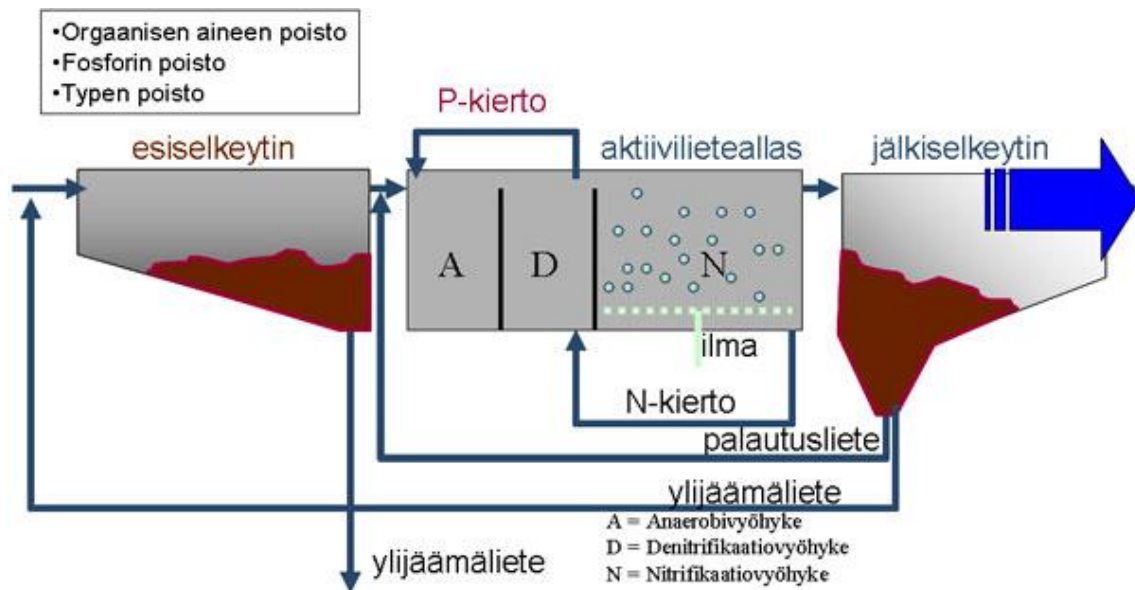
Woodard & Curran Inc.:in teoksessa on taulukko, jonka avulla voidaan tarkastella eri haitta-aineille sopivia puhdistusmenetelmiä (kuva 9, sivu 16). Puhdistusmenetelmän valinnassa tulee tarkastella, mitä aineita vedestä halutaan puhdistaa ja millaisia ominaisuuksia näillä aineilla on. Kun tiedetään aineiden ominaisuudet ja se, millaisilla menetelmillä aineet voidaan

puhdistaa, tarkastellaan kokemuksia eri menetelmistä ja niiden hintoja.
(Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 149)



Kuva 9. Woodard & Curranin taulukko jätevesien puhdistusmenetelmän valintaan (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 151).

Fysikaaliset menetelmät toimivat erityisesti, kun halutaan poistaa kiintoainesta jätevedestä. Kuitenkin fosforin, typen ja orgaanisen aineen poistaminen vedestä vaatii kemiallisia tai biologisia menetelmiä. Useimmiten tehokkainta on käyttää erilaisia menetelmiä yhdessä. Suomessa tehokkaimmaksi ja kustannuksiltaan kohtuulliseksi menetelmäksi orgaanisen aineen ja fosforin poistamiseen on todettu kemiallis-biologinen puhdistaminen aktiivilietettä ja ferrosulfaattia hyödyntäen. Kuvassa 10. (sivu 17) on esitetty tyypillinen jätevedenkäsittelyn prosessi.



Kuva 10. Tyypillinen jätevedenkäsittelyn prosessi (Laaksonen, 2001).

7.1.1 Kiintoaineen puhdistaminen jätevesistä

Jätevedenpuhdistuksen ensimmäinen vaihe on useimmiten välppäys. Välppä on siivilän tapainen laite, jonka läpi jätevesi ohjataan, jolloin kiintoaine jää kiinni välppään veden virratessa välppän läpi. Välppän tiheydellä voidaan säädellä halutun kokoisen kiintoaineen erottelua jätevedestä. (Kinnunen, 2013)

Raskasta kiintoainetta voidaan poistaa vedestä esiselkeytyksessä. Esiselkeytyksessä voidaan hyödyntää, joko laskeutusta tai flotaatiota. Laskeutuksessa veden virtausta hidastetaan niin, että kiintoaine vajoaa altaan pohjalle, kun taas flotaatiossa kiintoaine nostetaan veden pinnalle kantoaineen avulla, josta se voidaan poistaa esimerkiksi kuorimalla. (Kinnunen, 2013)

7.1.2 Orgaanisen aineen puhdistaminen jätevesistä

Orgaanisen aineen määrää vesissä voidaan tarkastella selvittämällä veden biologinen ja kemiallinen hapenkulutus. Biologinen hapenkulutus (BOD) kertoo vedessä tapahtuvan hapenkulutuksen mikrobien hajottaessa orgaanista ainesta. Vedessä tapahtuvaa biologista hapenkulutusta voivat nostaa myös ravinteet, kuten typpi ja fosfori. Kemiallinen hapenkulutus

(COD) kertoo orgaanisen aineen aiheuttamasta hapenkulutuksesta kemiallisissa reaktioissa. (Sanasto, n.d.)

Orgaanista ainetta puhdistetaan jätevesistä biologisilla menetelmillä, joko hapellisissa tai hapettomissa olosuhteissa. Biologinen puhdistus perustuu puhdistamoon kehittyvän mikrobikannan hajotustoimintaan. Mikrobikanta eli biomassa koostuu eri eliöistä kuten bakteereista, viruksista, ripsieläimistä, siimaeliöistä, rataseläimistä ja madoista. Jokaiselle puhdistamolle kehittyy juuri sellainen biomassa, joka pystyy parhaiten käyttämään jätevedessä olevaa orgaanista ainetta ravinnokseen. Orgaaninen aines hajoaa vedeksi ja hiilidioksidiksi. (Kujala-Räty, Mattila & Santala, 2008, s. 81)

Suomessa tällä hetkellä edullisin ja huoltovapain biologinen puhdistusmenetelmä, josta löytyy myös runsaasti kokemusta, on aktiivilietemenetelmä. Aktiivilietemenetelmästä on monia eri sovelluksia, Woodard & Curranin teoksessa esitellään yhdeksän erilaista sovellusta. Pääosin sovelletaan kuitenkin jatkuvavirtaista sovellusta tai panospuhdistamoa.

Jatkuvavirtaisessa sovelluksessa jätevesi ohjataan ilmastusaltaaseen. Jätevettä ilmastetaan, jotta mikrobikanta saa tarpeeksi happea lisääntyäkseen ja toimiakseen. Prosessin käynnistyminen eli aktiivilietteen syntyminen kestää muutamia viikkoja, mutta sitä voidaan kiihdyttää istuttamalla altaaseen valmista siemenlietettä toisesta jätevedenpuhdistamosta. Ilmastusaltaasta jätevesi ohjataan selkeytysaltaaseen, jossa kiinteä liete laskeutuu altaan pohjalle. Liette ohjataan osittain takaisin ilmastusaltaan prosessiin ja osittain poistetaan ylijäämälietteenä. Jätevesi ohjataan selkeytysaltaasta eteenpäin. (Kujala-Räty, ym. 2008, s. 83)

Panospuhdistamossa ei ole erillistä ilmastus- ja selkeytysallasta. Keräysaltaasta jätevesi ohjataan prosessisäiliöön, jonka pohjalla on aktiivilietettä. Jäteveden ja aktiivilietteen sekoitusta ilmastetaan, jolloin mikrobit alkavat hajottaa orgaanista ainesta jätevedestä. Kun ilmastus pysäytetään, muodostunut aktiiviliete vajoaa altaan pohjalle ja pinnalle jäänyt jätevesi ohjataan pois säiliöstä. (Kujala-Räty, ym., 2008, s. 84)

Biologisessa suodatuksessa jätevesi ohjataan suodatinmateriaalin läpi, johon muodostuu orgaanista ainesta hajottava biokerros. Biokerros saa tarvitsemansa hapen suodattimen läpi kulkevasta ilmasta tai koneellisesti tehostetusta ilmanvaihdesta. Jätevettä saatetaan kierrättää useamman keran suodatinmateriaalin läpi ja prosessi sisältää usein esi- ja jälkiselkeytysvaiheet. (Kujala-Räty, ym. 2008, s. 86)

Bioroottori on useista vierekkäin olevista kiekkolevyistä muodostuva sylinterin muotoinen laite. Kiekkolevyjen pintaan muodostuu biokerros, joka hajottaa orgaanista ainesta laitteen pyöriessään vaakasuoran akselinsa ympäri. Roottorin pyöriessä pieneliöstö on välillä jätevedessä ja välillä ilmassa riittävän hapen saannin takaamiseksi. Myös tähän menetelmään lisätään usein esi- ja jälkiselkeytysvaiheet. (Kujala-Räty, ym. 2008, s. 87)

Biologinen suodatus ja bioroottori ovat tehokkaita puhdistusmenetelmiä ja saattavat kestää paremmin haitta-aineita, kuten öljyjä ja liuottimia, kuin aktiivilietemenetelmä, mutta vaativat erillisen fosforin puhdistuksen, kun taas aktiivilietemenetelmässä fosfori on mahdollista puhdistaa rinnakkais-saostuksella. (Kujala-Räty, ym. 2008, s. 87)

Orgaaninen aines hajoaa jätevesistä tehokkaasti myös erilaisissa maapuhdistamoissa. Maapuhdistamoissa imeytyskohdan alapuolelle syntyy bio-kerros, jonka läpi valuessaan mikrobit hajottavat orgaanista ainesta. Maapuhdistamot hajottavat tehokkaasti myös bakteereja, mutta fosforin pidenttymisen maa-ainekseen heikkenee ajan myötä. Nitraattina vedessä esiintyvä typpi ei jää maapuhdistamoon vaan kulkeutuu pohjavesiin. (Kujala-Räty, ym. 2008, s. 93)

7.1.3 Fosforin puhdistaminen jätevesistä

Fosforia puhdistetaan jätevesistä usein saostamalla kemikaaleilla. Kemikaalina käytetään rautayhdisteitä, kuten kemian teollisuudesta saatavaa ferrosulfaattia. Kemikaalin ferri-ionit reagoivat jätevedessä olevien hydroksyyli- ja fosfaatti-ionien kanssa muodostaen saostumia. Fosforin saostus vaatii hämmennystä, jotta saostumat törmäilisivät toisiinsa ja muodostaisivat isompia saostumia eli flokkeja. Muodostuneet flokit vajoavat säiliön pohjalle, josta ne poistetaan lietteenä. (Kujala-Räty, ym. 2008, s. 89) Poistettava liete on mahdollista kuivattaa ja lisätä mukaan kompostointiprosessiin

Fosforin puhdistamiseksi vaihtoehtoinen menetelmä on adsorptiosuodatus. Suodatuksessa jätevesi johdetaan suodattimen läpi, jolloin fosfori pidenttyy suodatinmateriaalin rakeisiin. Suodattimen teho heikkenee ajan myötä, joten suodatinmassa on välillä uusittava. (Kujala-Räty, ym. 2008, s. 90)

Biologiset puhdistusmenetelmät poistavat tehokkaasti orgaanista ainesta, mutta eivät fosforia. Esimerkiksi aktiivilietemenetelmään on kuitenkin helppo lisätä fosforin rinnakkaisaostus eli samaan reaktioaltaaseen lisätään fosforia sitovaa kemikaalia. Maapuhdistamoihin voidaan lisätä erityinen adsorptiokerros sitomaan fosforia. (Kujala-Räty, ym. 2008, s. 84, 95)

Veden jälkikäsittely voi tapahtua esimerkiksi kosteikossa, jotka osaltaan myös sitovat fosforia maaperään. Kosteikoissa veden virtaus hidastuu, jolloin vedessä oleva kiintoaine ja siihen sitoutuneet ravinteet laskeutuvat kosteikon pohjalle. (Mavi, 2009)

7.1.4 Typen puhdistaminen jätevesistä

Jätevesissä typpi esiintyy liuenneena ammoniumtyyppinä tai on sitoutuneena orgaaniseen aineeseen, mutta hapellisissa oloissa, kuten aktiivilieteprosessin ilmastuksessa, ammoniumtyppi kokee nitrifikaation eli hapettuu nitraatiksi. Vaikka typpeä ei saataisi puhdistettua jätevesistä, on typpi nitraattina vähemmän haitallista vesistölle kuin ammoniumina. (Kujala-Räty, ym. 2008, s. 90)

Jotta nitraatti saadaan poistettua jätevesistä, täytyy puhdistusprosessiin luoda denitrifikaatiovaihe. Denitrifikaatiossa bakteerit hajottavat nitraatteja typpikaasuksi anaerobisissa olosuhteissa. Esimerkiksi aktiivilieteprosessiin on mahdollista yhdistää hapeton vaihe, joko erillisessä altaassa tai panospuhdistamossa hapellisen vaiheen jälkeen. (Kujala-Räty, ym. 2008, s. 91)

Kosteikot puhdistavat myös typpeä tehokkaasti. Kosteikkoihin syntyy happettomia alueita, joissa nitraattina vedessä esiintyvä typpi kokee denitrifikaation ja haihtuu sitä myötä ilmaan. Myös kasvit sitovat jonkin verran typpeä itseensä. (Mavi, 2009)

7.2 Kompostikentän jätevesien ohjaaminen jätevedenpuhdistamolle

Käsittelyalueelta kerättävät jätevedet on mahdollista johtaa kunnalliseen viemäriverkostoon ja jätevedenpuhdistamolle käsiteltäväksi, jos jätevesi ei sisällä liikaa haitallisia aineita ja katsotaan, ettei jätevesien määrä aiheuta haittaa jätevedenpuhdistamon toiminnalle. Ekokem, nykyinen Fortum, on laatinut ohjearvot jätevesien sisältämille haitta-aineille. Koukkujärven koealueelta kerätyistä jätevesistä tutkittiin haitta-aineet ja veden happamuus. Kaikki mittauksissa saadut haitta-ainepitoisuudet alittavat Ekokemin julkaisun *Älä päästä haitallista ainetta viemäriin* vuodelta 2009 asettamat raja-arvot, myös veden happamuus on jätevedenpuhdistamon raja-arvojen sisällä. Taulukossa 2. (sivu 21) on esitetty vuoden 2015 kompostointikokeen aikana mitatut jätevesien haitta-ainepitoisuudet ja vertailtu niitä Ekokemin julkaisun raja-arvoihin.

Taulukko 2. Jätevesinäytteiden haitta-ainepitoisuudet vuoden 2015 kompostointikokeessa (Foundry Sand Project, 2017).

Analysis	Unit	Start 22.6.2015	Middle 12.8.2015	End 12.11.2015	Limit Value
Aluminium (Al)	mg/l	0,2	0,07	0,2	-
Mercury (Hg)	mg/l	<0,0005	<0,0001	<0,0005	0,01
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,001	<0,0002	<0,001	0,01
Chromium (Cr) (total)	mg/l	<0,005	<0,001	<0,005	1
Copper (Cu)	mg/l	0,034	0,014	0,029	2
Lead (Pb)	mg/l	<0,005	<0,001	<0,005	0,5
Nickel (Ni)	mg/l	0,013	0,006	0,006	0,5
Iron (Fe)	mg/l	2,47	2,7	0,82	-
Zinc (Zn)	mg/l	0,05	0,020	0,02	3
Total Nitrogen (N), TNb	mg/l	50	5,8	26	-
Ammonium	mg/l	70	2,7	0,49	-
Total Phosphorus (P)	mg/l	2,0	0,55	0,31	-
pH	mg/l	7,6	7,3	7,4	6,0-11,0
BOD7	mg/l	30	7,4	4	-
CODcr	mg/l	310	86	100	-
Solid Matter	mg/l	26	7,9	8	500
Electrical Conductivity	µS/cm	540	270	490	-
Thermotolerant Coliform Bacteria	cfu/100 ml	9300	48	<1	-
Phenol Index	mg/l	<0,05	<0,008	<0,05	10
Fluoride	mg/l	<0,3	<0,3	<0,3	-
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)	mg/l	0,002	<0,0001	0,00003	0,05
BTEX	mg/l	<0,001	<0,001*	<0,001	3

*BTEX results are indicative because of the long period of time between the sampling and analysing.

- = no limit value for the parameter

The Limit Values are from the Ekokem Instruction 1/09 (Ekokemin ohje 1/09 "Älä päästä haitallista ainetta viemäriin")

Jätevesien ohjaamisesta kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle tulee aina sopia erikseen puhdistamon kanssa. Ympäristölupapäätöksissä jätevedenpuhdistamot ovat ilmoittaneet tutkivansa kompostikentiltä tulevista jätevesistä orgaanisen aineen, fosforin ja typen lisäksi kiintoaineen määrän mg/l.

Jätevedenpuhdistamojen prosessin tehokkuuteen voi vaikuttaa vastaanotetun veden määrä ja esimerkiksi rankkojen vesisateiden aikana vedet voivat ohjautua ylivuotoputkiin, jonka vuoksi kuormitusta jätevesiverkostoon voidaan vähentää tasausaltaan avulla. Kokoomakaivosta käsittelykentän jätevedet ohjataan tasausaltaaseen, jossa veden virtaus hidastuu, jolloin kiintoainetta ja ravinteita laskeutuu altaan pohjaan. Näin ollen tasausaltaat vähentävät myös puhdistamolle ohjattavan veden sisältämää kiintoaineen määrää.

Tasausaltaiden pohjalle kertyvä kiintoaine tulee ajoittain poistaa. Altaasta poistettava liete on mahdollista sekoittaa kentällä tapahtuvaan komposti-prosessiin, jolloin myös lietteeseen mahdollisesti kertyneet haitta-aineet saadaan puhdistettua.

Mahdollisia jätevesiviemäreitä asennettaessa tulee huomioida, että terveydensuojeluasetuksen (1280/94) mukaan jätevesiviemäri tulee sijoittaa ja huoltaa niin, ettei se aiheuta haittaa talousvedelle tai yleiseen käyttöön tarkoitetun uimarannan vedelle eikä aiheuta maaperän terveydellisen laadun huonontumista.

7.3 Kompostikentän jätevesien puhdistaminen kohteessa

Käsittelyalueelta kerättävät jätevedet on mahdollista puhdistaa kohteessa, jos ohjaaminen jätevedenpuhdistamoon ei onnistu kentän sijainnin tai puhdistamon riittämättömän kapasiteetin vuoksi. Jätevedet tulee puhdistaa huolellisesti ja valvotusti ennen vesien laskemista luontoon, sekä käsitellä että vesien johtaminen tulee hoitaa niin, ettei niistä aiheudu ympäristöpilaantumisen vaaraa. (Ympäristösuojelulaki 527/14) Yleisesti käytössä olevat puhdistusmenetelmät ovat tehokkaita, turvallisia ja vähäistä huoltoa vaativia.

Ympäristönsuojelulaissa ja sen asetuksessa on määritelty riittävä puhdistustaso orgaaniselle aineelle (BOD), fosforille ja typelle. Riittävän puhdistustason arvioinnissa tulee ottaa huomioon myös valtakunnalliset vesien suojelutavoitteet. Lain ja asetuksen määräykset koskevat talousjätevesien puhdistusta, mutta näitä voidaan soveltaa myös teolliseen ja muuhun toimintaan, josta aiheutuu tai saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista. Lisäksi kenttää suunniteltaessa on tarkastettava kunnan ympäristönsuojelumääräykset. (Ympäristönsuojelulaki 527/14)

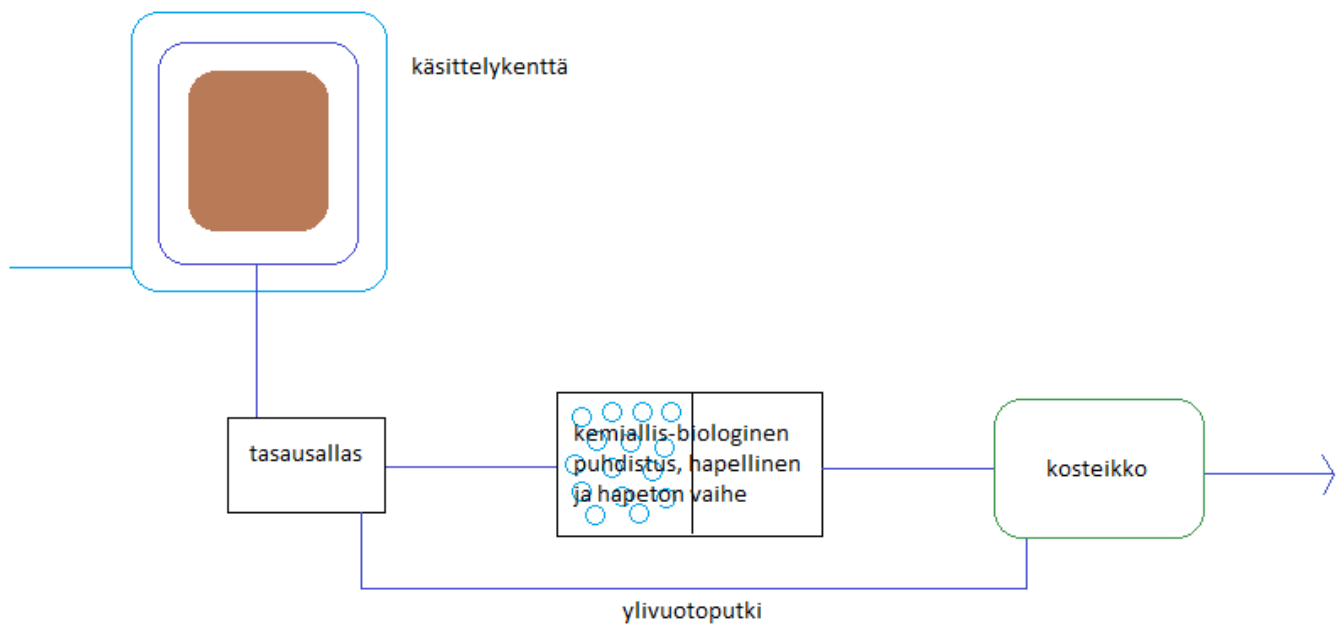
Koukkujärvellä koetoiminnan seurauksena syntyneistä jätevesistä otetuissa näytteissä ei ollut merkittäviä pitoisuuksia haitta-aineita, mutta toiminta-alueella puhdistettavista jätevesistä ei saa aiheutua merkittävää haittaa ympäristölle pitkälläkään aikavälillä. Esimerkiksi fosfori ja typpi ovat voimakkaasti vesistöjä rehevöittäviä aineita, joiden kuormittavuus tulee ennaltaehkäistä huolellisella jätevesien käsittelyllä.

Foundry sand -projektin raportissa Action B6 Conclusions on esitetty kompostointikentälle potentiaalisesti jätevesien puhdistusprosessiksi yhdistelmää, jossa hyödynnetään, sekä fysikaalisia, että kemiallisia ja biologisia puhdistusmenetelmiä. Ehdotuksessa kemiallis-biologinen-prosessi olisi helpoimmin toteutettavissa ns. panospuhdistamomallissa talvisin puhdistusprosessin seisahtumisen vuoksi.

Tasausaltaasta jätevedet voidaan ohjata joko jatkuvavirtaiseen kemiallis-biologiseen-puhdistukseen tai panospuhdistamoon, joissa hyödynnetään biologisessa puhdistuksessa aktiivilietemenetelmää ja kemiallisessa puhdistuksessa fosforin saostamista. Jatkuvavirtainen malli vaatii kaksi erillistä puhdistusallasta, sekä lisäksi vielä kolmannen altaan hapetonta typen poistoa varten, jos typen poistoa ei yhdistetä selkeytysaltaaseen. Panospuhdistamossa kaikki biologisen puhdistuksen vaiheet, sekä kemiallinen saostus tapahtuvat samassa altaassa. Tasausaltaalla voidaan säädellä puhdistusprosessiin ohjautuvaa vesimäärää, sekä laskeuttaa kiintoainesta vedestä. Talvella vedet kertyisivät vain tasausaltaaseen ja jälleen kesäksi puhdistusprosessi käynnistettäisiin.

Kemiallis-biologisen puhdistuksen jälkeen jätevedet voidaan ohjata vielä esimerkiksi kosteikkoon puhdistamaan ennen vesistöön johtamista. Kosteikot eivät tehokkuudeltaan sovellu raa'an jäteveden puhdistamiseen, mutta hyvin suunniteltu kosteikko puhdistaa jätevesistä niin orgaanista ainetta kuin fosforia ja typpeäkin. Lisäksi kosteikot lisäävät luonnon monimuotoisuutta. Kosteikot vaativat hyvin vähän huoltoa ja niitä on halpa ylläpitää. Suomessa kosteikon perustaminen useimmiten onnistuu, mutta tiiviimmin asutuilla alueilla kosteikolle sopivaa paikkaa ei välttämättä löydy käsittelykentän alueelta.

Puhdistamo tulisi mitoittaa niin, että myös rankkasateiden aikana kapasiteetti riittää, mutta jätevesien huuhtoutumista suoraan puhdistamattomina vesistöihin voidaan ehkäistä tasausaltailla ja ohjaamalla varsinaisesta puhdistusaltaasta ylivuotoputki kosteikkoon, jolloin jätevedet puhdistuvat edes kosteikossa ennen päätymistä vesistöön. Kuvassa 11. (sivu 24) on esimerkki jätevesien puhdistusprosessista kohteessa.



Kuva 11. Jätevesien puhdistaminen kohteessa

8 ILMAPÄÄSTÖT

Kompostista vapautuvat ilmapäästöt kertovat paljon kompostointiprosessin tilasta. Ammoniakin vapautuminen kompostista on merkki siitä, että kompostin termofiilinen vaihe on käynnissä. Orgaanisen aineen hajottua, hiilidioksidia ei pitäisi enää vapautua runsaasti eli komposti alkaa olla kypsää. Alhainen hiilidioksidin vapautuminen voi kuitenkin kertoa myös kuivuudesta, joten prosessin kosteus tulee tarkistaa. Hapen puutteesta aumassa kertoo siitä vapautuva metaani, jota anaerobisessa hajotusprosessissa syntyy. (Halinen & Tontti, 2004, s. 21)

Hiilimonoksidin vapautuminen kompostista johtuu epätäydellisestä palamisesta. Hiilimonoksidia ja metaania vapautuu silloin, kun kompostoitumisprosessi ei saa riittävästi happea. Bentseenin vapautuminen valimohiekkaa sisältävästä kompostista johtuu hiekoissa käytettävistä kovetehtäistä. (AX-Suunnittelu, n.d.)

Koukkujärvellä toteutetusta kompostipuhdistusmenetelmän koetoiminnasta ympäristövaikutusten arvioinnin teki Tampereen teknillisestä

yliopistosta Joni Tanskanen (2015) diplomityönään. Tanskasen työssä merkittävimmiksi päästöiksi tarkastelujen jälkeen valittiin ammoniakki, hiilimonoksidi, hiilidioksidi sekä bentseeni. Tarkastelussa kyseiset päästöt ylittivät raja-arvot, jotka valtionasetuksessa ilmanlaadusta määritellään. Vaikka metaani ei ilmanlaadullisia raja-arvoja ylittänytkään, myös se haluttiin ottaa tarkasteluun kasvihuonekaasuvaikutuksensa vuoksi.

Taulukossa 3 on valtioneuvoston asetuksen raja-arvot ilmanlaadulle. Näiden lisäksi asetuksessa on annettu omat kriittiset tasonsa rikkidioksidille ja typenoksideille, joita ei saa ylittää. Rikkidioksidin kriittinen raja-arvo kalenterivuodessa on $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja typen oksidien $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Raja-arvojen tarkoituksena on kasvillisuuden ja ekosysteemien suojeleminen. (VNa ilmanlaadusta 79/2017)

Taulukko 3. Raja-arvot ilmanlaadulle. Tulokset ilmoitettu olosuhteissa 101,3 kPa ja 293 K. Lyijyn ja hiukkasten osalta tulokset on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa ja paineessa (VNa ilmanlaadusta 79/2017).

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo	Sallitut ylitykset vuodessa
Rikkidioksidi (SO_2)	1 tunti	$350 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24
	24 tuntia	$125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	3
Typpidioksidi (NO_2)	1 tunti	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	18
	1 vuosi	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Hiukkaset (PM^{10})	24 tuntia	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	35
	1 vuosi	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Lyijy	1 vuosi	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Hiukkaset ($\text{PM}^{2,5}$)	1 vuosi	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Hiilimonoksidi (CO)	8 tuntia ¹⁾	$10 \text{ mg}/\text{m}^3$	-
Bentseeni (C_6H_6)	1 vuosi	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-

Valtioneuvoston asetuksen 113/2017 mukaisesti ilmaan vapautuvia arseeni, kadmium, elohopea, nikkeli ja polysyklisiä aromaattisia hiilivety päästöjä tulee rajoittaa luvanvaraisessa toiminnassa muun muassa hyödyntäen Ympäristönsuojelulain (527/2014) asettamia vaatimuksia koskien parasta käyttökelpoista tekniikkaa, sekä parhaan käytännön periaatteita.

Tanskasen (2015) diplomityössä kompostointiprosessissa syntyviä päästöjä on mitattu kompostoinnin alku-, keski- ja loppuvaiheessa, joista on laskettu kokoaikainen päästö. Valtionasetuksen raja-arvot ilmanlaadulle ylittävät kompostointiprosessin alussa, kun hajotustoiminta on tehokkaimmillaan ja lämpötila kompostissa nousee vauhdilla.

Ilmanlaadullisia raja-arvoja tarkastellessa on hyvä huomioida, että raja-arvot on asetettu ympäristöilmalle. Päästöt käytännössä ylittävät aina kyseiset raja-arvot jo syntyessään, mutta laimenevat nopeasti ympäristöön päätyessään ja levitessään.

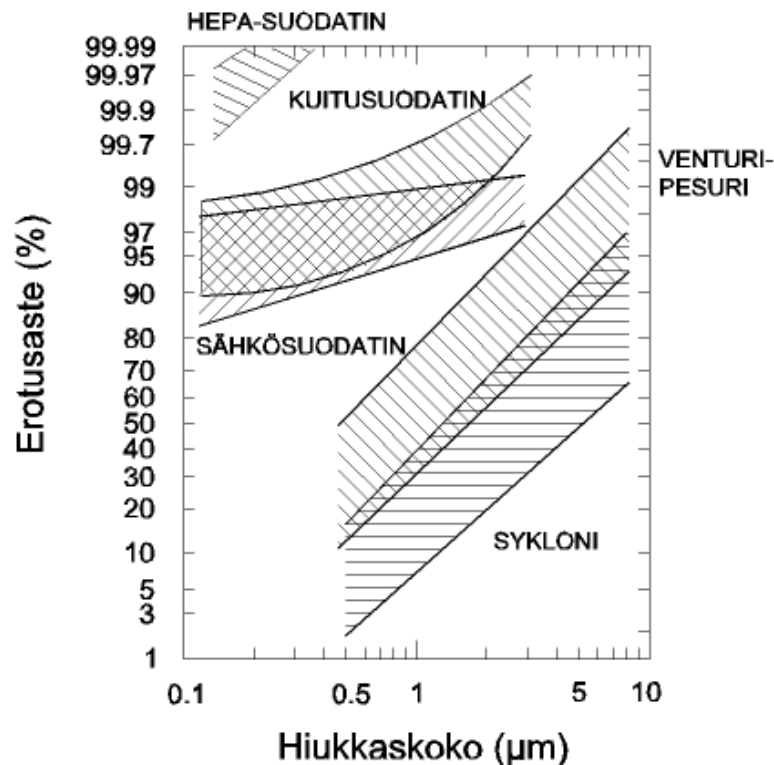
Ilmapäästöjä on vertailtu Tanskasen (2015) työssä liikenteen, teollisuuden ja maatalouden päästöihin. Vaikka kaikki Suomessa syntyvät valimoiden ylijäämähiekat puhdistettaisiin kompostoimalla, jäivät päästöt hyvin minimaaliksi suhteessa muihin päästölähteisiin. Korkeimmat ilmapäästöt valimohiekan puhdistamisessa kompostimenetelmällä aiheuttaa hiilidioksidi.

8.1 Ilmapäästöjen hallinta

Jotta ilmapäästöjä voidaan ehkäistä, tulee päästöt ohjata puhdistusprosessiin. Kattamattomassa laitoksessa ilmanpäästöjen hallitseminen on hankalaa, mutta katetussa prosessissa päästöt voidaan puhdistaa monenlaisilla menetelmillä. Suljetun prosessin ilmapäästöjen hallinta edellyttää prosessin alipaineistamista, jotta hajupäästöjä ei synny, ja poistoilman johtamista soveltuvaan puhdistuslaitteistoon.

8.2 Hiukkasten puhdistaminen

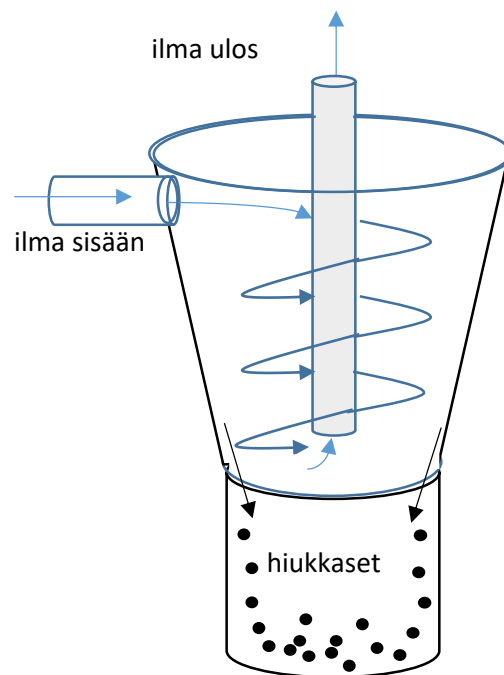
Hiukkaset jaetaan yleensä koon mukaan karkeisiin hiukkasiin, pienhiukkasiin ja ultrapieniin hiukkasiin. Erilaiset puhdistusmenetelmät tehoavat eri kokoihin hiukkasiin. Kuvassa 12. (sivu 27) on esitetty erilaisten hiukkasuodattimien tyypillisiä erotusasteita.



Kuva 12. Erilaisten hiukkassuodattimien tyypillisiä erotusasteita (Kulmala, Heinonen, Riipinen, Säämänen & Welling, 2004).

Ilmassa kulkeutuvia karkeita hiukkasia voidaan yksinkertaisimmillaan puhdistaa painovoimaisesti. Painovoimaa hyödynnettäessä ilma ohjataan putkea pitkin laajempaan tilaan, jossa ilman nopeus hidastuu ja ilmaa raskeammat hiukkaset putoavat kammion pohjalle. Tehokkaampi menetelmä on ilman poikkeuttaminen ilman ohjaimien tai esteiden avulla. Ilman törmätessä vastukseen painavimmat hiukkaset törmäävät esteeseen ja putoavat keräyskammioon. Hiukkasista puhdistunut ilma ohjataan edelleen ulos.

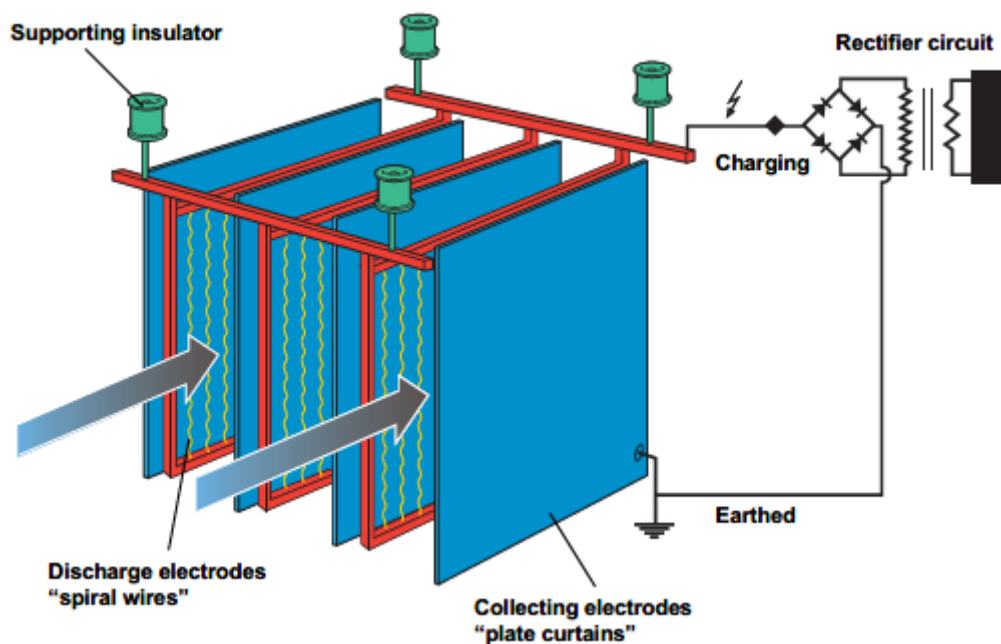
Yleisesti käytettyjä yksinkertaisia ja melko huoltovapaita puhdistuslaitteita pienihiukkasille ovat erilaiset syklonit (kuva 13, sivu 28). Syklonien toiminta perustuu inertiaan ja keskipakoisvoimaan. Hiukkaspitoinen ilma johdetaan puhaltimen avulla sykloniin, jossa ilman liike ohjautuu pyöriväksi, jolloin painavat hiukkaset kulkeutuvat syklonin reunoille ja valuvat alas puhtaan ilman jatkaessa syklonista ulos. (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 340)



Kuva 13. Sykloni

Vaikka painovoimaa ja kappaleiden eri massoja hyödyntävät menetelmät ovat yksinkertaisia ja melko huoltovapaita, on ongelmana kuitenkin usein pienimpien hiukkasten jääminen ilmaan, sillä vain isoimmat hiukkaset saadaan erotettua ilmasta näillä menetelmillä. Kyseisiä menetelmiä käytetäänkin usein ennen ilman johtamista muihin puhdistimiin.

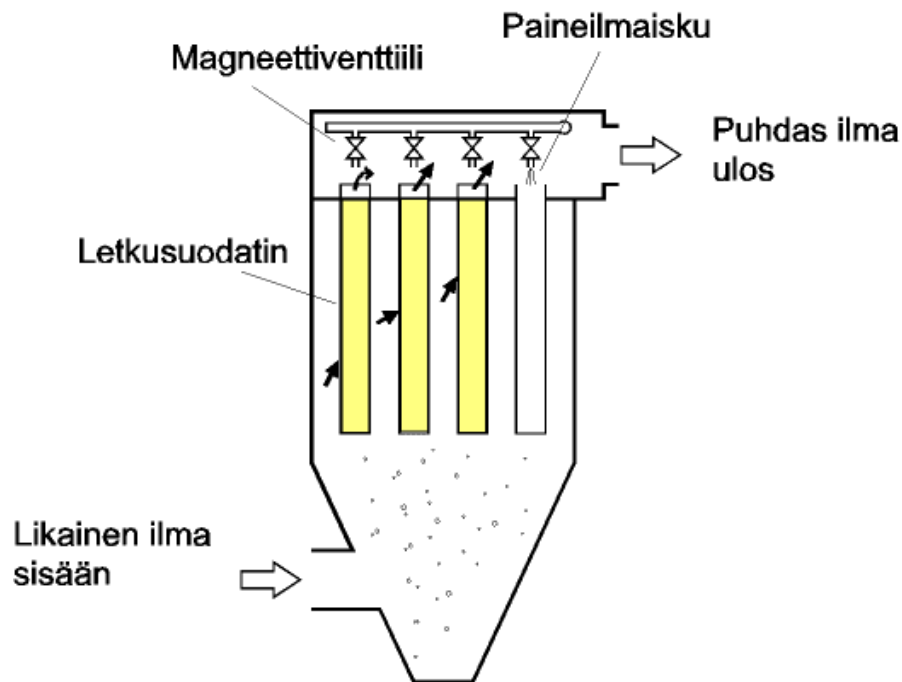
Pienempiä hiukkasia saadaan puhdistettua tehokkaammin erilaisilla sähkösuodattimilla (ESP), kuvassa 14. (sivu 29) on esitetty sähkösuodattimen toimintaperiaate. Sähkösuodatin on aktiivisempi puhdistusmenetelmä, kuin edellä mainitut, mutta ei silti sisällä liikkuvia osia. Sähkösuodattimen toiminta perustuu elementtien sähkövarauksiin. Suodattimeen tuleva pöly varautuu sähkökentässä, jolloin se voidaan kerätä vastakkaisen varauksen omaavalle keräyslevylle. Sähkösuodattimen keräyslevyt täytyy ajoittain puhdistaa esimerkiksi vesivirralla. Ongelmana sähkösuodattimien käytössä on se, että niillä ei saada puhdistettua ultrapieniä hiukkasia. (AX-Suunnittelu, 2017)



Kuva 14. Sähkösuodattimen toimintaperiaate (Porle, Francis & Bradburn, 2007).

Nykyään yleisimpänä poistoilman puhdistusmenetelmänä käytetään erilaisia kuitusuodattimia. Kuitusuodattimia on erityyppisiä, esimerkiksi kangas, letku-, patruuna- ja taskusuodattimia. Suodattimet ovat tehokkaita, sekä toimintavarmoja. Kuitusuodattimien toiminta perustuu seula vaikutuksen lisäksi diffuusioon, törmäykseen, kosketukseen sekä sähköisiin voimiin. (AX-Suunnittelu, 2017)

Kuitusuodattimet voidaan valmistaa esimerkiksi ilmaa läpäisevistä kankaista ja huovista, joihin suodattimen läpi ohjattavasta ilmasta hiukkaset tarttuvat. Kankaaseen tarttunut pöly tehostaa entisestään menetelmän puhdistustehoa. Suodattimeen kertynyt pöly tulee puhdistaa ajoittain esimerkiksi kääntämällä ilmavirtaa, mekaanisesti ravistamalla tai paineilmaisella. Kuvassa 15. (sivu 30) on esitetty paineilmailalla puhdistettavan letkusuodattimen toimintaperiaate. (Kulmala, Heinonen, Riipinen, Säämänen & Welling, 2004)



Kuva 15. Paineilmalla puhdistettavan suodatinyksikön toimintaperiaate (Kulmala, Heinonen, Riipinen, Säämänen & Welling, 2004).

Hiukkasia on mahdollista puhdistaa ilmasta pesureilla, joissa voidaan käyttää nesteenä vettä, joka tarttuu hiukkasiin tehden niistä painavia, jolloin ne putoavat alas ja puhdas ilma jatkaa matkaa. Jos ilmasta halutaan puhdistaa muita yhdisteitä, voidaan pesurin veteen sekoittaa kemikaaleja, joiden kanssa epäpuhtaudet reagoivat tai johon epäpuhtaudet liukenevat. (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 344)

Pesureiden käyttöä rajoittaa kuitenkin veden käsittely, sillä usein pesurit vaativat runsaasti puhdasta vettä toimiakseen, jolloin syntyy myös jätevettä, jonka puhdistaminen voi tulla kalliiksi. Yleisimmin hiukkaset puhdistetaan vedestä suodatinkankaan avulla, mutta puhdistettavassa ilmassa olevat kaasumaiset yhdisteet voivat liueta pesuriveteen, joka voi estää pesurin käytön. Poistoilmassa esiintyvät happamien tai emäksisten yhdisteiden vuoksi vettä voidaan joutua neutralisoimaan. Mikäli vettä ei pystytäkään vaihtamaan riittävästi tai puhdistamaan tehokkaasti, pesuri voi alkaa luovuttamaan veteen kertyneitä epäpuhtauksia takaisin puhdistettavaan ilmaan. (AX-Suunnittelu, 2017)

8.3 Haju ja kaasumaiset yhdisteet

Haju aiheuttaa usein ongelmia kompostointikentillä ja sen ympäristössä. Hajuhaitat saattavat rajoittaa toimintaa ja aiheuttaa ongelmia naapuruston kanssa. Laki eräistä naapuruussuhteista (13.2.1920/26) kieltää

aiheuttamasta naapureille ”kohtuutonta räsitystä”, esimerkkinä hajusta aiheutuva haitta.

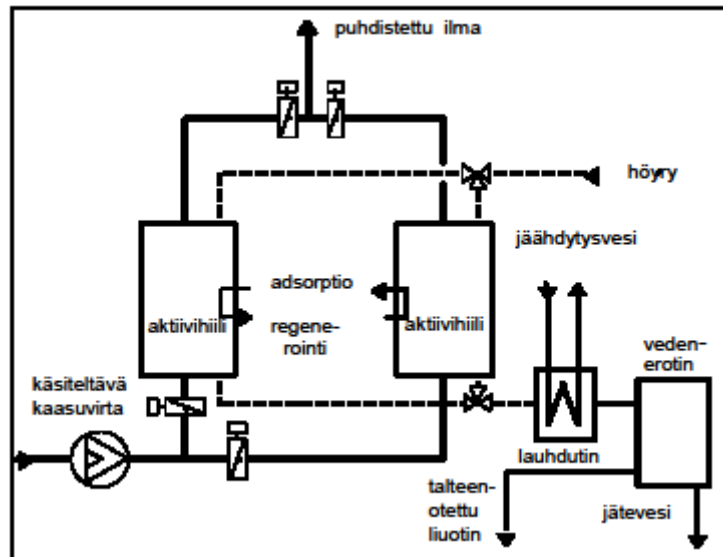
Käsittelykentän sijoittamisella voidaan ensisijaisesti ehkäistä hajun aiheuttamia haittoja naapurustossa. Optimaalinen kompostoitumisprosessi vapauttaa myös vähemmän hajuja kuin esimerkiksi prosessi, jossa kompostiin muodostuu hapettomia alueita. Tehokas ilmastus ehkäisee hajupäästöjä ja, jos ilmastus toteutetaan kompostia kääntämällä, voidaan käännöt ajoittaa sellaisiin hetkiin, kun tuulen suunta ei ole asutusta kohti.

Woodard & Curranin opaskirjassa hajunpoistomenetelmät jaetaan hallintaan ja käsittelyyn. Avoimella kentällä hallinta täytyy suorittaa prosessin hyvällä toiminnalla tai kompostin peittämällä hajupäästöjä sieppaavalla materiaalilla. Katetuissa järjestelmissä haju pidetään käsittelyrakennuksen sisäpuolella alipaineen avulla ja voidaan poistaa erilaisilla menetelmillä. (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 404)

Useita kaasumaisia yhdisteitä voidaan puhdistaa ilmasta tavallisimmin aktiivihiilimenetelmillä. Aktiivihiili poistaa erityisen tehokkaasti ilmasta haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC), mutta myös epäorgaanisia yhdisteitä kuten voimakkaasti haisevaa rikkivetyä (H_2S). (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 347)

Aktiivihiilimenetelmä hyödyntää adsorptiota, jossa VOC-yhdisteet erotetaan poistoilmasta yhdisteiden adsorboituessa adsorbentin pinnalle. Aktiivihiilen lisäksi orgaanisille yhdisteille voidaan käyttää adsorbenttinä muun muassa zeoliittejä tai polymeerejä. Adsorbentin teho heikkenee sen kyllästyessä kerättävällä yhdisteellä, joten adsorbentti tulee ajoittain vaihtaa tai regeneroida. (AX-Suunnittelu, 2017)

Regeneroinnissa eli desorptiossa adsorptioaineen läpi johdetaan yleensä vesihöyryä, jolloin VOC-yhdisteet höyrystyvät ja kulkevat vesihöyryn mukana kondensoijaan ja edelleen erottimeen. Adsorbenttiä voidaan käyttää uudelleen adsorptioon heti desorption ja kuivauksen jälkeen. Tarvittaessa aktiivihiili voidaan polttaa myös jätteenpolttokattilassa, mikäli kerättyjä yhdisteitä ei voida desorpoida tai jatkohyödyntää. Kuvassa 16 (sivu 32) on esitetty jatkuvatoiminen aktiivihiiliadsorptio höyrydesorboinnilla. (AX-Suunnittelu, 2017)



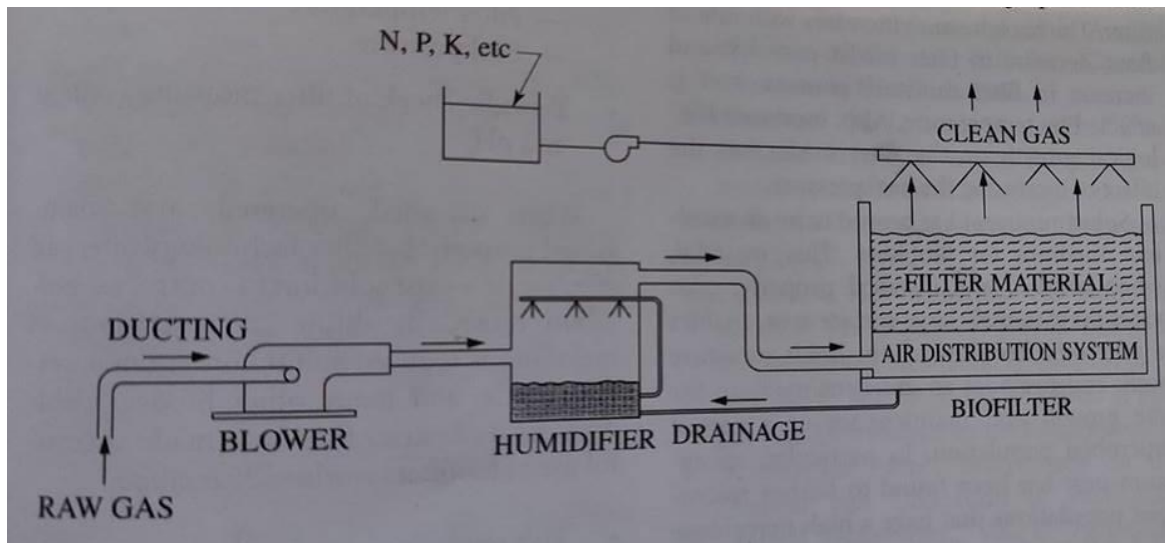
Kuva 16. Jatkuvatoiminen aktiivihiiliadsorptio höyrydesorboinnilla kiinteäpetilaitoksessa (AX-Suunnittelu, n.d.).

Samalla tavalla kuin aktiivihiiltä, voidaan ilman puhdistamiseen hyödyntää myös hartseista, kuten fenolihartsista, valmistettuja rakeita. Rakeista muodostettu peti toimii kuten aktiivihiilipeti ja voidaan myös käyttää uudelleen regeneroinnin jälkeen. Muita adsorptiota hyödyntäviä ilman puhdistusmenetelmiä ovat muun muassa aktiivinen alumiinioksidi, silikageeli sekä molekyyliseulat. (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 349)

Biosuodattimia on käytetty pahanhajuisten ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) puhdistamiseen jo vuosikymmeniä. Menetelmä soveltuu suurille kaasumäärille, jotka sisältävät pieniä pitoisuuksia biohajoavia kaasuja. (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 355)

Biologisissa puhdistusmenetelmissä orgaaniset yhdisteet hajotetaan erityisten tapauskohtaisesti kasvatettavien mikro-organismien avulla vedeksi ja hiilidioksidiksi. Menetelminä sovelletaan suodatusta tai pesuritekniikkaa. Biosuodattimessa käsiteltävä kaasu johdetaan kiinteän kantaja-aineen läpi, jonka pinnalle kiinnittyneet mikro-organismit hajottavat orgaaniset yhdisteet. Kantaja-aineena voidaan käyttää kompostia tai turvetta. (AX-Suunnittelu, 2017)

Menetelmän haittapuolia ovat olleet riittämätön puhdistusaste, melko alhaisiin pitoisuuksiin rajoittunut käsittelykapasiteetti, kyseenalainen käytövarmuus ja suuri tilantarve. Etuja ovat suhteellisen alhaiset kustannukset ja yksinkertainen tekniikka. Biofilttereitä kuitenkin testattiin valimohiekan kompostipuhdistuksen koetoiminnan aikana ja hajumittausten perusteella biofiltterit puhdistivat 85-94% kompostiaumasta vapautuvista hajuista. (Foundry Sand Project, 2017) Kuvassa 17. (sivu 33) on esitetty biofiltterin toimintaperiaate.



Kuva 17. Biofiltterin toimintaperiaate (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 355).

Hiukkasten puhdistamisen kohdalla mainittuihin pesureihin on mahdollista yhdistää kaasumaisia yhdisteitä puhdistavia ominaisuuksia. Pesurit ovat yleisesti käytettyjä, mutta sisältävät paljon liikkuvia osia, jonka vuoksi ne vaativat paljon huoltoa. Lisäksi kaasumaiset yhdisteet voivat puhdistamisen sijasta liueta jäteveteen, jonka puhdistaminen tuo myös omat haasteensa. (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 344)

Orgaanisia yhdisteitä on mahdollista puhdistaa ilmasta polttamalla. Polttoon eivät sovellu epäorgaanisia aineita ja raskasmetalleja sisältävät epäpuhtaudet. Polton lopputuotteena syntyy hiilidioksidiä, vettä ja tuhkaa. Polttimet voidaan jakaa lämpöä hyödyntäviin sekä katalyytteja hyödyntäviin polttimiin, joissa riittävä lämpötila saadaan aikaiseksi katalyytin avulla. Polttimien toiminnan haittapuolena on se, että ne vaativat runsaasti energiaa toimiakseen. (Woodard & Curran, Inc. 2006, s. 353)

Polttimien käyttö on järkevää silloin, jos epäpuhtauspitoisuus poistoilmassa on hyvin korkea ja palaminen autotermistä, eli energia palamiseen saadaan hävitettävästä yhdisteestä. Edellytyksenä tietysti on, että hävitettävä yhdiste on palavaa, kuten esimerkiksi hiilivety-yhdisteet. Tällöin energiaa kuluu ainoastaan prosessin ylösajoon. (AX-Suunnittelu, 2017)

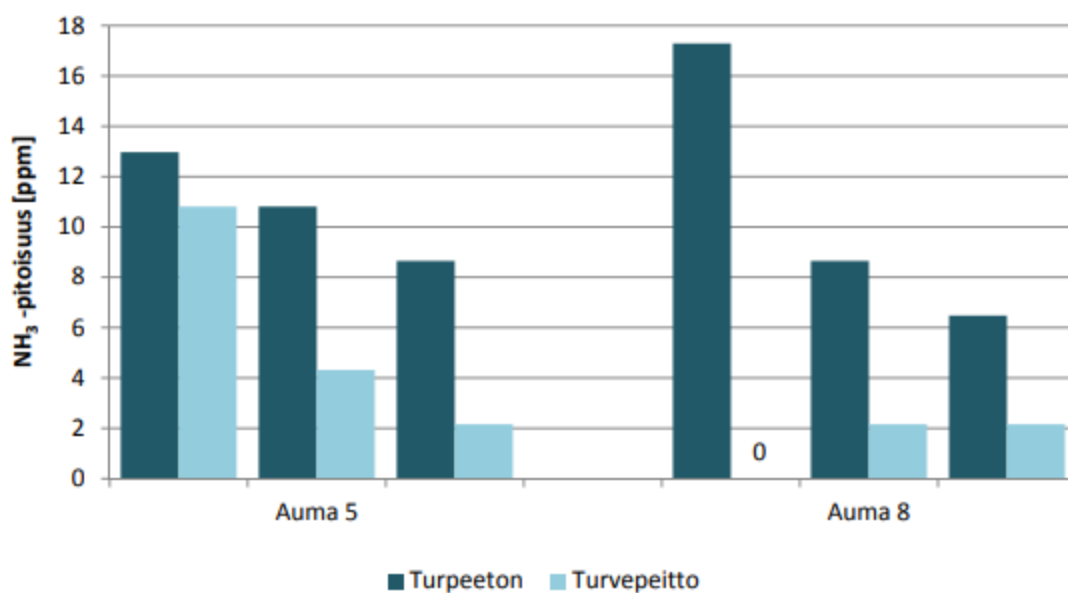
Esimerkiksi pesureihin ja polttimiin voidaan yhdistää hajun peittoaineita, tai aineita voidaan sumuttaa suoraan kompostointikentän ylle. AX-Suunnittelun ympäristöyksikön johtaja Seppo Heinänen kertoi haastattelussa, että hajunpoisto – ja peittoaineet on todettu tässä mittakaavassa tehottomiksi. Lisäksi peittoaineet saattavat itsessään sisältää haitallisia

aineita ja yhdisteitä. Hajua voidaan poistaa myös otsonoimalla, mutta otsonilla on erittäin vakavia haittavaikutuksia alailmakehässä niin kasvillisuuteen kuin ihmisiin sen suuren reaktiivisuuden vuoksi.

Hajuhaittoja voidaan yksinkertaisesti myös ehkäistä peittämällä kompostia valmiilla multakerroksella tai turpeella. Turvekerros toimii ikään kuin biosuodattimena, jonka veteen kaasumaiset hajuyhdisteet absorboituvat ja huokoisille pinnoille adsorboituvat. (Niskala, 2010)

Oulun yliopistosta Karoliina Niskalan (2010) diplomityössä: ”Jätevesilietteen aumakompostoinnin kehittäminen ilmaan purkautuvien hajukaasujen vähentämiseksi”, on tutkittu muun muassa turvepeiton toimivuutta aumakompostoinnin hajupäästöjen ehkäisyssä. Turvepeiton kyky pidättää ammoniakkia (NH_3) ja rikkivetyä (H_2S) on hyvä, myös osa VOC-yhdisteistä pidättyy turpeeseen.

Kuvassa 18. on esitetty ammoniakin pidätyskyky aumassa, jossa ei ole turvepeittoa ja aumassa, jossa on turvepeitto. Auma 8 on ollut ensimmäisen turvepeittolisen mittausajankohdan aikana mesofiilivaiheessa, jolloin ammoniakkipäästöjä ei ole vielä syntynyt. (Niskala, 2010)



Kuva 18. Ammoniakin pidätyskyky aumassa (Niskala, 2010).

Yksi vaihtoehto hajupäästöjen leviämisen ehkäisemiseksi on myös peittää auma aktiivisimman kompostoitumisvaiheen ajaksi membraanikankaalla. Membraanikangas toimii samalla periaatteella kuin auman päälle kasatava turvepeitto.

9 MELU JA TÄRINÄ

Kompostointipuhdistuskentällä suurin osa melusta syntyy työkoneista, joita esimerkiksi aumojen rakentamiseen ja kääntämiseen käytetään. Lisäksi materiaalien kuljetus aiheuttaa liikennettä ja sitä myötä melua alueelle.

Erilaiset laitteet saattavat synnyttää myös infra- ja ultraääniä, jotka saavat rakennukset tärisemään eli resonoimaan. Kompostointipuhdistuskentällä käytettävät laitteet ovat kuitenkin sellaisia, että ainakaan pitkäkestoista resonointia ei pitäisi esiintyä.

Kompostointialueen sijoittamisella voidaan vaikuttaa mahdollisten melupäästöjen haittavaikutuksiin. Melupäästöjen etenemistä voidaan myös estää rakentamalla meluvalleja.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Valimohiekan kompostointi on tehtyjen selvitysten mukaan käyttökelpoinen menetelmä valimohiekan uusiokäyttöä ajatellen. Käytännössä toinen menetelmä on hiekan terminen käsittely, jossa hiekasta poltetaan epäpuhtaudet pois varta vasten tähän toimintaan suunnitellussa laitoksessa. Menetelmällä hiekka saadaan puhdistettua, mutta energiakulu on suuri, ja mikäli lämpöä ei pystytä hyödyntämään, toiminta on kallista. Polttoon verrattuna kompostointi on hidas menetelmä, mutta aika ei ole prosessissa merkittävä, koska hiekka ei kierrä takaisin valuprosessiin vaan uusiokäyttöön.

Lainsäädännön asettamat vaatimukset eivät aseta käsittelykentän perustamiseen kovinkaan selkeitä ja konkreettisia ohjeita. Tärkeintä on ympäristövaikutusten hallinta ja seuraaminen. Aina ei suinkaan kannata täyttää sen hetkisiä lainsäädännön minimi vaatimuksia, sillä vastuu ympäristöstämme on meidän jokaisen harteilla ja ympäristöä koskevia lakimuutoksia kiristetään jatkuvasti.

Materiaalien kierrätys on eräs tärkeä osa vähennettäessä luonnonvarojen käyttöä. Selvitysten mukaan ihmiskunta käyttää luonnonvaroja 1,6 kertaa yli kestävä tason ja materiaalien tehostuva kierrätys on vastaus tähän ongelmaan. Valimoille ylijäämähiekan kierrättäminen kompostoimalla on lähes elinehto, jotta ne pystyvät vastaamaan tiukentuneeseen jätelainsäädäntöön taloudellisesti kestäväällä tavalla.

LÄHTEET

AX-Suunnittelu (2017). *Pölynpoistotekniikat ja valintaperusteet*. Diaesitys.

Foundry Sand Project (2017). Project. Haettu 5.1.2018 osoitteesta:
<http://life-foundrysand.com/project>

Halinen A. & Tontti T. (2004) Laitoskompostien laadun parantaminen kypsytystä tehostamalla Jokioinen: MTT
<http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts70.pdf>

Heinänen S., Tapola M., Tapola S. (2018). Suullinen tiedoksianto tekijälle 4.1.18.

Jätelaki 646/2011. Haettu 25.1.18 osoitteesta:
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646#Pidp451785920>

Keskinen R., Niemi P. (2011). Yleisimmät raakahiekat. Haettu 25.1.2018 osoitteesta:
<http://www.valuatlas.fi/?q=node/43>

Keskinen R., Niemi P. (2011). Kemiaalisesti kovettuvat orgaaniset sideaineet. Haettu 25.1.2018 osoitteesta:
<http://www.valuatlas.fi/?q=node/55>

Kiiskinen P., Savonen H. & Tomperi T. (2014) *Metsätien rakentaminen* Joensuu: Metsäntutkimuslaitos

Kinnunen J. (2013) *Jätevedenpuhdistus rinnakkaissaostuksella -esimerkinä Kinnulan jätevedenpuhdistamo*. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Haettu 11.5.2018 osoitteesta:
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54159/Kinnunen_Jari.pdf?sequence=1

Kujala-Räty K., Mattila H. & Santala E. (2008) *Haja-asutusalueiden vesihuolto* Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu

Kulmala I., Heinonen K., Riipinen H., Säämänen A. & Welling I. (2004) Poistoilman puhdistus. *Tietoverkko pölyntorjunnan avuksi*. Haettu 30.7.18 osoitteesta:
http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/kpl_6_6.htm

Laaksonen R. (2001) Jätevesiprosessi. Haettu 19.6.2018 osoitteesta:

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:Jätevesiprosessi.jpg>

Laki eräistä naapuruussuhteista 13.2.1920/26. Haettu 16.5.18 osoitteesta:
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1920/19200026>

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT (n.d.). Esitelmät. Komposti-info. Haettu 20.4.2018 osoitteesta:
https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/lcainlandsca-ping/esitelmät/Komposti%20info_1.pdf

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11. Haettu 5.1.18 osoitteesta:
<https://www.finlex.fi/data/normit/37638/11024fi.pdf>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Haettu 25.1.18 osoitteesta:
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L22P166>

Mavi (2009). Monivaikutteiset kosteikot maatalousalueilla. *Monivaikutteisen kosteikon perustaminen ja hoito*. Haettu 12.4.2018 osoitteesta:
http://www.mavi.fi/fi/maksut-ja-valvonta/Documents/kosteikot_2009_laskeutusaltaat.pdf

Meskanen S. (n.d.). Kestomuottimenetelmät. Haettu 25.1.2018 osoitteesta:
<http://www.valuatlas.fi/?q=node/315>

Meskanen & Höök (2015). Kaavaushiekan valmistus ja uusiokäyttö. Haettu 25.1.2018 osoitteesta:
<http://www.valuatlas.fi/?q=node/308>

Mustankorkea (n.d.). Kompostointi. Haettu 22.3.2018 osoitteesta:
<https://mustankorkea.fi/neuvonta/jatteiden-kasittely-lajitteluohjeet/jatteenkasittelyprosessit/kompostointi/>

Niskala K. (2010) *Jätevesilietteen aumakompostoinnin kehittäminen ilman purkautuvien hajukaasujen vähentämiseksi*. Diplomityö. Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Vesi- ja ympäristötekniikan laboratorio. Oulun yliopisto

Porle K., Francis S. & Bradburn K. (2007) *Electrostatic precipitators for industrial applications*. Brysseli: Federation of European Heating and Air-conditioning Associations

Sanasto (n.d.) Haettu 11.5.18 osoitteesta:
<http://www.ymparisto.fi/miljo/html/sanasto.htm>

Sarkkila J., Kuusiniemi R., Forstén L. & Manni-Rantanen L. (2006) *Ympäristöopas, Asfalttiset ympäristönsuojaurakenteet* Haettu 19.1.18 osoitteesta:

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38842/YO_Asfalttiset_ymparistonsuojaurakenteet.pdf?sequence=1

Tanskanen J. (2015) *Valimohiekan kompostointikäsittelyn ympäristövaikutukset*. Diplomityö. Ympäristö- ja energiatekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Haettu 11.5.2018 osoitteesta:

<https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/23883/Tanskanen.pdf?sequence=1>

Tapola S. (2018). MARA-asetus. Sähköpostiviesti tekijälle 27.2.2018.

Terveystensuojeluasetus 1280/1994. Haettu 15.2.18 osoitteesta:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19941280#L4P11>

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa 843/2017. Haettu 27.2.18 osoitteesta:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843#Pidp450534064>

Woodard & Curran, Inc. (2006) *Industrial Waste Treatment -handbook*. 2. painos. Oxford UK: Elsevier Inc.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Haettu 5.1.18 osoitteesta:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>