Pro gradu -tutkielma

Taajama-alueiden hajupäästöt ympäristöterveydellisenä ongelmana

Minna Salonen

Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Ympäristötiede ja -teknologia

12.11.2018

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Ympäristötiede ja -teknologia

Minna Salonen:	Taajama-alueiden hajupäästöt ympäristöterveydellisenä ongelmana
Pro gradu - tutkielma:	136 s., 3 liitettä (9s.)
Työn ohjaajat:	Professori Tuula Tuhkanen ja Mustankorkea Oy:n viestintä- ja ympäristöpäällikkö Piia Aho
Tarkastajat:	Professori Tuula Tuhkanen ja Yliopisto-opettaja Elisa Vallius

Marraskuu 2018

Hakusanat: Hajuesiintymä, hajuhaitta, hajuseuranta, terveyshaitta

TIIVISTELMÄ

Ulkoilmassa esiintyy ajoittain erityyppisiä hajupäästöjä jotka ihmiset kokevat eri tavoin, koska haju on aina subjektiivinen kokemus. Teollisista toiminnoista voi levitä ympäristöön erilaisia kemiallisia yhdisteitä jotka voivat ylittää ihmisen hajukynnyksen ja aiheuttaa hajuhaittoja. Tässä pro gradu – tutkimuksessa selvitettiin kirjallisuuslähteisiin perustuen voiko ympäristössä esiintyviä hajupäästöjä torjua hallinnollisilla keinoilla ja voivatko hajupäästöt aiheuttaa altistuneille terveyshaittaa. Tutkimuksen kokeellisena osiona toteutettiin 13,5 kuukauden mittainen hajupaneeliseuranta Mustankorkea Oy:n jätekeskuksen ympäristössä. Tavoitteena oli selvittää aiheuttaako jätekeskuksella vallitseva poikkeustilanne hajuhaittoja lähialueen asukkaille. Tutkimuksen perusteella epämiellyttäviksi koetut hajupäästöt lisäävät ihmisten kokemaa stressiä ja voivat altistaa erilaisille terveysoireille. Viranomaiset voivat puuttua hallinnollisten menetelmien avulla hajupäästöjen esiintymisriskiin tai jo ympäristössä olemassa oleviin hajupäästöihin. Kerran viikossa satunnaisena ajankohtana toteutettu hajupaneeli paljasti, että kyseessä on riittämätön seurantamenetelmä asuinalueen asukkaiden hajualtistumisen arviointiin. Tulevaisuudessa kiertotalouden lisääntyminen voi lisätä hajupäästöjä taajama-alueilla joka tulisi huomioida paremmin suomalaisessa lainsäädännössä.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Science
Department of Biological and Environmental Science
Environmental Science and Technology

Minna Salonen:	Odor emissions in urban areas as an environmental health problem
Master Thesis	136 p., 3 appendices (9s.)
Supervisors:	Professor Tuula Tuhkanen and Mustankorkea Ltd´s Communications and Environmental Manager Piia Aho
Inspectors:	Professor Tuula Tuhkanen and University teacher Elisa Vallius
November 2018	

Key words: health hazard, occurrence of odor, odor nuisance, odor tracking

ABSTRACT

Various odor emissions occur in the open air sometimes. People experience odors in different ways because the odor is always a subjective experience. Unpleasant odors can contain various chemical compounds which can exceed peoples' odor threshold and cause odor nuisance. In this Master's thesis it was studied from literature how it is possible to determine odor emissions by administrative procedure and can odor emissions cause health effects for people. The experimental part of this thesis was an odor panel evaluation which continued 13,5 months in the nearby area of Mustankorkea's waste treatment center. The objective of the experimental part was to solve the odor panel in a practical way to monitor odor emissions in the environment. Based on the results, the unpleasant odor emissions can sensitize people to stress factors and can cause various health symptoms. Authorities can interfere by administrative procedures to odor emissions or the risk of odor emissions in the environment. The odor panel evaluation, which was executed once in a week at the random time, reveals that the odor panel evaluation is an insufficient method for evaluating the exposure of odor in residential area. In the future circular economy will increase which can induce more odor emissions in urban areas. This movement should be notice better in Finnish legislation.

Sisällysluettelo

1 JOHDANTO 1

2 TAUSTA JA TEORIA 3

2.1 Haju ja hajuaisti 3

2.2 Hajujen aistimiseen vaikuttavat tekijät 6

2.3 Hajujen leviämiseen vaikuttavat tekijät 9

2.4 Hajun kokeminen 11

2.5 Hajupäästöjen vaikutukset ihmisten terveyteen ja elämänlaatuun 16

2.6 Hajuhaittaa aiheuttavat toiminnat taajama-alueilla 18

2.6.1 Jätekeskukset 19

2.6.2 Kompostointi jätekeskuksissa 20

2.6.3 Jätevesien siirtoviemärit ja jätevedenpuhdistamot 23

2.7 Hajuhaittoja aiheuttavat yhdisteet 25

2.7.1 Rikkiyhdisteet 25

2.7.2 Typpiyhdisteet 26

2.7.3 Haihtuvat orgaaniset hiilivety-yhdisteet (VOC) 27

2.7.4 Ympäristössä esiintyvien hajupäästöjen hajukuvauksia 28

2.8 Ympäristössä esiintyvien hajujen tutkimusmenetelmiä 29

2.8.1 Leviämislaskelmat 30

2.8.2 Kenttähavainnointi 31

2.8.3 Asukaspaneelitutkimus 32

2.8.4 Kertakysely 34

2.9 Hajuihin liittyvä lainsäädäntö 35

2.9.1 Jätelaki 36

2.9.2 Terveydensuojelulaki 36

2.9.3 Laki eräistä naapuruussuhteista 37

2.9.4 Ympäristönsuojelulaki 38

2.9.5 Hajuihin liittyvät ohje- ja raja-arvot 40

2.9.6 Hajuihin liittyvä lainsäädäntö ja raja- ja ohjearvot muissa maissa 41

2.10 Hajuhaittoihin varautuminen maankäytön suunnittelussa ja toimintojen lupamenettelyissä 42

2.10.1 Kaavoitus sekä maankäyttö- ja rakennuslaki 42

2.10.2 Ympäristövaikutusten arviointi (YVA) 43

2.11 Hajuvalitukset ja niihin liittyvät viranomaiskäytänteet 48

2.12 Hajuhaittojen torjuminen teknisillä menetelmillä 49

3 MATERIAALIT JA MENETELMÄT 50

3.1 Mustankorkea Oy 50

3.2 Hajupaneeliseurannan toteutus 53

3.3 Reaaliaikainen säänseuranta 58

4 TULOKSET 58

4.1 Marraskuu 2016 58

4.2 Joulukuu 2016 60

4.3 Tammikuu 63

4.4 Helmikuu 66

4.5 Maaliskuu 69

4.6 Huhtikuu 72

4.7 Toukokuu 74

4.8 Kesäkuu 75

4.10 Elokuu 76

4.11 Syyskuu 76

4.12 Lokakuu 78

4.13 Marraskuu 80

4.14 Joulukuu 81

4.15 Tulosten yhteenveto 83

4.16 Tuuliolosuhteet 88

5 TULOSTEN TARKASTELU 90

5.1 Havaitut hajuesiintymät 90

5.2 Hajuesiintymien voimakkuudet 94

5.3 Hajuesiintymien luonne 96

5.4 Tulosten luotettavuus ja yleistettävyys 97

6 JOHTOPÄÄTÖKSET 101

KIITOKSET 102

KIRJALLISUUS 103

LIITE 1. Hajuseurantalomake – voimakkuus 1 120

LIITE 2. Hajuseurantalomake – voimakkuus 2 123

LIITE 3. Hajuseurantalomake – voimakkuus 3 126

SANASTO JA LYHENTEET

SANASTO

Hajukynnysarvo	Hajuaistimuksen kynnysarvo. Kertoo haisevan ilman /kemiallisen yhdisteen pienimmän pitoisuuden ilmakuutiossa, jonka ihminen voi vielä havaita.
Hajupitoisuus	Hajun voimakkuuden mittari. Kertoo montako kertaa ilmaa tarvitsee laimentaa, jotta se olisi hajutonta. Ilmaistaan hajuyksikköinä kuutiometrissä (hy/m^3 tai ou/m^3).

LYHENTEET

BAT	Paras käytettävissä oleva tekniikka (Best available technique)
DMS	Dimetyylisulfidi
DMDS	Dimetyylidisulfidi
HTTP-ARVO	Aineen haitalliseksi tunnettu pitoisuus hengitysilmassa.
HY	Hajuyksikkö
PPM	Parts per million, suhdeyksikkö. Ilmaisee montako miljoonasosaa jokin on jostakin.
TRS	Pelkistyneet, haisevat rikkiyhdisteet (Total reduced sulfur)
VOC	Haihtuvat orgaaniset hiilivety-yhdisteet (Volatile organic compounds)
YVA	Ympäristövaikutusten arviointimenettely

1 JOHDANTO

Ulkoilmassa voi esiintyä erityyppisiä hajuja jotka muodostuvat useista kymmenistä erilaisista kemiallisista yhdisteistä (Tammivuori 2012). Ihminen voi aistia hajuesiintymät joko miellyttävinä tai epämiellyttävinä, sillä haju on ihmiselle aina subjektiivinen kokemus (Pullen 2007). Miellyttävän tyyppisiä hajuja ei yleensä koeta kovin häiritsevinä, mutta epämiellyttäviin hajuihin ihminen reagoi herkemmin ja ne voivat lisätä ihmisten kokemaa stressiä (Schiffman ja Williams 2005, Tammisto ja Salokannel 2015). Taajama-alueilla voi satunnaisesti tai toistuvasti esiintyä erityyppisiä hajupäästöjä, jotka vaikuttavat elinympäristön viihtyisyyteen. Taajama-alueilla epämiellyttäviä hajuja voivat aiheuttaa teollisuusyritykset, elintarviketeollisuus, paperi- ja selluteollisuus, jätekeskukset, sekä jätevedenpuhdistamot ja – siirtoviemärit (Brancher ym. 2017). Taajama-alueiden ulkopuolella merkittäviä hajupäästöjen aiheuttajia ovat maatalous, eläinsuojat ja tuotantotilat (Arnold 2002). Kiertotaloutta edistävät biokaasu- ja kompostointilaitokset joilla pyritään hyödyntämään syntyneitä jäte-eriä uusiokäyttöön voivat myös olla hajupäästöjen lähteenä. Tulevaisuudessa kiertotalousajattelun yleistyminen ja aiemmin jätteenä käsiteltyjen materiaalien uusiokäyttö voivat myös lisätä hajupäästöjä tuotantolaitosten lähiympäristöön. Nykyisin Suomessa merkittävät ja pitkäkestoisemmat hajupäästöt liittyvät usein teollisessa toiminnassa ilmeneviin häiriö- tai poikkeustiloihin. Taajama-alueiden asukasmäärien kasvaessa ja asutuksen tiivistyessä asuinalueet asettuvat yhä lähemmäksi alueita joista voi aiheutua mahdollisia hajupäästöjä, erityisesti Aasiassa tämä on jo tunnistettu ongelma (Dincer ym. 2006). Lyhyt- ja pitkäkestoisiin hajuongelmiin taajama-alueilla on törmätty myös Suomessa esimerkiksi Tampereen Tarastenjärven jätteenkäsittelykeskuksen lähellä (Aamulehti 25.8.2017). Ihmisillä on korkeammat elämänlaadun vaatimukset

vapaa-ajalleen jolloin iltaisin ja viikonloppuisin asuinalueiden läheisyydessä esiintyvät hajupäästöt vähentävät asumisviihtyisyyttä ja aiheuttavat herkästi toimijoille hajuvalituksia (Tammivuori 2012, Brancher ym. 2017).

Aina ei ole itsestään selvää millaisesta toiminnasta tai kohteesta epämiellyttävät hajut ovat peräisin, koska ilmavirrat voivat kuljettaa hajuja hyvin kauas alkuperäisestä syntylähteestä (Arnold 1995, Niu ym. 2014). Haisevan ilman liikkeet ympäristössä sekä mahdolliset hajumolekyylien kemialliset reaktiot asettavat haasteita myös ympäristöviranomaisen toiminnalle joka kuntalaisten hajuvalitusten pohjalta pyrkii selvittämään hajupäästöjen lähdettä (Sahi 2017, Tammivuori 2012). Viranomainen pyrkii puuttumaan olemassa olevaan hajuongelmaan lainsäädännön keinoin vaikka Suomessa ei vieläkään ole olemassa hajuille ohje- ja raja-arvoja. Teollisesta toiminnasta aiheutuviin hajuhaittoihin voidaan ennakoivasti pyrkiä puuttumaan toiminnalle myönnetyn ympäristöluvan määräyksissä. Vuosikymmenten aikana Jyväskylän kaupungin alueella eriasteisia hajuhaittoja ovat aiheuttaneet teräs- ja metalliteollisuus, lämpövoimalaitos sekä Mustankorkean jätekeskus (Sahi 2017). Nykyisin Jyväskylässä esiintyvät hajuongelmat ovat satunnaisia ja liittyvät eri toiminnoissa esiintyviin häiriö- ja poikkeustilanteisiin (Sahi 2017).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kirjallisuusselvityksen avulla miten taajama-alueella esiintyviin hajupäästöihin tai niiden syntyriskiin voidaan puuttua lainsäädännön keinoin. Tutkimuksessa haluttiin myös selvittää kirjallisuuteen perustuen voiko hajupäästöt aiheuttaa ihmisille terveysvaikutuksia tai – riskejä. Tutkimuksen kokeellisena osiona toteutettiin yli vuoden mittainen hajupaneeliseuranta Jyväskylän Mustankorkean jätekeskuksen ympäristössä. Hajupaneeliseurannan tavoitteena oli seurata aiheuttaako jätekeskuksella syntynyt poikkeustilanne hajuhaittoja lähialueiden asukkaille.

2 TAUSTA JA TEORIA

2.1 Haju ja hajuaisti

Hajuaisti on yksi ihmisen viidestä aistista. Evoluution aikana hajuaistilla on ollut tärkeä tehtävä, sillä sen avulla on voitu varmistaa, ettei ravinto tai hengitysilma ole ollut pilaantunutta (Lyytimäki 2006, Tuominen 2012). McGannin (2017) tutkimusten mukaan ihmisen hajuaisti on yhtä tarkka kuin esimerkiksi koiralla toisin kuin on aiemmin luultu. McGannin (2017) tutkimuksissa havaittiin, että ihminen voisi kyetä aistimaan jopa biljoona erilaista hajua ja joitakin kemiallisia yhdisteitä jopa tarkemmin kuin koira. Ihmiseltä on löydetty noin 1000 geeniä, jotka liittyvät hajujen tunnistamisen (Lyytimäki 2006, McGann 2017). Ihmiset kuitenkin aistivat hajuja eri tavoin, sillä hajujen aistimiseen vaikuttavat erilaiset tunnetilat, kulttuurisidonnaisuus sekä opittu käytös (Knaapila ym. 2008, Chemel ym. 2012, Tuominen 2012, Tuorila ja Abbelbye 2016, McGann 2017). Ihminen aistii heikosti hajun tulosuunnan sekä voimakkuuden (Nienstedt ym. 1999). Chemelin ym. (2012) tutkimuksissa todettiin, että hajuaistimuksessa pitää aineen pitoisuuden lisääntyä noin 30 % alkuperäisestä ennen kuin ihminen aistii hajussa eroa.

Nenäontelon ylätakaosassa sijaitsevassa limakalvossa on noin 2–3 cm^2 kokoisella alueella hajuepiteeliä (Hiltunen ym. 2007). Hajuepiteelissä sijaitsevat miljoonat hajureseptorit, jotka reagoivat erilaisiin ilmassa esiintyviin hajumolekyyleihin (Stenberg 2015, Tuorila ja Abbelbye 2016). Ihmiseltä on löydetty hajuepiteeliltä noin 400 erilaista aistinsolutyyppiä, jotka ovat erikoistuneet tunnistamaan erilaisia hajumolekyylejä (Tuorila ja Abbelbye 2016). Hajureseptorit toimivat kuin lukko joka aukeaa, kun kemiallisesti oikeantyyppinen hajumolekyyli osuu kohdalle

(Stenberg 2015). Tällöin reseptori muuttaa muotoaan ja vapauttaa hermoimpulssin aivoihin (Karhunen ja Tuorila 2005, Stenberg 2015). Nuuhkimisella on mahdollista parantaa hajuaistin herkkyyttä, koska tällöin ilmapyörteet kulkevat nenäontelon yläosan kautta lisäten hajualueelle kulkeutuvaa ilmavirtaa (Lyytimäki 2006, Hiltunen ym. 2007). Aivojen hajukeskus sijaitsee isoaivojen otsalohkossa (Hiltunen ym. 2007). Aivojen hajukeskus on yhteydessä aivojen limbiseen järjestelmään, joka on merkittävä alue muistojen ja tunteiden syntymisen sekä niiden säätelyn kannalta. Hajut yhdistetään hyvin herkästi johonkin tiettyyn kohteeseen, muistoon tai tilaisuuteen. Tutkimuksissa on myös havaittu, että tuoksun mukanaan tuoma muistijälki on voimakkaampi kuin kuulon tai näön välityksellä saatu kokemus. (Tuominen 2012.)

Hajureseptorit ovat sijoittuneet epiteelillä niin, että ne muodostavat rakenteellisesti eräänlaisen ”hajukartaston” (Stenberg 2015). Aivot tulkitsevat eri hajureseptorisoluista saapuvaa impulssien tiheyttä ja erottelevat tästä erilaisia hajuja (Tuorila ja Abbelbye 2016). Miellyttävät ja epämiellyttävät hajut aistitaan eri kohdassa hajuepiteeliä (Tuominen 2012). Aivot päättelevät hajun laadun etupäässä sen perusteella mistä kohdasta hajuepiteeliä viesti on tullut aivoihin (Stenberg 2015).

Uusi haju voidaan havaita välittömästi vaikka hajuaisti olisi jo adaptoitunut vallitsevaan hajuun, sillä muille aineille spesifiset hajureseptorit ovat edelleen herkistyneessä tilassa (Stenberg 2015). Hajuihin sopeutuminen johtuu osittain myös keskushermoston sopeutumisesta vallitsevaan tilanteeseen, jolloin aivot eivät enää vastaanota niille tulevaa informaatiota (Karhunen ja Tuorila 2005, Tuorila ja Abbelbye 2016). Myös lämpötiloilla on vaikutusta hajuaistin herkkyyteen, sillä hyvin kylmässä ilmassa on vaikea erottaa eri hajuja toisistaan ja ilman lämpötilan noustessa myös hajuaistin herkkyys alenee (Arnold 2002).

Haju on yhdistelmä kymmenistä erilaisista kemiallisista yhdisteistä (Pullen 2007, Tammivuori 2012). Hajuyhdisteet ovat yleensä haihtuvia ja kaasumaisia tai pieniin ilmassa esiintyviin vesipisaroihin liuenneita aineita (Arnold 1995, Pääkkönen 2015). Hajuyhdisteet leviävät ja hajaantuvat ilmakehässä siinä esiintyvien virtausten ja turbulenssin mukaan (Arnold 1995, Niu ym. 2014). Ulkoilmassa leijuvat hajut voivat reagoida keskenään ja muodostaa uusia hajuyhdisteitä, jotka voivat olla laimeampia tai voimakkaampia kuin alkuperäiset hajuyhdisteet (Vilkka 1991, Pullen 2007, Tammivuori 2012).

Arnoldin (1995) ja Tammivuoren (2012) mukaan yksittäisten yhdisteiden molekyylipitoisuudet voivat seoksessa olla niin pieniä, ettei niitä pystytä erikseen mittaamaan. Ulkoilmassa esiintyvät tunnetut yhdisteet ilmaistaan joko yksikössä ppm eli tilavuussuhteena tai massana tilavuusyksikköä kohti eli mg/m^3 (Arnold 1995). Vallitsevassa ilmavirrassa hajun pitoisuudessa voi esiintyä ajallisia ja paikallisia vaihteluita (Rantakrans ja Savunen 1995, Pullen 2007). Arnoldin (1995) mukaan hajuille on tyypillistä, että hajuesiintymät ovat hyvin hetkellisiä.

Haisevassa ilmassa esiintyy yleensä samanaikaisesti useita eri yhdisteitä pieninä pitoisuuksina. Näistä jokaiselle yhdisteelle voidaan määrittää hajuhavainto yhdisteelle ominaisella hajukynnysarvolla. (Arnold 1995.) Hajukynnysarvoa kutsutaan perushajukynnykseksi ja se ilmoitetaan yksikössä: 1 hajuyksikkö ilmakuutiometrissä (1 hy/m^3, englanniksi odour unit ou/m^3) (Arnold 1995, Lappi 2010). Arnoldin (1995) mukaan hajukynnysarvolla ei kuitenkaan saada tietoa siitä, miten voimakkaana ihminen kokee hajun pitoisuuksissa, jotka ovat hajukynnystä suurempia. Hajukynnysarvon määrittäminen tapahtuu teknisesti olfaktometrillä ja se perustuu yleiseurooppalaiseen CEN-standardiin (Pullen 2007). Hajukynnysarvo on siis aineen pitoisuus silloin, kun 50 % poimituista testihenkilöistä aistii hajun, mutta ei pysty tunnistamaan sitä (Pullen 2007, Lappi 2010). Hajukynnysarvo kertoo meille, että montako kertaa haiseva ilma olisi

laimennettava, jotta se saadaan hajuttomaksi eli hajuyhdisteen pitoisuus alittaisi ihmisen hajukynnyksen (Arnold 1995, Tamminen ja Tamminen 2012). On olemassa myös perushajutasoa voimakkaampia hajupitoisuuksia joille on sovittu omat kuvauksensa (Taulukko 1).

Taulukko 1. Hajupitoisuuksien luonnehdinta (Arnold 1995, Lappi 2010).

Hajupitoisuus	Kuvaus hajupitoisuudesta
1 HY / m^3	50 % ihmisistä joilla on normaali hajuaisti, juuri havaitsee hajun
3 HY / m^3	Tunnistettava, selvä haju
5 HY / m^3	Tunnistettava, melko voimakas jopa epämiellyttävä haju

2.2 Hajujen aistimiseen vaikuttavat tekijät

Nicellin (2001) ja Brancherin ym. (2017) mukaan hajuyhdisteen kemiallisten ominaisuuksien lisäksi hajun kokemiseen vaikuttavat ns. FIDOL- tekijät eli

- F (frequency) = hajun esiintymistiheys
- I (intensity) = hajun voimakkuus
- D (duration) = hajuesiintymän kestoaika
- O (offensiveness) = hajun miellyttävyys
- L (location) = hajun esiintymispaikka

Lisäksi hajun kokemiseen vaikuttavat havainnoitsijan oma vireystila, aiemmat kokemukset hajusta sekä muistot ja arvostukset liittyen havaittuun hajuun (Frechen 2001, Arnold 2002, Schiffman ym. 2005, Lyytimäki 2006, Brancher ym.

2017). Jauhiaisen (2003) ja Pullenin (2007) mukaan haju on aina ihmiselle subjektiivinen kokemus. Hajujen aistimiseen vaikuttavat myös havainnoitsijan sukupuoli, perimä, ikä ja terveys (Steinheider ja Winnek 1993, Brancher ym. 2017).

Hajupäästön laimenemisen ja hajun voimakkuuden välinen yhteys on erilainen eri hajuyhdisteillä (Arnold 1995). Pullenin (2007) mukaan hajun voimakkuutta eli intensiteettiä voidaan kuvata Stevensin lain avulla. Stevensin lain mukaan hajun voimakkuuden aistiminen on riippuvainen kaasunäytteen pitoisuudesta, kaasun hajukynnyksestä sekä kaasussa esiintyvästä hajuyhdisteestä. Stevensin lain perusteella kaasunäytteen pitoisuuden ja hajun intensiteetin suhde on logaritminen. (Arnold 1995.) Eli kaasunäytteen hajupitoisuuden kasvaessa kymmenen yksikköä vaikutus hajun intensiteettiin on vain kaksi yksikköä (Pullen 2007).

$$I \approx k\,(C - C_{hk})^n \qquad (1)$$

Kaavassa I on intensiteetti, C on kaasunäytteen pitoisuus, C_{hk} on kaasun hajukynnyspitoisuus, n on hajuyhdisteestä riippuva vakio (yleensä välillä 0,2…0,7) ja k on muuntovakio (< 1, määritetään empiirisesti).

Eri ihmisillä hajuaistin herkkyyden vaihtelu voi olla suurta. Pullenin (2007) ja Pääkkösen (2015) mukaan ihmisellä voi esiintyä myös aistiyliherkkyyttä, joka voimistaa hajujen kokemista. Hajuaistiin liittyvistä häiriöistä yleisimmät ovat hyposmia (heikentynyt hajuaisti) sekä anosmia (hajusokeus) (Pullen 2007, Tuorila ja Abbelbye 2016). Luontaisesti ihmisen hajuaisti heikkenee 60–70 vuoden iässä, koska hajureseptorisolujen uudistuminen hidastuu ja solujen kokonaismäärä vähenee (Karhunen ja Tuorila 2005, Devanand ym. 2015). Hajuaisti voi heikentyä tilapäisesti myös tupakoinnin, bakteeri- tai virustulehduksen, kroonisen tai allergisen nuhan vuoksi (Karhunen ja Tuorila 2005, Pääkkönen 2015). Devanandin

ym. mukaan (2015) myös tiettyihin kroonisiin sairauksiin, kuten dementiaan liittyy hajuaistin heikkeneminen.

Kaupungistuminen on muuttanut ihmisten hajuympäristöä sekä tapaa suhtautua erilaisiin vallitseviin hajuihin, kun kaupunkialueita on alettu hoitaa säännöllisesti ja kaupunkirakenne on tiivistynyt (Lyytimäki 2006). Arnoldin (1995) ja Jauhiaisen (2003) mukaan ympäristössä esiintyviin hajuihin ja niiden taustalla oleviin päästöihin liittyy aina erilaiset käsitykset ja tulkinnat hajun aiheuttamista ympäristöriskeistä ja – arvoista.

Jauhiainen (2013) on havainnut, että hajupaikkakunnilla (esimerkiksi selluteollisuuspaikkakunnilla) syntyneille ja eläneille paikkakunnalla vallitseva haju on rakentunut osaksi jokapäiväistä elämää. Asukkaat ovat tottuneet vallitsevaan hajuun ja tutkimuksissa on myös todettu, että sellutehdaspaikkakunnilla asuneet ihmiset havaitsevat pelkistyneet rikkiyhdisteet hajukynnystä korkeammissa pitoisuuksissa (Arnold 1995). Jauhiaisen (2003) näkemyksen mukaan vaikka hajuun ei hajupaikkakunnalla pystytä täysin tottumaan, sitä pidetään elämään kuuluvana ilmiönä jonka poistamista ei voida kuitenkaan vaatia. Arnoldin (1995) sekä Ojasen ja Kemppaisen (2009) mukaan hajupäästöihin liittyvää haitallisuutta vähentää taloudellinen riippuvuus hajuhaitan aiheuttajasta ja tottuminen hajuhaitan olemassaoloon. De Feon ym. (2013) Italiassa tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että jätekeskuksen maksama rahallinen kompensaatio kuntalaisille vähensi kunnan asukkaiden tekemiä valituksia liittyen jätekeskuksen aiheuttamiin hajupäästöihin ja muihin ympäristövaikutuksiin. Suomalaisessa Aatamilan ym. (2012) toteuttamassa tutkimuksessa todettiin jätekeskusten lähellä asuvien asukkaiden arvioivan alueen hajupäästöt voimakkaimmiksi sekä epämiellyttävämmiksi kuin hajututkimusta suorittaneet panelistit, jotka eivät asuneet alueen läheisyydessä.

Lähellä asuinaluetta esiintyvät hajupäästöt iltaisin ja viikonloppuisin aiheuttavat enemmän hajuvalituksia toimijoille ja viranomaisille kuin arkisin esiintyvät hajut, koska ihmisillä on korkeammat elämänlaadun vaatimukset vapaa-ajalleen (Tammivuori 2012). Tammivuoren (2012) mukaan hetkellisesti esiintyvä voimakkaampi hajuhaitta kestetään paremmin kuin jatkuva tasainen hajukuorma. Arnoldin (1995) mukaan tietty ”perushajuhaittataso” on olemassa, sillä väestöstä noin 5–10 % kokee hajuhaittoja myös alueilla joissa ei ole lainkaan hajuyhdisteitä päästäviä toimintoja.

2.3 Hajujen leviämiseen vaikuttavat tekijät

Kaasumaisten hajuyhdisteiden esiintymiseen ja leviämiseen ympäristössä vaikuttavat ilman lämpötila, ilmanpaine, kosteusprosentti, maanpinnanmuodot, kasvillisuus, sekä esiintyvät ilmavirtaukset ja turbulenssi (Rantakrans ja Savunen 1995, Sucker ym. 2001, Nicolas ym. 2006, Makkonen 2008, Pääkkönen 2015). Näillä tekijöillä on suuri merkitys siihen miten lähiympäristön asukkaat altistuvat ympäristössä esiintyville hajupäästöille.

Hajulähdettä ympäröivän maaston pinnanmuodot sekä kasvillisuus vaikuttavat hajujen leviämiseen. Maastonmuodot vaikuttavat hajujen leviämiseen myös vaikuttamalla alueen säätekijöihin (Chemel ym. 2012). Avoimessa maastossa hajut havaitaan metsäpeitteistä maastoa herkemmin, koska hajuja kuljettavat ilmavirtaukset pääsevät virtamaan ympäristössä vapaasti. Maanpinnan muotojen lisäksi päästökorkeudella on merkitystä hajujen leviämiseen. Maanpinnan rosoisuus vaikuttaa ilmaa liikuttavaan turbulenssiin sekä ilman pystysuoraan liikkeeseen. (Laukkanen 2005.)

Lämpötilalla on vaikutusta kaasumaisten hajumolekyylien liikkumiseen, sillä lämpötilan noustessa hajukaasujen haihtuminen ilmaan lisääntyy (Arnold 2002). Aurinkoisina päivinä ilmamassat ovat jatkuvassa pystysuorassa liikkeessä

lämpötilaerosta johtuvan nosteen vaikutuksesta, kun auringon lämmittämä ilma nousee ylöspäin ja viileämpää ilmaa virtaa tilalle (Laukkanen 2005, Chemel ym. 2012). Lämmin ilma tehostaa erityisesti pienimolekyylisten hajuyhdisteiden haihtumista (Wenjing ym. 2015). Italialaisessa Capellinin ym. (2008) tekemässä kaatopaikkahajututkimuksessa havaittiin, että hajuja esiintyi kaatopaikan läheisyydessä eniten vuoden lämpimimpänä vuodenaikana. Arnoldin (2002) mukaan kesäisin esiintyvät hajupäästöt havaitaan herkemmin, koska ihmiset viettävät paljon aikaa ulkona vuorokaudenajasta riippumatta. Tutkimuksissa on myös havaittu, että vallitseva korkea ilmanpaine vähentää hajupäästöjen esiintymistä (Ying ym. 2012).

On havaittu, että eniten hajuhavaintoja tehdään olosuhteissa joissa vallitsee stabiili ilmakehä eli ilman sekoittuminen on vähäistä (Gallego ym. 2008, Makkonen 2008). Ilmakehä on stabiili yleensä aamuisin ja iltaisin (Arnold 2002, Makkonen 2008). Tuuli vaikuttaa merkittävästi hajujen leviämiseen ja estää ilman kerrostumisen (Laukkanen 2005, Nicell 2009). Chemelin ym. (2012) havaintojen mukaan hyvin tuulisena päivänä hajuhaittoja esiintyy vähemmän. Arnoldin (2002) mukaan eniten hajupäästöjä havaitaan silloin, kun tuuli on heikkoa eli tuulen nopeuden ollessa 1–1,5 m/s. Kiinalaisissa tutkimuksissa on tullut myös esiin, että alhaisilla tuulennopeuksilla ilmaan vapautuvien hajuyhdisteiden ja tuulen nopeudella olisi olemassa lineaarinen yhteys toisiinsa joka selittäisi hajupäästöjen esiintymisen alhaisilla tuulennopeuksilla (Wenjing ym. 2015). Talvella pakkasiltoina, -öinä ja –aamuisin vallitsee usein heikkotuuliset olosuhteet, jolloin hajupäästöjen laimeneminen ja sekoittuminen on heikentynyt ja hajupäästöjä esiintyy ympäristössä herkästi (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2016).

Arnoldin (2002) mukaan sateinen sää lieventää esiintyviä hajuhaittoja, koska hajun voimakkuus laimenee ilman suhteellisen kosteuden lisääntyessä. Tutkimuksissa on kuitenkin myös havaittu, että ilman korkea kosteuspitoisuus vaikuttaa

hajuesiintymien lisääntymiseen ympäristössä (Lee ym. 2006). Hajumolekyylit voivat herkästi liikkua ympäristössä sade- tai sumupisaroiden mukana jolloin hajut voivat kulkeutua alkuperäisestä päästölähteestään hyvin laajalle alueelle (Pääkkönen 2015). Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (2016) mukaan kaupunki- ja taajama-alueilla ulkoilma on puhtaimmillaan syksyisin tuulisella ja sateisella säällä.

Talvella selkeän ja heikkotuulisen sään vallitessa hajuhaitat voivat olla merkittäviä, koska inversioilmiö estää alimpana olevan kylmemmän ja raskaan ilman sekoittumisen ylempänä olevan lämpimän ilmakerroksen kanssa (Laukkanen 2005, Ilmatieteenlaitos 2017a). Tällöin ilma jää paikoilleen lähelle maanpintaa ja ilmanlaatu heikkenee, koska ilmamassat eivät sekoitu normaalisti (Spellman ym. 2013, Ilmatieteenlaitos 2017a). Inversiokerros voi olla hyvin matala, vain joitain kymmeniä metrejä (Ilmatieteenlaitos 2017a). Inversioilmiötä voi esiintyä myös selkeinä kesäöinä jolloin maanpinta ja sen lähellä oleva ilma jäähtyy niin, että kylmempi ilma jää lämpimän ilmamassan alle ja ilmakehän pystysuuntainen liikehdintä lakkaa (Laukkanen 2005, Ilmatieteenlaitos 2017a). Inversiotila kestää yleensä tunneista muutamiin päiviin ja inversiotila poistuu, kun säätyyppi muuttuu tai aurinko alkaa lämmittää maanpintaa (Laukkanen 2005, Spellman ym. 2013).

2.4 Hajun kokeminen

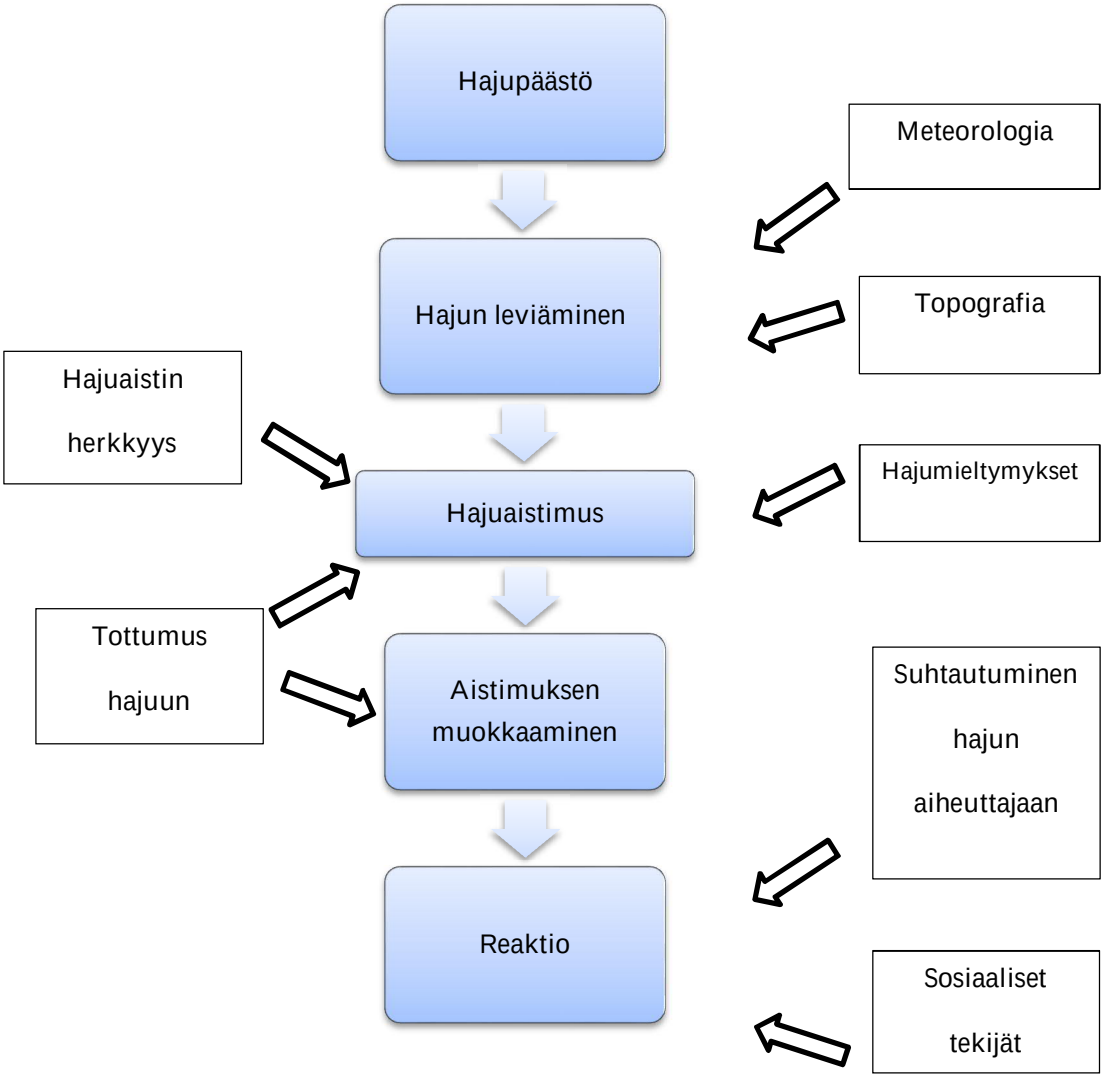
Arnoldin (1995) mukaan ympäristössä esiintyviä hajuja voidaan määrittää kahdella tavalla: joko hajun esiintyvyyden tai hajuhaitan kokemisen kautta. Yleisesti miellyttäväksi koettuja hajuja, kuten leipomon tai kahvipaahtimon hajuja ei yleensä koeta ympäristössä kovin häiritsevinä (Sucker ym. 2008, Tammisto ja Salokannel 2015). Hajuhaitat ovat pääasiassa ihmisille viihtyvyyshaitta, sillä aistimme monia hajuyhdisteitä aiemmin kuin niiden pitoisuus aiheuttaisi hengittämässämme ilmassa terveydellistä haittaa (Lyytimäki 2006, Tammivuori

2012). Esimerkiksi rikkivedyn (H_2S) hajukynnys ihmisellä on 0,008 ppm ja työhygieeninen http-arvo työpaikoille on 5 ppm / 8h kestoista työpäivää kohti eli noin 600x rikkivedyn hajukynnykseen verrattuna (Työterveyslaitos 2017).

Haju määritellään hajuhaitaksi, jos haju koetaan häiritseväksi tai siitä aiheutuu terveydelle haittaa (Arnold 1995, Tammivuori 2012). Steinheiderin ja Winneken (1993) mukaan hajulle altistuminen ja hajun kokeminen haitaksi ovat yhteydessä toisiinsa logaritmisella asteikolla eli hajulle altistumisen lisääntyminen yhdellä pykälällä moninkertaistaa hajun kokemisen haitaksi. Pitkäkestoinen altistuminen epämiellyttäväksi koetulle hajulle voi vaikuttaa ihmisten elämänlaatuun tai aiheuttaa vaihtelevia fysiologia oireita (Aatamila ym. 2011, Tammivuori 2012, Brancher ym. 2017). Hajuhaitoilla on havaittu olevan vaikutusta myös ihmisten omistaman omaisuuden arvoon (Lyytimäki 2006).

Hajuhaitan kokemiseen vaikuttavat seuraavanlaiset tekijät, kuten hajun tunnistaminen havaitseminen ympäristössä, hajuaistimuksen kokeminen haittana väestön keskuudessa (altistus-vaikutusyhteys) sekä väestön ja hajulähteen välinen etäisyys (Arnold 2002, Schiffman ym. 2005, Aatamila ym. 2012) (Kuva 1).

Hajuille on tyypillistä, että ne esiintyvät usein satunnaisesti (Ying ym. 2012). Voimakas haju voidaan aistia yhdessä paikassa tiettynä ajanhetkenä, mutta hieman myöhemmin hajua ei enää esiinny lainkaan samassa kohteessa (Lee ym. 2006). Tätä taustaa vasten on ymmärrettävää, että Aatamilan ym. (2012) tutkimuksessa havaittiin, että hajuhaitalle altistuneet kokivat hajuhaitan voimakkuuden häiritsevämmäksi kuin hajuhaitan esiintymistiheyden. Suckerin ym. (2001) mukaan hajun voimakkuuden kasvaminen ei kuitenkaan automaattisesti johda hajun häiritsevyyden kasvamiseen samassa suhteessa.



Kuva 1. Hajupäästöstä aiheutuvan hajuhaitan kokemiseen vaikuttavat tekijät (muokattu Arnold 1995)

Arnoldin (1995) mukaan kahdesta eri hajulähteestä peräisin olevat hajupäästöt joilla on sama hajupitoisuus, eivät välttämättä haise ihmisnenään yhtä voimakkaana, koska hajun voimakkuuden ja hajupäästön laimenemisen välinen yhteys vaihtelee eri hajuyhdisteillä. Hajun miellyttävyyttä ihmisnenään voidaan määrittää laboratorio-olosuhteissa vertailemalla hajunäytteen miellyttävyysastetta yhteen tai useampaan referenssiaineeseen tai hajun miellyttävyysastetta (hedonic tone) voidaan arvioida myös käyttämällä ennalta määrättyä järjestysasteikkoa, kuten saksalaista 9 - portaista VDI-asteikkoa tai arvioida hajun miellyttävyyttä

skaalalla – 4 (epämiellyttävä) – 0 (neutraali) - +4 (miellyttävä) (Arnold 1995, Sucker ym. 2008).

Arvioitaessa toiminnasta aiheutuvien hajuhaittojen leviämistä lähiympäristöön käytetään usein määritelmää hajutunti (Arnold 1995). Hajutunnilla tarkoitetaan sitä, että kyseisenä tarkasteluajankohtana esimerkiksi yhden tunnin aikana havaittavan hajun voimakkuus ylittää tietyn hajupitoisuuden (Arnold 1995, Huuskonen ja Keskitalo 2011). Hajutunti -käsitettä käytetään usein raporteissa, joissa pyritään hajumallinnusten avulla arvioimaan miten hajupäästöt leviävät hajua aiheuttavan toiminnan lähiympäristöön (Drew ym. 2007). Hajumallinnusraporteissa hajutuntien määrää voidaan konkretisoida suhteuttamalla ne vuorokauden tai vuoden tunteihin nähden esimerkiksi mainitsemalla, että jätevedenpuhdistamon lähialueella hajuhaittoja esiintyy ajallisesti noin 3 % vuorokauden tunneista (Huuskonen ja Keskitalo 2011, Tammisto ja Salokannel 2015).

2.4.2 Hajun kokeminen riskinä

Yksinkertaisesti ilmaistuna riski on tietyn vaaran suuruus x jonkin tapahtuman todennäköisyys. Riskin suuruus muodostuu haitallisen tapahtuman todennäköisyydestä ja siitä aiheutuvien seurausten, kuten terveyshaittojen vakavuudesta. (Sosiaaali- ja terveysministeriö 2015.) Blanes-Vidalin ym. (2014) mukaan riskin hahmottamiseen ja todentamiseen vaikuttaa yksilön oma elämänkokemus, tietotaito, uskomukset, ajatukset sekä yksilön sosiaalinen ympäristö. Sandmanin (1987) mukaan yksilöt kokevat ja määrittelevät riskit eri tavoin kuin toimivaltaiset viranomaiset.

Sandmanin hahmottaman kaavan mukaan riskikommunikaatiossa väestölle on erotettavissa erilleen varsinainen uhka, joka sisältää todennäköisyyden tietyn vaaran todentumiselle esimerkiksi kuolemantapausten määrä vuodessa sekä

lisäksi ihmisten kokema tyrmistys (subjektiivinen puoli), joka sisältää kokonaisuudessaan kaikki muut riskiin liittyvät tekijät (World Health Organization 2013). Viranomaisten tapa on käsitellä riskiä pelkästään todentuvan uhkan kautta, kun vastaavasti kansalaiset keskittyvät myös muihin tekijöihin, jotka usein ovat jopa hyvin epäolennaisia itse riskin kannalta (Sandman 1987). Sandmanin riskiluokituksessa näitä epäolennaisia tekijöitä on hahmotettu olevan noin 20 kappaletta (World Health Organization 2013). Mitä enemmän riskiin liittyy Sandmanin kaavassa mainittuja subjektiivisia tekijöitä, sen suurempana väestö kokee riskin suuruuden, vaikka todellisuudessa subjektiiviset tekijät eivät nosta riskin suuruutta lainkaan (Sandman 1987). Blanes- Vidalin ym. (2014) mukaan haju voidaan kokea elinympäristössä riskinä josta voi aiheutua terveysvaikutuksia. Väestön näkökulmasta hajusta aiheutuvan riskin suuruutta kasvattaa Sandmanin kaavan mukaisesti hajupäästön esiintymisen kontrolloimattomuus ajankohdan, keston ja asuinpaikan suhteen.

2.4.3 Nimby - ilmiö

Kansalaisten keskuudessa on 1970 – luvun lopulta lähtien tunnistettu Nimby-ilmiö ”not in my backyard”, joka tarkoittaa suomeksi ” ei meidän pihallemme” (Litmanen 1996, Kopomaa ym. 2008). Nimby- ilmiössä paikalliset asukkaat pyrkivät estämään lähialueelle suunniteltuja yleishyödyllisiä hankkeita tai hankaloittamaan valituksin alueen läheisyydessä jo toimivan laitoksen toimintaa (Litmanen 1996, Räsänen 2003, Simsek ym. 2014). Alueelle suunniteltu tai jo olemassa oleva toiminta voi paikallisten mielestä aiheuttaa erilaisia haittoja tai riskejä asukkaille (Litmanen 1996, Simsek ym. 2014). NIMBY-ilmiö voi näkyä esimerkiksi toistuvina hajuvalituksina alueella toimivalle toimijalle. NIMBY:ssä kyse on nimenomaan hankkeen vastustaminen sen sijainnin, ei käytettävän tekniikan vuoksi (Freudenburg ja Pastor 1992). Ilmiön syynä ovat ihmisten huolestuminen mahdollisista sosiaalisista, taloudellisista tai terveydellisistä

riskeistä (Vari ym. 1991, Litmanen 1996, Kopomaa ym. 2008). Suomessa jätteenkäsittelylaitosten rakentamista on mm. vastustettu vedoten terveys- ja turvallisuusuhkiin (Räsänen 2003). Maailmalla kaatopaikka-alueisiin liitetään hyvin vahvasti Nimby-ilmiön olemassaolo (Simsek ym. 2014). Nimby-ilmiöllä on vahvasti vaikutusta ihmisten kokemuksiin eri toimintojen aiheuttamista hajuhaitoista ja niihin liittyvistä terveysuhista.

2.5 Hajupäästöjen vaikutukset ihmisten terveyteen ja elämänlaatuun

Blanes-Vidalin ym. (2014) mukaan hajupäästöt ovat ympäristömelun ohella yksi elinympäristössä esiintyvistä stressitekijöistä, jotka voivat vaikuttaa ihmisen kokonaisvaltaiseen terveyteen. Oiamon ym.(2015) tutkimuksessa on havaittu, että hajupäästöjen ja liikennemelun samanaikaisella esiintymisellä on negatiivisia vaikutuksia ihmisten elämänlaatuun. Schiffmanin ja Williamsin (2005) mukaan elinympäristössä esiintyvät hajupäästöt koetaan usein riesana, joka ärsyttää ihmisiä ja aiheuttaa heille psykologista stressiä. Aatamilan ym. (2011) mukaan hajupäästöille altistumista voi tapahtua yllättävän etäälläkin alkuperäisestä hajulähteestä jonka vuoksi hajulle altistuneiden määrä voi olla merkittävän suuri.

Schiffmanin ym. (2005) mukaan hajupäästöt voivat aiheuttaa vaihtelevia terveysoireita eri mekanismeilla riippuen hajupäästössä esiintyvien yhdisteiden pitoisuuksista. Hajupäästön seurauksena erilaisia terveysoireita voi ilmaantua ihmisille siksi että: i) hajupäästössä esiintyvän yksittäisen yhdisteen pitoisuus on suurempi kuin kyseisen yhdisteen ärsytysoireita aiheuttavan pitoisuuden raja-arvo esimerkiksi ammoniakin ollessa kyseessä tai ii) hajupäästössä esiintyvän yhdisteen pitoisuus on suurempi kuin yhdisteen hajukynnys, mutta pitoisuus ei ylitä yhdisteen ärsytysoireiden raja-arvoa kuten rikkivedyllä tai iii) hajupäästössä on mukana myös bioaerosoleja, pölyä, toksiineita, mikro-organismeja tai allergeenejä jotka itsessään aiheuttavat terveysoireita, kuten liikenteen tuottamissa pakokaasupäästöissä. (Schiffman ym. 2005, Schiffman ja Williams 2005.)

Blanes- Vidalin ym. (2014) mukaan hajupäästöt aiheuttavatkin ihmisille stressiä sekä heikentävät ihmisten elämänlaatua. Cavalinin ym. (1991) ja Aatamilan ym. (2011) tutkimuksissa havaittiin, että ihmiset jotka kokevat hajun haitaksi myös raportoivat herkemmin hajun aiheuttamista fyysisistä oireista ja haitoista. De Feon ym. (2013) mukaan ihmiset ovat huolissaan erityisesti pitkäaikaisen hajualtistuksen aiheuttamista terveysvaikutuksista, ja tämä korostuu erityisesti vanhemmissa ikäluokissa. Herkille ihmisille, kuten astmaatikoille hajupäästöille altistuminen voi aiheuttaa pidempiaikaisia terveysoireita ja oireet voivat vaatia myös lääkehoitoa (Schiffman ym. 2005). Palmiotton ym.(2014) tutkimuksessa havaittiin, että lapsilla on aikuisia suurempi riski altistua hajupäästöjen aiheuttamille terveysvaikutuksille, sillä he ovat ruumiinpainoltaan kevyempiä ja viettävät aikuisia enemmän aikaa ulkona.

Elinympäristössään hajupäästöille altistuvat ihmiset kärsivät monenlaisista oireista, kuten silmien ja kurkun ärsytyksestä, päänsärystä, hammassärystä, yskästä, lihaskivuista, epätavallisesta väsymyksestä, kuumeilusta, pahoinvoinnista, stressistä, hengitysvaikeuksista sekä ärtyisyydestä (Schiffman ym. 2005, Aatamila ym. 2011). Schiffmanin ym. (2005) mukaan tyypillistä oireille on, että ne ilmaantuvat hajulle altistumisen aikana tai hieman sen jälkeen. Wingin ym. (2013) tutkimuksessa havaittiin, että rikkivetyä sisältävät hajupäästöt kohottivat ihmisten verenpainetta ja nostivat riskiä sairastua myöhemmin korkeaan verenpaineeseen. Schiffmanin ym. (2005) mukaan rikki- ja amiiniyhdisteistä ihmiset saavat erilaisia ärsytysoireita, kuten päänsärkyä ja pahoinvointia jo ärsytysoireiden raja-arvoa pienemmissä pitoisuuksissa. Suckerin ym. (2001) tutkimuksessa on havaittu, että hyvin voimakkaat hajupäästöt voivat aiheuttaa ihmisillä myös erilaisia vatsaoireita

Hajupäästöjen on todettu muuttavan ihmisten käyttäytymistä ja aktiivisuutta vapaa-ajalla (Heaney ym. 2011, De Feo ym. 2013, Oiamo ym. 2015). Heaneyn ym.

(2011) kaatopaikkahajujen vaikutusta terveyteen ja elämänlaatuun koskevassa tutkimuksessa havaittiin, että kaatopaikan hajupäästöille elinympäristössään altistuneet ihmiset eivät yhdistäneet lainkaan positiivisia mielialoja, kuten energisyyttä, innostuneisuutta tai aktiivisuutta hajupäästöjen esiintymiseen. Chen ym. (2013) tutkimuksessa havaittiin, että ihmiset kokevat hajuhaitat jätekeskusten negatiivisimpana vaikutuksena. Useissa tutkimuksissa on myös havaittu, että lähellä jätekeskusta asuvat ihmiset kokevat jätekeskuksen aiheuttamat vaikutukset ympäristöön, kuten pölyn, melun, liikenteen, roskaisuuden ja hajut negatiivisemmin kuin kauempana jätekeskuksesta asuvat ihmiset (Zhang & Klenosky 2016).

Etelä-Karjalassa 1980-luvun lopulla tehdyssä kyselytutkimuksessa asukkaat kokivat, että asuinpaikan ilmansaasteet ja hajuongelmat vähentävät kiinteistöjen jälleenmyyntiarvoa (Marttila ym. 1987). Myös eri puolilla maailmaa toteutetuissa tutkimuksissa on havaittu, että lähellä kaatopaikkaa asuvat ihmiset ovat huolissaan kiinteistöjen arvojen laskemisesta (Zhang & Klenosky 2016). Mahdollisesti hajupäästöjä ympäristöön aiheuttavien hankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa (YVA:ssa) hankkeen lähialueen asukkaat ovat usein ilmaisseet huolensa kiinteistöjen arvon laskusta joka osaltaan voi lisätä ihmisten kokemaa stressiä liittyen hajupäästöihin (Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus 2010, Tamminen ja Tamminen 2012).

2.6 Hajuhaittaa aiheuttavat toiminnat taajama-alueilla

Ennen 1990-lukua teollisuus- ja tuotantolaitosten aiheuttamat hajuhaitat ovat olleet merkittävä ympäristöongelma eri puolilla Suomea. Hajuhaitat alkoivat vähentyä merkittävästi, kun ympäristölainsäädäntö tiukkeni ja tuotantoprosessien sekä savukaasujen puhdistusmenetelmät alkoivat kehittyä merkittävästi 1990 – luvun alun jälkeen. (Lyytimäki 2006). Teollisuuslaitosten ilmaan johtamat päästöt puhdistetaan nykyisin tehokkaasti erilaisilla puhdistustekniikoilla jolloin hajuja ei

enää juuri normaalitilanteissa esiinny (Tammivuori 2012). Nykyisin voimakkaat hajupäästöt tai pitkään jatkuvat hajuongelmat teollisuus- ja tuotantolaitoksista liittyvät prosesseissa ilmenneisiin häiriötiloihin tai tuotannon lyhytaikaisiin ylös- tai alasajotilanteisiin (Lyytimäki 2006, Ojanen ja Kemppainen 2009, Tammivuori 2012). Taajama- alueella hajuongelmat voivat olla peräisin erityyppisestä teollisesta toiminnasta, kuten jätekeskuksista ja -laitoksista, paperi- ja selluteollisuudesta, öljynjalostamosta, elintarvike-, kemian-, tai metalliteollisuudesta, jätevedenpuhdistamoista tai jätevesien siirtolinjoista ja pumppaamoista (Brancher ym. 2017, Tammivuori 2012). Tässä työssä keskitytään tarkemmin jätteiden sekä jäteveden käsittelyyn liittyvien toimintojen aiheuttamiin hajupäästöihin.

2.6.1 Jätekeskukset

Nykyaikaisiin jätekeskuksiin on keskittynyt toimintaa joissa pyritään jatkojalostamaan erilaisia jäteraaka-aineita uudelleenkäyttöön raaka-aineiksi tai energiaksi kiertotalouden hengessä. Vanhoista jätepenkoista kerätään biopohjaisen materiaalin hajotessa talteen syntyvät kaatopaikkakaasut (CH_4) kaasunkeräysjärjestelmillä. Jätekeskuksissa voi sijaita esimerkiksi jätteenpoltto-, biokaasu- tai kompostointilaitos joissa käsitellään eri jätejakeita teollisessa mittakaavassa. (Uuksulainen ja Järvensivu 2017.) Jätekeskuksista voidaan myydä yksityisille ja yrityksille esimerkiksi multaa maanrakennuskäyttöön, joka on peräisin biojäte- ja lietekompostoinnista (Mustankorkea 2018b). Jätekeskuksissa voi edelleen olla myös varattuna maa-alue johon tiettyjen jätejakeiden penkkatäyttö on edelleen sallittua ympäristö- tai poikkeusluvan mukaisesti.

Chen ym. (2013) tutkimuksessa havaittiin, että jätekeskusten aiheuttamat hajuhaitat häiritsevät eniten lähialueiden asukkaita. Nicolasin ym. 2006 mukaan jätekeskusten hajupäästöt esiintyvät usein epäsäännöllisinä tuulahduksina

riippuen alueella tapahtuvista operaatioista ja vallitsevista sääolosuhteista. Kiinalaisilta kaatopaikoilta on analysoitu yli 68 erityyppistä haisevaa kaasumaista yhdistettä, eniten on esiintynyt typpi- ja rikkiyhdisteitä (Ying ym. 2012). Suomessa tilanne on kuitenkin merkittävästi toinen, koska yhdyskuntajätettä ei ole enää saanut läjittää jätekeskusten jätepenkkaan vuoden 2016 jälkeen (VnA kaatopaikoista 2013). Ympäristöön leviävät hajut voivat olla peräisin jätemateriaalin säilytyksestä, biokaasulaitoksen prosessihäiriöistä, jätteitä kuljettavista jäteautoista, jätepenkasta vapautuvan metaanikaasun keräysjärjestelmän toimintahäiriöstä, jätteiden tai jätteiden purkamisen yhteydessä syntyneistä hajupäästöistä (Nicolas ym. 2006, Palmiotto ym. 2014).

2.6.2 Kompostointi jätekeskuksissa

Kompostointi on aerobinen biologinen prosessi, jossa biopohjainen materiaali hajotetaan mikrobitoiminnan avulla (Albers ym. 2003). Kompostointiprosessin lopputuotteena syntyy humusta, jota voidaan käyttää esimerkiksi viherrakentamiseen tai maanparannusaineena. Kompostoinnin avulla saadaan biojätteeseen ja jätevesilietteeseen sitoutuneet ravinteet takaisin maaperän kiertoon. (Laitinen ym. 2014.) Nykyisin bioperäiset jätteet käsitellään pääsääntöisesti jätekeskusten kompostointi- tai biokaasulaitoksissa, joissa biopohjaisesta materiaalista valmistetaan kompostointiprosessin avulla multaa tai mädättämällä polttoaineeksi kelpaavaa biokaasua. Poikkeustilanteissa on kuitenkin mahdollista, että varsinkin paljon syntyviä jätevesilietteitä joudutaan käsittelemään ja kompostoimaan aumoissa jätekeskusten käsittelykentillä.

Kompostointiprosessissa biopohjaisen materiaalin joukkoon sekoitetaan seosainetta, kuten haketta tai turvetta oikeassa suhteessa sekä johdetaan ilmaa kompostointiprosessin onnistumiseksi (Laitinen ym. 2014). Biopohjaisen materiaalin hajoamisen edetessä massasta vapautuu lämpöenergiaa, ravinteita,

vettä, hiilidioksidia sekä kaasumaisia hajuyhdisteitä (Lasaridi 2010, Laitinen ym. 2014). Haihtuvat hajuyhdisteet, jotka aiheuttavat hajuhaittoja voivat muodostua kompostointiprosessin eri vaiheissa (Albers ym. 2003). Helposti tunnistettava ammoniakin (NH_3) haju yhdistetään usein kompostointiin (He ym. 2018). Kompostointiprosessin vallitsevat olosuhteet, kuten lämpötila, kosteus, happipitoisuus sekä kompostoituva materiaali vaikuttavat siihen millaisia kaasumaisia hajuyhdisteitä kompostoinnista ilmaan vapautuu (Lasaridi 2010, Mustafa ym. 2017, Nie ym. 2018). Prosessin aikana ilmaan voi vapautua erilaisia rikki- ja typpiyhdisteitä, haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC-yhdisteitä) ja rasvahappoja (Eitzer 1995).

Kompostointiprosessin alkaessa on tyypillistä, että erilaiset VOC - yhdisteet vapautuvat ilmaan. Kompostoinnissa syntyviä VOC-yhdisteitä ovat rasvahapot, alkoholit, ketonit, aromaattiset yhdisteet, terpeenit ja muut haihtuvat orgaaniset yhdisteet (Zhang ym. 2013). Haihtuvien yhdisteiden syntymistä prosessin aikana edesauttavat vallitsevat anaerobiset olosuhteet (Eitzer 1995, Lasaridi 2010). Kompostoinnin aikana urean, aminohappojen ja proteiinien hajotessa vapautuu ilmaan amiineja ja ammoniakkia (Clemens ja Cuhls 2003, Lasaridi 2010). Ammoniakin vapautuminen ilmaan on hyvin riippuvainen vallitsevasta lämpötilasta, sillä lämpötilan nousu kiihdyttää ammoniakin vapautumista (Pagans ym. 2006). Typpipitoinen kompostointimateriaali, jossa on alhainen hiilityppi (C / N) - suhde edesauttaa ammoniakin ja amiinien vapautumista ilmaan (Krzymien ym. 1999, Himanen ja Hänninen 2011). Orgaanisen aineksen hajoaminen anaerobisissa olosuhteissa synnyttää myös haisevia rasvahappoja, kuten etikka-, voi- ja propionihappoja (Albers ym. 2003).

Kompostointimassan heikko ilmastaminen lisää erilaisten haisevien pelkistyneiden rikkiyhdisteiden (TRS) kuten merkaptaanien, disulfidien, dimetyylidisulfidien vapautumista ilmaan, koska suldifi (S^{2-}) metaboloituu

herkästi anaerobisissa olosuhteissa TRS-yhdisteiksi (Albers ym. 2003, Mao ym. 2006, Lasaridi 2010). TRS- yhdisteitä syntyy myös aerobisissa olosuhteissa rikkiä sisältävistä aminohapoista, mutta selkeästi vähemmän kuin anaerobisissa olosuhteissa (Albers ym. 2003). Kompostissa vallitseva matala hiili-rikkisuhde (C/N) edesauttaa myös TRS-yhdisteiden vapautumista ilmaan (Kissel ym. 1993). Kompostoinnissa metaania syntyy pieniä määriä hapetusreaktioiden lopputuotteena (Himanen ja Hänninen 2011). Anaerobiset olosuhteet lisäävät metaanin ja alkoholiyhdisteiden vapautumista ilmaan (Albers ym. 2003).

Jätevesilietteen kompostoinnissa eniten hajua aiheuttavat yhdisteet ovat ammoniakki, rikkivety ja TRS- yhdisteet, kuten metyylimerkaptaani, dimetyylisulfidi (DMS), dimetyylidisulfidi (DMDS) (Van Durme ym. 1992, Fang ym. 2012, Zhu ym. 2016). Kompostointimateriaalin sisältämän lignoselluloosan hajotessa ilmaan vapautuu myös terpeeneitä (Albers ym. 2003). Rikkivetyä (H_2S) vapautuu jätevesilietteen kompostoinnissa eniten ensimmäisen 40h aikana kompostointiprosessin aloituksesta (Chen ym. 2011). Ammoniakkia pääsee ilmaan eniten kompostointiprosessin ensimmäisinä päivinä (He ym. 2018). Haihtuvia rikkiyhdisteitä vapautuu prosessissa ilmaan eniten mesofiilisessä ja pre-termofiilisessä vaiheessa ja niiden vapautuminen vähenee kompostointiprosessin edetessä (Han ym. 2018). Kompostointiaumojen sisällä hajupitoisuudet ovat noin viisinkertaisia verrattuna kompostointiauman pintaan josta aiheutuu hajupäästöjä aumoja ilmastettaessa kääntämällä (Zhu ym. 2016). Kiinalaisessa tutkimuksissa on havaittu, että jätevesilietteen laitoskompostoinnin hajupäästöt vaihtelevat eri vuodenaikoina ja eniten haisevia rikkiyhdisteitä vapautuisi ilmaan lämpötilan ollessa korkealla eli kesäaikaan. Kesällä vapautuneet päästöt olivat yli 120 % enemmän kuin talvella. (Han ym. 2018.) Hanin ym. (2018) tutkimuksissa on havaittu, että kompostointiprosessin ensimmäisen puolikkaan aikana yli 70 % hajupäästöistä on peräisin haihtuvista rikkiyhdisteistä, kuten DMS:stä ja DMDS:sta. VOC-yhdisteiden vapautumista kompostointiprosessin aikana voidaan

tehokkaasti estää pyrkimällä optimaalisten olosuhteiden ylläpitämiseen kompostointiprosessin aikana (Nie ym. 2018).

2.6.3 Jätevesien siirtoviemärit ja jätevedenpuhdistamot

Maan alla taajama-alueilla kulkee kilometreittäin jätevesiviemäreitä, joilla asutuksesta ja teollisuudesta syntynyt jätevesi kulkee käsiteltäväksi jätevedenpuhdistamolle. Kaupunkiasutuksen tihentyessä jätevesipumppaamot ja viemärilinjojen tuuletusaukot sijaitsevat yhä lähempänä asutusta (Niu ym. 2014). Jätevesiviemäreihin liitetään niille tyypillinen viemärin haju joka on peräisin jäteveden sisältämistä komponenteista, kuten ihmisperäisistä jätteistä, erilaisista kemikaaleista ja rasvahapoista sekä niihin liittyvästä mikrobitoiminnasta (Vincent 2001).

Suurikokoisten keskuspuhdistamoiden yleistyessä jätevesiä kuljetetaan yhä pidempiä matkoja syntypisteestään puhdistamolle, jolloin jätevesien siirtoviemäreiden pituus merkittävästi kasvaa jopa useisiin kymmeniin kilometreihin (Räsänen ym. 2001). Siirtoviemäreiden pituuden kasvaessa ja jäteveden viipymän pidentyessä olosuhteet anaerobisten olosuhteiden kehittymiselle paranevat (Räsänen ym. 2001, Lehtinen ja Veijanen 2011b). Anaerobisissa olosuhteissa jäteveden sisältämät sulfaattipitoiset (SO_4^-) yhdisteet muuntuvat rikkivetykaasuksi, vedeksi ja hiilidioksidiksi anaerobisten mikrobien vaikutuksesta (Hvitved-Jakobsen ja Vollertsen 2001, Räsänen ym. 2001, Nathanson ym. 2015).

Jäteveden sisältämien sulfaattipitoisten yhdisteiden muuntuminen anaerobisissa olosuhteissa tapahtuu seuraavasti:

$$SO_4^{2-} + \text{orgaaninen aine} \rightarrow S^{2-} + H_2O + CO_2 \quad (1)$$

$$S^{2-} + 2\ H^+ \rightarrow H_2S \quad (2)$$

Taajama-alueilla lähellä asutusta sijaitsevista jäteveden siirtoviemäreiden ja jätevesipumppaamoiden ilmanvaihtoaukoista voi vapautua ilmaan rikkivetyä, joka jo hyvin pieninä pitoisuuksina aiheuttaa hajuongelmia ympäristöön (Lens ja Kuenen 2001, Vincent 2001). Jätevesissä rikkivety on yleisin hajua aiheuttavista yhdisteistä (Lasaridi 2010). Haihtuvista rikkiyhdisteistä myös erilaiset merkaptaanit aiheuttavat herkästi hajuongelmia (Vincent 2001). Anaerobisissa olosuhteissa muodostuu myös ammoniakkia (NH_3), mutta sillä on korkeampi hajukynnys kuin pelkistyneillä rikkivety-yhdisteillä, joten sitä ei aistita ympäristössä yhtä herkästi (Hvitved-Jacobsen ja Vollertsen 2001, Räsänen ym. 2001).

Jätevedenpuhdistamolle saapuvassa jätevedessä on jo paljon hajuja aiheuttavia VOC- yhdisteitä (Lehtinen ja Veijanen 2011a). Jätevedenpuhdistamon aerobisissa ja anaerobisissa prosesseissa syntyy myös epämiellyttäviä hajuja, koska jätevesissä esiintyy erilaisia kemiallisia yhdisteitä kuten aldehydejä, ketoneita, indoleita, skatoleita, rasvahappoja, rikkivetyä, merkaptaaneja, sulfideja, ammoniakkia ja amiineita jotka voivat prosessin eri vaiheissa päästä vapautumaan ilmaan (Vincent 2001, Lasaridi 2010). Osa jäteveden sisältämistä haihtuvista orgaanisista yhdisteistä karkaavat puhdistusprosessin alkuvaiheessa esiselkeytyksen tai ilmastusprosessin aikana tai ne voivat sitoutua primäärilietteeseen jolloin ne vapautuvat vasta jätevesilietteiden käsittelyprosessien yhteydessä (Vincent 2001, Hamoda 2007, Lasaridi 2010).

Jyväskylässä tehdyssä Korpilahden jätevedenpuhdistamon hajuselvityksessä todettiin, ettei lietteiden käsittely jätevedenpuhdistamolla aiheuttanut merkittävästi lisää hajupäästöjä lähiympäristöön (Tammisto 2015). Jyväskylän alueella tehdyissä jätevedenpuhdistamoiden hajuselvityksissä jätevedenpuhdistamon laitosalueella hajua on havaittu voimakkaimmillaan 15

hy / m^3 ja laitosalueen lähiympäristössä voimakkaimmillaan yli 2 hy / m^3 (Tammisto 2015, Tammisto ja Salokannel 2015).

2.7 Hajuhaittoja aiheuttavat yhdisteet

Suurin osa hajuhaittoja aiheuttavista yhdisteistä on lukumääräisesti eniten erilaisia hiiltä sisältäviä orgaanisia yhdisteitä, kuten orgaanisia sulfideja, merkaptaaneja (-SH), aldehydejä (C_xH_yO) ja karboksyylihappoja (CH_xCOOH). Hajuhaittoja aiheuttavista epäorgaanisista yhdisteistä yleisimpiä ovat rikkivety (H_2S) ja ammoniakki (NH_3). (Rantakrans ja Savunen 1995.)

Hajuja aiheuttavien yhdisteiden kemialliset ominaisuudet vaikuttavat yhdisteiden käyttäytymiseen jätteenkäsittely- ja jätevedenpuhdistusprosesseissa sekä näissä prosesseissa syntyviin hajupäästöihin. Hajujen syntymisen kannalta yhdisteen tärkeimpiä kemiallisia ominaisuuksia ovat poolisuus, vesi- ja rasvaliukoisuus, haihtuvuus, kyky sitoutua orgaaniseen hiileen (Leinonen ja Nikunen 2002, Antila ym. 2009).

2.7.1 Rikkiyhdisteet

Hajua aiheuttavat rikkiyhdisteet koostuvat pääasiallisesti rikkivedystä (H_2S) sekä erilaisista orgaanisista rikkiyhdisteistä, kuten dimetyyli- ja dimetyylidisulfidista (-S^{2-}) sekä metyylimerkaptaanista (-SH) (Lyytimäki 2006). Pystymme aistimaan rikkiyhdisteet jo hyvin pienissä pitoisuuksissa, sillä tämän kyvyn avulla olemme voineet välttää pilaantuneen ruuan syömisen (Lyytimäki 2006).

Rikkivety (H_2S) on väritön ilmaa raskaampi myrkyllinen kaasu, joka on hyvin haihtuva yhdiste (Munukka ja Munukka 2007). Rikkivety on poolinen yhdiste ja hyvin veteen liukeneva (4–6 g / l). (Työterveyslaitos 2017.) Rikkivedylle on tyypillistä voimakas mädän kananmunan haju (Räsänen ym. 2001,

Työterveyslaitos 2017). Rikkivedyn hajukynnys on hyvin alhainen 0,008 ppm (0,011 mg / m^3) (Työterveyslaitos 2017a).

Metyylimerkaptaani (CH_3SH) on pooliton yhdiste jonka hajukynnys on 0,0005 ppm (Lasaridi ym. 2010). Merkaptaania syntyy proteiinien hajotessa sekä kun rikkivetymolekyylin toinen vety korvautuu hiilivetyradikaalilla (Marttila 1995, Hvitved-Jacobsen ja Volertsen 2001). Metyylimerkaptaanin haju muistuttaa mädäntynyttä kaalia (Lasaridi ym. 2010, De Feo ym. 2013). Myös etyylimerkaptaanin haju on samankaltainen (Tuominen 2012). Metyylimerkaptaani muuttuu hapettuessaan dimetyyli- ja dimetyylidisulfidiksi (Marttila 1995).

Dimetyylisulfidi (DMS) (C_2H_6S) on pooliton yhdiste jonka hajukynnys on 0,001 ppm. DMS:n hajua on kuvailtu makean maissin kaltaiseksi tai muistuttavan pilaantunutta kaalia. Dimetyylidisulfidin (DMDS) ($C_2H_6S_2$) hajukynnys on vain 0,0001 ppm. DMDS:n haju on hieman makeahko ja se muistuttaa lähinnä pilaantunutta sipulia. (Lasaridi ym. 2010, Tuominen 2012). Sulfidiyhdisteiden haju tuo mieleen pilaantuneet vihannekset (Suffet ja Rosenfeld 2007).

2.7.2 Typpiyhdisteet

Typpiyhdisteistä hajuhaittoja aiheuttavat ammoniakki ja amiinit, jotka luonnossa ovat peräisin proteiinien hajoamisreaktioista (Lasaridi ym. 2010). Ammoniakki (NH_3) on väritön, pistävänhajuinen ja ärsyttävä kaasu (Työterveyslaitos 2017b). Ammoniakin hajukynnys on melko korkea 5–50 ppm (Lasaridi ym. 2010, Työterveyslaitos 2017b). Ammoniakin haju on ärsyttävän pisteliäs (Suffet ja Rosenfeld 2007,Lasaridi ym. 2010).

Amiinien ($–NH_2$) perushaju on tuttu pilaantuneesta kalasta (Albers ym. 2003, Suffet ja Rosenfeld 2007, Tuominen 2012). Pienimolekyylisten amiiniyhdisteiden

haju muistuttaa lievää ammoniakin hajua (Tuominen 2012). Yleisimpiä amiiniyhdisteitä ovat metyyli-, etyyli-, dimetyyli- ja trietyyliamiinit (Albers ym. 2003). Amiiniyhdisteiden hajukynnys vaihtelee dimetyyliamiinin 0,27 ppm:stä etyyliamiinin 4,7 ppm:ään (Lasaridi ym. 2010).

Haisevat aromaattiset typpiyhdisteet indoli (C_8H_7N) ja skatoli (C_9H_9N) syntyvät proteiinien, kuten tyrosiinin, tryptofaanin hajoamistuotteina ja niitä esiintyy erityisesti jätevedessä (Hvitved-Jacobsen ja Volertsen 2001, Vincent 2001, Clayden ym. 2012). Indoli- ja skatoliyhdisteiden haju on suurissa pitoisuuksissa oksettava ja muistuttaa ulosteen hajua. Nämä yhdisteet haistetaan hyvin herkästi, sillä indolin hajukynnys on vain 0,0001 ppm ja skatolin 0,001 ppm. (Lasaridi ym. 2010, Tuominen 2012.)

2.7.3 Haihtuvat orgaaniset hiilivety-yhdisteet (VOC)

Haihtuviin orgaanisiin hiilivety-yhdisteisiin luetaan yhdisteet, joiden kiehumispiste on normaalissa ilmanpaineessa välillä 50–260 °C. Näihin yhdisteisiin kuuluvat esterit, karboksyylihapot, ketonit, aldehydit, terpeenit alkoholit ja klooratut hiilivedyt. (Tolvanen ym. 2005, Peluso ym. 2011, Lehtinen ym. 2013.) VOC- yhdisteiden fysikaalis-kemiallisilla ominaisuuksilla, kuten polaarisuudella, höyrynpaineella, vesiliukoisuudella ja adsorptiolla on suuri merkitys VOC-yhdisteiden vapautumiselle nestefaasista ilmaan (Lehtinen ja Veijanen 2011a). Korkeat VOC-pitoisuudet ovat ihmisen terveydelle haitallisia (Fischer ja Dott 2003). VOC-yhdisteiden aiheuttamiin hajuihin liitetään sellaisia kuvauksia kuin voin haju, makea, hedelmäinen, sitrusmainen, etikkamainen, eltaantunut ja hapan (Tolvanen ym. 2005). Hajuja aiheuttavia VOC-yhdisteitä esiintyy paljon jätevesissä (Lehtinen ja Veijanen 2011).

Himasen ja Hännisen (2011) tutkimuksissa havaittiin, että molekyylipainoltaan pienet karboksyylihapot ovat merkittävässä asemassa kompostoinnista syntyvissä

hajuongelmissa, sillä niitä syntyy orgaanisen aineen hajotessa. Lehtisen ym. (2013) jätteenkäsittelykeskuksiin liittyvässä tutkimuksessa havaittiin, että eniten hajuja aiheuttavia VOC- yhdisteitä olivat: terpeenit, kuten limoneeni ja α - pineeni, etanoli, 2,3 - butaanidioli, 3-hydroksi-2-butanoni, etikkahappo sekä muutamat karboksyylihapon esterit. Jätevesilietekompostimateriaalissa esiintyy erityisesti epämiellyttäviä hajuja aiheuttavia rasvahappoja, kuten propioni- ja butyyrihappoja, jotka syntyvät aminohappojen hajotessa. (Arnold 2002, Himanen ja Hänninen 2011.) Butyyri- eli voihappo ($C_4H_8O_2$) on hyvin etovan hajuista ja tuo mieleen oksennuksen hajun (Tuominen 2012). Butyyrihapon voi- ja mätämäinen haju on tunnistettavissa jo pienissä pitoisuuksissa 0,00009 - 0,022 ppm (Lasaridi ym. 2010). Propionihapon ($C_3H_6O_2$) haju on myös hyvin tunnusomainen, sillä se on pistävän eltaantunut (Tuominen 2012).

2.7.4 Ympäristössä esiintyvien hajupäästöjen hajukuvauksia

Kemiallisten yhdisteiden ja tiettyjen toimintojen aiheuttamiin hajupäästöihin liitetään niille tunnusomaisia hajukuvauksia. Tyypillinen kompostin haju on sekoitus happo-, typpi- ja rikkiyhdisteitä jotka pääsevät vapautumaan ilmaan, kun kompostiprosessi ei ole täydellinen (Tuominen 2012). Mädäntyneen haju on peräisin merkaptaaneista, sulfidiyhdisteistä ja amiineista (Pullen 2007,Lasaridi ym. 2010, De Feo ym. 2013).

Ulosteen haju on peräisin skatoliyhdisteestä (Suffet ja Rosenfeld 2007, Lasaridi ym. 2010, Curren ym. 2016). Viemärinhaju on tyypillinen indoliyhdisteille Eläinten lannan haju on sekoitus indoli- ja skatoliyhdisteitä. (Curren ym. 2016). Oksennuksen haju on vastaavasti peräisin butyyri- eli voihaposta (Lasaridi ym. 2010). Pistävä hien haju on lähtöisin valeriaanahaposta (Pullen 2007, Lasaridi ym. 2010). Virtsanhaju on vastaavasti peräisin ammoniakista. (Curren ym. 2016).

Pilaantuneen lihan haju muodostuu eri amiiniyhdisteistä (Tuominen 2012). Kalalle tyypillinen perushaju on lähtöisin trietyyliamiinista ja kalan alkaessa pilaantua sen haju muuttuu pistäväksi ja ammoniakkimaiseksi (Albers ym. 2010, Tuominen 2012). Yleinen pilaantuneeksi tunnistettu ja kuvailtu haju on peräisin rikki- ja typpipitoisista yhdisteistä (Pullen 2007). Härskiintyneen haju syntyy rasvahappoyhdisteistä, kuten butyyri- ja propionihaposta (Suffet ja Rosenfeld 2007,Tuominen 2012, Curren ym. 2016). Yleisesti jätteiden hajoamiseen liitetään pistävä, hapahko tuoksu (Tuominen 2012). Rikkivedylle mädän kananmunan haju on hyvin tyypillinen (Suffet ja Rosenfeld 2007,Työterveyslaitos 2017). Mädän kaalin ja vihanneksen haju on peräisin merkaptaani- ja dimetyyliyhdisteistä.

2.8 Ympäristössä esiintyvien hajujen tutkimusmenetelmiä

Hajujen esiintymistä ympäristössä voidaan havainnoida ihmisnenää käyttäen kenttähavainnoinnin tai asukaspaneelin avulla (Arnold 2002). Hajujen leviämistä ympäristössä voidaan mallintaa erilaisten leviämislaskelmien avulla (Nicell 2009). Leviämislaskelmien avulla saadaan tietoa hajun esiintymistiheydestä (% kokonaisajasta) alueella ja asukaspaneelitutkimuksilla voidaan määrittää alueen asukkaiden kokeman viihtyvyyshaitan vakavuus (% osuus asukkaista, jotka kokevat hajun häiritsevänä) (Arnold 2002).

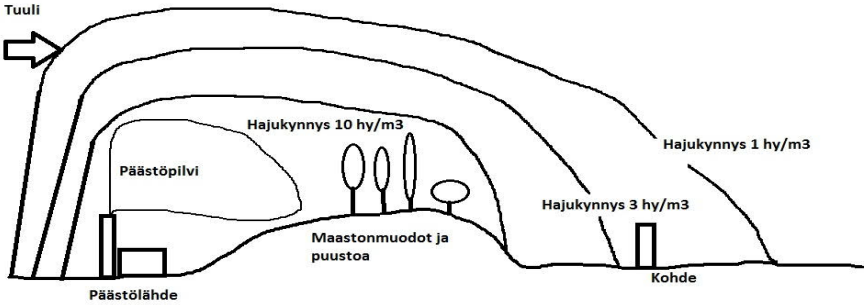
Tutkimusmenetelmää valittaessa tulee huomioida tutkimuksen tavoite, tutkittavan kohteen luonne ja hajuongelman haluttu määritystarkkuus (Arnold 1995). Hajuongelmia tutkittaessa käytetään usein useampaa menetelmää rinnakkain (Arnold 1995, Nicell ym. 2009, Lappi 2010). Erityisen tärkeää on tutkia hajujen leviämistä ympäristöön sekä hajujen mahdollisia haittavaikutuksia silloin, kun hajuja aiheuttavia toimintoja on tarkoitus sijoittaa lähellä nykyisiä asuinalueita tai kaavoitettaessa uusia asuinalueita hajuja tuottavien toimintojen läheisyyteen (Lappi 2010). Teknisten ratkaisujen kehittyessä ja hintojen laskiessa myös hajujen monitorointi ympäristössä helpottuu ja on mahdollista hyödyntää

esimerkiksi taskukokoista elektronista nenää tiettyjen yhdisteiden havaitsemiseksi ympäröivässä ilmassa.

2.8.1 Leviämislaskelmat

Matemaattisilla leviämismalleilla voidaan tutkia miten haisevat yhdisteet liikkuvat ilmakehässä ja miten paljon hajua tuottavien toimintojen ympäristössä esiintyy hajuja ilmaistuna tuntikeskiarvoina (Arnold 1995, Arnold 2002, Lappi 2010). Leviämismallilaskelmat antavat ensisijaisesti tietoa hajun esiintymistiheydestä (% kokonaisajasta). Ideana leviämismallinnuksissa on mallintaa miten hajupäästölähteestä peräisin oleva haju leviää hajupäästölähteen ympäristössä huomioiden maastonmuodot sekä alueella vallitsevat tyypilliset sääolosuhteet. Leviämismallinnuksella voidaan hahmottaa millaisia hajukynnysarvoja hajupäästölähteen ympäristössä esiintyy ja miten etäällä hajupäästölähteestä on vielä aistittavissa hajua. (Arnold 1995, Arnold 2002). Hajujen leviämismallinnuksilla voidaan myös laskea riittäviä etäisyyksiä hajulähteen ja asutuksen välille, jotta hajuhaitat jäisivät mahdollisimman pieniksi (Schauberger ym. 2012). Kuvassa 2 on nähtävissä periaatepiirros miten haju voi levitä päästölähteestä ympäristöön ja miten haju laimenee etäisyyden kasvaessa päästölähteestä.

Leviämismalleja on kehitetty erilaisia tarpeita varten, joten käytettävä malli vaikuttaa laskelmissa saataviin tuloksiin (Arnold 2002). Leviämismalli voi esimerkiksi perustua matemaattiseen gaussilaiseen malliin tai leviämismallissa voidaan hyödyntää alueen meteorologisia tietoja (Chemel ym. 2012, Schauberger ym. 2012). Leviämismallinnuksen lähtötietona tai rinnalla voidaan käyttää myös olfaktometrisiä mittauksia joissa määritetään päästökohteiden hajuyksiköt päästökohteen ympäristössä (Arnold 1995, Räsänen ym. 2001, Lappi 2010).



Kuva 2. Periaatepiirros hajujen leviämisestä päästölähteestä ympäristöön. (Pääkkönen 2015 mukaeltu).

Olfaktometrin toimintaperiaatteena on käyttää ihmisen hajuaistia ilmaisimena jonka avulla aistitaan tutkittavan hajun pitoisuutta tai voimakkuutta (Tammisto ja Salokannel 2015). Olfaktometrillä voidaan laskea näytteen hajupitoisuus koehenkilöiden määrityksiin pohjautuen ja hajun määritys perustuu eurooppalaiseen standardiin SFS EN 13725 (Sneath 2001, Suomen standardisoimisliitto 2003). Leviämismallinnuksia käytetään Suomessa usein uusia hajuja aiheuttavia toimintoja suunniteltaessa esimerkiksi eläinsuojien ympäristölupamenettelyssä tai hajuja aiheuttavien toimintojen prosessimuutosten yhteydessä (Lappi 2010, Tamminen ja Tamminen 2012).

2.8.2 Kenttähavainnointi

Kenttähavainnointi on suora ja luotettava määritysmenetelmä ympäristössä jo olemassa olevan hajun esiintymisen tarkasteluun (Arnold 2002, Nicell ym. 2009). Menetelmä perustuu kentällä liikkuviin havainnoitsijoihin ja heidän tekemiinsä aistinvaraisiin havaintoihin vallitsevista hajuista (Räsänen ym. 2001, Héroux ym. 2004). Menetelmän avulla saadaan tietoa hajun esiintymisestä, laadusta ja voimakkuudesta sekä hajupäästön leviämisestä ympäristöön (Arnold 2002,

Héroux ym. 2004). Kenttähavainnoinnin avulla voidaan määrittää hajupäästön leviäminen ympäristöön noin 100 m tarkkuudella (Arnold 1995).

Kenttähavainnointia suorittavat tehtävään koulutetut hajupanelistit, jotka raportoivat ulkoilman laatua hajulähteen ympäristöstä valituissa tarkkailupisteissä noin 2-3 kertaa viikossa (Räsänen ym. 2001, Arnold 2002). Tarkkailupisteessä jokainen panelisti kirjaa hajuhavaintonsa (hajun voimakkuuden, luonteen ja laadun) 10 sekunnin välein viiden minuutin ajalta (Arnold 1995, Räsänen ym. 2001). Yksittäisistä hajuhavainnoista lasketaan alueella havaitun hajun esiintymistiheys eri etäisyyksillä hajulähteestä. Esiintymistiheys lasketaan prosentteina kokonaisajasta, jolloin voidaan arvioida miten alueen asukkaat altistuvat hajulle päivittäin. (Arnold 1995, Räsänen ym. 2001.) Yleensä kenttähavainnointi toteutetaan noin 6-12 kk:n mittaisena tarkastelujaksona (Arnold 2002). Menetelmä on käyttökelpoinen esimerkiksi uuden asuinalueen kaavoitusvaiheessa (Arnold 1995, Räsänen ym. 2001).

2.8.3 Asukaspaneelitutkimus

Asukaspaneelitutkimuksen avulla pyritään määrittämään alueen asukkaiden kokeman hajun aiheuttama viihtyvyyshaitta tai hajulle altistumistason vakavuus (Arnold 2002). Tutkimuksella saadaan tietoa myös hajun esiintymistiheydestä ja -laajuudesta (Räsänen ym. 2001, Nicell 2009). Menetelmän avulla voidaan tutkia esimerkiksi juuri rakennetun jätteenkäsittelylaitoksen vaikutusta läheiselle asuinalueelle (Arnold 1995, Nicell 2009). Menetelmä ei kuitenkaan sovellu kaavoitussuunnittelun avuksi tai vasta rakenteilla olevan laitoksen vaikutusalueen arviointiin (Arnold 1995).

Asukaspaneelitutkimuksessa alueen asukkaista satunnaisesti valittu joukko kirjaa ylös ulkoilmassa esiintyviä hajuja usean kuukauden, esimerkiksi 4-12 kuukauden ajan (Arnold 1995, Räsänen ym. 2001). Havaintopisteiden sijainnit pyritään

valitsemaan tasaisesti eri etäisyyksiltä ja eri ilmansuunnista hajua aiheuttavalta laitokselta katsoen (Arnold 2002). Paneeliin valitaan alueelta yli 16-vuotiaita henkilöitä, joilla on omasta mielestään suhteellisen normaali hajuaisti. (Arnold 1995.) Paneelin jäsen pitää hajupäiväkirjaa eli seuraa miten usein ulkoilmassa esiintyy hajua sekä määrittelee hajun laadun, keston, voimakkuuden ja hajun häiritsevyyden (Räsänen ym. 2001).

Hajupäästön häiritsevyyttä panelisti arvioi viisijakoisen asteikon mukaisesti (Arnold 1995):

0 = ei haise / haju ei häiritse

1 = haju häiritsee vähän

2 = hajusta aiheutuu selvää haittaa

3= haju häiritsee paljon

4 = haju häiritsee erittäin paljon

Alueen asukkaiden hajualtistustason määrityksessä selvitetään miten suuri osuus asukkaista prosentteina (%) havaitsee hajuja. Prosenttiosuus voidaan määrittää tutkimuspäiväkohtaisesti ja siitä voidaan laskea koko tutkimusajan tai yhden kuukauden mediaanit. Hajupäästöjen esiintymistiheys alueella kokonaisaikaan suhteutettuna määritetään yhteenlaskettujen havainnoitsijoiden ilmoittamien hajuhavaintoaikojen perusteella. (Arnold 1995.) Hajupäiväkirjaan kirjattujen hajuesiintymien ja hajun häiritsevyyden perusteella voidaan laskea myös hajuindeksi, joka kuvaa hajuhaitan alueellista jakautumista havaintopistekohtaisesti sekä hajuhaitassa tapahtuneita muutoksia (Arnold 1995, Räsänen ym. 2001, Koukka 2016). Hajuindeksi lasketaan laskentakaavalla ja sen saama arvo vaihtelee välillä 0-1 (Arnold 1995).

2.8.4 Kertakysely

Sähköisesti tai puhelimitse toteutettu kertakysely kohdistetaan hajua aiheuttavan laitoksen lähialueen asukkaille ja sen tarkoituksena on arvioida laitoksen aiheuttamien hajujen viihtyisyyshaittaa ympäristöön (Arnold 1995, Arnold 2002). Menetelmä on käyttökelpoinen, kun halutaan saada lisätietoa alueen asukkailta esiintyvistä hajupäästöistä tai kyselyä halutaan hyödyntää esimerkiksi kaavoituksen apuna (Arnold 1995). Osallistujat kyselyyn valitaan mahdollisimman tasaisesti tutkittavalta alueelta (Arnold 1995). Kyselyn luotettavuutta parannetaan kasvattamalla osallistujajoukko riittävän suureksi sekä lisäämällä kyselyyn useita, hieman toisistaan poikkeavia kysymyksiä joiden vastausten avulla voidaan tehdä tilastollista vertailua (Arnold 1995, Arnold 2002). Kyselylomakkeeseen voidaan lisätä myös muita ympäristöön liittyviä kysymyksiä esimerkiksi melusta jolloin hajupäästöt eivät pääse korostumaan kyselyssä liikaa (Sucker ym. 2001). Saksassa käytetään yleisesti VDI- järjestön laatimaa kertakyselylomaketta, jossa hajupäästöjä on verrattu melun aiheuttamaan haittaan asukkaille lineaarisella asteikolla 1-10 (Arnold 2002).

2.8.5 Mustankorkean ympäristöpaneeli

Mustankorkean jätekeskuksen aiheuttamia ympäristöhaittoja lähiympäristöön on seurattu vuodesta 2002 lähtien. Aluksi vapaaehtoisista asukkaista kootun hajupaneelin avulla ja vuodesta 2013 lähtien Mustankorkean nettisivuilta löytyvän ympäristöhavainto-kaavakkeen avulla (https://mustankorkea.fi/neuvonta/sahkoinen-asiointi/ymparistohavainto/), jolla kuka tahansa on voinut ilmoittaa havaitsemastaan ympäristöhaitasta, hajusta, melusta, pölystä tai roskaantumisesta (Kiljunen 2016). 2000 - luvun alussa alueen asukkaista koostetun hajupaneelin jäsenet kirjasivat päivittäin ylös hajujen esiintymistä ulkoilmassa sekä arvioivat hajujen voimakkuutta ja häiritsevyyttä kolmiportaisella asteikolla. (Hokkanen ja Ikola 2006, Kiljunen 2016.) Vuosina 2004

ja 2005 ympäristöhavaintoja havainnoivat myös Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteen opiskelijoista koottu ryhmä, joka tekivät kenttähavainnointia alueella (Hokkanen ja Ilola 2006).

Nykyiseen nettipohjaiseen ympäristöhavaintolomakkeeseen ilmoitetaan havaittu ympäristövaikutus, vapaamuotoinen kuvaus haitasta, haitan voimakkuus, havainnon ajankohta (päivämäärä, kellonaika), lämpötila ja tuulen suunta havaintohetkellä. Vuosittain ympäristöpaneelin ympäristöhavainnoista koostetaan ympäristöraportti jossa ympäristöpaneelin havaintoja verrataan Mustankorkean jätteenkäsittelykeskuksen toimintaan sekä vallitseviin tuuli- ja sääolosuhteisiin.

2.9 Hajuihin liittyvä lainsäädäntö

Ympäristönsuojelulain (527/2014) 5 §:n ja 1 momentin mukaan: ”Toiminnanharjoittajan tulee olla riittävästi selvillä toimintansa aiheuttamista ympäristövaikutuksista, ympäristöriskeistä ja haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista.” Hajujen osalta Suomen lainsäädännössä ei ole olemassa ulkoilman hajupitoisuuksiin liittyviä ohje- tai raja-arvoja joiden avulla voitaisiin tarkastella hajuhaittoja (Tammivuori 2012). Useamman lain sisällössä kuitenkin sivutaan hajujen aiheuttamaa viihtyvyyshaittaa. Viranomaiset soveltavat kyseisiä säännöksiä, kun he käsittelevät erilaisia ympäristöasioita sekä myöntävät erilaisille toiminnoille ympäristölupia. Erityisesti ympäristölupien myöntämisen yhteydessä arvioidaan erilaisista toiminnoista peräisin olevien hajupäästöjen aiheuttamia haittoja ympäristöön. (Pääkkönen 2015.) Lakien säännöksiin myös nojataan mikäli hajut aiheuttavat elinympäristössä sellaista haittaa, että soveltuvan kunnallisen viranomaisen tulee siihen puuttua.

2.9.1 Jätelaki

Jätelaki (646/2011) on 1 §:n mukaan tarkoitettu: ” Ehkäisemään jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle sekä vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta, edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä, varmistaa toimiva jätehuolto ja ehkäistä roskaantumista. ”

Jätelaki säätelee esimerkiksi jätteenkäsittelylaitosten toimintaa, jotta niistä ei aiheudu haittaa läheiselle asutukselle tai ympäristölle. Jätelain (646/2011) 13 § ottaa kantaa hajun syntymiseen jätteenkäsittelyn yhteydessä sekä jätetoimijan huolintavelvollisuuteen siitä, ettei toiminnasta aiheutuva haju aiheuta viihtyisyyden vähentymistä toiminta-alueen läheisyydessä.

Jätelain (646/2011) 13 §:n 1 momentin mukaan ” Jätteestä ja jätehuollosta ei saa aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle, roskaantumista, yleisen turvallisuuden heikentymistä taikka muuta näihin rinnastettavaa yleisen tai yksityisen edun loukkausta. Jätteen keräyksessä ja kuljetuksessa sekä jätteen käsittelylaitoksen tai -paikan sijoittamisessa, rakentamisessa, käytössä ja käytön jälkeisessä hoidossa on erityisesti huolehdittava siitä, ettei jätehuollosta aiheudu ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavia päästöjä mukaan lukien melua ja hajua taikka viihtyisyyden vähentymistä.”

2.9.2 Terveydensuojelulaki

Terveydensuojelulain (736/1994) tarkoituksena on 1 §:n mukaan:” Väestön ja yksilön terveyden ylläpitäminen ja edistäminen sekä ennalta ehkäistä, vähentää ja poistaa sellaisia elinympäristössä esiintyviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa (terveydensuojelu). Terveyshaitalla tarkoitetaan ihmisessä todettavaa sairautta, muuta terveydenhäiriötä tai sellaisen tekijän tai olosuhteen esiintymistä, joka voi vähentää väestön tai yksilön elinympäristön terveellisyyttä.”

Terveydensuojelulain (736/1994) yleisten periaatteiden mukaan, jotka on mainittu lain 2 §:ssä 2. momentissa ”toiminnanharjoittajan tulee osata itse tunnistaa toimintansa aiheuttamat terveyshaittaa aiheuttamat riskit ja pyrittävä estämään niiden syntyminen valvomalla niihin vaikuttavia tekijöitä omavalvonnan avulla”.

Terveydensuojelulain (763/1994) 22 §:n mukaan: ” Jätteiden säilyttäminen, kerääminen, kuljettaminen, käsittely ja hyödyntäminen sekä jäteveden johtaminen ja puhdistus on tehtävä siten, ettei niistä aiheudu terveyshaittaa. Viemäri siihen liittyvine puhdistus- ja muine laitteineen on suunniteltava, sijoitettava, rakennettava ja kunnossapidettävä siten, ettei siitä aiheudu terveyshaittaa.”

Toiminnanharjoittajalla on Terveydensuojelulain (763/1994) 44 §:n mukainen ilmoitusvelvollisuus viranomaiselle, jos hänen toiminnassaan tapahtuu jokin häiriö josta voisi aiheutua terveysriski sekä ilmoitusvelvollisuus toimenpiteistä joihin on ryhdytty terveysriskin minimoimiseksi.

2.9.3 Laki eräistä naapuruussuhteista

Laki eräistä naapuruussuhteista säätelee sitä, ettei naapurin toiminnasta aiheudu kohtuutonta häiriötä tai haittaa naapurustolle. Laki on melkein 100v vanha, mutta silti lain pykälät ovat edelleen käyttökelpoisia. Lain (26/1920) 3 §:n mukaan: ” Talli, navetta, lantasäiliö, käymälä tai muu sellainen laitos on niin tehtävä, ettei naapuri kärsi siitä ilmeistä haittaa.”

Lain (26/1920) 17 §:n 1. ja 2. momentin mukaan: ” Kiinteistöä, rakennusta tai huoneistoa ei saa käyttää siten, että naapurille, lähistöllä asuvalle tai kiinteistöä, rakennusta tai huoneistoa hallitsevalle aiheutuu kohtuutonta rasitusta ympäristölle haitallisista aineista, noesta, liasta, pölystä, hajusta, kosteudesta, melusta, tärinästä, säteilystä, valosta, lämmöstä tai muista vastaavista vaikutuksista. Arvioitaessa rasituksen kohtuuttomuutta on otettava huomioon

paikalliset olosuhteet, rasituksen muu tavanomaisuus, rasituksen voimakkuus ja kesto, rasituksen syntymisen alkamisajankohta sekä muut vastaavat seikat.”

Lain (26/1920) 18 §:n 1. momentin mukaan. ”Se, jonka toiminnasta on aiheutunut kohtuutonta rasitusta, on velvollinen poistamaan rasituksen tai, jos rasituksen poistaminen ei muutoin ole mahdollista, lopettamaan toiminnan kokonaan ja korvaamaan rasituksesta aiheutuneen vahingon. Jos kyse on ympäristövahingosta, sovelletaan kuitenkin ympäristövahinkojen korvaamisesta annettua lakia (737/1994)”.

2.9.4 Ympäristönsuojelulaki

Ympäristönsuojelulaissa (527/2014) on olemassa useita säännöksiä, joiden perusteella toiminnanharjoittajan tulee olla tietoinen aiheuttamistaan päästöistä sekä mahdollisesti niiden aiheuttamasta haitasta. Ympäristönsuojelulaki (527/2014) velvoittaa myös toiminnanharjoittajaa ryhtymään toimiin, mikäli on uhkana ympäristön pilaantuminen tai toiminnasta aiheutuva terveyshaitta. Ympäristönsuojelulaki (527/2014) myös määrittelee millainen toiminta vaatii viranomaiselta ympäristöluvan.

Ympäristösuojelulain (527/2014) tarkoitus on 1 §:n mukaan:

”1) Ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa, ehkäistä ja vähentää päästöjä sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja;”

”2) Turvata terveellinen ja viihtyisä sekä luonnontaloudellisesti kestävä ja monimuotoinen ympäristö, tukea kestävää kehitystä sekä torjua ilmastonmuutosta;”

”3) Edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä sekä vähentää jätteiden määrää ja haitallisuutta ja ehkäistä jätteistä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia;”

”4) tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia ja huomioon ottamista kokonaisuutena; ”

Ympäristönsuojelulakia (527/1994) sovelletaan 2 §:n 1. momentin mukaan: ”Sovelletaan teolliseen ja muuhun toimintaan, josta aiheutuu tai saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista. Tätä lakia sovelletaan myös toimintaan, jossa syntyy jätettä, sekä jätteen käsittelyyn.”

Ympäristönsuojelulain (527/1994) 6 §:n mukaan toiminnanharjoittajalla on vastuu olla tietoinen omasta toiminnastaan: ”Toiminnanharjoittajan on oltava selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista, ympäristöriskeistä ja niiden hallinnasta sekä haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista (selvilläolovelvollisuus)”.

Ympäristönsuojelulain (527/1994) 7 §:n mukaan: ”Toiminnanharjoittajan on järjestettävä toimintansa niin, että ympäristön pilaantuminen voidaan ehkäistä ennakolta. Jos pilaantumista ei voida kokonaan ehkäistä, se on rajoitettava mahdollisimman vähäiseksi.” Ympäristönsuojelulain (527/1994) 15 §:n mukaan: ”Luvanvaraisella toiminnanharjoittajalla on myös ennaltavarautumisvelvollisuus onnettomuuksien ja muiden mahdollisten poikkeustilanteiden varalle, jotka voisivat aiheuttaa ympäristölle tai terveydelle mahdollista haittaa.”

Lain (527/1994) 8 §:n mukaan: ”Mikäli toiminnanharjoittajan toiminta vaatii ympäristöluvan tai toiminta on rekisteröitävä, tulee toiminnanharjoittajan huolehtia, että toiminnasta syntyvien päästöjen ehkäisemiseksi käytetään parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT), toiminnanharjoittajalla on toimintaan nähden riittävä asiantuntemus, toiminnasta aiheutuvia päästöjä ja vaikutuksia tarkkaillaan ja päästötarkkailujen tulokset ilmoitetaan asianomaiselle viranomaiselle.”

Ympäristönsuojelulaki (527/1994) ottaa 11 §:ssä myös kantaa siihen, että minne ympäristöä mahdollisesti pilaava toiminta tulee sijoittaa. Lain (527/1994) 11 §:n

mukaan: ”Toimipaikan soveltuvuutta arvioitaessa tulee ottaa huomioon myös elinympäristön terveellisyys ja viihtyvyys”. Tätä pykälää sovelletaan erityisesti silloin, kun toiminnanharjoittajille myönnetään ympäristölupia.

Ympäristönsuojelulain (527/2014) 14 §:n mukaan: ” Jos toiminnasta aiheutuu tai uhkaa välittömästi aiheutua terveyshaittaa tai merkittävää muuta 5 §:n 1 momentin 2 kohdassa tarkoitettua seurausta, toiminnanharjoittajan on viipymättä ryhdyttävä tarpeellisiin toimiin pilaantumisen tai sen vaaran ehkäisemiseksi tai jos pilaantumista on jo aiheutunut, sen rajoittamiseksi mahdollisimman vähäiseksi”. ”Toiminnanharjoittajan on muutoinkin havaittuaan, että toiminta ei täytä sille tässä laissa tai sen nojalla säädettyjä tai määrättyjä vaatimuksia, viipymättä ryhdyttävä tarpeellisiin toimiin vaatimusten noudattamiseksi.”

Lain 141 §:n mukaan toiminnanharjoittajan tulee: ” Kaikessa toiminnassa tavoiteltava sellaista ilmanlaatua, jossa vaarallisia tai haitallisia aineita tai yhdisteitä ei esiinny terveyshaittaa tai merkittäviä muita 5 §:n 1 momentin 2 kohdassa tarkoitettuja seurauksia aiheuttavina määrinä ilmassa tai laskeumassa.”

2.9.5 Hajuihin liittyvät ohje- ja raja-arvot

Valtioneuvoston päätöksessä (VNP 480/1996) Ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta on olemassa muutamia ohjearvoja terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi. Valtioneuvoston päätöksessä (VNP 480/1996) on asetettu yksi ohjearvo, jota voidaan soveltaa hajupäästöjen arvioinnissa: pelkistyneiden rikkiyhdisteiden (TRS) vuorokausipitoisuus 10 µg/m^3 saa ylittyä vain kerran kuukaudessa. Valtioneuvoston päätöksen (VNP 480/1996) tavoitteena on, että ohjearvon ylittyminen estetään ennakolta esimerkiksi teknisin ratkaisuin. Päätös ei siis suoraan velvoita toiminnanharjoittajaa alentamaan TRS-päästöjään (Lyytimäki 2006). Valtioneuvoston päätöstä (VNP 480/1996) voidaan käyttää

päätöksenteon apuna, kun suunnitellaan esimerkiksi maankäyttöä tai rakentamista.

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) on tehnyt vuonna 1995 selvityksen Hajuohjearvojen perusteista (Arnold 1995). Arnoldin (1995) mukaan hajujen aiheuttamaa viihtyvyyshaittaa voidaan pitää merkittävänä, kun 25–50 % alueen asukkaista kokee aistittavan hajun häiritsevänä. Tällöin aistittavan hajun keskimääräinen esiintymistiheys olisi 3-9 % vuorokauden kokonaisajasta (Arnold 1995). Käytännössä tämä tarkoittaa, että esiintymistiheyden alarajan mukaan saisi haista 263 tuntina vuodessa ja yläraja hajun esiintymiselle olisi 788 tuntia vuodessa (Tamminen ja Tamminen 2012).

2.9.6 Hajuihin liittyvä lainsäädäntö ja raja- ja ohjearvot muissa maissa

Maailmanlaajuisesti hajupäästöihin liittyvä lainsäädäntö sekä hajuille asetetut ohje- ja raja-arvot vaihtelevat suuresti ja ne on määritelty eri lähtökohdista (Brancher ym. 2017). Euroopan maista Hollanti on ollut edelläkävijä hajupäästöihin liittyvän lainsäädännön kehityksessä jo 1970-luvulta lähtien (Environment Agency 2007, Brancher ym. 2017). Eri maiden lainsäädännössä tietyille hajupäästöjä aiheuttaville toiminnoille on asetettu enimmäishajupitoisuuksia (1,5 - 7 hy / m^3) sekä hajun esiintymiselle rajoituksia esimerkiksi hajutuntien määrä vuodessa (% vuoden tunneista) (Brancher ym. 2017).

Monissa maissa, kuten Englannissa, Hollannissa ja Irlannissa hajujen ohje- ja raja-arvot on suoraan sidottu hajulähteeseen, kuten kompostointilaitokseen, jätevedenpuhdistamoon, kahvipaahtimoon tai eläinsuojaan (Environment Agency 2011). Tällöin voidaan jo lähtökohtaisesti huomioida hajulähteestä peräisin olevien hajujen häiritsevyys ja laatu (Brancher ym. 2017). Esimerkiksi Englannissa hajupäästöjä arvioidaan tuntikeskiarvopitoisuuksina teollisuuslaitosten tontin

rajalta. Tuntikeskiarvopitoisuuksista lasketaan vuoden tuntiarvojen 98. prosenttipiste eli jossa 98 % vuoden tuntiarvoista tulee olla alle määritellyn hajupitoisuuden ja 2 % tuntikeskiarvoista saa ylittää määritellyn pitoisuusarvon (Environment Agency 2011, Tamminen ja Tamminen 2012). Englannissa raja-arvot haitattomalle hajukuormalle teollisuuslaitosten rajalla ovat:

- 1,5 OU_E/m^3, hyvin epämiellyttäville hajuille kuten teurastamoille, jätevedenpuhdistamoille, öljynjalostukselle ja kalanjalostustehtaille
- 3 OU_E/m^3, keskimääräisesti epämiellyttäville hajuille, kuten laajamittaiselle eläintenkasvatukselle
- 6 OU_E/m^3, vähemmän epämiellyttäville hajuille, kuten kahvipaahtimoille, leipomoille, suklaatehtaille ja panimoille

Toisistaan poikkeavia hajuohjearvoja on myös asetettu teollisuus- ja asuinalueille, kuten on tehty esimerkiksi Kanadassa, Saksassa ja Hollannissa. Tanskassa hajuohjearvot on eroteltu erikseen eläinsuojille ja teollisuuslaitoksille. (Both 2001, Brancher ym. 2017.)

2.10 Hajuhaittoihin varautuminen maankäytön suunnittelussa ja toimintojen lupamenettelyissä

Yhteiskunnassa maankäytön suunnittelulla pyritään luomaan viihtyisiä ja elinvoimaisia asuin- ja elinympäristöjä (Ympäristöministeriö 2016). Erilaisten toimintojen aiheuttamat haitalliset ympäristövaikutukset voidaan ja pyritään huomioimaan jo maankäytön suunnitteluvaiheessa. Tavoitteena on, että haittoja aiheuttavat toiminnot sijoitetaan etäämmälle asuinalueista.

2.10.1 Kaavoitus sekä maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttöä ohjataan erilaisilla suunnittelujärjestelmillä kuten: valtioneuvoston vahvistamalla valtakunnallisilla alueidenkäyttötavoitteilla ja maakunta- ja

kuntatason kaavoituksella (Salmi 2006). Maakuntatasolla kaavoitusta suunnitellaan maakuntakaavan avulla ja kuntatasolla yleis- ja asemakaavan tasolla suunniteltavasta alueesta riippuen (Salmi 2006).

Maankäyttöön voidaan yleisesti vaikuttaa erilaisilla kunta- ja seutustrategioilla, kunnan omalla maapolitiikalla ja rakennusjärjestyksellä (Laitio ja Maijala 2010). Maankäytön yleinen ohjaus toteutetaan maankäyttö- ja rakennuslain kautta (Ympäristöministeriö 2016). Maankäyttö- ja rakennuslain 9 §:n mukaan: ”Kaavaa laadittaessa tulee tehdä kaavan toteuttamiseen liittyvä vaikutusten arviointi, jonka tarkoitus on tuottaa tietoa kaavan toteuttamiseen liittyvistä merkittävistä vaikutuksista”. Maankäyttö- ja rakennuslain 9 §:n 2. momentin mukaan: ”Kaavaa laadittaessa on tarpeellisessa määrin selvitettävä suunnitelman ja tarkasteltavien vaihtoehtojen toteuttamisen ympäristövaikutukset, mukaan lukien yhdyskuntataloudelliset, sosiaaliset, kulttuuriset ja muut vaikutukset.” Kaavan vaikutuksia arvioidaan kaavaprosessin aikana useassa eri yhteydessä ja tarvittaessa kaavasta laaditaan erillisiä vaikutusselvityksiä kaavoitusprosessin aikana (Ympäristöministeriö 2013).

Kaavoitettaessa kaava-alueelta varataan alueita erilaisia toimintoja varten, jonka mukaan esimerkiksi kunnan sisällä asuin- ja teollisuusalueet sijoittuvat toisiinsa nähden. Kaupunkialueiden tiivistyessä asuinalueita kaavoitetaan yhä lähemmäksi teollisuusalueita, joka luonnollisesti voi altistaa asuinalueet teollisuuden ja yhdyskuntatoiminnan aiheuttamille melu-, pöly- ja hajuhaitoille. Joskus tuotanto- tai teollisuuslaitoksen sijoituspaikan valinta riittävän etäälle asutuksesta voi olla paras keino hajuhaittojen vähentämiseksi (Arnold 2002,Lyytimäki 2006).

2.10.2 Ympäristövaikutusten arviointi (YVA)

Ympäristövaikutusten arviointi (YVA) on lakisääteinen menettely, jolla arvioidaan ja selvitetään suunniteltavien hankkeiden vaikutukset luontoon, luonnonvarojen

hyödyntämiseen sekä ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin (Sosiaali- ja terveysministeriö 1999, Työ- ja elinkeinoministeriö 2015). YVA- menettelylle keskeistä on: laaja kansalaisten osallistumismahdollisuus, YVA-menettelyssä syntyneiden asiakirjojen julkisuus, suunniteltavan hankkeen vaihtoehtotarkastelu, sekä hankkeen eri vaiheissa syntyvien ympäristövaikutusten arviointi (Työ- ja elinkeinoministeriö 2015). YVA-menettelyn tavoitteena on pyrkiä vähentämään tai jopa kokonaan estämään suunniteltavan hankkeen aiheuttamat haitalliset ympäristövaikutukset (Työ- ja elinkeinoministeriö 2015, Ympäristöministeriö 2017).

Ympäristövaikutusten arviointi (YVA) – menettely tehdään hankkeille, jotka on määritetty lain Ympäristövaikutusten arviointi (252/2017) liitteessä tai harkinnanvaraisesti hankkeille, joiden arvioidaan aiheuttavan haitallisia ympäristövaikutuksia. YVA voidaan tehdä esimerkiksi voima- tai biokaasulaitoksille tai jätteenkäsittelykeskuksille.

YVA - menettelyä käytetään hankesuunnittelun apuna ennen päätöksentekoa (Ympäristöministeriö 2017). Menettelyn tarkoituksena on tuottaa tietoa päätöksentekijöille hankkeen ja sen eri vaihtoehtojen ympäristövaikutusten laajuudesta, voimakkuudesta ja todennäköisyydestä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2015). YVA- prosessista kootut tulokset on huomioitava myöhemmin hankkeen lupaharkinnassa (Sosiaali- ja terveysministeriö 1999). YVA- menettelyn avulla on tarkoitus vähentää tai lähes kokonaan estää suunniteltavan hankkeen haitalliset ympäristövaikutukset (Ympäristöministeriö 2017). YVA- menettely myös lisää asukkaiden, yhteisöjen ja muiden tahojen mahdollisuutta osallistua päätöksentekoon (Työ- ja elinkeinoministeriö 2015).

Useat hajupäästöjä aiheuttavat toiminnat ovat lain mukaan YVA-menettelyn piirissä, kuten suuret eläintilat, jätevedenpuhdistamot ja kaatopaikat. (Ympäristövaikutusten arviointi- laki 252/2017). Suomen Ympäristökeskuksen

(SYKE) laatiman selvityksen mukaan vuosina 1994–2016 ympäristövaikutusten arviointi on yleisimmin laadittu jätehuoltoon liittyvälle hankkeelle (Lakka ja Jantunen 2017). Hajuhaitat ovat osa suunniteltavan hankkeen ympäristöön ja ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arviointia (Kauppinen ja Tähtinen 2003). YVA-prosessissa hankkeesta aiheutuvia hajuhaittoja voidaan selvittää arvioimalla tulevia hajupäästöjä kirjallisuudesta saatavien tietojen avulla, vastaavanlaisten hankkeiden yhteydessä laadittujen hajuselvitysten avulla tai tekemällä matemaattinen leviämismallinnus, jolla saadaan tarkempaa tietoa mahdollisten hajujen leviämisestä suunniteltavan laitoksen ympäristöön.

Tampereen Sulkavuoreen rakennettavan uuden Pirkanmaan keskusjätevedenpuhdistamon YVA-prosessissa laitoksesta aiheutuvia hajupäästöjä mallinnettiin Helsingin Viikinmäessä sijaitsevan jätevedenpuhdistamosta todennettujen hajupäästöjen perusteella. Hajulaskelmia tehtiin eri hajukynnysten arvoilla 1/3/5 hy /m^3 ja laskelmilla arvioitiin sekä lyhytaikaista (30 s) että pitkäaikaista (1h) hajun esiintymistä. (Finnish Consulting Group (FCG) Oy 2011.)

2.10.3 Ympäristölupa

Ympäristölupa tarvitaan toimintaan, jossa on vaara ympäristön pilaantumisesta (Ympäristönsuojelulaki 527/2017). Ympäristönsuojelulain (527/2014) liite 1 määrittelee direktiivilaitokset sekä muut laitokset joiden toiminta vaatii ympäristöluvan. Useisiin hajuhaittoja aiheuttaviin toimintoihin vaaditaan ympäristölupa kuten: eläinsuojiin, jätteidenkäsittelylaitoksiin ja jätevedenpuhdistamoihin (Ympäristönsuojelulaki 527/2014).

Ympäristönsuojelulain 5. luvun 39 §:n ja 2. momentin mukaan: ”Ympäristölupa haetaan toimivaltaiselta lupaviranomaiselta ja hakemusasiakirjoihin tulee liittää

lupaharkinnan kannalta riittävän laaja selvitys toiminnasta ja sen aiheuttavista vaikutuksista.” Lupaviranomainen tutkii ympäristöluvan myöntämisen edellytykset ja huomioi asiasta annetut lausunnot, mielipiteet ja muistutukset. Ympäristönsuojelulain 49 §:n mukaan: ”Ympäristöluvan myöntäminen edellyttää, ettei toiminnasta toiminnan sijoituspaikka ja toiminnalle asetettavat lupamääräykset huomioon ottaen aiheudu: terveyshaittaa, ympäristön pilaantumista, pohjaveden tai maaperän pilaantumista, erityisten luonnonolosuhteiden huonontumista tai läheisille naapureille kohtuutonta rasitusta. ”

Ympäristöluvassa tulee YSL (527/1994) 52 §:n mukaan: ”Antaa tarpeelliset määräykset päästöistä, päästöjen raja- arvoista, päästöjen ehkäisemisestä, jätteistä ja niiden määrän ja haitallisuuden vähentämisestä, maaperän ja pohjaveden pilaantumisen ehkäisemisestä, toimista häiriö- ja muissa poikkeustilanteissa, muista toimista joilla ehkäistään ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa.” YSL (527/1994) 52 §:n 3. momentin mukaan: ”Päästöraja-arvoa sekä päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevien lupamääräysten tulee perustua parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan (BAT).” Esimerkiksi lupaviranomainen voi ympäristölupapäätöksessään velvoittaa toimijaa vähentämään hajuhaittojen syntymistä ympäristöön erilaisilla käytännön toimenpiteillä kuten teknisillä vaatimuksilla hajukaasujen poistojärjestelmään, hajukaasuille asetettavilla raja-arvoilla tai velvoittamalla toimijaa tekemään hajupitoisuusmittauksia olfaktorisesti toiminnan käynnistyttyä (Aluehallintovirasto 2012b, Aluehallintovirasto 2013).

Mikäli toiminnan tiedetään jo ennalta aiheuttavan hajuhaittoja, on toimijan ympäristölupahakemuksessa selvitettävä millainen toiminta hajuhaittoja synnyttää sekä millaisilla toimenpiteillä toiminnanharjoittaja aikoo estää hajuhaittojen syntymisen normaalitoiminnan yhteydessä sekä häiriötilanteen

sattuessa. Tammivuoren (2012) mukaan ympäristölupapäätösten määräykset hajujen raja-arvoihin liittyen ovat kuitenkin hyvin vaihtelevia eikä selkeää yhtenäistä linjaa ympäristölupapäätöksissä ole nähtävissä, kuten seuraavista ympäristölupa-esimerkeistä on havaittavissa.

Jyväskylän Mustankorkean jätteenkäsittelykeskuksen biokaasulaitoksen ympäristöluvan lupamääräyksissä on mainittu: ”Toiminta ei saa aiheuttaa toistuvia hajuhaittoja. Hajukaasujen käsittelyssä ja hajujen poistossa on käytettävä parasta käyttökelpoista tekniikkaa.” Lupamääräyksissä on annettu raja-arvoja liittyen poistoilman haju-, rikkivety- ja merkaptaanipitoisuudelle sekä hajukaasun poistopiipun korkeudelle. Lupaviranomainen myös velvoittaa toiminnanharjoittajan ryhtymään viipymättä toimenpiteisiin jos toiminnasta aiheutuu häiritsevää hajuhaittaa ympäristöön. (Aluehallintovirasto 2015b.)

Turun Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon ympäristöluvan lupamääräyksissä toiminnanharjoittajalta vaaditaan: ”Keräämään prosesseissa syntyvät hajukaasut yhteen ja johtamaan ne hallitusti piipun kautta ulkoilmaan siten, että päästöstä ei aiheudu hajuhaittaa ympäristössä.” Lupaehdoissa on myös asetettu vaatimus poistopiipun päästökaasun nousunopeudelle. (Aluehallintovirasto 2012a.)

Espoon Suomenojan jätevedenpuhdistamon ympäristöluvan lupamääräyksissä asetetaan ehtoja hajupäästöille seuraavasti: ”Toiminta on liikenne ja huolto- ja korjaustyöt mukaan lukien toteutettava siten, että haitallisia haju-, pöly- ja muista päästöjä ilmaan sekä melua syntyy mahdollisimman vähän.” ”Biokaasun käsittely on tehtävä siten, että siitä aiheutuvat hajuhaitat ja muut haitat ovat mahdollisimman vähäisiä.” ”Poistokaasun puhdistukseen käytettävä aktiivihiilisuodatin tulee vaihtaa riittävän usein puhdistustehon säilyttämiseksi.” (Aluehallintovirasto 2015a.)

2.11 Hajuvalitukset ja niihin liittyvät viranomaiskäytänteet

Hajusta tulee yleensä vasta sitten todellinen ratkaisua vaativa ympäristöongelma, kun riittävän moni alueen asukas valittaa samankaltaisesta hajuhaitasta kunnalliselle viranomaiselle, kuten Haminan jätevesilietteiden aumakompostoinnin osalta tapahtui vuosia sitten (Lyytimäki 2006, Yle 4.4.2009). Hajuperäinen viihtyvyyshaitta ratkaistaan aina tapauskohtaisesti hajulähteen ja -alueen mukaan (Arnold 1995, Arnold ym. 2006).

Kunnan terveydensuojeluviranomaisen tulee puuttua ympäristössä havaittuihin hajuhaittoihin Terveydensuojelulain (763/1994) 6 §:n nojalla: ”Kunnan tehtävänä on alueellaan edistää ja valvoa terveydensuojelua siten, että asukkaille turvataan terveellinen elinympäristö.” ”Kunnan on tiedotettava terveydensuojelusta ja järjestettävä terveydensuojelua koskevaa ohjausta ja neuvontaa”. Kunnassa toimivalla terveydensuojeluviranomaisella on Terveydensuojelulain (763/1994) 51§:n mukaan: ”Oikeus antaa yksittäisiä kieltoja ja määräyksiä, jotka ovat välttämättömiä terveyshaitan poistamiseksi tai sen ehkäisemiseksi. ”

Kun kunnan terveydensuojeluviranomaiselle ilmoitetaan ulkoilmassa esiintyvästä toistuvasta hajuhaitasta, niin viranomainen voi kehottaa asukasta pitämään hajuhaitan esiintymisestä hajupäiväkirjaa, sillä tämä auttaa hajuongelman todentamisessa ja ratkaisemisessa. Hajupäiväkirjaan olisi hyvä kirjata ylös tarkat päivämäärät ja kellonajat milloin hajua esiintyy, hajun voimakkuuden kuvaus esimerkiksi kolmiportaisella asteikolla (0-3) sekä pyrkiä kuvailemaan hajun luonnetta sanallisesti. Mikäli hajuhaitan aiheuttaja pystytään helposti selvittämään, niin terveydensuojeluviranomainen keskustelee mahdollisimman pian toimijan kanssa ja pyrkii selvittämään yhdessä toimijan kanssa millaisesta toiminnasta hajuhaitta on peräisin. Viranomainen velvoittaa toimijan selvittämään hajuhaitan syntymiseen johtavat syyt sekä ryhtymään toimenpiteisiin hajuhaitan syntymisen ehkäisemiseksi. (Sahi 2017.)

Ympäristössä esiintyvät hajuhaitat eivät aina ole kovin helposti ratkaistavissa edes viranomaisen toimesta, sillä pelkästään alkuperäisen hajulähteen selvittäminen voi viedä aikaa. Tarvittaessa selvitysten apuna käytetään ulkopuolisia konsultteja jotka keskittyvät selvittämään hajuhaitan esiintymistä sekä voimakkuutta. Hajuhaittojen esiintymisen jälkeen toimijaa usein myös velvoitetaan seuraamaan hajuhaittojen esiintyvyyttä lähiympäristössä määrätyn ajan sekä raportoimaan viranomaiselle hajuseurannan tuloksista. (Sahi 2017.)

2.12 Hajuhaittojen torjuminen teknisillä menetelmillä

Teollisuus- ja käsittelylaitoksissa käytössä olevat tekniset ratkaisut, jotka nojaavat parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan (BAT) ympäristölupaehtojen mukaisesti ovat vähentäneet merkittävästi laitoksista peräisin olevia hajuhaittoja. Laitoksista peräisin olevien hajuhaittojen syynä onkin useasti prosessiin liittyvät häiriöt tai tuotannon ylös- ja alasajotilanteet (Räsänen ym. 2001).

Viihtyvyyshaittoja aiheuttavat hajupäästöt ovat yleensä laimeita kaasuja, jotka olemassa olevissa pitoisuuksissa eivät aiheuta väestölle terveyshaittaa. Tällöin niiden aiheuttama hajuongelma voidaan ratkaista laimentamisperiaatteella eli päästöt ohjataan riittävän korkeaan piippuun josta ne laimenevat riittävissä määrin ennen kuin hajua aiheuttavat yhdisteet tavoittavat ihmisnenän (Arnold 1995). Poistopiipun riittävä korkeus määritetään rakennusvaiheessa tehtävien leviämislaskelmien avulla. Savukaasujen nousunopeuden säätämisellä voidaan myös vaikuttaa hajuyhdisteiden leviämiseen. (Arnold 1995.) Teollisuus- ja tuotantolaitosten prosesseissa syntyviä hajuhaittoja pyritään ehkäisemään erilaisilla savukaasujen puhdistus- ja suodatustekniikoilla, kuten kemiallisilla suodattimilla ja pesureilla joissa voidaan hyödyntää aktiivihiiltä tai natriumhydroksidia (Hansen ja Rindel 2000, Sanchez ym. 2006).

Jätekeskuksissa ulkona tapahtuva jätevesilietteen aumakompostointi aiheuttaa hajuhaittoja ympäristöönsä jopa 1-2 km etäisyydelle sopivissa olosuhteissa. Hajuyhdisteiden muodostumista voidaan ennaltaehkäistä ylläpitämällä aumoissa aerobisia olosuhteita, jolloin haisevia yhdisteitä syntyy merkittävästi vähemmän kuin anaerobissa olosuhteissa. Hapen ohella myös kompostiauman pH-arvo vaikuttaa mm. ammoniakin ja rikkivedyn muodostumiseen. Aumoissa syntyviä ja ilmaan haihtuvia hajuyhdisteitä voidaan myös pyrkiä adsorboimaan sopivaan materiaaliin, kuten turpeeseen, saveen, puutuhkaan tai aktiivihiileen. (Arnold 1995). Myös aumojen ilmastus ja kääntäminen kannattaa tehdä sopivien tuulensuuntien vallitessa niin, että tuulensuunta olisi läheisestä asutuksesta poispäin (Kiljunen 2015).

Jätevesiviemäreiden osalta ympäristöön leviäviä hajuongelmia voidaan vähentää hyvällä putkiston suunnittelulla, optimaalisella pumppaamoiden sijoittelulla, lisäämällä verkoston tuuletusta sekä sitomalla jäteveden rikkiyhdisteet kemikaalikäsittelyllä. Viemäristössä syntyvien hajukaasujen poistoon voidaan myös käyttää kemiallista tai biologista savukaasujen suodatusta jätevesipumppaamoiden yhteydessä. Jätevesiviemäriverkoston aiheuttamien hajuongelmien torjumiseen on olemassa useita keinoja ja kulloinkin käyttöön otettava menetelmä on ratkaistava tapauskohtaisesti, koska menetelmät soveltuva yleensä tiettyihin olosuhteisiin parhaiten. (Räsänen ym. 2001.)

3 MATERIAALIT JA MENETELMÄT

3.1 Mustankorkea Oy

Mustankorkea Oy on Jyväskylän, Laukaan, Toivakan ja Muuramen kuntien omistama jäteyhtiö, jonka jätekeskus sijaitsee hieman alle viiden kilometrin

etäisyydellä Jyväskylän keskustasta. Mustankorkea Oy:n toimialueella asuu hieman yli 170 000 asukasta ja toimialue kattaa kaikki omistajakunnat. Mustankorkea Oy vastaa jätehuollon päivittäisestä käytännön toteuttamisesta; jätteiden keräyksestä, vastaanotosta, käsittelystä ja hyödyntämisestä sekä jäteneuvonnasta kuntalaisille. (Mustankorkea 2018a.)

Mustankorkea Oy:n jätekeskuksen aiheuttamia ympäristövaikutuksia (hajuhaitta, roskaantuminen, melu, pöly ja muut vaikutukset ympäristöön) on seurattu vuodesta 2002 ympäristöpaneelin avulla ja paneeliin on voinut osallistua täyttämällä Mustankorkea Oy:n kotisivuilta löytyvän ympäristöpaneeli-lomakkeen. Kuka tahansa lähiseudun asukas tai satunnainen ulkoilija alueen läheisyydessä on voinut ilmoittaa ympäristöhavainnoista reaaliaikaisesti kaavakkeen avulla. Havainnoista toimitetaan tieto välittömästi valvovalle viranomaiselle ja tuloksista laaditaan vuosittainen yhteenveto. Yhteenvedon toimittaa Mustankorkean toimittamien havaintotietojen perusteella ulkopuolinen konsultti. (Aho 2016, Kiljunen 2017.)

Lokakuun 11. päivä 2016 Mustankorkean jätekeskuksen alueella tapahtui mittava tulipalo, jossa alueella sijainnut kompostointilaitos tuhoutui pahoin (Aho 2016a, Mustankorkea 2016). Tulipalo oli saanut alkunsa alueella tehdyistä rakennustöistä (Yle uutiset 5.5.2017). Kompostointilaitoksessa oli käsitelty ympäristölupaehtojen mukaisesti vuosittain noin 30 000 tonnia karjanlantaa, biojätteitä ja jätevedenpuhdistamon lietteitä (Aho 2016a, Mustankorkea 2016). Kompostointilaitoksessa tapahtuneen tulipalon seurauksena jätekeskuksessa syntyi poikkeustilanne, jonka aikaisesta toiminnasta antoi päätöksen Mustankorkea Oy:n valvova viranomainen Keski-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen kanssa (Aho 2016a, Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2016). Poikkeustilanteen ajan kompostointilaitoksen toiminta piti korvata loppuvuodesta 2016 alkaen muilla vaihtoehdoilla usean kuukauden ajan, kunnes

uudet biokaasu- ja kompostointilaitokset valmistuisivat Mustankorkealle (Aho 2016a, Burman 2016, Mustankorkea 2016). Syntyneen poikkeustilanteen aikana Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy:n Nenäinniemen jätevedenpuhdistamolta syntynyttä mädätettyä puhdistamolietettä käsiteltiin aumakompostoimalla Mustankorkean jätekeskuksen jälkikypsytyskentällä (Kuva 3) (Burman 2016, Jyväskylän seudun puhdistamo 2017).

Kuva 3. Ilmakuva Mustankorkean jätekeskuksesta. Jälkikypsytyskenttä näkyvissä kuvan vasemmassa yläreunassa. (Mustankorkea 2017)

Päivittäin lietekuormat jätevedenpuhdistamolta saapuivat Mustankorkealle aina aamupäivisin klo 10–12 välisenä aikana (Sormunen 2017). Jälkikypsytyskentälle saapuneet lietekuormat peitettiin välittömästi turpeella tai kypsällä kompostilla hajuhaittojen minimoimiseksi (Aho 2016a). Aumojen tukiaineina käytettiin puumurskaa sekä turvetta (Sormunen 2017). Yhden viikon puhdistamolietteet rakennettiin aina yhdeksi aumaksi, joka merkittiin puurimalla. (Burman 2016.)

Päivittäin iltapäivisin jälkikypsytyksessä olevia aumoja käänneltiin ja seulottiin kompostoinnin onnistumiseksi (Burman 2016, Sormunen 2017). Hajuhaittojen minimoimiseksi aumat pyrittiin peittämään mahdollisimman nopeasti kypsällä kompostiaineksella tai turpeella (Burman 2016). Lieteaumojen turvepitoisuutta pyrittiin kypsytysprosessissa optimoimaan niin, että hajuhaitat ympäristössä olisivat mahdollisimman vähäiset (Sormunen 2017). Käsittelykentällä olevien aumojen käännöt pyrittiin tekemään ympäristöluvan mukaisesti niin, että vallitseva tuulensuunta olisi poispäin asutuksesta eli tuulensuunta olisi etelän tai lounaan suuntaan jätekeskukselta. Tällä pyrittiin vähentämään aumojen käännöistä syntyvää hajuhaittaa lähiympäristöön. (Kiljunen 2017.) Riittävän pitkälle kompostoituneet aumamassat siirrettiin käsittelykentältä jälkikypsytysalueelle, jossa kompostoinnin edistymistä seurattiin Mustankorkean omavalvontasuunnitelman mukaisesti (Burman 2016).

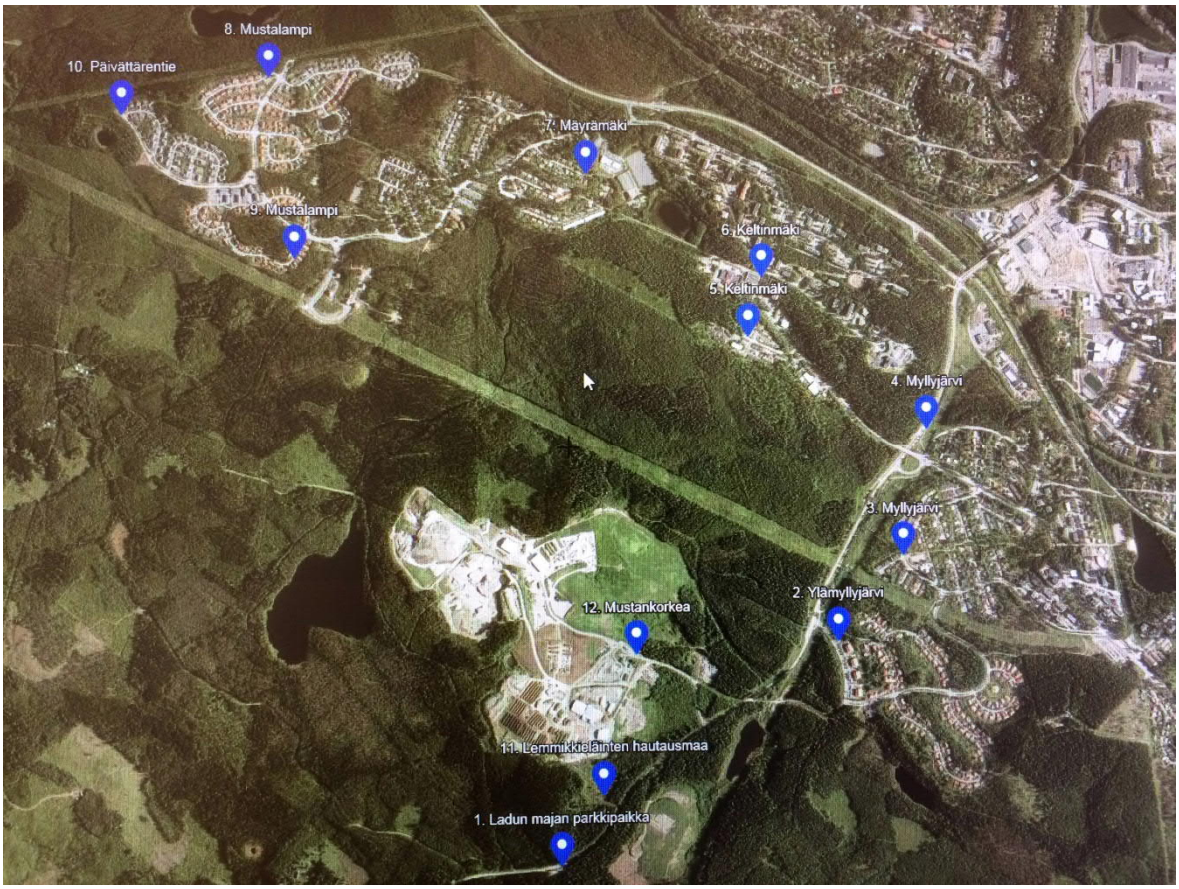
3.2 Hajupaneeliseurannan toteutus

Kompostointilaitoksen tulipalon vuoksi syntyneen poikkeustilanteen takia alueen ympäristössä esiintyviä haittoja ja häiriöitä pyrittiin estämään mahdollisuuksien mukaan (Aho 2016a). Mustankorkean poikkeustilannesuunnitelmassa oli kiinnitetty erityisesti huomiota syntyviin hajuhaittoihin sekä niiden torjuntaan. Tästä syystä lähiympäristön hajuseuranta päätettiin toteuttaa yhdessä Jyväskylän yliopiston kanssa (Aho 2016a, Burman 2016). Marraskuussa 2016 Mustankorkea Oy solmi Jyväskylän yliopiston Bio- ja ympäristötieteen laitoksen kanssa sopimuksen viikoittaisesta hajupaneeliseurannan toteuttamisesta Mustankorkean jätekeskuksen ympäristössä.

Hajupaneelikierroksia tehtiin kahdesti viikossa viikot 47 – 52 vuonna 2016 (marras - joulukuu) ja viikot 1-10 vuonna 2017 (tammi - helmikuu). Vuoden 2017 maaliskuun toisesta viikosta lähtien hajupaneelikierrokset vähentyivät tehtäväksi kerran viikossa, kuten alun perin oli projektin aloituspalaverissa sovittu.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan hajupaneeliseurannan piti muuttua kerran viikossa tehtäväksi jo tammikuun alusta, mutta hajuhaittojen esiintymisen vuoksi tiheämpää seurantaa jatkettiin vielä helmikuun loppuun. Hajupaneeliseurannan ensimmäinen vaihe kesti vuoden 2017 kesäkuun loppuun. Hajupaneeliseurantaa kuitenkin jatkettiin valvontaviranomaisen vaatimuksesta ensin syyskuun loppuun ja lopulta vuoden 2017 loppuun. Seurantaa tehtiin kerran viikossa.

Hajupaneeliseurantaan Mustankorkean henkilökunta oli ennalta valinnut 11 kpl havaintopisteitä Mustankorkean ympäristöstä (KUVA 4).



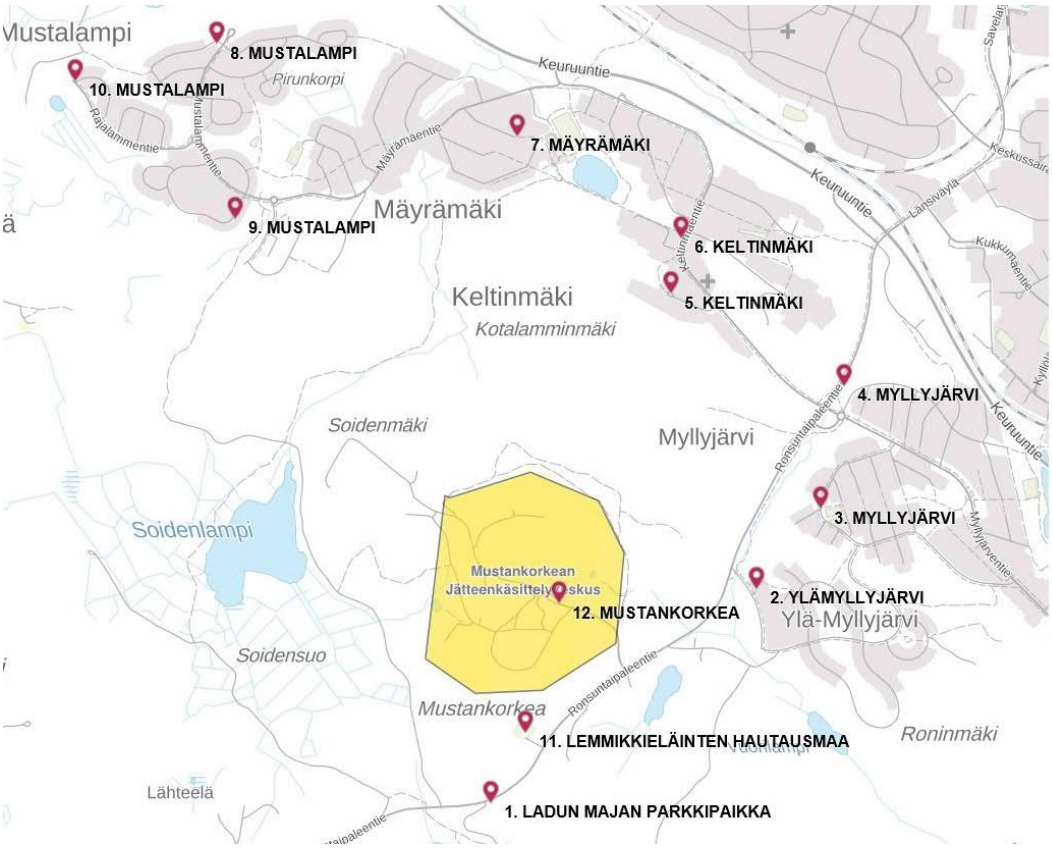
Kuva 4. Ilmakuva havaintopisteiden sijainnista Mustankorkean jätekeskukseen (piste 12) nähden. (Maanmittauslaitos Karttapaikka 2018).

Havaintopisteiden valinnassa oli huomioitu ympäristöpaneelin kautta tulleet aiemmat hajupalautteet sekä asutuksen sijoittuminen lähialueella.

Havaintopisteisiin lisättiin vielä viimeiseksi kohteeksi (12.piste) Mustankorkean jätekeskuksen vaaka-aseman edusta, jonka avulla oli tarkoitus seurata millainen hajutilanne jätekeskuksessa vallitsee havaintokierroksen aikana. Havaintopisteiden etäisyys Mustankorkean vaaka-asemasta mitattuna oli maksimissaan 3 km (Maanmittauslaitos 2017).

Sovitut havaintopisteet olivat (KUVA 5):

1. Ladun majan parkkipaikka- Ronsuntaipaleentie 279
2. Ylämyllyjärvi- Huhtalammentie 3
3. Myllyjärvi- Seulan risteys- Seula 1
4. Myllyjärvi- Ronsuntaipaleentie 137
5. Keltinmäki – Kultalakintie 7
6. Keltinmäki- Sale Keltinmäki parkkipaikka – Keltinmäentie 13
7. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11–13
8. Mustalampi – Kevättärentie 26
9. Mustalampi- Päivättärentie 24
10. Mustalampi- Usvattarentie 8
11. Lemmikkieläinten hautausmaa – Ronsuntaipaleentie 248
12. Mustankorkean vaaka-asema – Ronsuntaipaleentie 204



Kuva 5. Havaintopisteiden asettuminen Mustankorkean jätekeskukseen nähden (Maanmittauslaitos Paikkatietoikkuna 2018).

Hajupaneeliseuranta toteutettiin autolla kiertäen edellä listatut havaintopisteet seuraavassa järjestyksessä:

1. Keltinmäki – Kultalakintie 7 (piste 5)
2. Keltinmäki- Sale Keltinmäki parkkipaikka – Keltinmäentie 13 (piste 6)
3. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11–13 (piste 7)
4. Mustalampi – Kevättärentie 26 (piste 8)
5. Mustalampi- Päivättärentie 24 (piste 10)
6. Mustalampi- Usvattarentie 8 (piste 9)
7. Myllyjärvi- Seulan risteys- Seula 1 (piste 3)
8. Ylämyllyjärvi- Huhtalammentie 3 (piste 2)
9. Ladun majan parkkipaikka- Ronsuntaipaleentie 279 (piste 1)

10. Lemmikkieläinten hautausmaa – Ronsuntaipaleentie 248 (piste 11)
11. Mustankorkean vaaka-asema – Ronsuntaipaleentie 204 (piste 12)
12. Myllyjärvi - Ronsuntaipaleentie 137 (piste 4)

Havaintopisteet kierrettiin kyseisessä järjestyksessä ajoreitin optimoimiseksi jotta edestakaisin ajelua olisi mahdollisimman vähän. Hajupaneeli toteutettiin pysähtymällä jokaisessa merkityssä havaintopisteessä ja viettämällä ulkoilmassa aikaa noin kolmen minuutin ajan. Havaintopisteessä ilmaa pyrittiin nuuskimaan voimakkaasti eri ilmansuunnista. Vallitsevasta hajusta kerättiin tiedot hajuhaitan voimakkuudesta asteikolla 0-3 sekä vapaamuotoinen sanallinen kuvaus. Muistiinpanoihin merkittiin myös muut poikkeavat havainnot havaintopisteen ilmanlaadusta.

Hajuhaitan voimakkuus määriteltiin asteikolla:

- 0 = ei merkitystä
- 1= vähäinen
- 2= selvä
- 3= voimakas

Ajankohta havaintokierrokselle oli satunnainen, kuten oli ollut myös vuonna 2006 Jyväskylän yliopiston opiskelijoiden suorittamilla kenttähavainnointikierroksilla (Hokkanen ja Ikonen 2006). Suoritusaika vaihteli klo 8-21 välillä, yleisin toteutumisajankohta oli klo 14–20 välillä. Mikäli kierroksella havaittiin voimakasta hajua (voimakkuus 3) tuli ottaa yhteys Mustankorkealle, jotta mahdollinen hajua aiheuttava toiminta jätekeskuksella voitaisiin keskeyttää ja jatkaa myöhemmin. Jätekeskukselle tuli myös olla yhteydessä jos hajuhaittoja havaittiin useammassa kuin kolmessa tarkkailupisteessä tai tarkkailukierroksella havaitsi jotain muuta poikkeuksellista tai voimakasta hajua. Kierroksen aikana seurannan tulokset kirjattiin tarkasti ylös ja siirrettiin myöhemmin Excel-taulukkoon, joka oli jaettu

pilvipalvelun kautta Mustankorkea Oy:n viestintä- ja ympäristöpäällikkö Piia Ahon sekä tuote- ja kehityspäällikkö Kai Sormusen kanssa.

3.3 Reaaliaikainen säänseuranta

Mustankorkean jätekeskuksen alueella toimii automaattinen sääasema joka mittaa sekä tallentaa määrätyin aikavälein tiedot alueen ulkoilman lämpötilasta, sademäärästä, ilmankosteudesta sekä tuulen suunnasta ja nopeudesta. Havainnointikierroksen säätiedot sai reaaliaikaisena Mustankorkean sääasemalta kirjautumalla palveluun annetuilla käyttäjätunnuksilla. Säätiedot kirjattiin ylös aina ensimmäisessä tarkkailupisteessä Keltinmäessä Kultalakintiellä (piste 5). Mikäli sääaseman tuulitiedot näyttivät tässä vaiheessa tyyntä (<0,4 m/s), niin tuulisuustiedot tarkastettiin vielä kertaalleen kierroksen aikana useimmiten puolivälissä kierrosta Mustalammen Usvattarentiellä (piste 9) ja täydennettiin tietoihin tarvittaessa. Jos tarkkailukierroksella oli havaittavissa selvää tuulenvirettä, mutta sääasema ilmoitti tuulennopeudeksi 0 m/s, niin tuulisuustiedot tarkastettiin Ilmatieteenlaitoksen nettisivuilta Jyväskylän havaintopisteestä.

4 TULOKSET

4.1 Marraskuu 2016

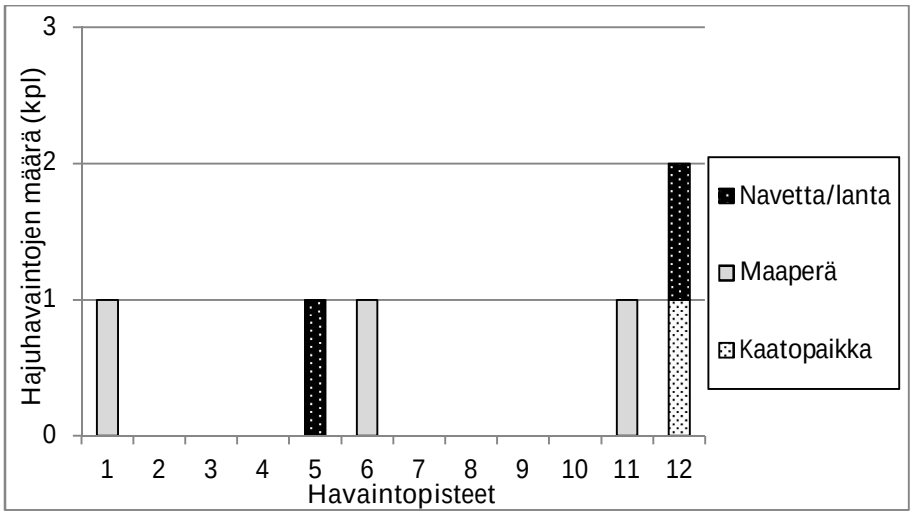
Hajupaneelin ensimmäisenä kuukautena havaintokierroksia ehdittiin tehdä yhteensä kolme, joilla havaittiin pääasiallisesti vähäisiä hajuja (Taulukko 2). Ensimmäisellä havaintokierroksella keskiviikkona 23.11. havaittiin yhteensä neljä eri hajuhavaintoa. Vähäisiä hajuja esiintyi Ladun majalla, Keltinmäessä (piste 5 ja piste 6), joissa haju muistutti hieman imelää maaperämaista hajua tai navettaa

(Kuva 6). Voimakkain hajuesiintymä oli Mustankorkean vaaka-asemalla jossa esiintyi voimakas lantaa muistuttava haju.

Taulukko 2. Marraskuun 2016 hajuhavainnot ja havaintojen voimakkuudet havaintopisteittäin.

Havaintopiste	Havainto-määrä (kpl)	Hajuhavainnon voimakkuus (kpl)		
		1=vähäinen	2= selvä	3= voimakas
1. Ladun majan parkkipaikka-Ronsuntaipaleentie 279	1	1	0	0
2. Ylämyllyjärvi - Huhtalammentie 3	0	0	0	0
3. Myllyjärvi- Seulan ja Tuulimyllyntien risteys	0	0	0	0
4. Myllyjärvi- Ronsuntaipaleentie 137	0	0	0	0
5. Keltinmäki - Kultalakintie 7	1	1	0	0
6. Keltinmäki - Sale - Keltinmäentie 13	1	1	0	0
7. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11-13	0	0	0	0
8. Mustalampi- Kevättärentie 26	0	0	0	0
9. Mustalampi -Usvattarentie 8	0	0	0	0
10. Mustalampi- Päivättärentie 24	0	0	0	0
11. Lemmikkieläinten hautausmaa - Ronsuntaipaleentie 248	1	1	0	0
12. Mustankorkean vaaka-asema-Ronsuntaipaleentie 204	2	1	0	1
Yhteensä	6	5	0	1

Sunnuntaina 27.11. ja maanantaina 28.11. Lemmikkieläinhautausmaan ja Mustankorkean jätekeskuksen havaintopisteissä esiintyi lieviä hajupäästöjä (Liite 1). Jätekeskuksen hajuesiintymästä oli tunnistettavissa selvä kaatopaikkoihin liitettävä haju. Lemmikkieläinhautausmaalla vallitsevan hajun luonne toi mieleen kostean orgaanisen maaperän (Kuva 6).



Kuva 6. Marraskuussa havaittujen hajujen luonnekuvaukset ja havaintomäärät havaintopisteittäin.

4.2 Joulukuu 2016

Joulukuun aikana hajuhavaintokierroksia tehtiin yhteensä 11 kpl. Kaksi kierroksista oli ylimääräisiä tarkastuskierroksia. Toinen lisäkierros tehtiin maanantaina 12.12. liittyen Mustankorkean ympäristöpaneelin kautta tulleeseen asukkaan hajuilmoitukseen ja toinen maanantaina 19.12. liittyen Mustankorkean jätekeskuksella havaittuun voimakkaaseen pahanhajuiseen hajuesiintymään. Hajuhavaintoja joulukuussa kertyi reilusti marraskuuta enemmän (Taulukko 3).

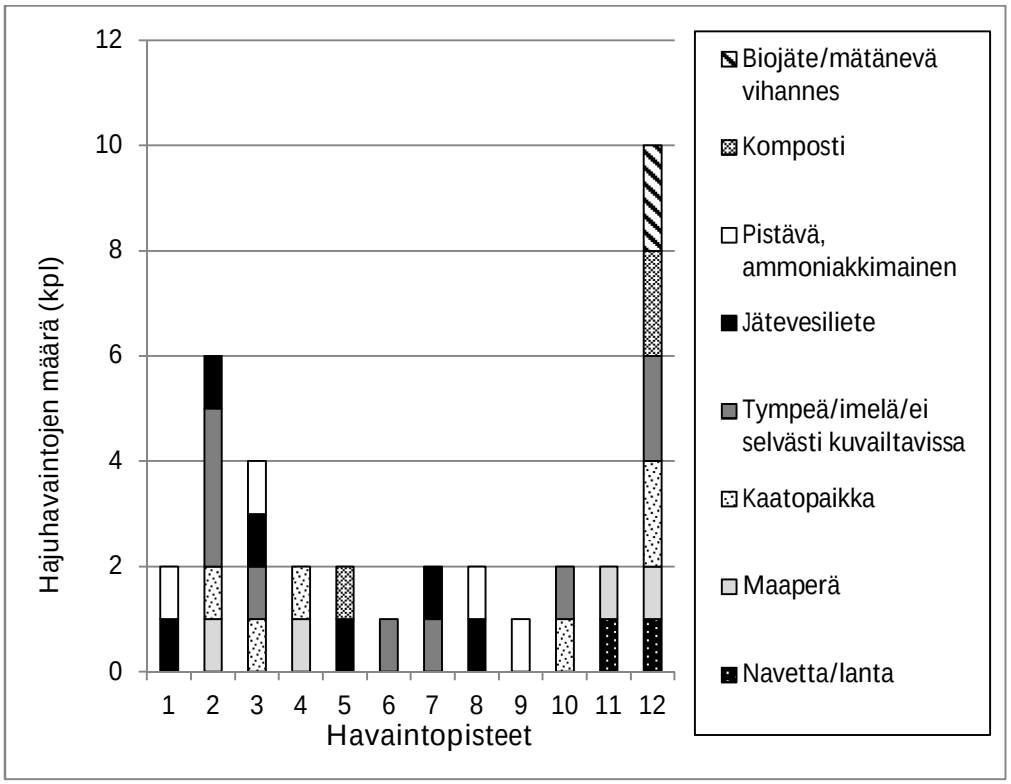
Hajuesiintymien määrä havaintokierroksilla vaihteli 1-8 välillä (Liite 1-3). Kuukauden aikana jokaisessa havaintopisteessä havaittiin vähintään vähäisiä hajuesiintymiä (Taulukko 3). Suurin osa kuukauden hajuhavainnoista oli voimakkuudeltaan vähäisiä tai kohtalaisia. Voimakkaimmat hajuhavainnot keskittyivät Mustankorkean jätekeskukselle, Ladun majalle, Ylämyllyjärvelle, Myllyjärvelle (piste 3) ja Mäyrämäkeen (Taulukko 3). Voimakkaimpien hajuesiintymien luonnetta kuvailtiin sanoilla: jätevesilietteen haju, lanta, mätänevä vihannes ja biojäte (Kuva 7, Kuva 8).

Taulukko 3. Joulukuun 2016 hajuhavainnot ja havaintojen voimakkuudet havaintopisteittäin.

Havaintopiste	Havainto-määrä	Hajuhavainnon voimakkuus		
		1=vähäinen	2= selvä	3= voimakas
1. Ladun majan parkkipaikka-Ronsuntaipaleentie 279	2	1	0	1
2. Ylämyllyjärvi - Huhtalammentie 3	6	4	2	0
3. Myllyjärvi- Seulan ja Tuulimyllyntien risteys	4	1	2	1
4. Myllyjärvi- Ronsuntaipaleentie 137	2	1	1	0
5. Keltinmäki - Kultalakintie 7	2	0	2	0
6. Keltinmäki - Sale - Keltinmäentie 13	1	1	0	0
7. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11-13	2	1	0	1
8. Mustalampi- Kevättärentie 26	2	1	1	0
9. Mustalampi -Usvattarentie 8	1	1	0	0
10. Mustalampi- Päivättärentie 24	2	2	0	0
11. Lemmikkieläinten hautausmaa - Ronsuntaipaleentie 248	2	1	0	1
12. Mustankorkean vaaka-asema-Ronsuntaipaleentie 204	10	2	4	4
Yhteensä	36	16	12	8

Joulukuun selvästi pahin hajupäivä oli maanantaina 19.12. Mustankorkealla haisi tuona päivänä todella voimakkaasti, mutta lieteaumoja oli tästä huolimatta käännelty päivän aikana normaalisti ja peitetty välittömästi turpeella (Aho 2016b). Hajuhavaintokierros toteutettiin, koska Mustankorkealla haluttiin tietää esiintyykö hajuesiintymiä myös jätekeskuksen ympäristössä (Aho 2016b). Jätekeskuksen ulkopuolella havaittiin seitsemän eri hajuesiintymää, joista vain kaksi oli luokiteltavissa vähäisiksi; Ronsuntaipaleentiellä (piste 4) ja Keltinmäessä (piste 6) (Liite 1). Vähäisten hajuesiintymien luonne muistutti lähinnä kostean orgaanisen maaperän hajua, kuten märkää turvetta. Muiden havaintopisteiden haju oli selvemmin kuvailtavissa jätevesilietteen hajuksi. Mustankorkean pohjoispuolella Mustalammen pientaloalueella (piste 8) hajuesiintymässä oli eroteltavissa jätevesilietteen hajun lisäksi erityyppinen pistävä haju (Kuva 7).

Mäyrämäessä (piste 7) lietteen haju oli niin voimakas, että se oksetti. Kierros suoritettiin noin klo 18 aikaan illalla, joten mitään lieteaumojen kääntelyä ei enää tuohon aikaan tehty, tuuli oli hyvin heikkoa alle 1 m/s.

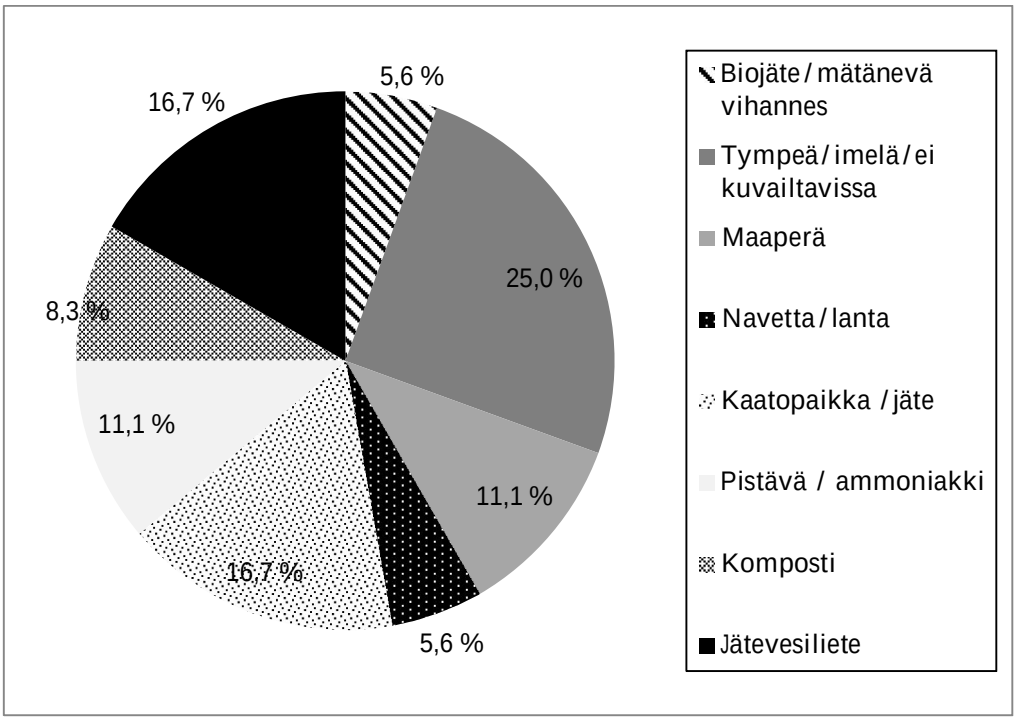


Kuva 7. Joulukuussa havaittujen hajujen luonnekuvaukset ja havaintomäärät havaintopisteittäin.

Erityyppisiä hajuja esiintyi paljon myös kuukauden alussa perjantaina 2.12. jolloin havaintoja kertyi yhteensä kuusi (Liite 1-3). Melkein kaikki hajuesiintymät olivat lieviä, ainoastaan Ladun majalla (piste 1) jätevesiliete haisi voimakkaasti ja Ylä-Myllyjärven (piste 3) hajuesiintymä oli selvästi pistävänkaltainen hajultaan navetan lantaan vivahtava. Muualla hajuesiintymät olivat joko imeliä tai tympeitä (piste 2, piste 8 ja piste 10) tai toivat mieleen maatuvan maaperän (piste 11).

Joulukuun aikana pistävää tai ammoniakin kaltaista esiintyi neljässä eri pisteessä (Kuva 7). Joulukuun hajuesiintymien vallitseva haju, noin neljäsosa kaikista oli tympeä imelänkaltainen haju jota ei pystynyt yksilöimään tarkemmin (Kuva 8).

Runsaasti esiintyi myös jäteveden/-lietteen kaltaista hajua sekä kaatopaikkaan tyypillisesti liitettävää hajua (Kuva 8). Vähiten esiintyi navettaan liitettävää lannan tai biojätteeseen viittaavaa hajua (Kuva 8). Joulukuun aikana tavattiin kahdeksaa erityyppistä hajua, jotka jakaantuivat eri puolille Mustankorkean jätekeskusta (Kuva 7).



Kuva 8. Joulukuun hajuesiintymien jakautuminen eri hajutyyppien kesken.

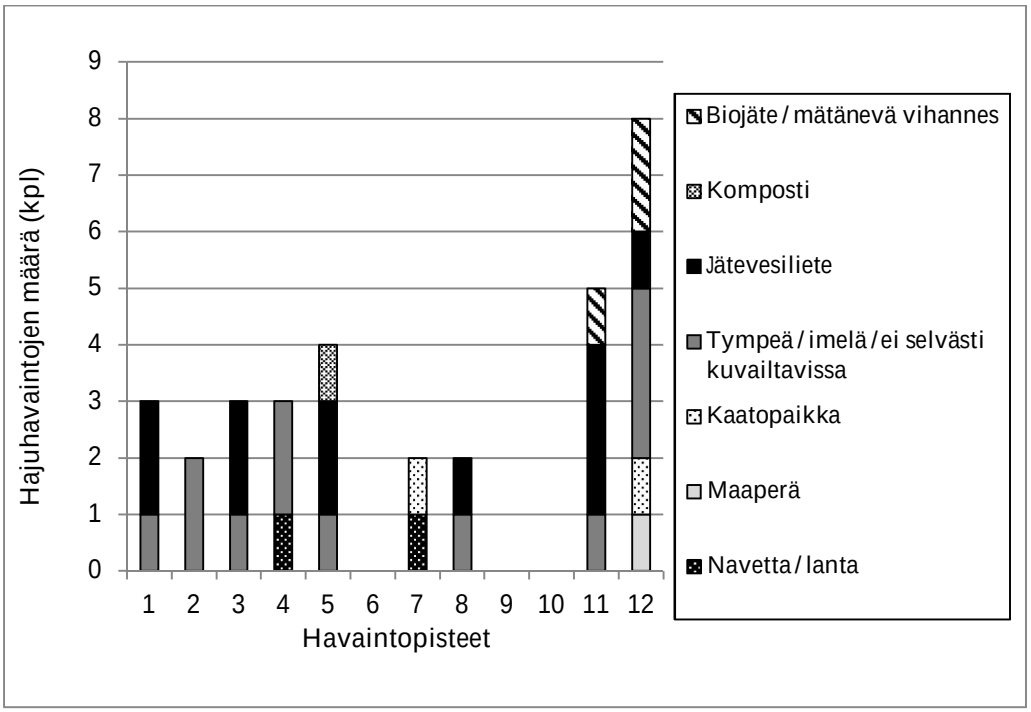
4.3 Tammikuu

Tammikuussa hajupaneelikierroksia kertyi yhdeksän kierrosta. Yhtään ylimääräistä kierrosta hajuvalitusten tai jätekeskuksen hajuesiintymien vuoksi ei tehty tammikuussa. Havaintoja kierroksilta kertyi yhteensä 32 kpl (Taulukko 4). Pääasiallisesti tammikuun hajuhavainnot olivat vähäisiä. Jokaisella kierroksella havaittiin hajuja vähintään kahdessa eri pisteessä (Liite 1-3). Tammikuun aikana Keltinmäen Salella (piste 6) ja Mustalammen havaintopisteissä 9 ja 10 ei havaittu hajuesiintymiä lainkaan (Taulukko 4, Kuva 9).

Eniten hajuja havaittiin torstaina 5.1. kuudessa eri havaintopisteessä: Mustankorkealla, Ladun majalla, Ylämyllyjärvellä, Myllyjärvellä (piste 3) ja Mäyrämäessä (piste 7, piste 8) (Liite 1-3). Havaintopisteissä joissa haju oli voimakkaimmillaan, kuten Ladun majalla ja Lemmikkieläinten hautausmaalla hajusta oli erotettavissa selvä jätevesilietteen haju. Muissa pisteissä haju oli lähinnä imelä/tympeä, jota ei pystynyt tarkemmin erottelemaan. Ladun majan pisteessä jätevesilietteen haju oli niin voimakas, että siitä tuli nopeasti oksettava olo. Havainnointikierros tehtiin illalla klo 20 aikaan ja silloin oli pakkasta -19 astetta (Liite 3).

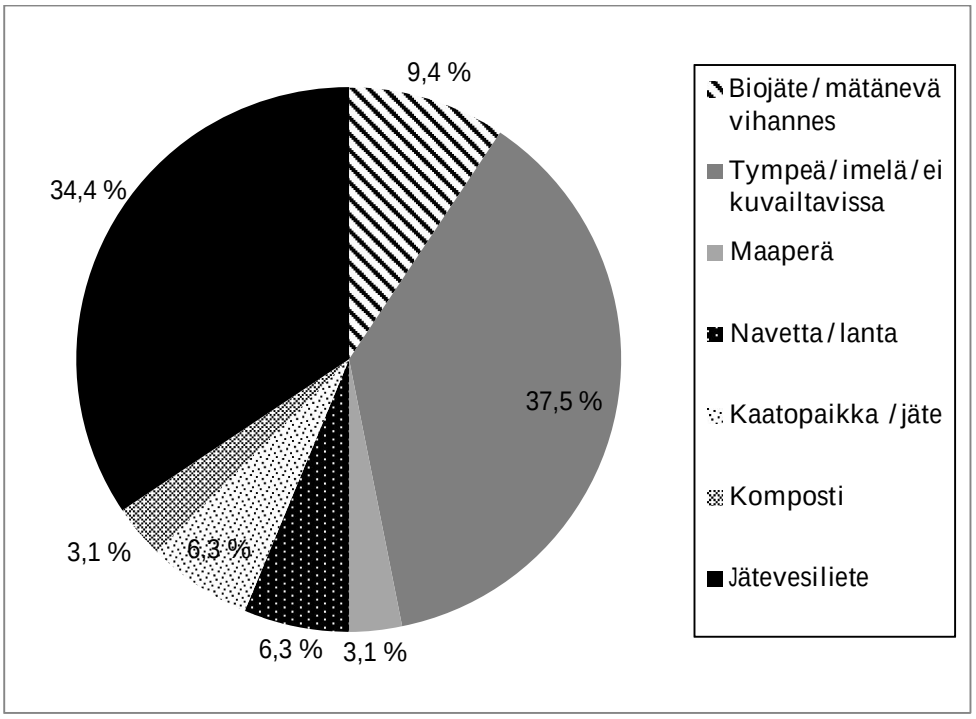
Taulukko 4. Tammikuun 2017 hajuhavainnot ja havaintojen voimakkuudet havaintopisteittäin.

Havaintopiste	Havainto-määrä	Hajuhavainnon voimakkuus		
		1=vähäinen	2= selvä	3= voimakas
1. Ladun majan parkkipaikka-Ronsuntaipaleentie 279	3	1	0	2
2. Ylämyllyjärvi - Huhtalammentie 3	2	2	0	0
3. Myllyjärvi- Seulan ja Tuulimyllyntien risteys	3	2	1	0
4. Myllyjärvi- Ronsuntaipaleentie 137	3	2	1	0
5. Keltinmäki - Kultalakintie 7	4	4	0	0
6. Keltinmäki - Sale - Keltinmäentie 13	0	0	0	0
7. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11-13	2	2	0	0
8. Mustalampi- Kevättärentie 26	2	2	0	0
9. Mustalampi -Usvattarentie 8	0	0	0	0
10. Mustalampi- Päivättärentie 24	0	0	0	0
11. Lemmikkieläinten hautausmaa - Ronsuntaipaleentie 248	5	1	2	2
12. Mustankorkean vaaka-asema-Ronsuntaipaleentie 204	8	3	3	2
Yhteensä	32	19	7	6



Kuva 9. Tammikuussa havaittujen hajujen luonnekuvaukset ja havaintomäärät havaintopisteittäin.

Tammikuussa esiintyneiden hajujen luonne oli joko jäteveteen / -lietteeseen liittyvä tai muuten tympeän / imelän kaltainen, sillä yli 70 % hajuesiintymistä luokiteltiin näihin kahteen luokkaan kuuluvaksi (Kuva 10). Pistäviä hajuja ei tavattu tammikuussa lainkaan (Kuva 10). Navetan lantaan ja kaatopaikkaan yhdistettävät hajuesiintymät tulivat vastaan vain muutaman kerran 9.1. ja 20.1. (Kuva 9).



Kuva 10. Tammikuun hajuesiintymien luonteiden jakaantuminen eri kuvauksien kesken.

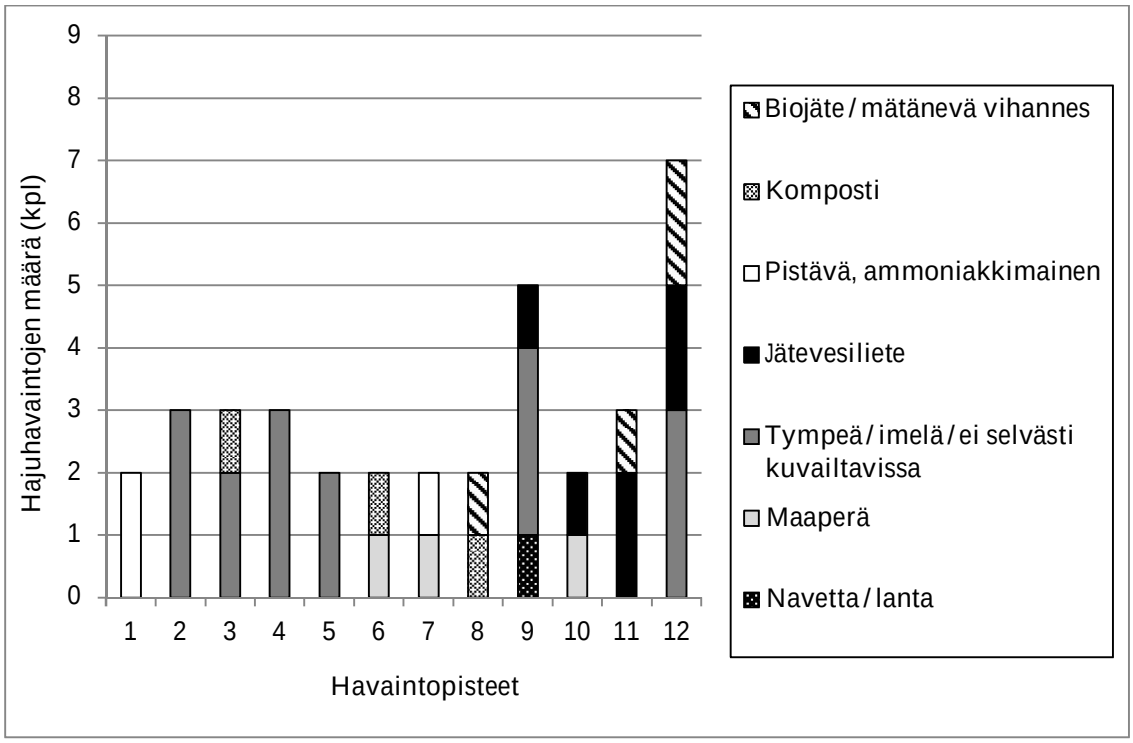
4.4 Helmikuu

Helmikuussa edelleen jatkettiin hajuhavaintokierroksia kahdesti viikossa. Kierroksia kertyi kuukauden aikana kaikkiaan yhdeksän. Helmikuussa hajuhavaintojen määrä alkoi selvästi vähentyä, sillä helmikuun alkupuolella sunnuntaina 5.2. ja torstaina 9.2. tehdyillä havaintokierroksilla ei havaittu lainkaan hajuesiintymiä (Taulukko 5, Liite 1-3). Helmikuussa voimakkaiden hajuesiintymien määrä alkoi pudota, sillä kuukauden aikana havaittiin ainoastaan yksi voimakas hajuhavainto, perjantaina 24.2. Lemmikkieläinhautausmaalla. Tämä hajuesiintymä haisi selvästi jätevesilietteelle.

Taulukko 5. Helmikuun 2017 hajuhavainnot ja havaintojen voimakkuudet havaintopisteittäin.

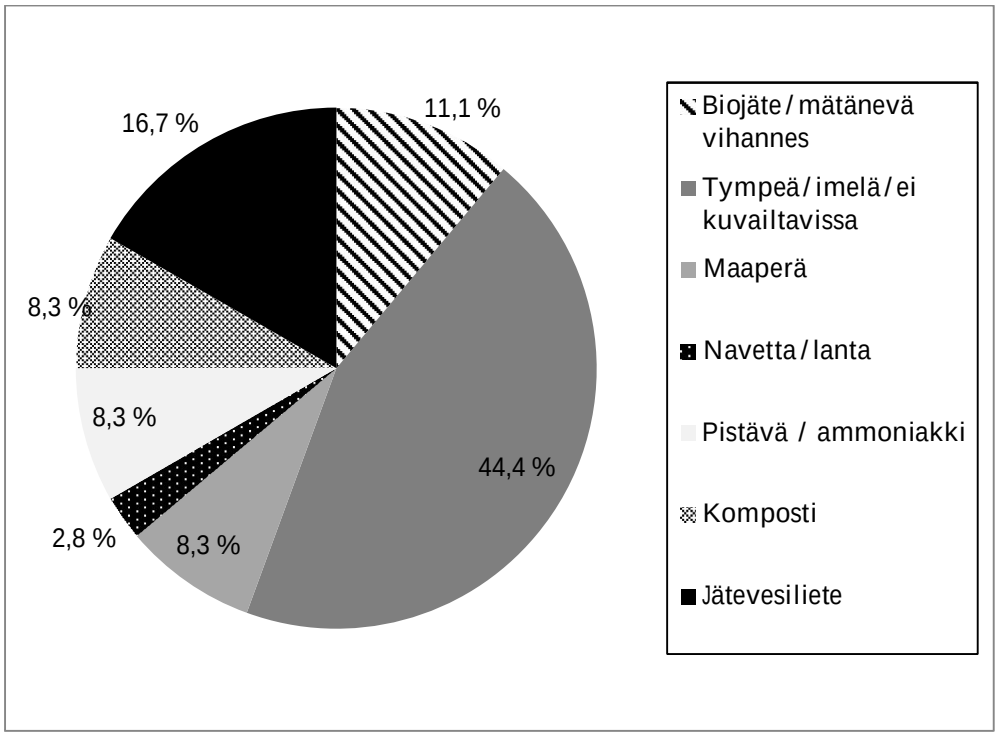
Havaintopiste	Havainto-määrä	Hajuhavainnon voimakkuus		
		1=vähäinen	2= selvä	3= voimakas
1. Ladun majan parkkipaikka-Ronsuntaipaleentie 279	2	1	1	0
2. Ylämyllyjärvi - Huhtalammentie 3	3	2	1	0
3. Myllyjärvi- Seulan ja Tuulimyllyntien risteys	3	3	0	0
4. Myllyjärvi- Ronsuntaipaleentie 137	3	3	0	0
5. Keltinmäki - Kultalakintie 7	2	2	0	0
6. Keltinmäki - Sale - Keltinmäentie 13	2	2	0	0
7. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11-13	2	1	1	0
8. Mustalampi- Kevättärentie 26	2	2	0	0
9. Mustalampi -Usvattarentie 8	5	5	0	0
10. Mustalampi- Päivättärentie 24	2	1	1	0
11. Lemmikkieläinten hautausmaa - Ronsuntaipaleentie 248	3	2	0	1
12. Mustankorkean vaaka-asema-Ronsuntaipaleentie 204	7	4	3	0
Yhteensä	36	28	7	1

Eniten hajuja esiintyi tiistaina 28.2., jolloin kertyi yhteensä yhdeksän hajuhavaintoa jätekeskus mukaan lukien (Liite 1). Hajuesiintymät olivat voimakkuudeltaan vähäisiä, mutta hajun luonteesta oli erotettavissa jätevesilietteen, maaperän ja mätänevän vihanneksen vivahteita. Useissa havaintopisteissä ilma ei ollut raikas vaan siinä oli jotain imelän/tympeän hajun vivahdetta jota ei pystynyt tarkemmin määrittelemään. Ladun majalla oli havaittavissa pistävää, ammoniakkimaista hajua, joka poikkesi selvästi muiden havaintopisteiden hajuhavainnoista (Kuva 11).



Kuva 11. Helmikuussa havaittujen hajujen luonnekuvaukset ja havaintomäärät havaintopisteittäin.

Myös keskiviikkona 15.2. aamupäivällä hajuhavaintoja kertyi runsaasti, yhteensä seitsemän. Tällöin Mustankorkealla haisi selvästi biojäte ja Mäyrämäessä (piste 7 ja piste 8) orgaaniselle maaperälle ja kompostille (Kuva 11). Ladun majalla oli havaittavissa jälleen pistävää outoa hajua, joka oli joko peräisin kompostointiaumoista tai vanhasta jätepenkasta purkautuvista kaatopaikkakaasuista. Helmikuussa hajuesiintymät olivat suurimmalta osin tympeitä tai imeliä (Kuva 12). Hajujen kirjo oli aika samankaltainen kuin tammikuussa (Kuva 12). Poikkeuksena olivat pistävät, ammoniakkityyppiset hajuesiintymät joita tavattiin kuukauden aikana kolmesti (Kuva 11).



Kuva 12. Helmikuun hajuesiintymien jakauma eri hajutyyppien kesken.

4.5 Maaliskuu

Maaliskuussa suoritettiin seitsemän havaintokierrosta, joista kaksi oli tarkastuskierroksia; maanantaina 20.3. liittyen ympäristöpaneelin kautta tulleeseen hajuilmoitukseen sekä keskiviikkona 22.3. jätekeskuksella havaittuun voimakkaaseen hajuun. Maaliskuussa hajuesiintymien määrä jatkoi laskuaan ja voimakkaimpia hajuesiintymiä tavattiin vain muutaman kerran jätekeskuksella (Taulukko 6). Selviä hajuesiintymiä tavattiin jätekeskuksen ympäristössä kuusi kertaa (Taulukko 6). Havaintopisteessä 10 Mustalammella ei tavattu kuukauden aikana ainuttakaan hajuesiintymää (Taulukko 6). Maaliskuun pahimmat hajupäivät olivat keskiviikko 22.3. ja sunnuntai 26.3 (Liite 1-3).

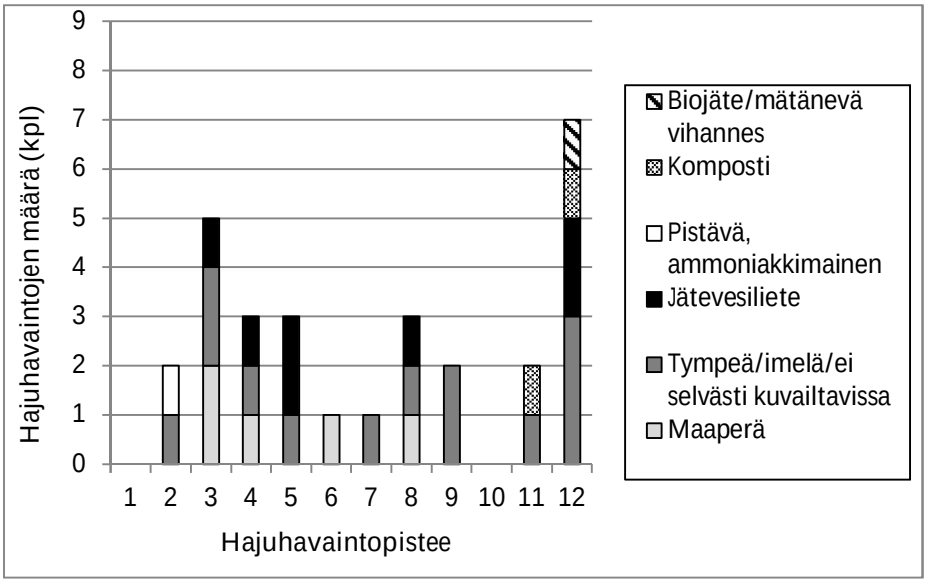
Taulukko 6. Maaliskuun 2017 hajuhavainnot ja havaintojen voimakkuudet havaintopisteittäin.

Havaintopiste	Havainto-määrä	Hajuhavainnon voimakkuus		
		1=vähäinen	2= selvä	3= voimakas
1. Ladun majan parkkipaikka-Ronsuntaipaleentie 279	0	0	0	0
2. Ylämyllyjärvi - Huhtalammentie 3	2	2	0	0
3. Myllyjärvi- Seulan ja Tuulimyllyntien risteys	5	4	1	0
4. Myllyjärvi- Ronsuntaipaleentie 137	3	2	1	0
5. Keltinmäki - Kultalakintie 7	3	1	2	0
6. Keltinmäki - Sale - Keltinmäentie 13	1	1	0	0
7. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11-13	1	1	0	0
8. Mustalampi- Kevättärentie 26	3	2	1	0
9. Mustalampi -Usvattarentie 8	2	2	0	0
10. Mustalampi- Päivättärentie 24	0	0	0	0
11. Lemmikkieläinten hautausmaa - Ronsuntaipaleentie 248	2	1	1	0
12. Mustankorkean vaaka-asema-Ronsuntaipaleentie 204	7	2	3	2
Yhteensä	29	18	9	2

Eniten hajuesiintymiä kertyi keskiviikkona 22.3. tehdyllä kierroksella (Liite 1-3). Myllyjärvellä (piste 3 ja piste 4) havaittiin selvästi tunkkaista orgaanista alkuperää olevaa hajua, Mäyrämäessä (piste 8) ja Mustalammella (piste 9) hajuesiintymät olivat vähäisiä, mutta hajun luonne oli imelä (Kuva 13). Mustankorkean jätekeskuksen henkilökunnan mukaan jätekeskuksella oli haissut voimakkaasti koko päivän ajan ja siellä oli havaittavissa voimakasta jätevesilietteen hajua (Aho 2017).

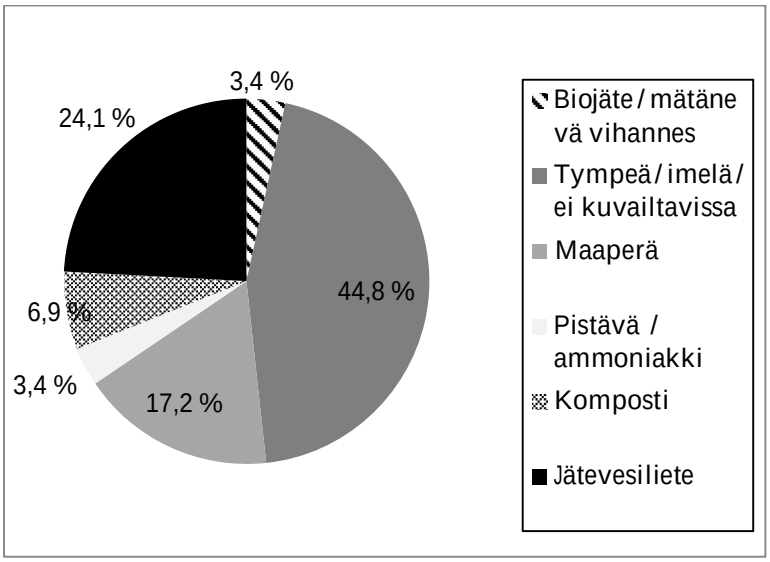
Sunnuntaina 26.3. hajuhavaintoja kirjattiin ylös yhteensä viisi kappaletta (Liite 1-2). Myllyjärvellä (piste 3) esiintyi tunkkaista orgaanista hajua ja Mäyrämäessä (piste 7 ja piste 8) haju oli hyvin imelä (Kuva 13). Mustankorkean vaaka-asemalla ja lemmikkieläinten hautausmaalla oli havaittavissa selvästi kompostimaista

hajua. Kuukauden viimeisenä päivänä 31.3. Ylämyllyjärvellä tuli jälleen vastaan pistävä haju (Kuva 13). Kyseessä oli kuukauden ainoa pistävän hajun esiintymä.



Kuva 13. Maaliskuussa havaittujen hajujen luonnekuvaukset ja havaintomäärät havaintopisteittäin.

Maaliskuussa hajuesiintymissä oli havaittavissa paljon imeliä hajuja (Kuva 14). Monet näistä hajuesiintymistä olivat kuitenkin lieviä. Imelien hajuesiintymien lisäksi maaliskuussa havaittiin jätevesilietteelle tyypillisiä hajuesiintymiä (Kuva 14). Selvänä haisevissa hajuesiintymissä oli usein läsnä orgaaninen, maaperämainen haju (Kuva 14). Muita hajutyyppejä esiintyi 1-2 kertaa kuukauden aikana.



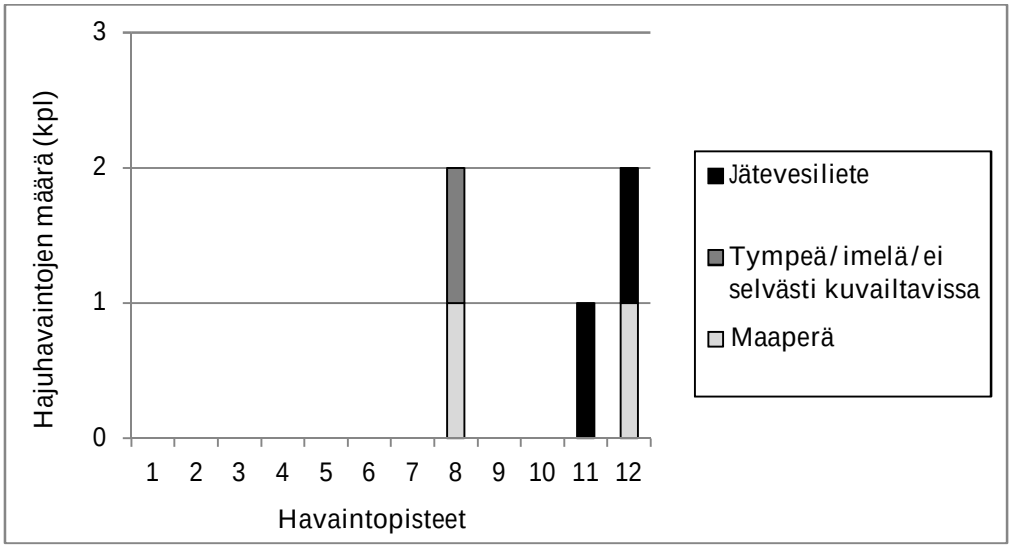
Kuva 14. Maaliskuun hajuesiintymien luonteen jakautuminen eri hajutyyppeihin.

4.6 Huhtikuu

Huhtikuussa havaintokierroksia suoritettiin vain kerran viikossa joten niitä kertyi kuukauden aikana yhteensä neljä. Huhtikuussa hajuesiintymien määrä väheni merkittävästi (Liite 1-3). Kuukauden aikana tehdyistä hajuhavainnoista kolme oli vähäisiä ja kaksi voimakasta (Taulukko 7). Hajuesiintymät keskittyivät kuukauden aikana samoille alueille; Mustalammelle (piste 8), Lemmikkieläinten hautausmaalle ja Mustankorkealle (Taulukko 7). Voimakasta lietemäistä hajua havaittiin tiistaina 11.4. Lemmikkieläinten hautausmaalla ja torstaina 20.4. jäteasemalla (Kuva 15, Liite 3). Maanantaina 3.4. ja tiistaina 11.4. Mäyrämäen alueella oli havaittavissa vähäistä orgaanista hajua.

Taulukko 7. Huhtikuun 2017 hajuhavainnot ja havaintojen voimakkuudet havaintopisteittäin.

Havaintopiste	Havainto-määrä	Hajuhavainnon voimakkuus		
		1=vähäinen	2= selvä	3= voimakas
1. Ladun majan parkkipaikka-Ronsuntaipaleentie 279	0	0	0	0
2. Ylämyllyjärvi - Huhtalammentie 3	0	0	0	0
3. Myllyjärvi- Seulan ja Tuulimyllyntien risteys	0	0	0	0
4. Myllyjärvi- Ronsuntaipaleentie 137	0	0	0	0
5. Keltinmäki - Kultalakintie 7	0	0	0	0
6. Keltinmäki - Sale - Keltinmäentie 13	0	0	0	0
7. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11-13	0	0	0	0
8. Mustalampi- Kevättärentie 26	2	2	0	0
9. Mustalampi -Usvattarentie 8	0	0	0	0
10. Mustalampi- Päivättärentie 24	0	0	0	0
11. Lemmikkieläinten hautausmaa - Ronsuntaipaleentie 248	1	0	0	1
12. Mustankorkean vaaka-asema-Ronsuntaipaleentie 204	2	1	0	1
Yhteensä	5	3	0	2



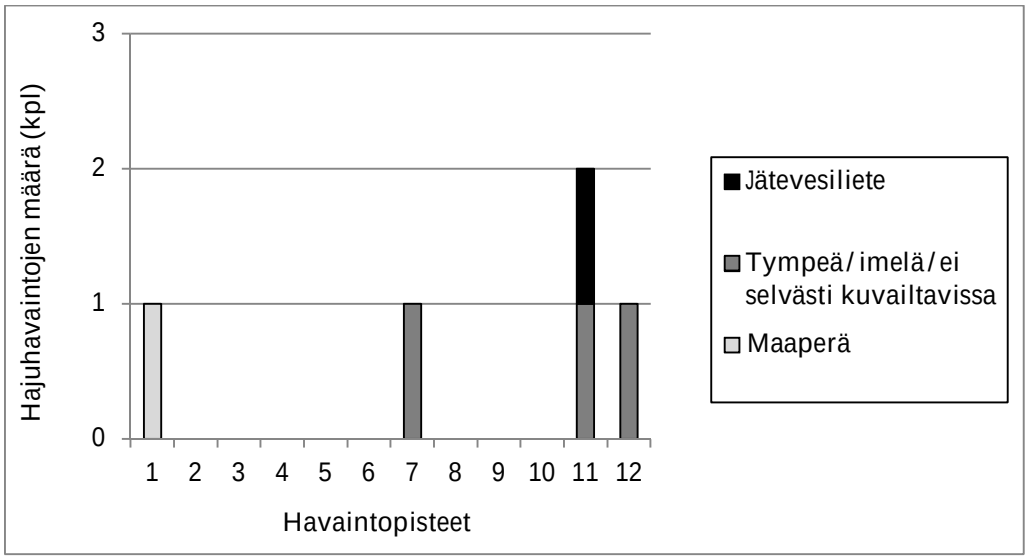
Kuva 15. Huhtikuussa havaittujen hajujen luonnekuvaukset ja havaintomäärät havaintopisteittäin.

4.7 Toukokuu

Toukokuussa hajuja havainnoitiin vain viikkokierroksilla, joten kierroksia kertyi yhteensä neljä. Kuukauden aikana havaittiin yhteensä viisi hajuhavaintoa. Viidestä hajuesiintymästä neljä oli voimakkuudeltaan vähäisiä. Nämä hajuesiintymät keskittyivät keskiviikkona 3.5. ja tiistaina 9.5. Mäyrämäen ja Mustankorkean ympäristöön (Taulukko 8, Liite 1). Keskiviikkona 3.5. Ladun majan ympäristössä esiintyi selvää maaperää muistuttavaa tuoksua ja Lemmikkieläinhautausmaalla lievää jätevesilietteen hajua. Tiistaina 9.5. esiintyi lievää imelää hajua Mäyrämäessä (piste 7) sekä Lemmikkieläinten hautausmaalla ja jätekeskuksella (Liite 1, Kuva 16). Toukokuun hajuesiintymät keskittyivät kokonaan kuun alkupuolelle, sillä kuun puolivälin jälkeen hajuesiintymiä ei havaittu lainkaan.

Taulukko 8. Toukokuun 2017 hajuhavainnot ja havaintojen voimakkuudet havaintopisteittäin.

Havaintopiste	Havainto-määrä	Hajuhavainnon voimakkuus		
		1=vähäinen	2= selvä	3= voimakas
1. Ladun majan parkkipaikka-Ronsuntaipaleentie 279	1	0	1	0
2. Ylämyllyjärvi - Huhtalammentie 3	0	0	0	0
3. Myllyjärvi- Seulan ja Tuulimyllyntien risteys	0	0	0	0
4. Myllyjärvi- Ronsuntaipaleentie 137	0	0	0	0
5. Keltinmäki - Kultalakintie 7	0	0	0	0
6. Keltinmäki - Sale - Keltinmäentie 13	0	0	0	0
7. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11-13	1	1	0	0
8. Mustalampi- Kevättärentie 26	0	0	0	0
9. Mustalampi -Usvattarentie 8	0	0	0	0
10. Mustalampi- Päivättärentie 24	0	0	0	0
11. Lemmikkieläinten hautausmaa - Ronsuntaipaleentie 248	2	2	0	0
12. Mustankorkean vaaka-asema-Ronsuntaipaleentie 204	1	1	0	0
Yhteensä	5	4	1	0



Kuva 16. Toukokuussa havaittujen hajujen luonnekuvaukset ja havaintomäärät havaintopisteittäin.

4.8 Kesäkuu

Kesäkuussa havaintokierroksia kertyi kokoon viisi, joilla havaittiin kahdesti hajuesiintymä Lemmikkieläinten hautausmaalla (Liite 1 ja Liite 3). Perjantaina 2.6. Lemmikkieläinten hautausmaalla oli havaittavissa voimakas hieman pistävä (ammoniakin kaltainen) jätevesilieteauman haju. Kesäkuun loppupuolella 23.päivä hautausmaalla tavattiin lievää kompostimaista hajua. Hajuesiintymiä ei tavattu 9.6., 15.6. ja 29.6. suoritetuilla havaintokierroksilla.

4.9 Heinäkuu

Heinäkuussa havaintokierroksia suoritettiin yhteensä neljä, mutta vain perjantaina 14.7. havaittiin selvää jätevesilietteen hajua Mustankorkean jätekeskuksella (Liite 2). Sunnuntaina 9.7., lauantaina 22.7. ja sunnuntaina 30.7. epämiellyttäviä hajuesiintymiä ei tavattu lainkaan.

4.10 Elokuu

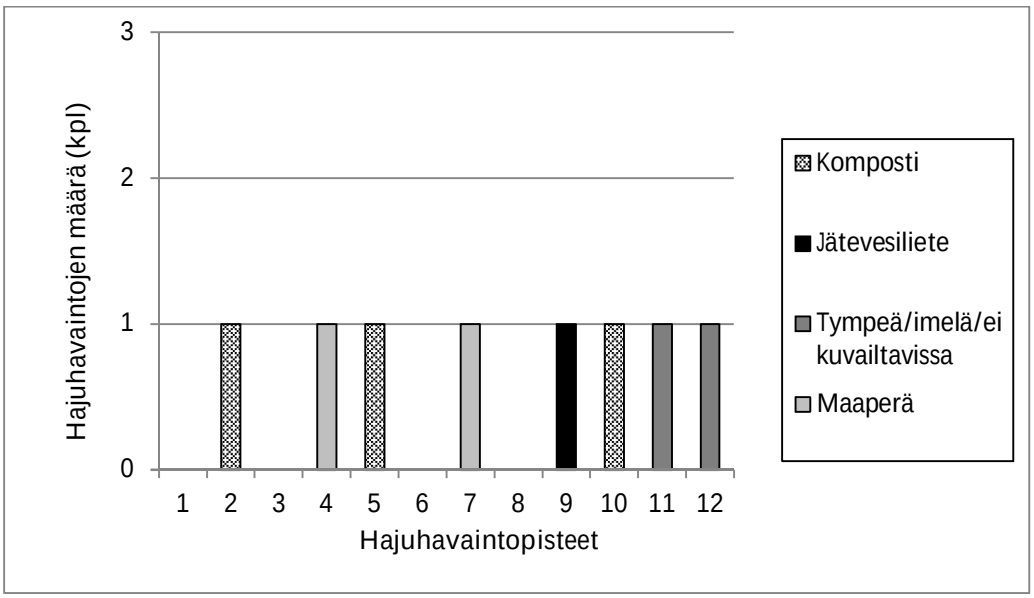
Elokuussa havaintokierroksia tehtiin edelleen kerran viikossa, sillä tarvetta ylimääräisille kierroksille ei ollut. Elokuussa epämiellyttäviä hajuja oli havaittavissa hyvin vähän, ainoastaan kaksi hajuesiintymää koko kuukauden aikana (Liite 1). Hajuesiintymät keskittyivät maanantaille 14.8. jolloin esiintyi lievää hajua sekä Ylämyllyjärvellä että Mustankorkealla. Ylämyllyjärvellä haju toi mieleen kanankakan ja Mustankorkealla haju taas muistutti imelänhajuista mätänevää kaalia.

4.11 Syyskuu

Syyskuussa havaintokierroksia oli yhteensä viisi. Ainoastaan lauantaina 23.9. havaittiin hajuja. Havaintokierros tehtiin myöhään illalla noin klo 21 aikaan, mutta siitä huolimatta hajuesiintymiä oli kahdeksassa eri pisteessä (Taulukko 8, Kuva 17). Hajuesiintymien voimakkuudet jakaantuivat tasan lievien ja selvien välillä (Liite 1-2). Mustankorkean vaaka-aseman läheisyydessä ja Lemmikkieläinten hautausmaalla haisi outo käry/katku jota oli vaikea yhdistää selvästi mihinkään yleensä alueella ilmenevään hajuun. Vastaavasti Mustalammen, Ylämyllyjärven ja Myllyjärven (piste 4) pisteissä esiintyvä haju muistutti maatuvaa orgaanista maaperää tai kompostia. Usvattarentien pisteessä haisi selvästi jätevesiliete. Kyseinen hajukierros oli poikkeuksellisen hajurikas, sillä yhtä paljon hajuesiintymiä ei ollut tullut vastaan maaliskuun jälkeen. Kyseisen päivän sää oli hyvin tyyni ja seisova, joka osaltaan vaikutti hajujen leviämiseen ja pysyvyyteen alueella.

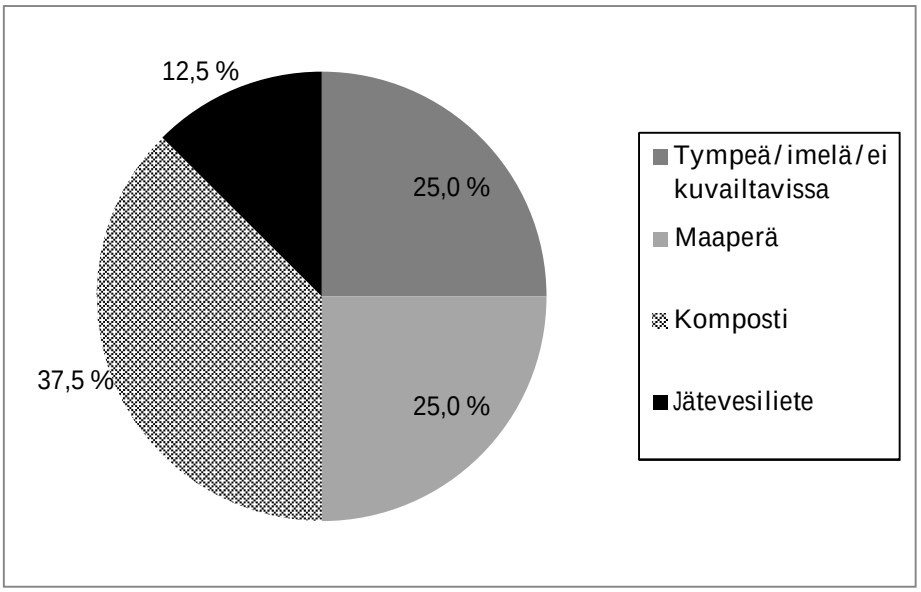
Taulukko 9. Syyskuun hajuhavainnot ja havaintojen voimakkuudet havaintopisteittäin.

Alue	Havainto-määrä	Hajuhavainnon voimakkuus		
		1=vähäinen	2= selvä	3= voimakas
1. Ladun majan parkkipaikka-Ronsuntaipaleentie 279	0	0	0	0
2. Ylämyllyjärvi - Huhtalammentie 3	1	0	1	0
3. Myllyjärvi- Seulan ja Tuulimyllyntien risteys	0	0	0	0
4. Myllyjärvi- Ronsuntaipaleentie 137	1	0	1	0
5. Keltinmäki - Kultalakintie 7	1	1	0	0
6. Keltinmäki - Sale - Keltinmäentie 13	0	0	0	0
7. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11-13	1	1	0	0
8. Mustalampi- Kevättärentie 26	0	0	0	0
9. Mustalampi -Usvattarentie 8	1	0	1	0
10. Mustalampi- Päivättärentie 24	1	1	0	0
11. Lemmikkieläinten hautausmaa - Ronsuntaipaleentie 248	1	0	1	0
12. Mustankorkean vaaka-asema-Ronsuntaipaleentie 204	1	1	0	0
yhteensä	8	4	4	0



Kuva 17. Syyskuussa havaittujen hajujen luonnekuvaukset ja havaintomäärät havaintopisteittäin.

Kaikki syyskuun hajuesiintymät ilmenivät yhdellä havaintokierroksella joka suoritettiin poikkeuksellisen myöhään illalla. Kyseisenä päivänä esiintyvistä hajuista suurin osa toi mieleen kompostin (Kuva 17). Myös orgaanista maaperää muistuttavaa hajua esiintyi sekä ei-kuvailtavissa olevaa käryä/katkua. Tämä outoa käryä esiintyi jätekeskuksen ympäristön lisäksi Keltinmäessä Kultalakintiellä jossa se sekoittui kompostimaiseen hajuun (Kuva 17).



Kuva 18. Syyskuun hajuesiintymien luonteen jakautuminen eri hajutyyppien kesken.

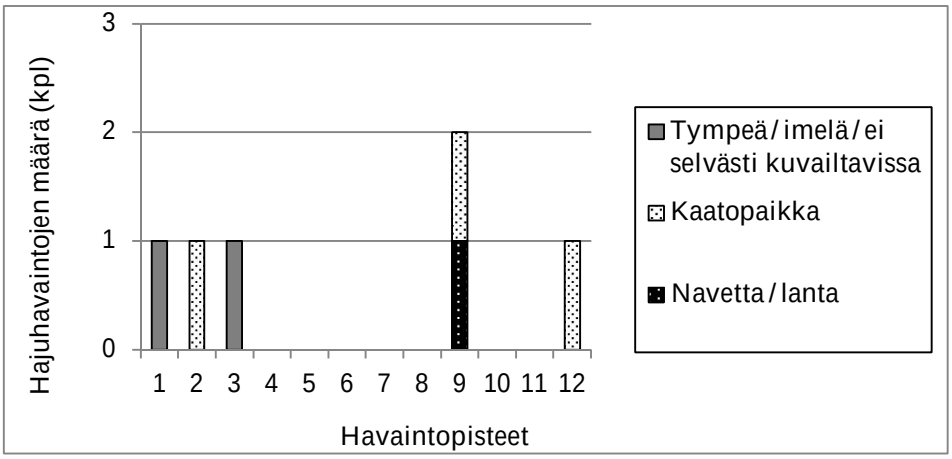
4.12 Lokakuu

Lokakuussa havaintokierroksia kertyi neljä sillä ylimääräisiin kierroksiin ei ollut tarvetta. Lokakuussa hajuesiintymiä oli hieman syyskuuta vähemmän, mutta ne jakaantuivat useammalle havaintopäivälle kuukauden aikana (Liite 1-3, Taulukko 10). Voimakkain hajuesiintymä oli tiistaina 17.10. Mustankorkealla jossa haisi selvästi jätepenkka (Kuva 19, Liite 3). Kuukauden muut hajuesiintymät olivat voimakkuudeltaan lieviä (Taulukko 10). Tiistaina 10.10. tehdyllä havaintokierroksella ei hajuesiintymiä havaittu lainkaan (Liite 1-3). Poikkeuksellisesti lokakuussa havaittiin lieviä hajuesiintymiä kahdesti

Mustalammen Usvattarentien havaintopisteeltä (Kuva 19). Kyseisessä pisteessä ei yleensä havaittu hajuesiintymiä. Lokakuussa kaatopaikan ja jätteen haju korostui hajuhavainnoissa (Kuva 19).

Taulukko 10. Lokakuun 2017 hajuhavainnot ja havaintojen voimakkuudet havaintopisteittäin.

Alue	Havainto-määrä	Hajuhavainnon voimakkuus		
		1=vähäinen	2= selvä	3= voimakas
1. Ladun majan parkkipaikka-Ronsuntaipaleentie 279	1	1	0	0
2. Ylämyllyjärvi - Huhtalammentie 3	1	1	0	0
3. Myllyjärvi- Seulan ja Tuulimyllyntien risteys	1	1	0	0
4. Myllyjärvi- Ronsuntaipaleentie 137	0	0	0	0
5. Keltinmäki - Kultalakintie 7	0	0	0	0
6. Keltinmäki - Sale - Keltinmäentie 13	0	0	0	0
7. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11-13	0	0	0	0
8. Mustalampi- Kevättärentie 26	0	0	0	0
9. Mustalampi -Usvattarentie 8	2	1	1	0
10. Mustalampi- Päivättärentie 24	0	0	0	0
11. Lemmikkieläinten hautausmaa - Ronsuntaipaleentie 248	0	0	0	0
12. Mustankorkean vaaka-asema-Ronsuntaipaleentie 204	1	0	0	1
yhteensä	6	4	1	1



Kuva 19. Lokakuussa havaittujen hajujen luonnekuvaukset ja havaintomäärät havaintopisteittäin.

4.13 Marraskuu

Marraskuussa hajuhavaintokierroksia kertyi viisi, joista kolmella ei ollut havaittavissa hajuesiintymiä lainkaan. Marraskuussa hajuhavaintoja kertyi selvästi vähemmän kuin syys-lokakuussa (Taulukko 11). Lähes kaikki marraskuun hajuesiintymät keskittyivät torstaille 9.11., jolloin hajuja oli havaittavissa kolmessa eri pisteessä jätekeskus mukaan lukien (Liite 1-2). Runsain ja selvin hajuesiintymä oli Myllyjärvellä Seulan – tienhaarassa pisteessä 3, jossa haisi tympeänhajuinen jätepenkka. Lievä imelä hajuesiintymä oli Mustalammen asuinalueella pisteessä 9 ja Mustankorkealla. Lauantaina 25.11. hajua oli havaittavissa vain Mustankorkealla, jossa haju oli hieman pistävä ja muistutti märkää lautakasaa (Liite 2).

Taulukko 11. Marraskuun 2017 hajuhavainnot ja havaintojen voimakkuudet havaintopisteittäin.

Alue	Havainto-määrä	Hajuhavainnon voimakkuus		
		1=vähäinen	2= selvä	3= voimakas
1. Ladun majan parkkipaikka-Ronsuntaipaleentie 279	0	0	0	0
2. Ylämyllyjärvi - Huhtalammentie 3	0	0	0	0
3. Myllyjärvi- Seulan ja Tuulimyllyntien risteys	1	0	1	0
4. Myllyjärvi- Ronsuntaipaleentie 137	0	0	0	0
5. Keltinmäki - Kultalakintie 7	0	0	0	0
6. Keltinmäki - Sale - Keltinmäentie 13	0	0	0	0
7. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11-13	0	0	0	0
8. Mustalampi- Kevättärentie 26	0	0	0	0
9. Mustalampi -Usvattarentie 8	1	1	0	0
10. Mustalampi- Päivättärentie 24	0	0	0	0
11. Lemmikkieläinten hautausmaa - Ronsuntaipaleentie 248	0	0	0	0
12. Mustankorkean vaaka-asema-Ronsuntaipaleentie 204	2	1	1	0
yhteensä	4	2	2	0

4.14 Joulukuu

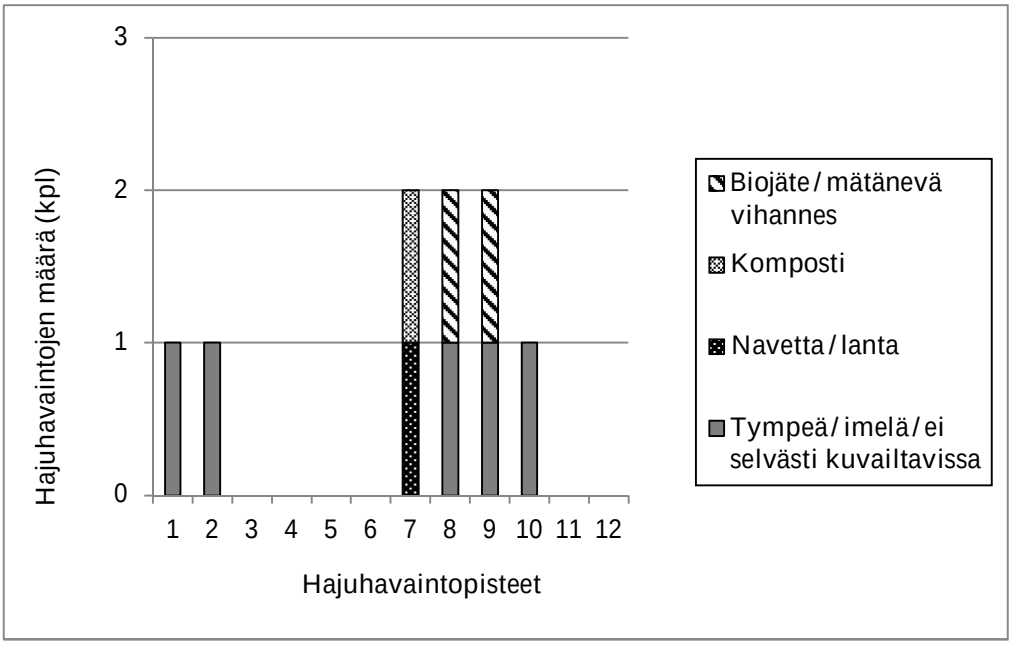
Joulukuun aikana havaintokierroksia tuli täyteen viisi. Torstain 14.12. kierros oli ylimääräinen jätekeskuksella esiintyneiden hajuesiintymien vuoksi jotka olivat peräisin biokaasulaitoksen toimintahäiriöistä. Joulukuussa hajuesiintymiä oli selkeästi enemmän ja laajemmalla alueella kuin aiemmin, mutta suurin osa niistä oli lieviä (Taulukko 12). Keskiviikkona 6.12. ja perjantaina 15.12. hajuja ei esiintynyt lainkaan.

Torstaina 14.12. Mustalammen asuinalueella (piste 8 ja piste 9) sekä Ladun majan ympäristössä esiintyi lievänä imelänkaltaista mätää kaalia muistuttavaa hajua (Kuva 20). Keskiviikkona 20.12. samankaltaista, mutta imelämpää hajua oli havaittavissa Ylämyllyjärvellä, Mäyrämäessä ja Mustalammella yhteensä viidessä eri havaintopisteessä (Kuva 21). Joulupäivänä 25.12. Mäyrämäessä esiintyi selvä ulostemainen haju, jota esiintyi laajemmin Mäyrämäessä myös havaintopisteiden ulkopuolella korkealla mäennyppylällä.

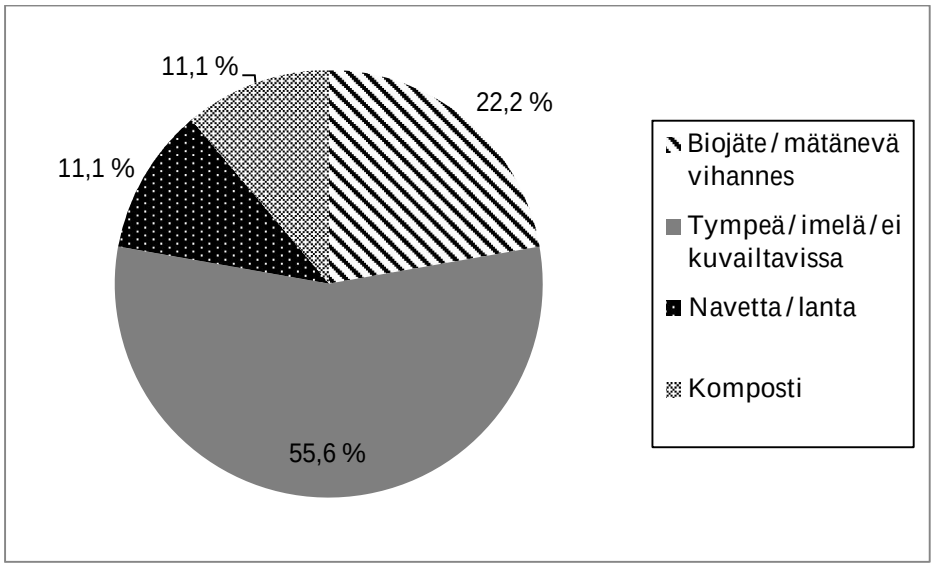
Joulukuussa esiintyneet hajuesiintymät olivat luonteeltaan erilaisia sillä ne olivat selvästi enemmän luonteeltaan imeliä eivätkä tympeitä, kuten aiemmin esiintyneet hajuesiintymät joita ei pystynyt tarkemmin määrittelemään. Yli puolet joulukuun hajuesiintymistä oli luonteeltaan imeliä/tympeitä (Kuva 21). Joulukuun hajuesiintymissä tuli vastaan myös mätänevän vihanneksen hajua jota oli aiemmin esiintynyt harvemmin (Kuva 21). Mitään jäteveteen/-lietteeseen viittaavaa hajua ei kuukauden aikana esiintynyt.

Taulukko 15. Joulukuun 2017 hajuhavainnot ja havaintojen voimakkuudet havaintopisteittäin.

Alue	Havainto-määrä	Hajuhavainnon voimakkuus		
		1=vähäinen	2= selvä	3= voimakas
1. Ladun majan parkkipaikka-Ronsuntaipaleentie 279	1	1	0	0
2. Ylämyllyjärvi - Huhtalammentie 3	1	1	0	0
3. Myllyjärvi- Seulan ja Tuulimyllyntien risteys	0	0	0	0
4. Myllyjärvi- Ronsuntaipaleentie 137	0	0	0	0
5. Keltinmäki - Kultalakintie 7	0	0	0	0
6. Keltinmäki - Sale - Keltinmäentie 13	0	0	0	0
7. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11-13	2	2	0	0
8. Mustalampi- Kevättärentie 26	2	2	0	0
9. Mustalampi -Usvattarentie 8	2	2	0	0
10. Mustalampi- Päivättärentie 24	1	1	0	0
11. Lemmikkieläinten hautausmaa - Ronsuntaipaleentie 248	0	0	0	0
12. Mustankorkean vaaka-asema-Ronsuntaipaleentie 204	0	0	0	0
yhteensä	9	9	0	0



Kuva 20. Joulukuussa havaittujen hajujen luonnekuvaukset ja havaintomäärät havaintopisteittäin.



Kuva 21. Joulukuun hajuesiintymien luonteen jakautumien eri hajutyyppien kesken.

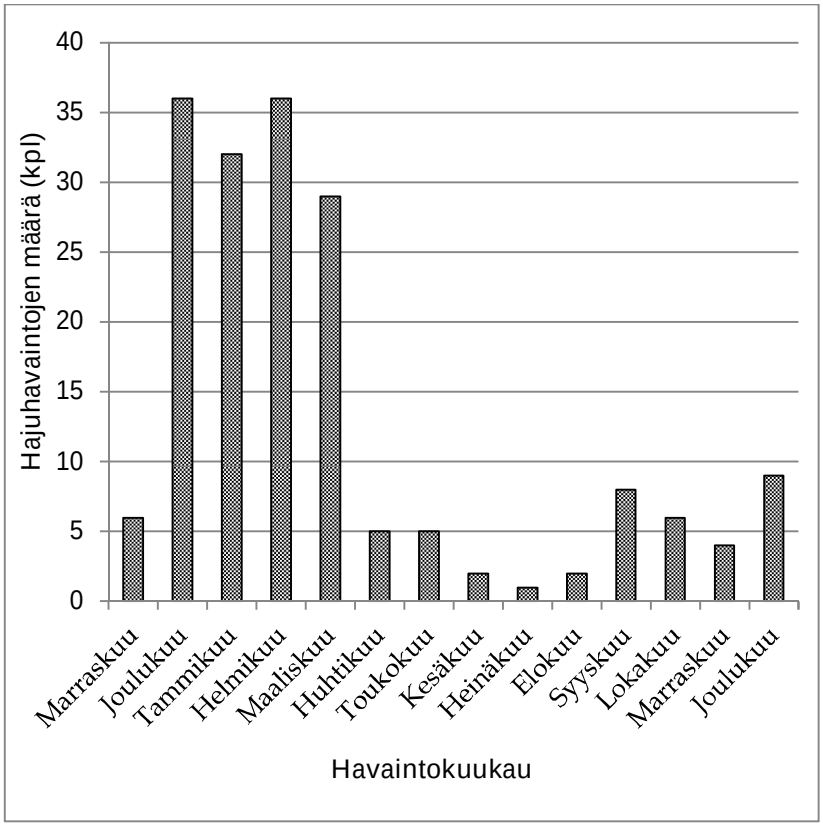
4.15 Tulosten yhteenveto

Marraskuun 2016 – joulukuun 2017 välisenä aikana toteutetun hajuseurannan havaintokierroksia kertyi yhteensä 79 kpl ja hajuhavaintoja oli yli kaksinkertainen määrä hajukierrosten määrään nähden (Taulukko 16).

Hajuhavaintojen kokonaismäärää on havainnollistettu kuvassa 15, josta on nähtävissä keväällä tapahtunut hajuhavaintojen merkittävä putoaminen havaintokierrosten määrän vähetessä puoleen. Kesäkuukausien jälkeen hajuhavainnot alkoivat jälleen hieman lisääntyä vaikka hajukierrosten määrä pysyi samana (Kuva 22).

Taulukko 16. Hajuseurannan havaintokierrosten määrä ja hajuhavainnot kuukausittain eriteltyinä.

Kuukausi	Havaintokierrokset (kpl)	Hajuhavainnot (kpl)
Marraskuu	3	6
Joulukuu	11	36
Tammikuu	9	32
Helmikuu	9	36
Maaliskuu	7	29
Huhtikuu	4	5
Toukokuu	4	5
Kesäkuu	5	2
Heinäkuu	4	1
Elokuu	4	2
Syyskuu	5	8
Lokakuu	4	6
Marraskuu	5	4
Joulukuu	5	9
Yhteensä	79	181



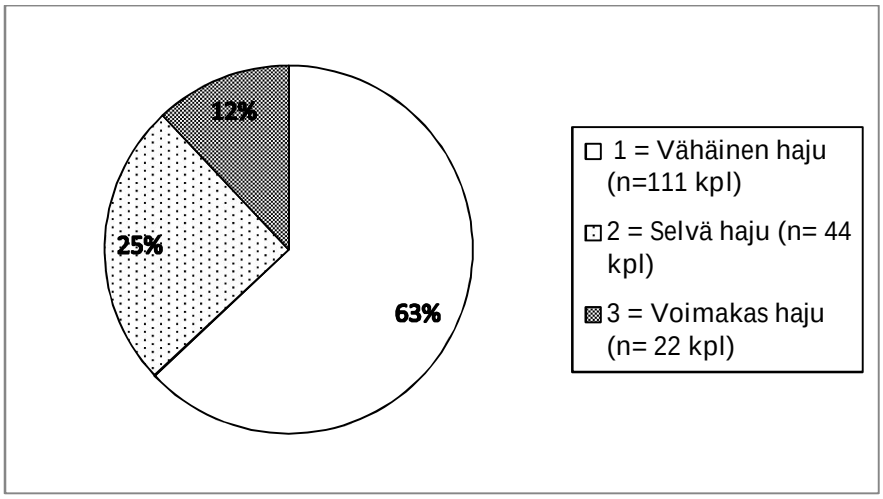
Kuva 22. Hajuhavaintojen kokonaismäärän jakautuminen kuukausittain.

Tarkkailujaksolla eniten hajuhavaintoja kertyi Mustankorkean vaaka-asemalta, joka oli niin kutsuttu referenssipiste hajuesiintymille (Taulukko 17). Jätekeskuksella erityyppisiä hajuja esiintyi yli 50 % enemmän kuin muissa pisteissä (Kuva 25). Jätekeskuksen ulkopuolella eniten hajuja esiintyi Lemmikkieläinten hautausmaalla joka sijaitsi jätevesilieteaumojen kypsytyskentän vieressä sekä Ylämyllyjärvellä ja Myllyjärvellä eli etäisyyksiltään lähimmissä havainnointipisteissä (Taulukko 17).

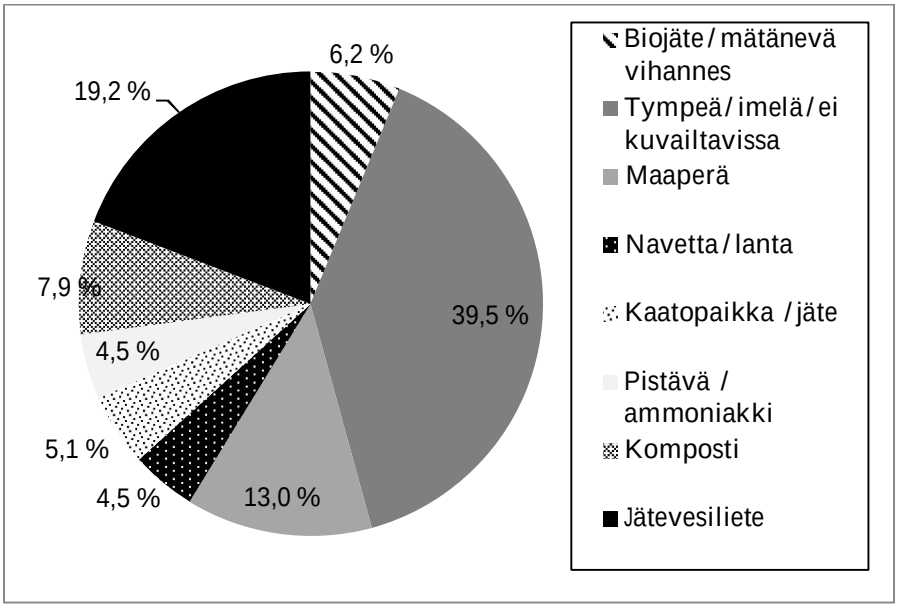
Taulukko 17. Hajuseurannan havaintomäärät tarkkailupisteittäin sekä hajuhavaintojen jakauma voimakkuuden mukaan.

Alue	Havainto-määrä	Hajuhavainnon voimakkuus		
		1=vähäinen	2= selvä	3= voimakas
1. Ladun majan parkkipaikka-Ronsuntaipaleentie 279	10	5	2	3
2. Ylämyllyjärvi - Huhtalammentie 3	16	12	4	0
3. Myllyjärvi- Seulan ja Tuulimyllyntien risteys	17	11	5	1
4. Myllyjärvi- Ronsuntaipaleentie 137	12	8	4	0
5. Keltinmäki - Kultalakintie 7	12	8	4	0
6. Keltinmäki - Sale - Keltinmäentie 13	5	5	0	0
7. Mäyrämäki- Vahakkaantie 11-13	11	9	1	1
8. Mustalampi- Kevättärentie 26	13	11	2	0
9. Mustalampi -Usvattarentie 8	13	11	2	0
10. Mustalampi- Päivättärentie 24	6	5	1	0
11. Lemmikkieläinten hautausmaa - Ronsuntaipaleentie 248	19	9	4	6
12. Mustankorkean vaaka-asema-Ronsuntaipaleentie 204	43	17	15	11
Yhteensä	177	111	44	22

Koko tarkkailujaksolla yli 60 % hajuesiintymistä oli voimakkuudeltaan vähäisiä ja yksi neljännes selviä (Kuva 23). Kaikista hajuesiintymistä noin 40 % oli luonteeltaan tympeitä tai imeliä (Kuva 24). Seuraavaksi eniten esiintyi jäteveteen ja jätevesilietteeseen yhdistettävää hajua (Kuva 24). Yli 10 % hajuesiintymistä muistutti myös orgaanisen maaperän hajua (Kuva 24). Kaikkiaan eri hajutyyppejä esiintyi kahdeksaa erilaista.



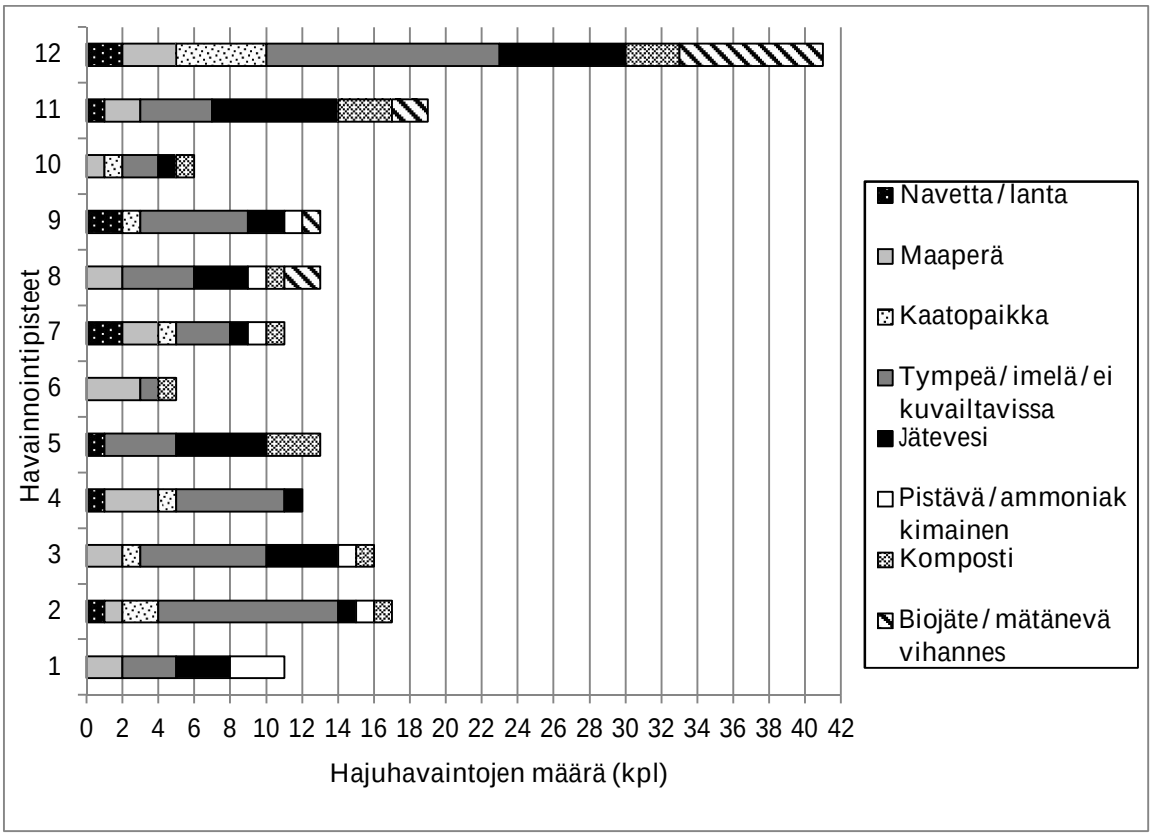
Kuva 23. Hajuhavaintojen voimakkuuksien jakauma esitettynä prosentteina.



Kuva 24. Hajuesiintymien luonteiden jakaantuminen eri hajutyyppeihin koko tarkastelujaksolla.

Hajuhavaintojen luonne vaihteli eri tarkkailupisteiden välillä ja tietynlaiset hajut esiintyivät tietyillä alueilla. Biojätteen / mätänevän vihanneksen kaltaista hajua oli eniten havaittavissa Mustankorkean ympäristössä ja Mustalammen asuinalueella jätekeskuksen pohjoispuolella (Kuva 25). Tympeää, imelää hajua oli havaittavissa kaikissa havaintopisteissä (Kuva 25). Tympeää ja imelää hajuesiintymää tuli eniten

vastaan lievissä hajuesiintymissä (Taulukko 18). Kaikkialla havaintoalueella havaittiin jossain vaiheessa jätevedelle/-lietteelle tunnusomaista hajua (Kuva 25). Selvissä ja voimakkaissa hajuesiintymissä oli havaittavissa eniten jäteveteen ja –lietteeseen liittyviä hajuja (Kuva 25). Lievissä hajuesiintymissä oli havaittavissa paljon myös orgaaniseen maaperään liitettävää hajua (Kuva 25).



Kuva 25. Hajuhavaintojen luonne eri havainnointipisteissä koko tarkkailujakson ajalla.

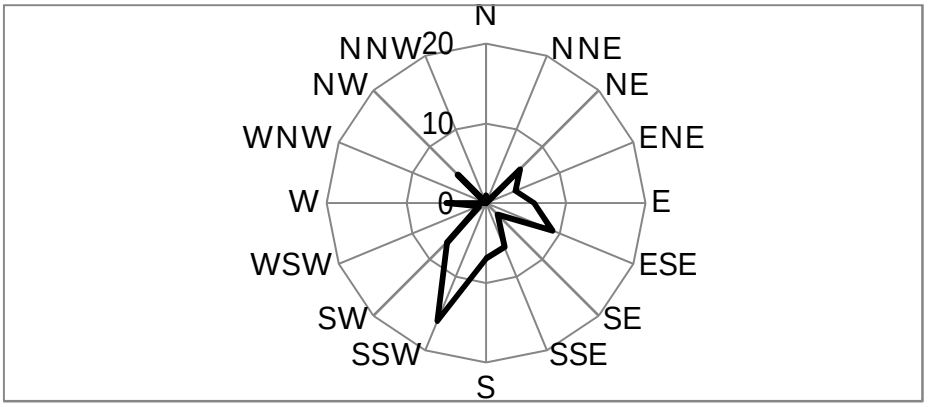
Taulukko 18. Hajutyypit ja niiden voimakkuudet.

Hajutyypit ja niiden voimakkuudet						
Havaittu haju	Voimakkuus (lkm)			Voimakkuus (1-3) osuudet (%)		
	1	2	3			
Biojäte / mätänevä vihannes	5	3	3	2,8	1,7	1,7
Tympeä / imelä / ei kuvailtavissa	62	8	0	35,0	4,5	0,0
Maaperä	16	6	1	9,0	3,4	0,6
Navetta / lanta	3	3	2	1,7	1,7	1,1
Kaatopaikka / jäte	4	3	2	2,3	1,7	1,1
Pistävä / ammoniakki	4	3	1	2,3	1,7	0,6
Komposti	6	6	2	3,4	3,4	1,1
Jätevesiliete	11	12	11	6,2	6,8	6,2
Yhteensä:	111	44	22			

4.16 Tuuliolosuhteet

Havaintoajankohtien tuulensuuntien jakauma on nähtävissä kuvassa 18. Pääasiallisesti tuulitiedot on peräisin Mustankorkean sääasemalta (Weatherlink Network 2017). Tuulitietoja on täydennetty Ilmatieteen laitoksen sivuilta saaduilla säätiedoilla silloin, kun Mustankorkean sääasemalta ei saatu tuulitietoja vaikka tuulta oli kierroksen aikana silminnähden havaittavissa. Ensimmäisen tarkkailujakson osalta (marraskuu 2016 - kesäkuu 2017) jopa 37 % (19 kpl) havaintopäivistä olisi Mustankorkean sääaseman mukaan ollut tyyniä (<0,4 m / s). Toisen tarkkailujakson aikana (heinäkuusta joulukuuhun) Mustankorkean sääaseman tuulisuustiedot olivat täsmällisempiä, eikä niitä juuri ollut tarvetta täydentää Ilmatieteenlaitoksen tiedoilla. Tuulisuustietoihin on syytä suhtautua pienellä varauksella, koska Ilmatieteenlaitoksen Jyväskylän mittauspiste sijaitsee Tikkakosken lentoaseman yhteydessä ja etäisyys Mustankorkealle on noin 30 kilometriä. Lentoaseman tuulisuustiedot eivät välttämättä vastaa olosuhteita Mustankorkean jätekeskuksen ympäristössä. Ilmatieteenlaitoksen tiedoilla

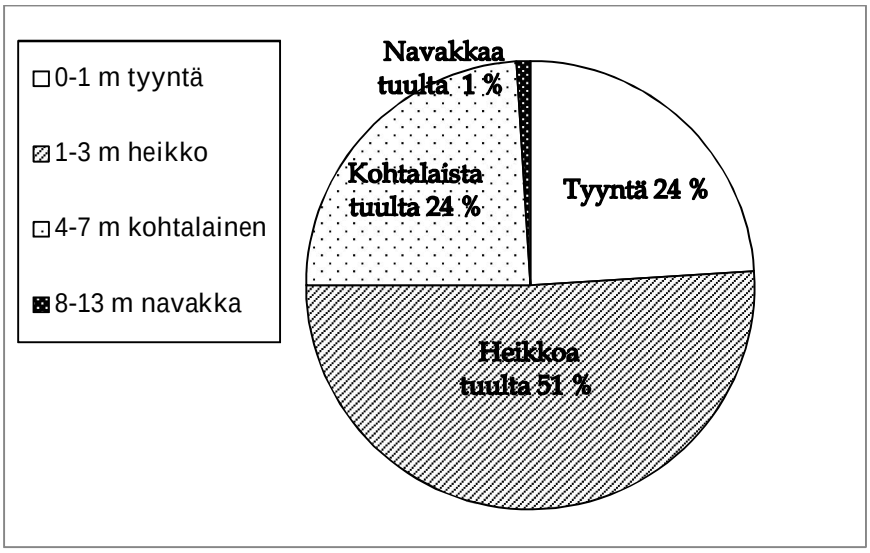
täydennettyjä tuulitietoja ei ole eritelty erikseen Mustankorkean sääaseman tiedoista (Kuvat 26–27).



Kuva 26. Havaitut tuulensuunnat Mustankorkealla tarkkailukierrosten aikana. (Ilmatieteen laitos 2017c, Weatherlink Network 2017).

Koko havaintoaikana täysin tyyniä havaintopäiviä oli yhteensä kolme; 16.5., 3.9. ja 23.9., jolloin molemmissa sääpalveluissa tuulen nopeus oli 0 m/s. Yleisin tuulensuunta Mustankorkealla on havaintopäivinä ollut etelälounaasta (SSW) vuodenajasta riippumatta (Kuva 26). Muut yleiset tuulensuunnat ovat olleet etelästä (S) tai luoteesta (SW) (Kuva 26).

Tuulenvoimakkuudet olivat pääosin heikkoja: 51 %:lla havaintokierroksista (Kuva 27). Lähes jokaiseen kuukauteen osui havaintopäiviä, jolloin oli hyvin tyyntä (tuulen voimakkuus alle 1 m/s). Kohtalaista tuulta (tuulen voimakkuus 4 - 7 m/s) esiintyi vähintään kerran kuukaudessa. Helmi - kesäkuun välisenä ajanjaksona tuulenvoimakkuudet kasvoivat ja tuuli oli useana havaintopäivänä kohtalainen. Heinä-syyskuussa tuulet olivat enimmäkseen heikkoja, kunnes taas voimistuivat syksyyn päin mentäessä. Eri vuodenaikojen kesken vallitsevissa tuulensuunnissa ei ollut juuri eroa. Vuodenajasta riippumatta etelän ja lounaan välinen (SSW) tuuli oli hyvin yleinen (Ilmatieteenlaitos 2017c, Weatherlink Network 2017).



Kuva 27. Tuuliolosuhteiden prosentuaalinen jakaantuminen tarkkailujakson aikana (Ilmatieteenlaitos 2017c, Weatherlink Network 2017).

5 TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Havaitut hajuesiintymät

Marraskuussa 2016 hajupaneelin alkaessa havaintokierroksia ei ehditty suorittaa kuin kuukauden kahden viimeisen viikon aikana. Tästä syystä hajutulokset marraskuulta ovat vaillinaiset eikä kuukautta voi verrata muiden kuukausien kanssa. Marraskuun kierrokset olivat myös totuttelua havaintokierroksen suorittamiseen, hajujen havaitsemiseen ja niiden voimakkuuden arviointiin. Hajupaneelin suorittaminen aloitettiin ilman minkäänlaista kouluttautumista hajujen havainnointiin, erilaisten hajutyyppien tunnistamiseen tai hajujen voimakkuuksien arviointiin. Hajupaneeli siis toteutettiin samankaltaisesti kuin asukaspaneeli jossa havainnointia suorittavat satunnaisesti valitut asukkaat (Arnold 1995). Koska hajupaneeli suoritettiin entuudestaan vieraassa ympäristössä, oli aluksi vaikeaa arvioida millainen hajumaailma ympäristössä

normaalisti esiintyi ilman Mustankorkealta peräisin olevia hajupäästöjä. Yleensä hajuesiintymät ovat hyvin hetkellisiä ja satunnaisia joka toi haasteita niiden havaitsemiseen (Arnold 2002, Ying ym. 2012). Nicolasin ym. 2006 mukaan erityisesti jätekeskukselta peräisin olevat hajuesiintymät ovat hyvin epäsäännöllisiä joka tämän hajupaneelin aikana oli hyvin havaittavissa. Erityisesti hajupaneelin alkuvaiheessa lievien ja hetkellisten hajuesiintyminen havainnointi oli haastavaa ja tästä johtuen osa hajuesiintymistä on voinut jäädä kirjaamatta.

Joulukuussa oli helpompaa tunnistaa milloin havaintopisteessä esiintyvä hajuesiintymä oli normaalitilanteesta poikkeava jolloin myös tympeäksi kuvatut hajuhavainnot tuli kirjattua tarkemmin ylös. Joulukuussa hajuesiintymän porrastaminen hajun voimakkuuden suhteen myös helpottui, kun oppi erottamaan selvästi lievän ja selvän hajuesiintymän. Lievä hajuesiintymä oli hajuesiintymän häivähdys tuulessa joka ei ollut koko ajan läsnä, kun taas selvä hajuesiintymä esiintyi havaintopisteessä koko ajan tuulesta huolimatta. Lievä hajuesiintymä vastaa hajupitoisuutta 1 HY/ m^3, eli pitoisuutta missä 50 % normaalin hajuaistin omaavista ihmisistä juuri havaitsee hajun (Arnold 1995).

Talvikuukausina joulukuusta 2016 maaliskuuhun 2017 hajuesiintymiä oli selvästi eniten. Hajuesiintymiä oli jokaisella havaintokierroksella useita ja niitä esiintyi myös etäisimmissä havainnointipisteissä (Liitteet 1-3). Joulukuusta - helmikuuhun hajuseurantaa suoritettiin tiiviimmällä aikataululla eli vähintään kahdesti viikossa. Ylimääräisiä havaintokierroksia tehtiin muutamia joulu- ja maaliskuussa. Tiheämmän hajuseurannan vuoksi kyseisten kuukausien kokonaistuloksia ei voi suoraan verrata huhti-joulukuun 2017 tulosten kanssa. Hajuesiintymien kokonaismäärien sijaan voidaan vertailla hajujen esiintymistä eri pisteissä, hajuesiintymien voimakkuuksia ja luonteita.

Talvella esiintyneisiin hajupäästöihin pääasiallisena syynä olivat lieteaumakompostoinnin käynnistämiseen liittyvät prosessin optimointiongelmat

sekä talviset sääolosuhteet; pakkanen, heikot tuulet ja ilmanpaineen vaihtelut. Talvella määrällisesti runsaimmat hajuesiintymät osuivat päiviin jolloin keli joko lauhtui voimakkaasti tai vallitsi kirkas, aurinkoinen päivä jolloin lämpötila oli aavistuksen plussan puolella. Nämä päivät olivat useimmiten myös heikkotuulisia ja vallitseva tuulen suunta etelän ja lännen väliltä, joka edesauttoi lieteaumoista tulevien hajuesiintymien leviämistä kohti asutusta. Vuoden 2017 alussa tammi-helmikuussa lieteaumakomposteihin oli lisätty enemmän turvetta hajuhaittojen vähentämiseksi, mutta turpeen määrä oli liian suuri koska se hidasti kompostointiprosessia merkittävästi (Sormunen 2017). Turpeen lisäys näkyy hajuhavaintokierrosten tuloksissa, sillä tammikuun puolivälin jälkeen lieviä hajuesiintymiä oli hieman vähemmän kuin aiemmin ja selviä hajuesiintymiä ei ollut havaittavissa Mustankorkean ympäristössä lainkaan (Liite 1-3).

Maaliskuun 2017 jälkeen hajuesiintymät alkoivat vähentyä merkittävästi. Maaliskuussa tuli kuitenkin yksi hajuvalitus ympäristöpaneelin kautta Mustankorkean läheisyydessä olevalta ulkoilualueelta joka sijaitsi lähellä aumakenttiä. Hajuvalituksen mukaan haju oli ollut oksettava ja pilannut ulkoilun aurinkoisessa ja kirkkaassa kelissä. Hajutilanne päästiin kuitenkin tarkastamaan vastan seuraavana päivänä maanantaina jolloin keli- ja tuuliolosuhteet olivat jo muuttuneet. Hajuvalitus on kuitenkin esimerkki siitä miten ihmiset kokevat hajuesiintymien pilaavaan heidän vapaa-aikansa (Tammivuori 2012). Huhtikuun kierroksilla havaittiin kerrallaan maksimissaan kaksi hajuesiintymää. Hajuja esiintyi joko Mustalammella pisteessä 8 tai Mustankorkean jätekeskuksen vaaka-aseman ympäristössä (Taulukko 7). Huhtikuussa vallinnut tuulensuunta etelä-lounaasta aiheutti Mustankorkean jätekeskuksella esiintyneen hajun leviämistä Mustalammelle havaintopisteen 8 seutuville (Liite 1).

Toukokuun puolivälistä syyskuun puoliväliin hajuesiintymiä esiintyi hyvin harvakseltaan ja nekin olivat pääosin lieviä (Liite 1-3). Kesän ajalta on kuitenkin

huomioitava, että havaintokierrokset suoritettiin usein viikonloppuiltaisin klo 17 jälkeen jolloin jätekeskuksella ei ole ollut mitään toimintaa ja lämpötilakin oli jo pudonnut päivän huippulukemista. Capellinin ym. (2008) tutkimuksessa havaittiin, että hajuja esiintyy kaatopaikoilla eniten vuoden lämpimimpänä aikana ja Wenjingin ym. (2015) tutkimuksen mukaan lämpö tehostaa erityisesti pienimolekyylisten hajuyhdisteiden haihtumista. Hajupaneelin kesän aikaiset tulokset eivät kuitenkaan tue näitä havaintoja. Kesällä vallitsevat heikot tuulet voivat myös edesauttaa hajuesiintymien jäämistä paikoilleen, mutta tällaista ei myöskään kesän tuloksista havaittu (Arnold 2002). Kesällä ei tullut Mustankorkean henkilökunnalta pyyntöjä tehdä ylimääräisiä hajuhavaintokierroksia jätekeskuksella havaittujen hajuesiintymien tai asukkailta tulleiden hajuvalitusten vuoksi, vaikka kesällä ihmiset viettävätkin paljon aikaansa ulkona ja tämä voisi osaltaan lisätä hajuvalitusten määrää (Arnold 2002).

Syyskuusta alkaen hajuesiintymät alkoivat jälleen lisääntyä ja niitä ilmeni vuoden loppuun asti. Syyskuusta joulukuuhun havainnointikierrokset suoritettiin pääsääntöisesti klo 17–20 välisenä aikana tai viikonloppuisin joka on osaltaan voinut vaikuttaa hajuesiintymien määrän havaitsemiseen (Liite 1). Näiden neljän kuukauden aikana eniten hajuesiintymiä esiintyi lauantaina 23.9. jolloin oli hyvin lämmin ilta +12 astetta ja keli oli tyyni. Kyseisenä iltana sääolosuhteet ovat voineet voimistaa hajujen esiintymistä, sillä lämpötilan noustessa hajukaasujen haihtuminen ilmaan lisääntyy (Arnold 2002). Loppuvuodesta vallitsevat tuulensuunnat olivat enemmän idän suunnasta kuin etelästä. Idän suuntaisella tuulella mahdolliset lieteaumoista peräisin olleet hajuesiintymät kulkeutuivat tuulen mukana kohti viereistä metsänrajaa eivätkä kohti asutusalueita. Vallitseva tuulensuunta on voinut selvästi vähentää hajuesiintymiä tarkkailualueella.

Havaintokierrokseen kuului useampia pisteitä pientaloalueilla, kuten pisteet 8-10 Mustalammella sekä piste 7 Mäyrämäessä. Näissä pisteissä haisi satunnaisesti

savu joka oli peräisin omakotitalojen puulämmityksestä. Välillä savunhaju oli niin voimakas, että se tuntui peittävän kaikki muut hajut alleen. Erityisesti tätä tapahtui pisteessä 8 Mustalammella. Tällöin oli haastavaa saada selkoa haisiko ilmassa vielä jokin muu lievempi hajupäästö vaikka Stenbergin (2015) mukaan uusi haju pitäisi olla aistittavissa ympäristöstä välittömästi vaikka hajuaisti olisi jo adaptoitunut vallitsevaan hajuun.

5.2 Hajuesiintymien voimakkuudet

Ihmisille hajun voimakkuuden aistiminen tuottaa hankaluuksia (Nienstedt ym. 1999). Chemelin ym. (2012) mukaan ihminen aistii hajussa eroa vasta, kun aineen pitoisuus on hajuaistimuksessa kasvanut noin 30 %. Myös minulle oli aluksi vaikeaa oppia erottelemaan hajuesiintymien voimakkuuksia toisistaan. Lopulta luokittelin lievän hajuesiintymän sellaiseksi, että se oli juuri ja juuri haistettavissa ilmavirrasta. Ajoittain se jopa katosi ilmavirtojen mukana, mutta palasi takaisin hetken ajan kuluttua. Selvä hajuesiintymä oli haju joka oli pisteessä koko ajan läsnä ilmavirroista huolimatta. Haju oli selvästi tunnistettavissa, mutta ei kuitenkaan häiritsevän voimakas tai epämiellyttävä. Voimakas hajuesiintymä oli niin selvä, että se oli hyvin nopeasti tunnistettavissa ja haju oli häiritsevä. Hajupitoisuuksina lievä hajuesiintymä vastaisi hajupitoisuutta 1 HY/m^3, selvä hajuesiintymä hajupitoisuutta 3 HY / m^3 ja voimakas haju hajupitoisuutta 5 HY/m^3 (Arnold 1995, Lappi 2010).

Luokittelun yläpäässä olisi ollut tarpeellista olla vielä yksi luokka lisää joka olisi kuvannut todella voimakasta hajuesiintymää. Muutaman kerran tuli vastaan hajuesiintymä joka aiheutti lähes välittömästi haistamisen jälkeen kuvotuksen ja pahoinvoinnin tunteen. Aatamilan ym. (2011) mukaan onkin tyypillistä, että hajujen aiheuttamat fyysiset oireet ilmenevät heti hajulle altistuttua tai hieman sen jälkeen. Pahoinvointi on yksi hajupäästöjen aiheuttama fyysinen oire (Schiffman ym. 2005). Joulukuun 19.päivä jolloin suoritettiin ylimääräinen

havainnointikierros, jätevesilietteen haju oli niin voimakas pisteessä 7 Mäyrämäen asuinalueella, että se aiheutti kuvotusta. Kyseisen päivän hajuongelma oli seurausta matalapaineesta, sillä keli oli lauhtumassa, heikkotuulinen ja lämpötila oli lähellä nollaa (Arnold 2002). Samanlainen voimakas hajuesiintymä oli tammikuun 5.päivä jolloin hajuja esiintyi runsaasti eri puolilla havainnointialuetta, mutta pisteessä 1 Ladun majalla lietteen haju oli todella kuvottava. Tammikuun hajuongelman aiheutti kova -19 asteen pakkanen joka aiheutti alueella inversioilmiön eikä ilmakehä päässyt sekoittumaan 2,7 m/s puhaltavasta länsituulesta huolimatta (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2016). Voimakkaimpiin hajuesiintymiin syy löytyi yleensä sääolosuhteista tai sitten jätekeskuksella ilmenneistä prosessihäiriöistä kuten loppuvuonna 2017, kun alueella sijaitsevassa biokaasulaitoksessa ilmeni häiriöitä.

Lieviä hajuesiintymiä esiintyi kaikissa havainnointipisteissä tarkastelujakson aikana. Koko tarkastelujaksona voimakkuudeltaan vähäisten hajuesiintymien määrä vaihteli välillä 5-17 hajuhavaintoa/havainnointipiste (Taulukko 17), selvien hajuesiintymien välillä 0-15 hajuhavaintoa/havainnointipiste ja voimakkaiden 0-11 hajuhavaintoa/havainnointipiste (Taulukko 17). Hajuhavaintojen määrä olisi selvästi pienempi jos Mustankorkean havainnointipistettä ei laskettaisi määriin mukaan. Erityisesti selviä ja voimakkaita hajuesiintymiä havaittiin pääasiallisesti Mustankorkean jätekeskuksella (Taulukko 17).

Yli 60 % kaikista hajuesiintymistä kuului voimakkuudeltaan luokkaan 1 eli lieviin hajuesiintymiin (Kuva 23). Riittävän etäällä hajulähteestä hajut pääsevät laimenemaan, sekoittumaan ja kulkeutumaan eri suuntiin ilmavirtausten mukana jolloin alkuperäistä hajulähdettä on haastavampi selvittää. On syytä muistaa, että Mustankorkean jätekeskus sijaitsee ympäristöstään selvästi korkeammalle kohoavan mäen päällä metsän keskellä. Jätekeskuksella esiintyvät hajuesiintymät pääsevät siis valumaan maastonpinnan mukaisesti alaspäin, mikäli maasto on

riittävän avointa, kuten teitä tai metsään hakattua aukkoa pitkin (Laukkanen 2005). Myös tuulen aiheuttamilla virtauksilla on merkittävä vaikutus hajujen leviämisessä (Nicell 2009, Niu ym. 2014). Talvella 2017 hajuesiintymiä havaittiin useammassa pisteessä vaikka tuuli oli havainnointihetkellä kohtalaista. Usein tällaisina päivinä oli ollut kovempaa pakkasta joka oli stabiloinut ilmakehän liikkumista ja estänyt hajujen sekoittumista ilmavirtauksiin (Makkonen 2008).

5.3 Hajuesiintymien luonne

Suurin osa hajuesiintymistä oli luokiteltavissa tympeäksi, imeläksi tai muuten tunnistamattomaksi (Kuva 24). Nämä hajuesiintymät olivat usein voimakkuudeltaan lieviä joka vaikeutti hajun luonteen tarkempaa tunnistamista. Lyytimäen (2006) mukaan voimakkaalla nuuhkimisella on mahdollista yrittää parantaa hajuaistin herkkyyttä. Joskus havaintopisteessä toteutettu voimakas nuuhkiminen auttoi hajuesiintymän luonteen selvittämisessä. Nuuhkimisesta ei kuitenkaan ollut apua pakkassäällä jolloin hajujen erottelukyky heikkenee (Arnold 2002).

Hajuesiintymien luonteen kuvaaminen oli haastavaa, koska referenssihajunäytteitä hajukuvauksista ei ollut käytettävissä. Hajun luonteen kuvaus tietynlaiseksi perustui enemmän muisti- ja mielikuvaan tietystä hajusta esimerkiksi millaiselle komposti tai mätä vihannes haisee. Hajun kokeminen on aina subjektiivinen kokemus joten hajun luonteen ja voimakkuuden arviointi peilautuu aina havainnoitsijan omiin arvostuksiin ja kokemuksiin (Arnold 2002, Pullen 2007).

Jätevesilieteaumoista on kompostointiprosessissa vapautunut ilmaan erilaisia rikki- ja typpiyhdisteitä kuten ammoniakkia ja haisevia rasvahappoja kuten voi- ja propionihappoja sekä VOC-yhdisteitä jotka ovat aiheuttaneet eriasteisia hajuesiintymiä jätekeskuksen ympäristöön. Ladun majan pisteessä (piste 1)

esiintyneet pistävät hajuesiintymät ovat olleet lieteaumoista haihtuneita ammoniakkipäästöjä, koska jätekeskuksen vanhat jätepenkat eivät sijaitse sillä puolella aluetta (Kuva 25). Vastaavasti Mustankorkean pohjois- ja kaakkoispuolella sijaitsevalla Mustalammen asuinalueella esiintyneet pistävät hajuesiintymät ovat todennäköisesti olleet vanhalta jätetäyttöalueelta purkautuneita kaatopaikkakaasuja. Ladun majan pisteessä 15.2. esiintynyt pistävä haju on todennäköisesti ollut aumoista vapautunutta ammoniakkia, sillä havaintohetkellä vallitsi aurinkoinen ja lämpenevä sää jolloin lämpötilan nousu on kiihdyttänyt ammoniakin vapautumista kompostointiaumoista (Pagans ym. 2006).

Havaintokierroksilla havaittu selvä mätänevän vihanneksen/biojätteen haju on ollut peräisin jo pieninä pitoisuuksina aistittavista haisevista rikkiyhdisteistä, kuten metyyli- ja etyylimerkaptaaneista sekä sulfidiyhdisteistä joille mätänevän kaalin tai sipulin haju on tunnusomaista (Lasaridi ym. 2010, Tuominen 2012). Hyvin voimakkaan ja kuvotuksen tunteen aiheuttaman hajupäästön lähteenä ovat olleet herkästi aistittavat aromaattiset typpiyhdisteet indoli ja skatoli, jotka syntyvät proteiinien hajotessa ja niitä esiintyi erityisesti jätevedessä (Lasaridi ym. 2010, Clayden ym. 2012). Indoli- ja skatoliyhdisteitä on ollut ilmassa myös silloin, kun hajuesiintymä on tuonut mieleen navetan tai lannanhajun (Curren ym. 2016). Kaikista voimakkaimmissa hajuesiintymissä, jotka ovat aiheuttaneet voimakkaan kuvotuksen tunteen, on todennäköisesti ollut mukana myös propioni- ja butyyrihappoja joita on syntynyt kompostoinnissa aminohappojen hajotessa.

5.4 Tulosten luotettavuus ja yleistettävyys

Toteutetun hajuseurannan tavoitteena oli tarkkailla viranomaismääräyksen mukaisesti poikkeustilanteen aiheuttamia hajupäästöjä alueen asukkaille ja pyrkiä minimoimaan niitä. Hajuesiintymät ovat aina paikallisia, hetkellisiä ja ne sekoittuvat herkästi tuulisessa säässä. Muutaman minuutin kestoiset hajuhavainnot havainnointipisteissä eivät kerro totuutta siitä miten pitkään ja

millä tavoin alueen asukkaat ovat altistuneet hajuesiintymille. Arvio perustuu tällöin lyhytaikaiseen paikalla oleskeluun joka ei kerro riittävästi hajujen esiintymistiheydestä, voimakkuudesta tai kestosta alueella. Chenin ym. (2013) mukaan jätekeskusten hajuhaitat häiritsevät eniten juuri lähialueiden asukkaita, kuten tässäkin tutkimuksessa tuli ilmi sillä eniten hajuesiintymiä oli lähimmissä havaintopisteissä (Taulukko 17).

Hajupaneeliseuranta toteutettiin ilman ennakkovalmistautumisia kuin kyseessä olisi ollut kuka tahansa alueen asukas joka tarkkailee elinympäristössään esiintyviä hajuja. Jos erityyppisiin hajuihin olisi päässyt tutustumaan etukäteen, niin hajuesiintymien luonnetta ja voimakkuutta olisi ollut alusta lähtien helpompi arvioida. Kokemattomuus hajuesiintymien arvioinnissa heijastui eniten vuoden 2016 marraskuun tuloksiin joissa on jäänyt kirjaamatta lieviä, epämääräisiä hajuesiintymiä, koska ei ole ollut vielä kokemusta millainen hajumaailma alueella normaalisti vallitsee. Hajujen luonteen arvioimisen kannalta erityyppisiin hajuihin olisi ollut hyvä päästä tutustumaan etukäteen sillä se olisi auttanut hajuesiintymien vivahteiden tunnistamisessa paremmin.

Ennen hajupaneelin aloittamista olisi voinut myös pohtia mihin aikaan päivästä hajupaneelin toteuttaminen olisi ollut tarkoituksenmukaista. Jätevesilietettä toimitettiin jätekeskukselle arkipäivisin klo 10–12 välissä sekä kompostoituvien lieteaumojen ilmastaminen kääntämällä suoritettiin arki-iltapäivisin. Harvoin hajupaneelia kuitenkaan ehdittiin suorittamaan arkisin ennen klo 16. Tulokset eivät siis täysin kerro miten paljon hajuja lieteaumoista levisi ympäristöön ja miten laajalle ne jätekeskuksen ympäristössä levisivät. Toisaalta suurin osa ihmisistä on päivisin poissa kotoa jolloin ympäristössä esiintyvät hajuhaitat eivät häiritse niin paljon kuin iltaisin ja viikonloppuisin.

Tämän pro gradu – työn tavoitteena oli tarkastella voidaanko ympäristössä esiintyviä hajupäästöjä torjua hallinnollisten menetelmien avulla. Tässä työssä

kuvatussa poikkeustilanteessa jätekeskusta valvova ympäristöviranomainen on antanut määräyksen toimijalle. Määräyksen mukaan toimijan tulee minimoida poikkeustilanteesta syntyvät hajuhaitat jätekeskuksen ympäristöön sekä seurata mahdollisia hajuhaittoja. Viranomainen ei ota kantaa siihen miten toimija määräyksen toteuttaa. Toimijan tulee kuitenkin määräajoin raportoida seurantansa tulokset viranomaiselle. Viranomaisen mielestä hajupaneeliseuranta on ollut riittävä keino seurata poikkeustilanteesta ympäristöön leviäviä hajuhaittoja jätekeskuksen nettisivujen kautta toimivan ympäristöpaneelin lisäksi.

Pääsääntöisesti hallinnolliset menetelmät toimivat parhaiten proaktiivisesti eli niiden avulla pyritään estämään hajuhaittojen syntymistä ennakkoon esimerkiksi vaatimalla laitoksen YVA-menettelyn yhteydessä hajuselvityksen toteuttamista ja asettamalla laitoksen toiminnalle tai tekniikalle tarvittavia rajoituksia, jotta toiminnasta ei aiheutuisi asukkailla haittaa. Kirjallisuuskatsauksessa huomattiin, että ympäristölupamääräyksillä puututaan hyvin vaihtelevasti laitosten mahdollisesti aiheuttamiin hajuhaittoihin. Tämä johtuu varmasti siitä, että Suomen lainsäädännöstä puuttuvat edelleen hajuille määritellyt ohje- ja raja-arvot joihin viranomainen voisi päätöksensä suoraan nojata. Olisi hyvä jos Suomeen vihdoin saataisiin erilaiset hajupäästöille määritellyt ohje- ja raja-arvot. Myös EU:n tasolla olisi syytä harmonisoida hajulainsäädäntö eri jäsenmaiden kesken, sillä hajuja rajoitetaan hyvin eri perustein eri puolilla EU:ta. Hallinnolliset keinot ovat hieman hitaita puuttumaan jo olemassa oleviin hajuongelmiin vaikka hajuongelmista valitettaisiin kunnalliselle viranomaiselle. Sillä vallitsevat hajuongelmat vaativat ensin selvityksiä mistä hajupäästö on peräisin ja mitä toimija voi hajupäästön ehkäisemiseksi tehdä (Sahi 2017).

Toisena kysymyksenä oli tarkastella, että aiheuttavatko ulkoilman hajupäästöt ympäristöterveydellistä riskiä. Hajupäästöt yksinään eivät aiheuta ihmisille merkittäviä terveysvaikutuksia, sillä aistimme monet hajuyhdisteet aiemmin kuin

niiden terveydelle haitallinen raja tulee vastaan. Ihminen ei mielellään halua oleskella epämiellyttävässä hajussa vaan pyrkii hajuesiintymästä pois esimerkiksi sisätiloihin jolloin myös altistuminen hajun aiheuttajalle vähenee välittömästi. Terveyshaittoja hajuesiintymistä voivat kuitenkin saada herkät ihmiset, kuten astmaatikot jotka voivat joutua turvautumaan ylimääräiseen lääkehoitoon hajupäästöjen vuoksi (Schiffman ym. 2005). Sekä kotimaisissa että ulkomaisissa tutkimuksissa on havaittu, että ihmiset saavat erilaisia fyysisiä oireita hajuille altistumisesta. Oireiden laajuus, kirjo sekä voimakkuus vaihtelevat ihmisestä ja hajuyhdisteille altistumisesta riippuen. Hajupäästöt ovat yksi ympäristössä esiintyvä stressitekijä joka psykologisen stressin kautta heikentää ihmisten elämänlaatua. Pitkäaikaisen stressin on todettu olevan ihmisille haitallista. Yhä etenevän kaupungistumisen kannalta on myös huolestuttava löydös, että Blanes-Vidalin ym. (2014) sekä Oiamon ym. (2015) tutkimusten mukaan hajupäästöt voivat yhdessä ympäristömelun kanssa vaikuttaa negatiivisesti ihmisen kokonaisvaltaiseen terveyteen. Uusia asuinalueita mallinnettaessa ja kaavoitettaessa tulisikin huomioida hajupäästöjen sekä ympäristömelun leviäminen ympäristöönsä ja pyrkiä kaavoittamaan pahimmat riskialueet joilla melua ja hajua voi yhdessä esiintyä johonkin muuhun käyttöön kuin asuntoalueiksi. Haastavaksi tämän tekee se, että Aatamilan ym. (2011) mukaan hajupäästöille altistumista voi tapahtua yllättävänkin etäällä alkuperäisestä päästölähteestä.

Tutkimuksen tavoitteena oli myös tarkastella aiheuttiko jätekeskuksella vallitseva poikkeustilanne hajuhaittoja lähialueiden asukkaille. Hajuhaittoja esiintyi tarkastelujakson aikana jätekeskuksen ympäristössä vaihtelevasti. Pääsääntöisesti kerran viikossa satunnaisena ajankohtana toteutetulla hajuseurannalla ei kuitenkaan pystytä kattavasti asukkaiden altistumista hajupäästöille selvittämän. Jos hajupaneeliseurannan avulla oikeasti haluttaisiin saada selville tietyllä alueella esiintyvät hajuhaitat, niin se vaatisi useita osallistujia jotka päivittäin kirjaisivat

ylös ympäristössään havainnoimansa hajuesiintymät. Näin toteutettuna hajupaneelilla voidaan kattavasti saada tietoa miten paikalliset asukkaat kokevat hajuhaittoja oman asuinalueensa ympäristössä (Arnold 1995). Yksittäisen satunnaisesti havainnointia suorittavan havainnoitsijan tulokset eivät kerro miten alueen paikalliset asukkaat hajupäästöille altistuvat. Yhden havainnoitsijan varassa oleva havainnointi on liian altis esimerkiksi flunssakauden aiheuttamille häiriöille havainnoitsijan hajuaistissa joka voi merkittävästi vähentää esimerkiksi yhden kuukauden aikana havaittuja hajuhavaintoja. Useamman osallistujan tuottamalla havainnointidatalla olisi mahdollista myös laskea tuloksista tilastollisia analyysejä, hajutunteja ja hajuindeksiarvoja. Hajutuntien laskemisen avulla voisi selvittää kuinka paljon alueella esiintyy hajuja suhteutettuna vuorokauden tunteihin. Vastaavasti hajuindeksiarvo kertoisi miten paljonko alueella tavataan hajupäästöjä esimerkiksi yhden tarkastelukuukauden aikana.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ympäristössä esiintyviä hajupäästöjä on mahdollista pyrkiä estämään ja rajoittamaan viranomaisilta tulevilla määräyksillä ja ohjeistuksilla. Tässä tutkimuksessa havainnollistettiin miten poikkeustilanteen aiheuttamia hajuhaittoja ympäristössä voidaan seurata. Syntyviä hajuhaittoja on mahdollista ehkäistä muuttamalla toimintaa saadun hajuseurannasta saadun tiedon avulla. Kyseessä oli väliaikainen poikkeustilanne joten saadut tulokset eivät ole sellaisenaan käytettävissä minkään toisen jäteprosessin aiheuttamien hajuhaittojen arviointiin kyseisellä alueella. Mustankorkean jätekeskus ei poikkeustilanteen aikana vastaanottanut tavanomaista enempää ympäristöpaneeli-ilmoituksia hajuhaittoihin liittyen (Aho 2018). Poikkeustilanteesta aiheutui alueelle pääasiallisesti lieviä hajuesiintymiä joiden leviämiseen ympäristöön vaikuttivat

vallitsevat tuulensuunnat sekä muut sääolosuhteet, jotka lisäsivät kaasumaisten yhdisteiden vapautumista ilmaan. Voimakkaimmat hajuesiintymät saatiin kuriin kompostointiprosessia optimoimalla.

Yleisesti tarkasteltuna elinympäristöissä esiintyvät hajuongelmat tuskin ovat vähenemässä. Kaupungistuminen kiihtyy sekä Suomessa että maailmalla jolloin asuinalueet työntyvät entistä lähemmäksi kohti teollisia alueita joilta voi vapautua satunnaisesti hajupäästöjä. Kiertotalouden hengessä kaikki materia pyritään saamaan mahdollisuuksien mukaan tehokkaasti kiertoon jolloin jatkojalostetaan myös fraktioita, jotka voivat olla epämiellyttävän hajun lähteenä ja lisätä näin hajupäästöjen esiintymistä. Epämiellyttävät hajupäästöt heikentävät elinympäristön viihtyisyyttä ja ihmiset kokevat hajut stressitekijänä joka vaikuttaa negatiivisesti heidän kokonaisvaltaiseen terveydentilaansa. Tästä näkökulmasta olisikin syytä huomioida hajupäästöt myös kansallisessa lainsäädännössä laatimalla viimein Suomeen hajupäästöjä ohjaavat hajun ohje- ja raja-arvot.

KIITOKSET

Haluan kiittää ohjaajaani Tuula Tuhkasta saamastani ohjauksesta sekä mukavista ohjaustuokioista. Kiitokset myös Mustankorkean Piia Aholle mahdollisuudesta toteuttaa tämä nuuskintatutkimus sekä ohjauksesta projektiin liittyen. Kiitokset Kai Sormuselle tutustumiskierroksesta Mustankorkeaan. Kiitos Maa- ja vesitekniikan tuki ry:lle pro gradu-työhön myönnetystä stipendistä. Omat kiitoksensa ansaitsevat tsemppaamisesta ja kuuntelusta myös Heidi, kotiväki ja karvaiset metkumakkarat.

KIRJALLISUUS

Aamulehti. 25.8.2017. Kangasala on leijunut kuvottava löyhkä – Tarastenjärven hajuilta suojannut kuusimetsä hakattiin pois. Saatavissa: https://www.aamulehti.fi/uutiset/kangasalla-leijuu-kuvottava-loyhka-tarastejarven-hajuilta-suojannut-kuusimetsa-hakattiin-pois-200349441. (luettu 31.8.2018)

Aatamila M., Verkasalo P.K., Korhonen M.J., Suominen A.L., Hirvonen M. &Viluksela M.K. 2011. Odour annoyance and physical symptoms among residents living near waste treatment centers. Environment Research 111(1): 164–170. doi:10.1016/j.envres.2010.11.008

Aatamila M., Verkasalo P.K., Korhonen M.J., Viluksela M.K., Pasanen K., Tiittanen P. & Nevalainen A. 2012. Odor annoyance near waste treatment centers: A population-based study in Finland. Journal of the Air & Waste Management Association 60(4): 412–418. doi: 10.3155/1047-3289.60.4.412

Aho P. 2016a. Kompostointilaitoksen tulipalo ei aiheuttanut vaaraa lähialueen asukkaille. Mustankorkea Oy - naapurikirje 1/2016.

Aho P.2016b. Sähköpostikeskustelu 19.12.2016.

Aho P.2017. Sähköpostikeskustelu 22.3.2017.

Aho P.2018. Tapaaminen 6.3.2018.

Albers M., Helle H.,Varpula T., Itävaara M., Kapanen A. & Vikman M. 2003. Kompostointiprosessin monitorointi ja ohjaus. Kirjallisuusselvitys. VTT tiedotteita2207. Espoo. Saatavissa: http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2003/T2207.pdf. (luettu 31.3.2018)

Aluehallintovirasto - Etelä-Suomi.2012a. Ympäristölupapäätös nro 167/2014/2. Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen, Turku. Saatavissa: https://tietopalvelu.ahtp.fi/Lupa/Lisatiedot.aspx?Asia_ID=852545 (luettu 28.2.2018)

Aluehallintovirasto – Länsi- ja Sisä-Suomi. 2012b. Ympäristölupapäätös nro 142/2012/1. Mustankorkea Oy:n jätteenkäsittelykeskuksen ympäristöluvan muuttaminen, Jyväskylä. Saatavissa: https://mustankorkea.fi/wp-content/uploads/2016/12/Ymparistolupapaatos-nro-142-2012-1.pdf (luettu 26.2.2018)

Aluehallintovirasto – Itä-Suomi. 2013. Päätös nro 58/2013/1. Bioenergiaa sekä lannoite- ja maanparannusvalmisteita tuottava biokaasulaitos ja toiminnan aloittamislupa, Kuopio. Saatavissa: https://www.avi.fi/documents/10191/56910/isavi_paatos_58_2013_1-2013-6-27.pdf/59725049-62c6-4d39-8a99-cd9f07f060e1(luettu 26.2.2018)

Aluehallintovirasto - Etelä-Suomi.2015a. Ympäristölupapäätös 239/2015/2. Suomenojan jätevedenpuhdistamon ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen ja toiminnan lopettaminen, Espoo. Saatavissa: https://tietopalvelu.ahtp.fi/Lupa/Lisatiedot.aspx?Asia_ID=851061.(luettu 28.2.2018)

Aluehallintovirasto - Länsi- ja Sisä-Suomi. 2015b. Ympäristölupapäätös nro 185/2015/1. Perustettava biokaasulaitos sekä toiminnan aloittaminen muutoksenhausta huolimatta, Jyväskylä. Saatavissa: https://tietopalvelu.ahtp.fi/Lupa/Lisatiedot.aspx?Asia_ID=1177710. (luettu 28.2.2018)

Antila A., Karppinen M., Leskelä M., Mölsä H. & Pohjakallio M. 2009. Tekniikan kemia. 10.–11. painos. Helsinki. Edita Publishing Oy.

Arnold M. 1995. Hajuohjearvojen perusteet. VTT tiedotteita 1711. VTT Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo.

Arnold M. 2002. Eläinsuojien hajuhaitat - ohjeistusmallit, arviointi ja vähentäminen sekä käytäntö eri maissa. Susies - Loppuraportti 15.3.2002. Alueelliset ympäristöjulkaisut 264. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Vaasa. Ykkös-Offset Oy.

Arnold M., Kuusisto S., Wellman K., Kajolinna T., Räsänen J., Sipilä J., Puumala M., Sorvala S., Pietarila H. & Puputti, K. 2006. Hajuhaitan vähentäminen maatalouden suurissa eläintuotantoyksiköissä. VTT tiedotteita 2323. VTT. Espoo. Saatavissa: http://expo.fmi.fi/aqes/public/HAJURAKO_loppuraportti_VTT_2006.pdf.(luettu 1.3.2018)

Arslanbayrak P.2008. Pohjois-Päijänteen kansallinen kaupunkipuisto - esiselvitys. Maisema-arkkitehtuurin diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Sokkeli Oy. Helsinki.

Blanes-Vidal V., Baelum J., Nadimi E.S., Lofstrom P. & Christensen L.P. 2014. Chronic exposure to odorous chemicals in residential areas and effects on human psychosocial health: Dose-response relationships. Science of Total Environment 490: 545–554.

Both R.2001. Directive on odour in ambient air: an established system of odour measurement and odour regulation in Germany. Water science and technology 44(9): 119-126.

Brancher M., Griffiths K.D., Franco D. & de Melo Lisboa H. 2017. A review of odour impact criteria in selected countries in the world. A review. Chemosphere 168: 1531–1570. doi:10.1016/j.chemosphere.2016.11.160

Burman J. 15.11.2016. Poikkeustilannesuunnitelma jätteiden käsittelylle Mustankorkea Oy:n kompostointilaitoksen tulipalon jälkeen.

Capelli L., Sironi S., Rosso R.D., Céntola P., & Grande M.I. 2008. A comparative and critical evalution of odour assessment methods on a landfill site. Atmospheric Environment 42(30):7050—7058. doi:10.1016/j.atmosenv.2008.06.009

Cavalini P.M., Koeter-Kemmerling L.G. ja Pulles M.P.J. 1991. Coping with odour annoyance and odour concentrations: three field studies. Journal of Environment Psychology 11(2): 123-142.doi:10.1016/S0272-4944(05)80072-6

Che Y., Yang K., Jin Y., Zhang W., Shang Z., & Tai J. 2013. Residents´ concern and attitudes toward a municipal solid waste landfill: Integrating a questinnaire survey and GIS techniques. Environmental Monitoring and Assessment 185(12):10001-10013. doi:10.1007/s10661-013-3308-y

Chemel C., Riesenmey C., Batton –Hubert M. & Vaillant H. 2012. Odour impact assessment around a landfill site from weather-type classification complaint inventory and numerical simulation. Journal of Environmental Management 93(1): 85–94. doi: 10.1016/j.jenvman.2011.08.016

Chen J., Chen T-B., Gao D., Lei M., Zheng G-D., Liu H-T., Guo S-L., & Cai L. 2011. Reducing H_2S production by O_2 feedback control during large-scale sewage sludge composting. Waste management 31(1): 65—70. doi: 10.1016/j.wasman. 2010.08.020

Clayden J., Warren S.G. & Greeves N. 2012. Organic chemistry. 2nd ed. Oxford University Press. C & C Offsett Pringing Co. Ltd. China.

Clemens J. & Cuhls C. 2003. Greenhouse gas emissions from mechanical and biological waste treatment of municipal waste. Environmental Technology 24(6): 745–754. doi: 10.1080/09593330309385611

Curren J., Hallis S.A., Snyder C.L., & Suffet I.H.2016. Identification and quantification of nuisance odors at a trash transfer station. Waste management 58:52—61. doi:10.1016/j.wasman.2016.09.021

De Feo G., De Gisi S. & Williams I.D. 2013. Public perception of odour and environmental pollution attributed to MSW treatment and disposal facilities: A case study. Waste management 33(4): 974–987. doi: 10.1016/j.wasman.2012.12.016

Dincer F., Odabasi M. & Muezzinoglu A. 2006. Chemical characterization of odorous gases at a landfill site by gas chromatography- mass spectrometry. Journal of Chromatography A 1122(1-2):222-229. doi: 10.1016/j.chroma.2006.04.075

Devanand D.P., Lee S., Manly J., Andrews H., Schupf N., Masurkar A., Stern Y., Mayeux R. & Doty R.L. 2015. Olfactory identification deficits and increased mortality in the community. Annals of Neurology 78: 401–411. doi: 10.1002/ana.24447

Drew G.H., Smith R., Gerard V., Burge C., Lowe M., Kinnersley R., Sneath R. & Longhurst P.J. 2007. Appropriateness of selecting different averaging times for modeling chronic and acute exposure to environmental odours. Atmospheric Environment 41(13):2870—2880. doi:10.1016/j.atmosenv.2006.09.022

Eitzer B.D. 1995. Emissions of volatile organic chemicals from municipal solid waste composting facilities. Environmental Science and Technology 29(4): 896–902. doi: 10.1021/es00004a009

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus - Keski - Suomi. 2015. Päätös Dnro KESELY/1922/2015.(luettu 16.12.2017)

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus - Varsinais-Suomi. 7.4.2017. Lausunto ympäristövaikutusten arviointiohjelmasta – Sikalan laajennushanke Pöytyän Kumilassa. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B6ED0DBB4-E058-4F8D-A0DF-80D15C55086B%7D/129128. (luettu 15.12.2017)

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus - Varsinais-Suomi.17.6.2010. Lausunto ympäristövaikutusten arviointiohjelmasta sikala-, broilerkasvattamo-, biokaasulaitos- ja lannoitevalmistushanke. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B6B5CA6F6-0825-4AB5-AD90-7AC0F44D05A1%7D/48089. (luettu 28.2.2018)

Environment Agency. 2007. Review of odour character and thresholds. Science Report: SC030170/SR2. Environment Agency. Saatavissa: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290981/scho0307bmkt-e-e.pdf (luettu 5.3.2018)

Environment Agency.2011. Additional guidance for H4 Odour management. How to comply with your environmental permit.Environmental Agengy. Saatavissa: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/296737/geho0411btqm-e-e.pdf . (luettu 5.3.2018)

Fang J-J., Yang N., Cen D-Y., Shao L-M., & He P-J. 2012. Odor compounds from different sources of landfill: Characterization and source identification. Waste management 32:1401—1410. doi:10.1016/j.wasman.2012.02.013

Finnish Consulting Group – FCG Oy. 2011. Tampereen Vesi. Pirkanmaan keskuspuhdistamo, Sulkavuoren vaihtoehto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B16D7E053-58EB-458E-81E6-9D3AF939A820%7D/44318. (luettu 28.2.2018)

Fischer G. & Dott W. 2003. Relevance of airborne fungi and their secondary metabolites for environmental, occupational and indoor hygiene. Archives of Microbiology 179(2):75—82.doi:10.1007/s00203-002-0495-2

Frechen F-B. 2001. Prediction of odorous emissions. Kirjassa Stuetz, R. ja Frechen, F-B. (ed.) 2001. Odours in wastewater treatment. Measurement, modelling and control. IWA Publishing. Cornwall, UK. pp. 201–213.

Freudenburg W.R. & Pastor S.K. 1992. NIMBYs and LULUs: Stalking the syndromes. Journal of Social Issues 48(4): 39—61.

Gallego E., Soriano C., Roca F.X., Perales J.F., Alarcon M. & Guardino X. 2008. Identification of the origin of odour episodes through social participation, chemical control and numerical modeling. Atmospheric Environment 42(35): 8150—8160. doi:10.1016/j.atmosenv.2008.08.004

Hamoda M.F. 2007. Air pollutants emissions from waste treatment and disposal facilities. Journal of Environmental Science and Healt part A 41(1): 77–85. doi: 10.1080/10934520500298895

Han Z., Qi F., Wang H., Liu B., Shen X., Song C., Bao Z., Zhao X., Xu Y., & Sun D.2018. Emission characteristics of volatile sulphur compounds (VSCs) from

a municipal sewage sludge aerobic composting plant. Waste management 77:593—602. doi:10.1016/j.wasman.2018.05.049

Hansen N.G. ja Rindel K.2000. Bioscrubbing, an effective and economic solution too dour control at wastewater treatment plants. Water science & technology 41(6): 155-164.

He P., Wei S., Shao L., & Lü F. 2018. Emission potential of volatile sulfur compounds (VSCs) and ammonia from sludge compost with different bio-stability under various oxygen level. Waste management 73:113—122. doi:10.1016/j.wasman.2017.12.028

Heaney C.D., Wing S., Campbell R.L., Caldwell D., Hopkins B., Richardson D. & Yeatts K. 2011. Relation between malodor, ambient hydrogen sulfide, and health in a community bordering a landfill. Environmental Research 111(6): 847–852. doi:10.1016/j.envres.2011.05.021

Héroux M., Pagé T., Gélinas C.& Guy C. 2004. Evaluating odour impacts from a landfilling and composting site: involving citizens in the monitoring. Water science and technology 50(4): 131-137.

Hiltunen E., Holmberg P., Jyväsjärvi E., Kaikkonen M., Lindblom-Ylänne S., Nienstedt W. & Wähälä K. (toim.) 2007. Galenos. Ihmiselimistö kohtaa ympäristön. 8. uudistettu painos. WSOY Oppimateriaalit Oy. Helsinki.

Himanen M. & Hänninen K. 2011. Composting of bio-waste, aerobic and anaerobic sludges - Effect of feedstock on the process and quality of compost. Bioresource Technology 102(3): 2842–2852.doi:10.1016/j.biortech.2010.10.059

Hokkanen J. & Ikonen M. 2006. Mustankorkea Oy Jätekeskus. Ympäristöpaneeli yhteenveto vuoden 2005 tuloksista.1.2.2006. Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy.

Huuskonen I. & Keskitalo T. 2011. Hajun leviäminen ympäristöön Biovakka Suomi Oy:n Hyvinkään biokaasulaitoshankkeessa. Erillisselvitys ympäristövaikutusten arviointia varten. Tutkimusraportti 114/2011. Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B70A7D7A4-FABD-4689-A6C8-AB2543C2864B%7D/59822. (luettu 15.12.2017)

Hvitved-Jacobsen T. & Vollertsen J. 2001. Odour formation in sewer networks. Kirjassa Stuetz, R. ja Frechen, F-B. (ed.) 2001. Odours in wastewater treatment. Measurement, modelling and control. IWA Publishing. Cornwall, UK. pp. 33–68.

Ilmatieteenlaitos. 2017a. Talviset inversiotilanteet. Saatavissa: http://ilmatieteenlaitos.fi/talviset-inversiotilanteet. (luettu 2.7.2017).

Ilmatieteenlaitos. 2017b. Jyväskylän paikallissää. Saatavissa: http://ilmatieteenlaitos.fi/saa/jyv%C3%A4skyl%C3%A4. (luettu 3.7.2017)

Ilmatieteenlaitos. 2017c. Havaintojen lataus. Saatavissa: http://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/. (luettu 29.1.2017).

Jauhiainen J.S. (2003). Haiseeko Oulussa? Sellutehtaan hajun sosiaalinen rakentuminen. Yhteiskuntapolitiikka 68(6): 603–614.

Jyväskylän seudun Puhdistamo Oy (J-S Puhdistamo). 2017. Nenäinniemen puhdistamon lietteenkäsittelyprosessit. Saatavissa: http://www.js-puhdistamo.fi/puhdistamot/nenainniemen-puhdistamo/. (luettu 2.7.2017).

Jätelaki 17.6.2011/646.

Karhunen L. & Tuorila H. 2005. Hajuaisti. Teoksessa Tuorila H. & Appelbye U. (toim.) Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. Helsinki. Yliopistopaino.

Kauppinen T. & Tähtinen V. 2003. Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnin – käsikirja. Aiheita 8/2003. Stakes. Stakesin monistamo. Helsinki.

Kissel J.C., Henry C.L. & Harrison R.B. 1993. Potential emissions of syntetic VOCs from MSW composting. BioCycle 34(2): 76–78.

Kiljunen A. 2017. Mustankorkea Oy. Jätekeskuksen ympäristöpaneeli vuonna 2016. Tutkimusraportti 46/2017. Laadittu 30.3.2017. Nablabs Oy

Knaapila A., Tuorila H., Silventoinen K., Wright M. J., Kyvik K.O., Keskitalo K., Hansen J., Kaprio J. & Perola M. 2008. Environmental effects exceed genetic effects on perceived intensity and pleasantness of several odors: a three-population twin study. Behavior Genetics 38: 484 - 492. doi:10.1007/s10519-008-9211-6

Kopomaa T., Peltonen L. & Litmanen T. (toim.) 2008. Ei meidän pihallemme!: Paikalliset kiistat tilasta. Gaudeamus Helsinki University Press. Helsinki.

Koukka S. 2016. Kekkilä Oy ja Nurmijärven kunta. Metsä-Tuomen ympäristöpaneeli lokakuu 2016. Raportti. Viite 82116477-001. Ramboll. Saatavissa:http://www.nurmijarvi.fi/filebank/16839-ymparistopaneeli_lokakuu_2016.pdf. (luettu 15.3.2018)

Krzymien M., Day M., Shaw K., Mohmad R. & Sheehan S. 1999. The role of feed composition on the composting process. II. Effect on the release of volatile organic compounds and odours. Journal of Environmental Science and Health 34(6): 1369 - 1396. doi: 10.1080/10934529909376901

Laitinen J., Alhola K., Manninen K. & Säylä J. 2014. Puhdistamolietteen ja biojätteen käsittely ravinteita kierrättäen. Hankeraportti. Suomen ympäristökeskus SYKE. Saatavissa: http://www.syke.fi/download/noname/%7B75C943EE-6205-42AA-B130-1105133D5FFF%7D/105713. (luettu 28.2.2018)

Laitio M., & Maijala O. 2010. Alueidenkäytön strateginen ohjaaminen. Suomen ympäristö 28/2010. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Laki eräistä naapuruussuhteista 13.2.1920/26.

Lakka S. & Jantunen J. 2017. Tilastokatsaus YVA-menettelyihin 1994 - 2016. Suomen ympäristökeskus – SYKE. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B9B915B8D-36D1-46FB-9DB9-2DF10BABD4BD%7D/131628. (luettu 28.2.2018)

Lappi S. 2010. Hajujen leviäminen ja hajuyhdisteiden leviämismallit. Ympäristö ja Terveys 41(4): 42–47.

Lasaridi K., Katsabanis G., Kyriacou A., Maggos T., Manios T., Fountoulakis M., Kalogerakis N., Karageorgos P. & Stentiford, E.I. 2010. Assessing odour nuisance from wastewater treatment and composting faclities in Greece. Waste Management & Research 28(11): 977–984. doi:10.1177/0734242X10372660

Laukkanen T. 2005. Ilmansuojelun perusteet – Oppikirja ilman pilaantumisesta ja sen ehkäisemistä. J.P.Pulkkisen kalibrointi Ky. Savilahden Kirjapaino Ky. Mikkeli.

Lee S., Xu Q., Booth M., Townsend T.G., Chadik P., & Bitton G. 2006. Reduced sulfur compounds in gas from construction and demolition debris landfills. Waste management 26(5): 526—533. doi:10.1016/j.wasman.2005.10.010

Lehtinen J. & Veijanen A.2011a. Determination of odorous VOCs and the risk of occupational exposure to airborne compounds at the waste water treatment plants. Water Science & Technology 63(10):2183—2192.

Lehtinen J. & Veijanen A. 2011b. Odour monitoring by combined TD-GC-sniff technique and dynamic olfactometry at the wastewater treatment plant of low H_2S concentration. Water air soil pollution 218(1-4): 185—196.doi: 10.1007/s11270-010-0634-3

Lehtinen J., Tolvanen O., Nivukoski U., Veijanen A. & Hänninen K.2013. Occupational hygiene in terms of volatile organic compounds (VOCs) and bioaerosols at two solid waste management plants in Finland. Waste Management 33(4):964—973. doi:10.1016/j.wasman.2012.11.010

Leinonen R. & Nikunen E. 2002. Ympäristölle vaaralliset kemikaalit: riskiarviointi ja luokitus. Helsinki. Hakapaino Oy.

Lens P. & Kuenen J. 2001. The biological sulfur cycle: novel opportunities for environmental biotechnology. Water Science Technology 44(8): 57–66.

Litmanen T. 1996. Ydinjätteet – kiitos, ei tänne! Paikkakuntalaisten suhtautuminen ydinjätteisiin Äänekoskella, Eurajoella ja Kuhmossa. Teoksessa: Konttinen, E. ja Litmanen, T. (toim.) 1996. Ekokuntia ja ökykuntia. Tutkimuksia ympäristöhallinnan paikallisesta eriaikaisuudesta. SoPhi. Yhteiskuntatieteiden, valtio-opin ja filosofian julkaisuja. Jyväskylän yliopisto. Jyväskylän yliopistopaino

Lyytimäki J. 2006. Unohdetut ympäristöongelmat. Gaudeamus. Helsinki.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.

Maanmittauslaitos. 2017. Karttapaikka – palvelu. Saatavissa: https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/.

Makkonen T. 2008. Biovakka Oy:n biokaasulaitoksen hajujen leviämisselvitys hajupaneelin avulla. Turun yliopiston merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen julkaisuja B 156. Turun yliopisto merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus. Turku. Saatavissa: http://mkkdok.utu.fi/pub/B156-biovakka.pdf.(luettu 15.2.2018)

Marttila O., Haahtela T., Vilkka V. & Wikström A-M. 1987. Hajurikkiyhdisteet Etelä-Karjalan yhdyskuntailmassa: Ilmanlaatu ja vaikutus asumisviihtyvyyteen. Raportti 4. Kaakkois-Suomen allergiakeskus. Imatran kaupunki, monistamo. Joutseno.

Marttila O. 1995. Hajurikkiyhdisteet ulko- ja sisäilmassa ja yhdisteiden vaikutukset terveyteen. Outdoor and indoor malodorous sulfur compounds and their effects on health. Väitöskirja. Environmentalica Fennica 19. Etelä- Karjalan Allergia- ja ympäristöinstituutti. Helsingin yliopistollinen keskussairaala, Iho- ja allergiasairaala. Helsingin yliopisto, Kansanterveystieteen laitos. Yliopistopaino.

Mao I-F., Tsai C-J., Shen S-H., Lin T-F., Chen W-K. & Chen, M-L. 2006. Critical components of odors in evaluating the performance of food waste composting plants. Science of the Total Environment 370(2 - 3): 323–329. doi: 10.1016/j.scitotenv.2006.06.016

McGann J. P. 2017. Poor human olfaction is a 19th-century myth. A review summary. Science 356(6338). doi: 10.1126/science.aam7263

Munukka A. & Munukka J. 2007. Mikä täällä haisee – Selluteollisuuden hajurikkiyhdisteet. Askoksa Consulting Oy Ltd. Lappeenrannan kirjapaino Oy.

Mustafa M.F., Liu Y., Duan Z., Guo H., Xu S., Wang H., & Lu W. 2017. Volatile compounds emission and health risk assessment during composting of organic fraction of municipal solid waste. Journal of Hazardous materials 327:35—43. doi:10.1016/j.hazmat.2016.11.046

Mustankorkea Oy. 2016. Kompostilaitoksella mittava tulipalo. Saatavissa: https://mustankorkea.fi/2016/12/kompostointilaitoksella-mittava-tulipalo/. (luettu 31.5.2017).

Mustankorkea Oy. 2017. Kuntien oma jätehuoltoyhtiö. Saatavissa: https://mustankorkea.fi/neuvonta/mustankorkea/kuntien-oma-jatteenkasittely-yhtio/. (luettu 31.5.2017).

Mustankorkea Oy. 2018a. Toivakasta Mustankorkean omistajakunta. Saatavissa: https://mustankorkea.fi/2018/01/toivakasta-mustankorkean-omistajakunta/. (luettu 27.1.2018).

Mustankorkea Oy. 2018b. Tuotteet- multa. Saatavissa: https://mustankorkea.fi/tuotteet/multamyynti/. (luettu 3.2.2018).

Nathanson J.A. & Schneider R.A. 2015. Basic environmental technology. Water supply, waste management and pollution control. Sixth edition. Pearson education. USA.

Nicell J.A. 2009. Assessment and regulation of odour impacts. Atmospheric Environment 43(1): 196–206. doi:10.1016/j.atmosenv.2008.09.033

Nicolas J., Craffe F. & Romain A.C. 2006. Estimation of odor emission rate from landfill areas using the sniffing team method. Waste Management 26(11): 1259–1269. doi:10.1016/j.wasman.2005.10.013

Nie E., Zheng G., Shao Z., Yang J., & Chen T. 2018. Emission characteristics and health risk assessment of volatile organic compounds produced during

municipal solid waste composting. Waste management 79:188—195. doi:10.1016/j.wasman.2018.07.024

Nienstedt W., Hänninen O., Arstila A. & Björkqvist, S-E. 1999. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 12.uudistettu painos. WSOY. Porvoo.

Niu Z-G., Xu S-Y. & Gong Q-C. 2014. Health risk assessment of odors emitted from urban wastewater pump stations in Tianjin, China. Environmental Science Pollution Research 21(17): 10349–10360. doi:10.1007/s11356-014-2984-7

Oiamo T.H., Luginaah I.N. & Baxter J. 2015. Cumulative effects of noise and odour annoyances on environmental and health related quality of life. Social Science & Medicine 146: 191–203. doi:10.1016/j.socscimed.2015.10.043

Ojanen P. & Kemppainen H. 2009. Metsäteollisuuslaitosten lopettamistoimiin ja pitkiin tuotantoseisokkeihin liittyvien ympäristöriskien hallinta. Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/2009. Kaakkois-Suomen Ympäristökeskus. Kouvola. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/43102/KASra_4_2009.pdf?sequence=1. (luettu 15.2.2018)

Pagans E., Barrena R., Font X., & Sánchez A.2005. Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature. Chemosphere 62(9):1534—1542. doi:10.1016/j.chemosphere.2005.06.044

Palmiotto M., Fattore E., Paiano V., Celeste G., Colombo A. & Davoli E. 2014. Influence of a municipal solid waste landfill in the surrounding environment: Toxicological risk and odor nuisance effects. Environment International 68: 16–24. doi: 10.1016/j.envint.2014.03.004

Peluso A.M., Thomas H.J. & Sambeth J.E. 2011. Sources and elimination of volatile organic compounds. Kirjassa Hanks J.C. & Louglin S.O. (toim.) 2011. Volatile organic compounds. Nova Science Publishers,Inc. New York. 149–166.

Pullen J.(toim.)2007. Review of odour character and thresholds. Science Report SC030170/SR2. Environment Agency. Saatavissa: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290981/scho0307bmkt-e-e.pdf (luettu 5.3.2018)

Puumala M. & Grönroos J. (toim.) 2004. Kotieläintalouden ympäristökuormituksen vähentäminen. Toimenpiteiden kustannukset ja tehokkuus. Suomen ympäristö – ympäristönsuojelu 708. Suomen ympäristökeskus. Edita Prima Oy. Helsinki.

Pääkkönen R. 2015. Hajut ympäristöongelmana. Ympäristö ja Terveys 46(6): 22–26.

Rantakrans E. & Savunen T. 1995. Hajuyhdisteiden leviämisen arviointi. Ilmansuojelun julkaisuja 21. Ilmatieteen laitos. Helsinki.

Reed D. R. & Knaapila A. 2010. Genetics of taste and smell: poisons and pleasures. Progress in Molecular Biology and Translational Science 94: 213–240. doi:10.1016/B978-0-12-375003-7.00008-X

Räsänen J., Siltanen T., Vahlman T., Pääkkönen J. & Ojanen H. 2001. Jätevesiviemärin hajuhaittojen vähentäminen. VTT tiedotteita 2089. Valtion tieteellinen tutkimuskeskus. Otamedia Oy. Espoo.

Räsänen K. 2003. Itsekästä takapihan suojelua vai oikeudenmukaisuuden peräämistä? Tapaustutkimus Ilmajoen jätteenkäsittelylaitosta vastustaneesta kansalaistoiminnasta. Sosiologian pro gradu-tutkielma. Yhteiskuntatieteiden ja filosofian laitos. Jyväskylän yliopisto.

Sahi Timo. Jyväskylän kaupungin valvontakemisti. 28.02.2017. Haastattelu Jyväskylän kaupungin ympäristöterveystoimistolla.

Salmi R-L. 2006. Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000. Opas 13. Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.ym.fi/download/noname/%7B5B7CCAD1-D27A-4C86-8369-9E18F8ADF862%7D/32259. (luettu 28.12.2017)

Sanchez C., Couvert A., Laplanche A. ja Renner C. 2006. New compact scrubber for odour removal in wastewater treatment plants. Water science & technology 54(9): 45-52.

Sandman P.M. 1987. Riski communication: Facing public outrage. EPA Journal (U.S. Environmental Protection Agency). Saatavissa: http://www.psandman.com/articles/facing.htm.(luettu 20.2.2018)

Schauberger G., Schmitzer R., Kamp M., Sowa A., Koch R., Eckhof w., Eichler F., Grimm E., Kypke J. & Hartung E. 2012. Empirical model derived from dispersion calculations to determine separation distances between livestock buildings and residential areas to avoid odour nuisance. Atmospheric Environment 46: 508-515. doi:10.1016/j.atmosenv.2011.08.025

Schiffman S.S., Walker J.M., Dalton P., Lorig T.S., Raymer J.H., Shusterman D. & Williams C.M. 2005. Potential health effects of odor from animal operations, wastewater treatment and recycling of byproducts. Journal of Agromedicine 9(2): 395-403. doi:10.1300/J096v09n02_24

Schiffman S.S. & Williams C.M. 2005. Science of odor as a potential health issue. Journal of Environmental Quality 34(1): 129—138.

Simsek C., Elci A., Gunduz O. & Taskin N. 2014. An improved landfill site screening procedure under NIMBY syndrome constraints. Landscape and Urban planning 132: 1—15. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2014.08.007.

Sneath R.W. 2001. Olfactometry and the CEN standard prEN 17325. Kirjassa Stuetz, R. ja Frechen, F-B. (ed.) 2001. Odours in wastewater treatment. Measurement, modelling and control. IWA Publishing. Cornwall, UK. pp. 130-154.

Sormunen Kai. 2017. Tuote- ja kehityspäällikön haastattelu Mustankorkealla. 15.2.2017.

Sosiaali- ja terveysministeriö (STM).1999. Ympäristövaikutusten arviointi. Ihmiseen kohdistuvat terveydelliset ja sosiaaliset vaikutukset. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 1999:1. Oy Edita Ab. Helsinki. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/71273/URN%3ANBN%3Afi-fe201504225515.pdf?sequence=1.(luettu 15.2.2018)

Sosiaali- ja terveysministeriö (STM), työsuojeluosasto. 2015. Riskien arviointi työpaikalla – työkirja. Saatavissa:https://ttk.fi/files/2941/Riskien_arviointi_tyopaikalla_tyokirja_22052015_kerttuli.pdf. (luettu 27.2.2018)

Spellman F.R. & Stoudt M.L. 2013. Meteorology. Kirjassa Spellman F.R. & Stoudt M.L. 2013. Environmental Science: principles and practices. The Scarecrow Press, Inc. pp. 391–410.

Steinheider B. & Winnek G. 1993. Industrial odours as environmental stressors: Exposure-annoyance associations and their modification by coping, age and perceived health. Journal of Environmental Psychology 13(4):353—363.doi:10.1016/S0272-4944(05)80257-9

Stenberg D. 2005. Hajun fysiologia. Työterveyslääkäri 23(2): 140–142. Saatavissa: http://www.terveysportti.fi/dtk/tyt/ttl00204. (luettu 20.2.2018)

Sucker K., Both R. & Winneke G. 2001. Adverse effects of environmental odours: reviewing studies on annoyance responses and symptom reporting. Water Science and Technology 44(9): 43—51.

Sucker K., Both R., Bischoff M., Guski R. & Winneke G. 2008. Odor frequency and odor annoyance. Part I: assessment of frequency, intensity and hedonic tone of environmental odors in the field. International Archives of Occupational and Environmental health 81(6): 671—682. doi:10.1007/s00420-007-0259-2

Suffet I.H. & Rosenfeld P.2007. The anatomy of odour wheels for odours of drinking water, wastewater, compost and the urban environment. Water science and technology 55(5): 335—344.doi:10.2166/wst.2007.196

Suomen standardisoimisliitto ry. 2003. Air quality. Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. SFS-EN 13725.

Tamminen T. & Tamminen A. 2012. 10. Hajujen leviämismallinnus VE Sulkavuori. Pirkanmaan keskuspuhdistamo - Sulkavuoren vaihtoehto. Hajujen leviämisen mallinnukset. Ympäristövaikutusten arviointi 2012. Enwin - Vision Keeper. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BFBA2AE0A-23AD-432E-BA07-4F676A8182F6%7D/44338 (luettu 28.2.2018)

Tammisto S. 2015. Jyväskylän seudun puhdistamo Oy. Korpilahden jätevedenpuhdistamon hajuvaikutukset alueella 2015. Raportti. Viite 1510022129-M1. Ramboll Finland Oy. Saatavissa: http://www.js-puhdistamo.fi/wp-content/uploads/2016/02/1510022129_Korpilahden_jätevedenpuhdistamon_hajumittaukset.pdf. (luettu 15.2.2018)

Tammisto S. & Salokannel K. 2015. Jyväskylän seudun puhdistamo Oy. Nenäinniemen jätevedenpuhdistamon hajuselvitys. Raportti. Viite 1510016609. Ramboll Finland Oy. Saatavilla: http://js-puhdistamo.fi/wp-content/uploads/2015/08/1510016609_Nenainniemen_-hajuselvitysID12.pdf. (luettu 15.2.2018)

Tammivuori R. 2012. Hajujen hallinta ja vähentämisen haasteet. Ympäristö ja Terveys 43(3): 66–69.

Terveydensuojelulaki 19.8.1994/763.

Terveyden- ja hyvinvoinnin laitos (THL). 2016. Ilmansaasteet. https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmansaasteet. (luettu 20.2.2018.)

Tolvanen O., Nykänen J., Nivukoski U., Himanen M., Veijalainen A. & Hänninen K. 2005. Occupational hygiene in a Finnish drum composting plant. Waste Management 25(4): 427–433. doi: 10.1016/j.wasman.2005.02.011

Tuominen J. 2012. Tuoksujen ihmeellinen maailma. Kustannusosakeyhtiö Kureeri. Hansabook Oy. Vantaa.

Tuorila H (toim). & Abbelbye, U (toim). 2016. Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. 3. painos. Gaudeamus. Helsinki.

Työ- ja elinkeinoministeriö – TEM. 2015. Ympäristövaikutusten arviointimenettely kaivoshankkeissa. Edita Prima Oy. Helsinki.

Työterveyslaitos. 2017a. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet - turvallisuusohjeet (OVA-ohjeet) - rikkivety. Saatavissa: http://www.ttl.fi/ova/rikkivet.html. (luettu 29.1.2018)

Työterveyslaitos. 2017b. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet - turvallisuusohjeet (OVA-ohjeet) - ammoniakki. Saatavissa: http://www.ttl.fi/ova/ammoni.html. (luettu 9.2.2018)

Uuksulainen J. & Järvensivu R. 2017. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen toiminta vuonna 2016. Helsingin seudun ympäristöpalvelut - kuntayhtymä. Helsinki. Saatavissa: https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Raportit/Jatteenkasittelykeskuksen_toiminta_2016.pdf. (luettu 15.2.2018)

Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta. 19.6. 1996/ 480.

Van Durme G.P., McNamara B.F.& McGinley C.M. 1992. Bench-scale removal of odor and volatile compounds at a composting facility. Water Environment Research 64(1): 19–27. doi:10.2175/WER.64.1.4

Vari A., Kemp R. & Mumpower J. 1991. Public concerns about LLWR facility siting: A comparative study. Journal of cross-cultural psychology 22(1): 83–102. doi: 10.1177/0022022191221007

Vilkka V. 1991. Selluloosatehtaiden hajurikkipäästöjen terveysvaikutukset. Väitöskirja. Helsingin yliopisto, Kansanterveystieteen laitos. Etelä – Karjalan Allergia- ja ympäristöinstituutti. Kymen painotuote.

Vincent A.J. 2001. Sources of odours in wastewater treatment. Kirjassa Stuetz, R. ja Frechen, F-B. (ed.) 2001. Odours in wastewater treatment. Measurement, modelling and control. IWA Publishing. Cornwall, UK. pp. 69–92.

VnA – Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista. 2.5.2013.

Weatherlink network. 2017. Mustankorkean sääasemapalvelu. Saatavissa: www.weatherlink.com/login.php

Wenjing L., Zhenhan D., Dong L., Caicedo L.M.J., Yanjun L., Hanwen G., & Hongtao W. 2015. Chracterization of emission on the working face of landfill

and establishing of odorous compounds index. Waste management 42:74-81. doi:10.1016/j.wasman.2015.04.030

World Health Organization (WHO). 2013. Health and environment: communicating the risks. World Health Organization. Grafiche Antiga spa. Italy.

Wing S., Horton R.A. & Rose K.M. 2013. Air pollution from industrial swine operations and blood pressure of neighboring residents. Environmental Health Perspectives 121(1): 92—96.doi:10.1289/ehp.1205109

Ying D., Chuanyu C., Bin H., Yueen X., Xuejuan Z., Yingxu C., & Weixiang W. 2012. Characterization and control of odorous gases at a landfill site: A case study in Hangzhou, China. Waste management 32(2): 317—326. doi:10.1016/j.wasman.2011.07.016

Yle. 4.4.2009. Kansanliike valittaa jätevesien kompostoinnnista. Saatavissa: https://yle.fi/uutiset/3-5764181 (luettu 28.2.2018)

Yle. 11.10.2016. Mustankorkean kompostointilaitos tulessa – tuhoutunee kokonaan. Saatavissa: https://yle.fi/uutiset/3-9223818 (luettu 20.8.2018)

Yle. 5.5.2017. Mustankorkean kompostilaitoksen palo sai alkunsa rakennustöistä. Saatavissa: https://yle.fi/uutiset/3-9596728. (luettu 31.5.2017)

Ympäristöministeriö. 2013. Kaavan vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen. Opas arviointiin. Suomen Ympäristö 13/2013. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Ympäristöministeriö. 2016. Maankäytön suunnittelu. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto_ja_rakentaminen/maankayton_suunnittelun_ohjaus. (luettu 15.2.2018)

Ympäristöministeriö. 2017. Ympäristövaikutusten arviointi. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi. (luettu 28.2.2018)

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527.

Ympäristövaikutusten arviointi – laki 5.5.2017 /252.

Zhang H., Schuchardt F., Li G., Yang J., & Yang Q.2013. Emission of volatile compounds during composting of municipal solid waste (MSW). Waste management 33(4): 957—963. doi:10.1016/j.wasman.2012.11.008

Zhang L., & Klenosky D.B. 2016. Residents`perceptions and attitudes toward waste treatment facility sites and their possible conversion: A literature review. Urban forestry & urban greening 20:32-42. doi:10.1016/j.ufug.2016.07.016

Zhu Y.L., Zheng G.D., Gao D., Chen T.B., Wu F.K., Niu M.J., & Zou K.H. 2016. Odor composition analysis and odor indicator selection during sewage sludge composting. Journal of the Air & waste management association 66(9):930—940. doi:10.1080/10962247.2016.1188865

LIITE 1. HAJUSEURANTALOMAKE – VOIMAKKUUS 1

							Hajuseurantapisteet											
Kierros	Viikonpäivä	pvm	Aloitus klo-aika	Lämpötila (T °C)	Tuulensuunta	Tuulen nopeus (m/s)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1	Ke	23.11.	14:00	4	Etelä-kaakko	3,1	x				x	x						
2	Su	27.11.	18:57	-6	Lounas	10,1											x	
3	Ma	28.11.	16:27	-5	Lounas	1,3												x
4	Pe	2.12.	19:15	-4	Etelä-lounas	4		x						x		x	x	
5	Ti	6.12.	17:03	-13	Etelä-kaakko	1,1	x	x										
6	To	8.12.	18:10	0	Lounas	0,2		x	x									
7	Ma	12.12.	17:25	-5	Etelä-lounas	1,3												
8	Ke	14.12.	9:37	-5	Luode	1,2												
9	Pe	16.12.	13:45	-1	Luode	3		x										
10	Ma	19.12.	17:22	0	Etelä	0,7				x		x						
11	Ke	21.12.	14:33	-1	Itä-kaakko	1,8							x					x
12	To	22.12.	15:07	2	Etelä-lounas	2,7									x			
13	Ma	26.12.	17:38	0	Etelä	1,4												x
14	To	29.12.	13:43	0	Etelä	1,9										x		
15	Ma	2.1.	10:50	-7	Etelä	1,5					x							x
16	To	5.1.	19:30	-19	Länsi	2,7		x	x				x	x				
17	Ma	9.1.	14:48	0	Lounas	1,8							x					
18	Ke	11.1.	16:02	-1	Itä-kaakko	4,0				x	x			x				x
19	Pe	20.1.	15:02	-2	Etelä-lounas	5,4			x									
20	La	21.1.	13:23	-3	Länsi-lounas	3,6	x											
21	Ti	24.1.	18:55	-10	Etelä-lounas	1,2					x							x
22	Pe	27.1.	14:22	2	Etelä-lounas	1,3				x	x							
23	Ti	31.1.	18:37	-4	Lounas	1,5		x									x	
24	Su	5.2.	19:26	-5	Itä-koillinen	4,3												
25	Ma	6.2.	16:36	-12	Itä	0,8		x		x					x			x
26	To	9.2.	16:29	-11	Pohjoinen	1,8												
27	Ma	13.2.	19:14	3	Etelä-lounas	4,9			x						x		x	
28	Ke	15.2.	9:36	-1	Kaakko	0,9			x			x			x		x	
29	Ke	22.2.	12:16	-8	Koillinen	0,9								x	x	x		x
30	Pe	24.2.	16:50	-8	Länsi	1,3		x					x					

31	Ma	27.2.	15:50	-7	Itä-kaakko	2,2				x	x						x
32	Ti	28.2.	14:30	0	Itä-koillinen	3,1	x		x	x	x	x		x	x		x
33	Ma	6.3.	12:53	-8	Koillinen	2,0			x	x							x
34	Ke	8.3.	12:20	-1	Itä-kaakko	6,7			x						x		x
35	Ti	14.3.	10:50	0	Itä-kaakko	2,2											
36	Ma	20.3.	14:23	1	Itä	0,4		x	x	x						x	
37	Ke	22.3.	13:50	3	Etelä-kaakko	0,9					x	x		x	x		
38	Su	26.3.	15:10	9	Etelä-lounas	5,8			x				x	x			
39	Pe	31.3.	11:10	1	Etelä-lounas	0,9		x									
40	Ma	3.4.	13:25	-1	Etelä-lounas	1,0								x			x
41	Ti	11.4.	17:38	-1	Lounas	3,1								x			
42	To	20.4.	15:30	5	Itä-kaakko	5,8											
43	Pe	28.4.	12:50	2	Kaakko	4,0											
44	Ke	3.5.	14:35	9	Länsi	3,6										x	
45	Ti	9.5.	14:34	2	Länsi	4,9							x			x	x
46	Ti	16.5.	14:45	11	-	0											
47	Ma	22.5.	16:35	21	Etelä-lounas	6,2											
48	Pe	2.6.	19:05	6	Länsi	5,8											
49	Pe	9.6.	20:10	12	Etelä	1,0											
50	To	15.6.	13:05	19	Etelä-lounas	2,0											
51	Pe	23.6.	12:32	12	Lounas	4,0										x	
52	To	29.6.	11:05	15	Etelä-lounas	1,0											
53	Su	9.7.	18:30	20	Itä-koillinen	1,3											
54	Pe	14.7.	14:48	13	Koillinen	4,0											
55	La	22.7.	19:32	14	Etelä-lounas	1,0											
56	Su	30.7.	13:56	21	Koillinen	3,0											
57	Su	6.8.	18:32	16	Etelä	4,0											
58	La	12.8.	18:02	21	Luode	3,0											
59	Ma	14.8.	17:30	18	Etelä-lounas	1,8		x									x
60	Ti	22.8.	19:13	13	Etelä	1,0											
61	Su	3.9.	19:20	11	-	0											
62	Ti	5.9.	18:00	12	Koillinen	2,2											
63	Ma	11.9.	17:01	15	Koillinen	2,0											
64	La	23.9.	20:42	12	-	0					x		x			x		x
65	La	30.9.	17:28	4	Itä-Kaakko	0,4											
66	Ti	3.10.	17:49	5	Itä	3,1	x								x		
67	Ti	10.10.	19:12	7	Koillinen	4,9											
68	Ti	17.10.	13:16	7	Etelä-lounas	2,2		x	x								
69	Ke	25.10.	18:55	0	Itä-Koillinen	5,4											

70	Su	5.11.	19:12	4	Etelä-kaakko	1,8												
71	To	9.11.	17:48	3	Etelä-kaakko	3,6									x			x
72	Su	19.11.	16:29	1	Itä	4,0												
73	La	25.11.	13:06	0	Etelä	1,0												
74	Ke	29.11.	19:48	-1	Luode	2,0												
75	Ke	6.12.	15:35	-3	Itä	2,0												
76	To	14.12.	10:24	0	Itä-kaakko	5,8	x							x	x			
77	Pe	15.12.	19:27	-3	-	0,0												
78	Ke	20.12.	17:27	-1	Etelä-kaakko	3,6		x					x	x	x	x		
79	Ma	25.12.	16:30	-4	Etelä-lounas	2,2							x					

LIITE 2. HAJUSEURANTALOMAKE – VOIMAKKUUS 2

							Hajuseurantapisteet											
Kierros	Viikonpäivä	pvm	Aloitus klo-aika	Lämpötila (T °C)	Tuulensuunta	Tuulen nopeus (m/s)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1	Ke	23.11.	14:00	4	Etelä-kaakko	3,1												
2	Su	27.11.	18:57	-6	Lounas	10,1												
3	Ma	28.11.	16:27	-5	Lounas	1,3												
4	Pe	2.12.	19:15	-4	Etelä-lounas	4			x									
5	Ti	6.12.	17:03	-13	Etelä-kaakko	1,1												
6	To	8.12.	18:10	0	Lounas	0,2												x
7	Ma	12.12.	17:25	-5	Etelä-lounas	1,3												
8	Ke	14.12.	9:37	-5	Luode	1,2												x
9	Pe	16.12.	13:45	-1	Luode	3												x
10	Ma	19.12.	17:22	0	Etelä	0,7		x			x			x				
11	Ke	21.12.	14:33	-1	Itä-kaakko	1,8					x							
12	To	22.12.	15:07	2	Etelä-lounas	2,7			x	x								
13	Ma	26.12.	17:38	0	Etelä	1,4		x										
14	To	29.12.	13:43	0	Etelä	1,9												x
15	Ma	2.1.	10:50	-7	Etelä	1,5				x								
16	To	5.1.	19:30	-19	Länsi	2,7											x	
17	Ma	9.1.	14:48	0	Lounas	1,8												x
18	Ke	11.1.	16:02	-1	Itä-kaakko	4,0												
19	Pe	20.1.	15:02	-2	Etelä-lounas	5,4											x	x
20	La	21.1.	13:23	-3	Länsi-lounas	3,6												x
21	Ti	24.1.	18:55	-10	Etelä-lounas	1,2												
22	Pe	27.1.	14:22	2	Etelä-lounas	1,3												
23	Ti	31.1.	18:37	-4	Lounas	1,5			x									
24	Su	5.2.	19:26	-5	Itä-koillinen	4,3												
25	Ma	6.2.	16:36	-12	Itä	0,8												
26	To	9.2.	16:29	-11	Pohjoinen	1,8												
27	Ma	13.2.	19:14	3	Etelä-lounas	4,9		x										x
28	Ke	15.2.	9:36	-1	Kaakko	0,9	x						x					x
29	Ke	22.2.	12:16	-8	Koillinen	0,9												
30	Pe	24.2.	16:50	-8	Länsi	1,3												x
31	Ma	27.2.	15:50	-7	Itä-kaakko	2,2												

32	Ti	28.2.	14:30	0	Itä-koillinen	3,1										x		
33	Ma	6.3.	12:53	-8	Koillinen	2,0												
34	Ke	8.3.	12:20	-1	Itä-kaakko	6,7								x				
35	Ti	14.3.	10:50	0	Itä-kaakko	2,2					x							x
36	Ma	20.3.	14:23	1	Itä	0,4												x
37	Ke	22.3.	13:50	3	Etelä-kaakko	0,9			x	x								
38	Su	26.3.	15:10	9	Etelä-lounas	5,8											x	x
39	Pe	31.3.	11:10	1	Etelä-lounas	0,9					x							
40	Ma	3.4.	13:25	-1	Etelä-lounas	1,0												
41	Ti	11.4.	17:38	-1	Lounas	3,1												
42	To	20.4.	15:30	5	Itä-kaakko	5,8												
43	Pe	28.4.	12:50	2	Kaakko	4,0												
44	Ke	3.5.	14:35	9	Länsi	3,6	x											
45	Ti	9.5.	14:34	2	Länsi	4,9												
46	Ti	16.5.	14:45	11	-	0												
47	Ma	22.5.	16:35	21	Etelä-lounas	6,2												
48	Pe	2.6.	19:05	6	Länsi	5,8												
49	Pe	9.6.	20:10	12	Etelä	1,0												
50	To	15.6.	13:05	19	Etelä-lounas	2,0												
51	Pe	23.6.	12:32	12	Lounas	4,0												
52	To	29.6.	11:05	15	Etelä-lounas	1,0												
53	Su	9.7.	18:30	20	Itä-koillinen	1,3												
54	Pe	14.7.	14:48	13	Koillinen	4,0												x
55	La	22.7.	19:32	14	Etelä-lounas	1,0												
56	Su	30.7.	13:56	21	Koillinen	3,0												
57	Su	6.8.	18:32	16	Etelä	4,0												
58	La	12.8.	18:02	21	Luode	3,0												
59	Ma	14.8.	17:30	18	Etelä-lounas	1,8												
60	Ti	22.8.	19:13	13	Etelä	1,0												
61	Su	3.9.	19:20	11	-	0												
62	Ti	5.9.	18:00	12	Koillinen	2,2												
63	Ma	11.9.	17:01	15	Koillinen	2,0												
64	La	23.9.	20:42	12	-	0		x		x					x		x	
65	La	30.9.	17:28	4	Itä-Kaakko	0,4												
66	Ti	3.10.	17:49	5	Itä	3,1												
67	Ti	10.10.	19:12	7	Koillinen	4,9												
68	Ti	17.10.	13:16	7	Etelä-lounas	2,2												
69	Ke	25.10.	18:55	0	Itä-Koillinen	5,4									x			
70	Su	5.11.	19:12	4	Etelä-kaakko	1,8												

71	To	9.11.	17:48	3	Etelä-kaakko	3,6			x									
72	Su	19.11.	16:29	1	Itä	4,0												
73	La	25.11.	13:06	0	Etelä	1,0												x
74	Ke	29.11.	19:48	-1	Luode	2,0												
75	Ke	6.12.	15:35	-3	Itä	2,0												
76	To	14.12.	10:24	0	Itä-kaakko	5,8												
77	Pe	15.12.	19:27	-3	-	0,0												
78	Ke	20.12.	17:27	-1	Etelä-kaakko	3,6												
79	Ma	25.12.	16:30	-4	Etelä-lounas	2,2												

LIITE 3. HAJUSEURANTALOMAKE – VOIMAKKUUS 3

							Hajuseurantapisteet											
Kierros	Viikonpäivä	pvm	Aloitus klo-aika	Lämpötila (T °C)	Tuulensuunta	Tuulen nopeus (m/s)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1	Ke	23.11.	14:00	4	Etelä-kaakko	3,1												x
2	Su	27.11.	18:57	-6	Lounas	10,1												
3	Ma	28.11.	16:27	-5	Lounas	1,3												
4	Pe	2.12.	19:15	-4	Etelä-lounas	4	x											
5	Ti	6.12.	17:03	-13	Etelä-kaakko	1,1												x
6	To	8.12.	18:10	0	Lounas	0,2												
7	Ma	12.12.	17:25	-5	Etelä-lounas	1,3											x	x
8	Ke	14.12.	9:37	-5	Luode	1,2												
9	Pe	16.12.	13:45	-1	Luode	3												
10	Ma	19.12.	17:22	0	Etelä	0,7			x				x					x
11	Ke	21.12.	14:33	-1	Itä-kaakko	1,8												
12	To	22.12.	15:07	2	Etelä-lounas	2,7												x
13	Ma	26.12.	17:38	0	Etelä	1,4												
14	To	29.12.	13:43	0	Etelä	1,9												
15	Ma	2.1.	10:50	-7	Etelä	1,5												
16	To	5.1.	19:30	-19	Länsi	2,7	x											
17	Ma	9.1.	14:48	0	Lounas	1,8												
18	Ke	11.1.	16:02	-1	Itä-kaakko	4,0												
19	Pe	20.1.	15:02	-2	Etelä-lounas	5,4												
20	La	21.1.	13:23	-3	Länsi-lounas	3,6											x	
21	Ti	24.1.	18:55	-10	Etelä-lounas	1,2	x										x	
22	Pe	27.1.	14:22	2	Etelä-lounas	1,3												x
23	Ti	31.1.	18:37	-4	Lounas	1,5												x
24	Su	5.2.	19:26	-5	Itä-koillinen	4,3												
25	Ma	6.2.	16:36	-12	Itä	0,8												
26	To	9.2.	16:29	-11	Pohjoinen	1,8												
27	Ma	13.2.	19:14	3	Etelä-lounas	4,9												
28	Ke	15.2.	9:36	-1	Kaakko	0,9												
29	Ke	22.2.	12:16	-8	Koillinen	0,9												
30	Pe	24.2.	16:50	-8	Länsi	1,3											x	
31	Ma	27.2.	15:50	-7	Itä-kaakko	2,2												

32	Ti	28.2.	14:30	0	Itä-koillinen	3,1											
33	Ma	6.3.	12:53	-8	Koillinen	2,0											
34	Ke	8.3.	12:20	-1	Itä-kaakko	6,7											
35	Ti	14.3.	10:50	0	Itä-kaakko	2,2											
36	Ma	20.3.	14:23	1	Itä	0,4											
37	Ke	22.3.	13:50	3	Etelä-kaakko	0,9											x
38	Su	26.3.	15:10	9	Etelä-lounas	5,8											
39	Pe	31.3.	11:10	1	Etelä-lounas	0,9											x
40	Ma	3.4.	13:25	-1	Etelä-lounas	1,0											
41	Ti	11.4.	17:38	-1	Lounas	3,1										x	
42	To	20.4.	15:30	5	Itä-kaakko	5,8											x
43	Pe	28.4.	12:50	2	Kaakko	4,0											
44	Ke	3.5.	14:35	9	Länsi	3,6											
45	Ti	9.5.	14:34	2	Länsi	4,9											
46	Ti	16.5.	14:45	11	-	0											
47	Ma	22.5.	16:35	21	Etelä-lounas	6,2											
48	Pe	2.6.	19:05	6	Länsi	5,8										x	
49	Pe	9.6.	20:10	12	Etelä	1,0											
50	To	15.6.	13:05	19	Etelä-lounas	2,0											
51	Pe	23.6.	12:32	12	Lounas	4,0											
52	To	29.6.	11:05	15	Etelä-lounas	1,0											
53	Su	9.7.	18:30	20	Itä-koillinen	1,3											
54	Pe	14.7.	14:48	13	Koillinen	4,0											
55	La	22.7.	19:32	14	Etelä-lounas	1,0											
56	Su	30.7.	13:56	21	Koillinen	3,0											
57	Su	6.8.	18:32	16	Etelä	4,0											
58	La	12.8.	18:02	21	Luode	3,0											
59	Ma	14.8.	17:30	18	Etelä-lounas	1,8											
60	Ti	22.8.	19:13	13	Etelä	1,0											
61	Su	3.9.	19:20	11	-	0											
62	Ti	5.9.	18:00	12	Koillinen	2,2											
63	Ma	11.9.	17:01	15	Koillinen	2,0											
64	La	23.9.	20:42	12	-	0											
65	La	30.9.	17:28	4	Itä-Kaakko	0,4											
66	Ti	3.10.	17:49	5	Itä	3,1											
67	Ti	10.10.	19:12	7	Koillinen	4,9											
68	Ti	17.10.	13:16	7	Etelä-lounas	2,2											x
69	Ke	25.10.	18:55	0	Itä-Koillinen	5,4											
70	Su	5.11.	19:12	4	Etelä-kaakko	1,8											

71	To	9.11.	17:48	3	Etelä-kaakko	3,6												
72	Su	19.11.	16:29	1	Itä	4,0												
73	La	25.11.	13:06	0	Etelä	1,0												
74	Ke	29.11.	19:48	-1	Luode	2,0												
75	Ke	6.12.	15:35	-3	Itä	2,0												
76	To	14.12.	10:24	0	Itä-kaakko	5,8												
77	Pe	15.12.	19:27	-3	-	0,0												
78	Ke	20.12.	17:27	-1	Etelä-kaakko	3,6												
79	Ma	25.12.	16:30	-4	Etelä-lounas	2,2												