



Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden
korkeakoulu

Reetaleena Rissanen

Jätteen käsittelystä ja varastoinnista aiheutuvien päästöjen riskinhallinta

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 26.5.2016

Valvoja: Professori Jaana Sorvari

Ohjaajat: FT Petri Peltonen, FT Juha Laitinen

Tekijä Reetaleena Rissanen

Työn nimi Jätteiden käsittelystä ja varastoinnista aiheutuvien päästöjen riskinhallinta

Koulutusohjelma Ympäristötekniikka

Pää-/sivuaine Jätehuoltotekniikka**Koodi** IA3003

Työn valvoja Professori Jaana Sorvari

Työn ohjaajat FT Petri Peltonen, FT Juha Laitinen

Päivämäärä 26.5.2016**Sivumäärä** 117**Kieli** suomi

Tiivistelmä

Tämän diplomityön tarkoituksena oli selvittää, kuinka jätteiden käsittelystä ja varastoinnista vapautuvien päästöjen riskejä arvioidaan ja hallitaan sekä tunnistaa riskinhallinnan kehitystarpeet. Työ tehtiin haastattelututkimuksena kuudelle jätesektorin toimijalle. Lisäksi selvitettiin lainsäädännön ja kirjallisuuden avulla jätteistä vapautuvia päästöjä ja niiden vaikutuksia ympäristöön ja työympäristöön. Työympäristön keskimääräisiä päästöjä arvioitiin lisäksi Työterveyslaitoksen lausuntoarkistosta saatavien ilman epäpuhauksien keskimääräisten pitoisuustietojen avulla.

Haastattelututkimuksen perusteella osa jätesektorin toimijoista ei ollut tehnyt dokumentoitua riskinarviointia jäteperäisille päästöille. Useimmat toimijat olivat arvioineet jätteestä vapautuvat päästöt pieniksi. Työterveyslaitoksen lausuntoarkistosta haettujen tietojen perusteella tutkimuksessa mukana olleista jättejakeista suurimmat ilman epäpuhauksipitoisuudet olivat peräisin REF-jätteen, biojätteen ja tuhkan käsittelystä ja varastoinnista.

Haastatellut toimijat olivat tehneet riskinhallinnan toimia esimerkiksi osastoimalla tilat, parantamalla ilmastointia ja käyttämällä ilmastoituja työkoneita tai vähän pölyviä työmenetelmiä. Lisäksi käytössä olivat henkilönsuojaimet. Monet haastateltavat nostivat esille yleisen turvallisuuskulttuurin parantumisen viimeisten vuosien aikana.

Osa jätesektorin toimijoista kaipasi riskinarvioinnin tueksi helpokäyttöistä ja informatiivista riskinarviointiohjetta, jonka avulla työsuojelu- ja ympäristöriskit tulisivat kattavasti arvioiduiksi. Erityisesti pienemmät toimijat kokivat puutteita tiedon saamisessa sekä resurssien riittävydessä riskinarvioinnin osalta.

Työssä laadittiin uusia käsitteellisiä malleja jätepäästöistä sekä riskinarvioinnin kehittämismatriisi. Tulevaisuuden kehittämiskohteiksi muodostui yleisten riskinhallintatoimenpiteiden ja riskinarviointiohjeen käyttöön ottaminen. Paras käyttökelpoinen tekniikka on alalla yleisesti käytössä ja luo keskeisen pohjan jäteperäisten päästöjen riskinhallintaan laitoksissa. Työssä tehdyt haastattelut osoittivat kuitenkin, että edelleen tulisi enemmän yhdenmukaistaa käytänteitä ja tutkia jätteistä aiheutuvien päästöjen laatua ja vaikutuksia työympäristön kannalta.

Avainsanat jäte, varastointi, päästöt, riskinarviointi, riskinhallinta

Author Reetaleena Rissanen		
Title of thesis Risk management of the emissions caused by waste management and storage		
Degree programme Environmental Engineering		
Major/minor Waste Management	Code IA3003	
Thesis supervisor Professor Jaana Sorvari		
Thesis advisors PhD Petri Peltonen, PhD Juha Laitinen		
Date 26.5.2016	Number of pages 117	Language Finnish

Abstract

The aim of this thesis was to investigate the risk assessment and management of emissions released in waste management and storage of the wastes. The research was carried out by interviewing six waste management and storage operators. In addition, the emissions released during waste management and effects of the emissions to the environment and working environment were studied based on the literature and legislation. The average concentrations of air emissions at working places were evaluated from the archive of the Finnish Institute of Occupational Health (FIOH).

Based on the interviews, some of the waste sector operators had not made a documented risk assessment of waste-derived emissions. Most of the operators estimated the emissions released from waste to be low. According to the archives of FIOH, the management and storage of REF waste, bio-waste and ash cause the highest concentrations of impurities in air.

In the interviews, the waste operators mentioned that in order to lower the concentrations of air impurities, they have implemented many risk management actions, such as subdivisions of area, improval of ventilation, and use of ventilated heavy machinery or low-dust-generation methods. In addition, the personal protective equipment are used. According to the operators, the safety culture has improved during the last years.

Some of the operators required an easy-to-use and informative risk assessment tool, which considers both environmental and occupational risks. Especially the minor operators experienced the deficiencies in obtaining information and the adequacy of resources in respect of risk assessment.

The thesis developed novel conceptual models of waste emissions and a risk assessment matrix. Future development needs include improved general risk management measures and a risk assessment tool. Best available technique is a widely adopted principle in the waste management field and it creates an excellent basis for risk management of waste related emissions. However, the interviews of this thesis show the need for more consistent risk management practices and research concerning the quality and impact of the emissions from waste to the working environment.

Keywords waste, storage, emissions, risk assessment, risk management

Alkusanat

Tämän diplomityön taustalla on tarve selvittää jätteiden varastoinnista ja käsittelystä aiheutuvia päästöjä ja niiden aiheuttamia riskejä ympäristölle ja ihmisille.

Diplomityön aiheen innoittajana on ollut kirjoittajan kiinnostus sekä ympäristön että työympäristön päästöihin. Lisäksi Työterveyslaitoksella oli kiinnostusta saada ns. lausunnotietokantaan kerättyä tietoa hyödynnettäväksi. Diplomityö on tehty ilman ulkopuolista rahoitusta.

Haluan lämpimästi kiittää kaikkia teitä, jotka mahdollistitte tämän työn onnistumisen. Työ on toteutettu yhteistyössä haastateltavaksi lupautuneiden toimijoiden kanssa. Kiitän haastattelemani henkilöitä tutkimukseen mukaan lähtemisestä, lämpimästä vastaanotosta sekä innostuneista keskusteluista haastattelutilanteissa. Työn valvojana on toiminut professori Jaana Sorvari Aalto-yliopistosta sekä ohjaajina vanhempi yliopistolehtori Petri Peltonen Aalto-yliopistosta ja vanhempi tutkija Juha Laitinen Työterveyslaitokselta. Kiitän valvojaa ja ohjaajia asiantuntevista, rakentavista ja kannustavista kommentteista sekä työn kirjoittamisen että viimeistelyn aikana.

Haluan osoittaa lämpimät kiitokset myös läheisilleni ja ystäväilleni vierellä kulkemisesta ja kaikesta tuesta ja avusta opiskelujeni aikana.

Espoo 26.5.2016

Reetaleena Rissanen

Sisällysluettelo

Tiivistelmä
Abstract
Alkusanat

Sisällysluettelo	1
Lyhenteet.....	3
Määritelmät	5
Kuvaluettelo	6
Taulukkoluettelo	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Yleistä.....	8
1.2 Työn tarkoitus ja tavoitteet.....	10
1.3 Rajaukset	11
1.4 Työn eteneminen ja rakenne	11
2 KATSAUS LAINSÄÄDÄNTÖÖN, RAJA-ARVOIHIN JA JÄTEPÄÄSTÖIHIN	13
2.1 Jätepäästöjen lakiperusteinen sääntely	13
2.1.1 Yleinen ympäristölainsäädäntö	13
2.1.2 Jätelaki	15
2.1.3 Ilmansuojelu- ja kemikaalilait.....	16
2.1.4 YVA-laki.....	17
2.1.5 Ympäristölupamenettelyt	19
2.1.6 Työ- ja terveydensuojelulait	22
2.1.7 Kansainväliset raja-arvot	23
2.1.8 Kansalliset raja-arvot	24
2.2 Jätteistä aiheutuvat päästöt	24
2.2.1 Kemialliset päästöt.....	24
2.2.2 Hiukkaspäästöt.....	27
2.2.3 Mikrobiologiset päästöt	28
2.2.4 Päästöjen ympäristövaikutukset.....	29
2.2.5 Päästöjen vaikutukset työympäristössä.....	31
2.2.6 Menetelmät päästöjen ehkäisemiseksi	33
2.2.7 Päästöistä aiheutuvien riskien arviointi	34
2.2.8 Teknisten asiakirjojen hyödyntäminen	40
2.2.9 Parhaan ympäristökäytännön periaatteiden soveltaminen	43
2.3 Päästöjen tekninen hallinta ja menetelmät	44
2.3.1 Tekninen hallinta	44
2.3.2 Ympäristönhallintajärjestelmät	45
2.3.3 Velvoitetarkkailut ja mallintaminen	47
2.3.4 Työhygieeniset vaatimukset.....	48
2.3.5 Onnettomuustilanteita koskevien määräysten huomioiminen	51
3 TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTO	52
3.1 Haastattelututkimus	52
3.1.1 Toimialakohtaiset tutkimuskohteet.....	52
3.1.2 Haastattelun toteutus	53
3.2 Työympäristön päästötietokanta	54
3.2.1 Työterveyslaitoksen tietokannan hyödyntäminen.....	54

3.2.2	Jäteperäisten päästöjen tietokantahaut	54
3.3	Päästöjen riskinarvioinnin menetelmä	55
4	TULOKSET	56
4.1	Yleistä päästötietokannan mittausdatan kokoamisesta	56
4.2	Toiminnot ja päästöt tutkimuskohteissa	56
4.2.1	Toimialakohde 1: REF-jäte	56
4.2.2	Toimialakohde 2: biojäte	57
4.2.3	Toimialakohde 3: tuhka	58
4.2.4	Toimialakohde 4: autokorjaamon jätekemikaalit	59
4.2.5	Toimialakohde 5: kartonkijäte	60
4.2.6	Toimialakohde 6: metallijäte	60
4.2.7	Yhteenvedo haastattelun keskeisimmistä kysymyksistä	61
4.3	Toimialakohtainen riskinarviointi	63
4.3.1	Päästöjen käsitteelliset leviämismallit	63
4.3.2	Toimialojen keskimääräiset työympäristöpäästöt	68
4.3.3	Riskinarviointi työympäristöpäästöjen perusteella	73
4.3.4	Aiemmin tehtyjen riskinarviointien riittävyys	74
4.3.5	Päästöjen tekninen hallinta	75
4.3.6	Päästöjen seuranta	77
4.3.7	Kehittämisehdotukset	78
4.4	Onnettomuustilanteisiin varautuminen	79
5	TULOSTEN TARKASTELU	82
5.1	Haastattelu- ja tietokantatulosten arviointi	82
5.1.1	Yhteenvedo haastatteluissa tunnistetuista kehittämistarpeista	82
5.1.2	Tulevaisuuden kehittämismatriisi	83
5.2	Riskinarvioinnin toteutus ja tietotarpeet	86
5.3	Toteutettujen riskinhallintatoimien riittävyys	87
5.3.1	Päästöjen hallinta	87
5.3.2	Riskinhallinnan kehittämiskohteet	88
5.3.3	Päästöjen valvonta	94
5.3.4	Onnettomuustilanteisiin varautuminen	94
5.4	Arvio riskinhallinnan riittävydestä	94
5.5	Tulosten hyödynnettävyyden ja luotettavuuden tarkastelu	95
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	97
6.1	Lakien ja valvonnan vaikutukset päästöihin	97
6.2	Laatu- ja ympäristönhallintajärjestelmän vaikutukset päästöihin	97
6.3	Toimialakohtaiset menetelmät riskinarvioinnissa ja -hallinnassa	98
6.4	Työympäristön seurantadata	99
6.5	Tulevaisuuden kehittämismahdollisuudet riskinarviointiin	99
	Lähdeluettelo	101
	Liiteluettelo	109
	Liitteet	

Lyhenteet

ABEK	Kaasusuodatin hengityksensuojaimen
AVI	Aluehallintovirasto
BAT	Best Available Technique, Paras käyttökelpoinen tekniikka
BEMP	Best Environmental Management Practice, Paras ympäristökäytäntö
BOELV	Binding Occupational Exposure Limit Value, Sitova työperäisen altistumisen raja-arvo
BREF	Reference Document on Best Available Technique, Parhaan käyttökelpoisen tekniikan vertailuasiakirja
CFU	Colony Forming Unit, Pesäkettä muodostava yksikkö
CH ₄	Metaani
CLP	Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures, Aineiden ja seosten luokitus, merkintä ja pakkaaminen
CO	Hiilimonoksidi
CO ₂	Hiilidioksidi
CSW	Clinical Solid Waste, Kliininen kiinteä jäte (sairaalat)
DECOS	The Dutch Expert Committee on Occupational Safety, Alankomaalainen työ(hygieenisen) turvallisuuden asiantuntijaryhmä
DOC	Dissolved Organic Carbon, Liuennut orgaaninen hiili
ELY	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristö(keskus)
EMAS	The Eco-Management and Audit Scheme, Ympäristöasioiden hallinta- ja auditointijärjestelmä
EMS	Environmental Management System, Ympäristöhallintajärjestelmä
EPA WARM	U.S. Environmental Protection Agency (EPA) Waste Reduction Model (WARM)
EU	Endotoxin Unit, Endotoksiiniyksikkö
EU	Euroopan Unioni
FCM-PCP	Federation of Canadian Municipalities – Partners for Climate Protection
H ₂ O	Vesi
HAZOP	Hazard and Operability Study, Poikkeamatarkastelu
HCl	Vetykloridi, suolahappo
HF	Vetyfluoridi, fluorivetyhappo
HTP	Haitalliseksi tunnettu pitoisuus
IOELV	Indicative Occupational Exposure Limit Value, merkitsevä työperäisen altistumisen raja-arvo
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPCC 1996	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ohjeistus vuodelta 1996
IPCC 2006	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ohjeistus vuodelta 2006
IPCC 2006 LC	Elinkaarianalyysipohjainen IPCC malli vuodelta 2006
IPCC 2006 MC	Metaanin sitoutumiseen pohjautuva IPCC malli vuodelta 2006
ISO	International Organization for Standardization, Kansainvälinen standardisoimisjärjestö
MAPP	Major Accident Prevention Policy, Suurten onnettomuuksien estämisen toimintamalli
mg	Milligramma

Mt	Megatonni
MW	Megawatti
Nm ³	Normikuutiometri
NO _x	Typen oksidit
N ₂ O	Dityppioksidi, typpioksiduuli
O ₃	Otsoni
ODTS	Organic Dust Toxic Syndrome, Myrkyllisten orgaanisten pölyjen aiheuttama sairaus
OEL	Occupational Exposure Limit, Työperäisen altistumisen raja-arvo
OHS	Occupational Health and Safety, Työterveys ja työturvallisuus
OHSAS	Occupational Health and Safety Management Systems – Requirements. Työterveys- ja työturvallisuusjohtaminen
P3	Hiukkassuodattimen suodatusteholuokka
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, Polysyklinen aromaattinen hiilivety
PBB	Polybrominated biphenyl, Polybromattu bifenyyl
PBDE	Polybrominated diphenyl ester, Polybromattu difenyylesteri
PCB	Polychlorinated biphenyl, Polykloorattu bifenyyl
PCDD	Polychlorinated dibenzo- <i>p</i> -dioxin, Polykloorattu dibentso- <i>p</i> -dioksiini
PCDF	Polychlorinated dibenzo furan, Polykloorattu dibentsofuraani
PE	Polyethylene, Polyeteeni
PHAH	Polyhalogenated Aromatic Hydrocarbon, Polyhalogenoitu aromaattinen hiilivety
POP	Persistent Organic Pollutant, Pysyvä orgaaninen ympäristömyrkkä
PP	Polypropylene, Polypropyleeni
ppm	Parts per million, Miljoonasosa (massa/tilavuus)
PVC	Polyvinylchloride, Polyvinyylkloridi
RDF	Refuse Derived Fuel, Sekajätteestä mekaanisesti valmistettu polttoaine
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, Asetus kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenetelystä ja rajoittamisesta
REF	Recovered Fuel, Syntypaikkalajitellusta sekajätteestä ja energijätteestä valmistettu polttoaine
SCOEL	Scientific Committee on Occupational Exposure Limit, Työhygieenisten raja-arvojen tieteellinen komitea
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
SO ₂	Rikkidioksidi
SRD	Sectoral Reference Document, (yhden) Sektorialan referenssiasiakirja (parhaasta ympäristökäytännöstä)
SYKE	Suomen ympäristökeskus
TEXAS	Tool for Exposure Assessment, Altistumisen arvioinnin työkalu
TOC	Total Organic Carbon, Orgaanisen hiilen kokonaismäärä
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
VNA	Valtioneuvoston Asetus
VNp	Valtioneuvoston päätös
VOC	Volatile Organic Compounds, Haihtuvat orgaaniset yhdisteet
YSL	Ympäristönsuojelulaki
YVA	Ympäristövaikutusten arviointi

Määritelmät

Atoopikko	Henkilö, jolla on perinnöllinen taipumus muodostaa vasta-aineita elinympäristön allergeeneja vastaan
Bayesian-verkosto	Verkkotodennäköisyysmalli
Bioaerosoli	Eloperäisestä aineesta peräisin oleva aerosoli
Endotoksiini	Gram-negatiivisen solun seinämän osa
Genotoksinen	Perimämyrkyllinen
Karsinogeeninen	Syöpävaarallinen
Kasvihuonekaasu	Ilmakehässä oleva kaasu (mm. H ₂ O, CO ₂ , CH ₄ , O ₃ , N ₂ O), joka absorboi maan pinnan lämpösäteilyä
Krooninen bronkiitti	Pitkittänyt keuhkoputkentulehdus
Metaboliitti	Aineenvaihduntatuote
Mykotoksiini	Homesientien tuottama terveydelle haitallinen myrkky
Patogeeni	Taudinaiheuttaja
Silikoosi	Fibroottinen pölykeuhkosairaus, kivipölykeuhkosairaus
Termofiilinen	Lämpöä suosiva
Termotolerantti	Lämpökestävä
Toksiini	Mikrobimyrkky

Kuvaluettelo

Kuva 1	Ympäristövaikutusten arviointimenettely.
Kuva 2	Ympäristöluvan käsittelyn vaiheet.
Kuva 3	Riskinhallinnan ja väestön terveyden kehysmalli.
Kuva 4	Haitan ja riskin muodostuminen.
Kuva 5	Riskinarvioinnin perustyökalut sekä painotukset.
Kuva 6	Riskinarvioinnin ja -hallinnan vaiheet.
Kuva 7	Haastattelun keskeisimmät vastaukset.
Kuva 8	REF-jätteen käsittelystä ja varastoinnista vapautuvista päästöistä aiheutuvien vaikutusten muodostumista kuvaava käsitteellinen malli.
Kuva 9	Biojätteen käsittelystä ja varastoinnista vapautuvista päästöistä aiheutuvien vaikutusten muodostumista kuvaava käsitteellinen malli.
Kuva 10	Tuhkan käsittelystä ja varastoinnista vapautuvista päästöistä aiheutuvien vaikutusten muodostumista kuvaava käsitteellinen malli.
Kuva 11	Autonkorjauksen jätteiden käsittelystä ja varastoinnista vapautuvista päästöistä aiheutuvien vaikutusten muodostumista kuvaava käsitteellinen malli.
Kuva 12	Kartonkijätteen käsittelystä ja varastoinnista vapautuvista päästöistä aiheutuvien vaikutusten muodostumista kuvaava käsitteellinen malli.
Kuva 13	Metallijätteen käsittelystä ja varastoinnista vapautuvista päästöistä aiheutuvien vaikutusten muodostumista kuvaava käsitteellinen malli.
Kuva 14	Riskinarvioinnin tulevaisuuden kehittämiskohteet.
Kuva 15	Haitan ja riskin hallinnan vaihtoehtoja.

Taulukkoluetelo

Taulukko 1	Jätelain toteutumista valvovat viranomaiset tehtävineen.
Taulukko 2	Jätteenkäsittelyn eri vaiheista aiheutuvat päästöt ilmaan.
Taulukko 3	Esimerkkejä työympäristön altisteiden vaaraluokista.
Taulukko 4	Esimerkki vaaran aiheutumisen todennäköisyysluokituksesta.
Taulukko 5	Yksinkertainen riskinarvioinnin työkalu.
Taulukko 6	Prosessihallissa mitatut pölyn keskiarvopitoisuudet (mg/m^3) sekä mittausten lukumäärät (n).
Taulukko 7	Prosessihallissa mitatut endotoksiinien pitoisuudet (EU/m^3) sekä mittausten lukumäärät (n).
Taulukko 8	Endotoksiinien ja pölyn pitoisuudet sekä mittausten lukumäärät (n) jätteenpolttolaitoksella.
Taulukko 9	Kompostoinnissa ja bioenergiaprosessissa mitatut endotoksiinien pitoisuuksien keskiarvot (EU/m^3) sekä mittausten lukumäärät (n).
Taulukko 10	Työterveyslaitoksen tietokantaan tallennettujen REF-jätteen käsittelyn ja varastoinnin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien suhteet haitallisiksi tunnettuihin pitoisuuksiin (100 %).
Taulukko 11	Työterveyslaitoksen tietokantaan tallennettujen biojätteen käsittelyn ja varastoinnin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien suhteet haitallisiksi tunnettuihin pitoisuuksiin (100 %).
Taulukko 12	Työterveyslaitoksen tietokantaan tallennettujen kuivan tuhkan käsittelyn ja varastoinnin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien suhteet haitallisiksi tunnettuihin pitoisuuksiin (100 %).
Taulukko 13	Työterveyslaitoksen tietokantaan tallennettujen autonkorjauksen jätteiden käsittelyn ja varastoinnin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien suhteet haitallisiksi tunnettuihin pitoisuuksiin (100 %).
Taulukko 14	Työterveyslaitoksen tietokantaan tallennettujen kartonkijätteen käsittelyn ja varastoinnin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien suhteet haitallisiksi tunnettuihin pitoisuuksiin (100 %).
Taulukko 15	Työterveyslaitoksen tietokantaan tallennettujen metallijätteen käsittelyn ja varastoinnin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien suhteet haitallisiksi tunnettuihin pitoisuuksiin (100 %).
Taulukko 16	Riskinarviointi päästötietokannan pitoisuuksien pohjalta.
Taulukko 17	Käsitteellisten mallien pohjalta luodut toimialakohtaiset kehittämiss ehdotukset.
Taulukko 18	Merkittävimmät päästöjen hallinnan toimet tutkimuskohteissa.

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

Kuluttaminen tuottaa jätettä. Ennen teollistumisen aikaa jätteen tuottajat vastasivat itse jätteen hävittämisestä. Teollistumisen mukana jätteenkäsittely siirtyi yksittäiseltä kuluttajalta jätteitä käsitteleville yrityksille. Ironista kyllä, monesti kuluttajat kammoksuivat ympäristön pilaantumisesta ja saastumisesta, mutta samalla jatkavat kuluttamista ja sitä kautta tuottavat yhä enemmän jätettä. (Hamer 2003.)

Ympäristön tilan parantamiseen on kiinnitetty huomiota kestävä kehityksen toimintatavassa, jossa pyritään parantamaan resurssien hyötykäytön tehokkuutta sekä vähentämään huomattavasti jätteiden ja päästöjen muodostumista. Demateriaalisaatiolla tarkoitetaan tässä tapauksessa tuotteisiin käytettävien materiaalien määrän pienenemistä ja resurssien käytön tehokkuutta, kuten materiaalien hyötykäyttöä sulkemalla materiaalikiertoja. Pienikokoiset ja kevyet tuotteet, joilla on myös pidempi käyttöikä, voivat vähentää materiaalien käyttöä yhteiskunnassa. Lisäksi materiaalien uudelleenkäyttö ja kierrätys vähentävät sekä neitseellisten materiaalien että muodostuvan jätteen määriä. Esimerkiksi metalleilla on kaikista kierrätettävistä materiaaleista suurin potentiaali rajattomalle kierrätykselle. (Norgate et al. 2006.)

Jäte ei ole enää arvotonta kaatopaikalle sijoitettavaa materiaalia vaan tulevaisuuden resurssia. Kestävä jätteenkäsittelyn päätavoitteita onkin tämän resurssin hyötykäyttö. Jätteet voidaan jakaa fyysisen olomuodon mukaisesti kaasumaisiin, nestemäisiin ja kiinteisiin jätevirtoihin. Erilaisille jätejakeille käytetään integroidussa jätteenkäsittelyssä lisäksi erilaisia jätteenkäsittelyn tekniikoita. (Zaman 2010.) Jokaista jätevirtaa voidaan käsitellä itsenäisesti parhaimman lopputuloksen saavuttamiseksi (Hamer 2003).

Jätteenkäsittelyn sektori kohtaa monenlaisia haasteita kiristyvien ympäristölakien ja -standardien, kasvavien tehokkuusvaatimusten, laadunhallinnan sekä työterveys- ja työturvallisuusasioiden tehokkaan hallinnan vaatimusten vuoksi (Battaglia et al. 2015). Esimerkiksi kohonneet kaatopaikkasijoittamisen kustannukset sekä kaatopaikkojen täyttyminen ovat ajamassa toimijoita etsimään vaihtoehtoisia käsittelytapoja myös muovijätteelle (Al-Salem et al. 2009).

Hyvällä jätteenkäsittelyllä voidaan vähentää kasvihuonekaasujen vapautumista maailmanlaajuisesti, sillä jätesektori tuottaa noin 4 % kasvihuonekaasujen päästöistä (Papageorgiou et al. 2009). Jätettä on perinteisesti totuttu loppusijoittamaan kaatopaikalle. Nytemmin mukaan on tullut jätteiden käsitteleminen polttamalla. Ympäristöhaittojen vähentämiseksi Euroopassa on pyritty vähentämään jätteen muodostumista sekä lajittelemaan jäte erilaisiin jätejakeisiin. Kotitalouksien orgaaninen jäte, ns. biojäte, on käsitelty kompostointilaitoksissa. Lisäksi on kompostoitu ns. vihreää jätettä, joka on maataloudesta tai viheralueiden hoidosta peräisin olevaa biojätettä. Biomassaa on myös poltettu fossiilisten polttoaineiden lisänä tai niitä korvaavana polttoaineena, jolloin on saatu vähennettyä polton savukaasuissa vapautuvan hiilidioksidin määrää. (Wouters et al. 2006.)

Jätteitä voidaan käsitellä monin tavoin. Eriksson et al. (2005) havaitsivat monissa jätteenkäsittelytavoissa etuja ja haittoja. Esimerkiksi muoviastioiden materiaalikierrätys on muovin poltoon verrattuna taloudellista. Uusia muoviastioita kierrätysmuovista valmistettaessa muodostuu vähemmän päästöjä ympäristöön ja tarvitaan vähemmän energiaa kuin uuden muoviastian

valmistamisessa neitseellisestä materiaalista. Myös biohajoavan jätteen kompostointi ja anaerobinen käsittely on todettu taloudellisiksi jätteenkäsittelymenetelmiksi. Näistä kompostointi vaatii enemmän energiaa. (Eriksson et al. 2005.)

Mekaanisella jätteenkäsittelyllä on tärkeä osa jätteen valmistamisessa sen jatkokäyttöä varten. Jos jätettä ei voida esikäsittää, sen hyödyntäminen on usein hankalaa tai tehotonta. Mekaanisen kaupan ja teollisuuden jätteen esikäsittelyn sekä kuljetuksen aiheuttamat päästöt ovat saksalaisen (Helftewes et al. 2012) tutkimuksen mukaan alle 10 % jätteen kokonaispäästöistä. Suurimmat päästöt tulevat jätteen energiahyödyntämisestä polttolaitoksessa. Nämäkin päästöt tosin riippuvat voimakkaasti käytettävästä polttotekniikasta ja polttoprosessin tehokkuudesta. (Helftewes et al. 2012.)

Jätettä voidaan joutua varastoimaan ennen sen lopullista käsittelyä joskus jopa useamman vuoden ajan. Esimerkiksi Saksassa on jo vuodesta 2005 lähtien veloitettu esikäsittelymään kaatopaikalle sijoitettavat jätteet joko polttamalla tai mekaanis-biologisesti käsittelemällä. Lainsäädännön voimaantullessa maassa oli noin kuuden miljoonan tonnin vajaus jätteenkäsittelyn kapasiteetissa muodostuvan jätteen määrään verrattuna. Suurin osa varastoidusta jätteestä oli esimerkiksi mekaanisesta lajittelusta tullutta korkean polttoarvon jätettä. (Wagner & Bilitewski 2009.)

Pitkäaikaisen jätteen varastoinnin jälkeen, otettaessa varastoitu jäte uudelleen käyttöön, voi jätekasasta vapautua ympäristöön päästöjä, kuten kaasuja ja niiden aiheuttamia hajuhaittoja. Lisäksi joissakin tapauksissa voi olla painetta muuttaa väliaikaiseksi tarkoitettu jätevarasto pysyväksi jätteen loppusijoituspaikaksi. Näitä uhkakuvia estämään on tehtävä jokaiselle jätetyypille ohjeistus ympäristölle turvalliseen varastointiin. (Wagner & Bilitewski 2009.)

Jätteenkäsittelyn alalle on Euroopan Unionissa koottu parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) vertailuasiakirjoja (BREF). Parasta käyttökelpoista tekniikkaa käytettäessä voidaan vähentää tai estää toiminnasta aiheutuvaa ympäristön pilaantumista. Toiminnanharjoittajan onkin ympäristölupaa haettaessa selvítettävä toiminnasta aiheutuvien päästöjen määrä, jotta toimintaa voidaan verrata BAT-vertailuasiakirjojen parhaaseen käytettävissä olevaan tekniikkaan ja päästötasoihin. Ympäristöluvassa viranomainen asettaa raja-arvot päästöjen tasolle niin, ettei BAT-vertailuasiakirjoissa esitetyjä päästöjen raja-arvoja ylitetä normaalissa toiminnassa. (YSL 2014, European Commission 2006a.)

Ympäristöalan toimijoilla on toisinaan haasteellinen tehtävä arvioida toiminnasta ympäristölle aiheutuvaa riskiä. Ympäristötietoja voi olla hankalaa verrata, tietoja voi olla runsaasti tai vaihtoehtoisesti todella vähän saatavilla. Usein käytettävissä olevaa dataa on muokattava ennen kuin sitä voidaan analysoida ja vertailla. Kuitenkin tästä epävarmastakin tietomäärästä olisi pystyttävä tekemään luotettavia vertailuja ja strategisia analyysyjä ympäristön tilan seurantaan. (Pollard et al. 2004.) Riskinhallintaa onkin tehtävä jatkuvasti ja kehitettävä uusia riskinhallinnan strategioita. Samalla on hyvä käydä julkista keskustelua jätteiden riskinhallinnasta. (Milke 2003.)

Jätesektorillakin ympäristö- ja työsuojelulainsäädännöistä löytyy eroavaisuuksia esimerkiksi päästöjen valvonnassa. Ympäristövalvonnassa viranomaisvalvonta on merkittävässä roolissa. Työsuojelussa valvonta on osittain jalkautettu yrityksille, joskin alueelliset hallintoviranomaiset valvovat yritysten toimintaa. Lisäksi toiminnanharjoittajan lupamenettelyissä ja valituskäytännöissä on eroavaisuuksia. (YSL 2014, Työturvallisuuslaki 2002.)

1.2 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Tämän diplomityön tarkoituksena on ollut selvittää aluksi kirjallisuuden, lainsäädännön ja parhaan käytettävissä olevan tekniikan vertailuasiakirjojen avulla jätteenkäsittelyn ja -varastoinnin päästöjen hallinnan menetelmät, säännökset ja ohjeistus. Tavanomaisista jätteenkäsittelyn ja -varastoinnin päästöistä sekä niiden vaikutuksista ympäristöön ja altistumiseen on etsitty samalla oleellisin tieto kirjallisuudesta.

Keskeisenä tavoitteena oli verrata eri jätteenkäsittelyn aloilla vapautuvia päästöjä Työterveyslaitoksen työympäristömittausten tietokannasta haettujen pitoisuustietojen perusteella. Päästötietojen avulla arvioitiin jätteenkäsittelyn ja varastoinnin päästöistä aiheutuvia riskejä ja niiden hallintaa. Lisäksi selvitettiin päästöistä aiheutuviin onnettomuusriskeihin varautumista. Lainsäädännön ja BAT-vertailuasiakirjojen pohjalta selvitettiin erilaisissa jätteenkäsittelyä ja -varastointia tekevissä yrityksissä jäteperäisten päästöjen hallintamenetelmiä.

Päästötietokannasta saatuja pitoisuustietoja täydennettiin haastattelemalla jätehuoltoalan yritysten edustajia. Haastattelujen tavoitteina oli selvittää erilaisia jätejakeita käsittelevien ja/tai varastoivien yritysten varautumista jätteistä vapautuviin päästöihin sekä päästöjen riskinarvioinnissa ja –hallinnassa käytettyjä menetelmiä. Samalla arvioitiin päästöjen aiheuttamia vaikutuksia ympäristöön sekä työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen. Haastattelun tavoitteena oli myös selvittää tutkimuskohteissa käsityksiä riskinarvioinnin kehittämiskohteista, riskinhallinnan toimenpiteistä sekä tulevaisuuden suunnitelmista.

Haastatteluissa toiminnanharjoittajilta kysyttiin kysymyksiä seuraavista aihealueista:

- päästöjen tekninen hallinta
- päästöjen seuranta
- riskinarviointi ja sen kehittäminen
- turvallisen työskentelyn ohjeet
- onnettomuustilanteisiin varautuminen sekä
- tulevaisuuden suunnitelmat.

Haastattelututkimuksessa (lähempi kuvaus, ks. luku 3.1) kohteet pyrittiin valitsemaan mahdollisimman monipuolisesti jätteenkäsittelyn ja -varastoinnin sektorilta. Jätteistä vapautuvat päästöt olivat usein hyvin paikallisia ja ympäristöviranomaiset olivat harvoin velvoittaneet yrityksiä seuraamaan jäteperäisiä päästöjä. Siten tähän työhön valittiin mukaan myös toimijoita, joille ei oltu asetettu jätteistä ympäristöön vapautuvien päästöjen seurantavelvoitetta tai edes haettu ympäristölupaa.

Tarkasteltavat tutkimuskohteet olivat lähinnä keskisuuria tai pieni- tai mikrokokoisia jätteitä käsitteleviä toimijoita. Suuremmilla yrityksillä oli käytössä auditoidut ympäristö- ja laatujärjestelmät, joissa tarkasteltiin myös päästöjä ja niiden seuranta. Pienemmillä yrityksillä ei välttämättä ollut samalla tavoin tietoa, aikaa ja resursseja seurata jäteperäisiä päästöjä. Jätteistä vapautuvien päästöjen riskinhallinta on yhtä tärkeää ympäristön ja työympäristön terveydelle niin pienissä, keskisuurissa kuin suurissakin yrityksissä. Ajatuksena työssä olikin, että tuloksia voidaan laaja-alaisesti hyödyntää kaikissa jätteitä käsittelevissä yrityksissä, eikä vain varsinaisissa haastattelujen kohdeyrityksissä.

Ympäristöön aiheutuvia päästöjä arvioitiin menetelmäkuvauksien avulla. Työympäristöpäästöjä arvioitiin vertaamalla pitoisuuksia uusimpiin kansallisiin raja-arvoihin. Työympäristön päästöjen riskinarvioinnissa käytettiin standardin mukaista riskikaaviota (BS 18004:2008).

Haastattelututkimuksen vastausten perusteella oli tavoitteena vastata tutkimuskysymykseen, onko jätteitä käsittelevien ja varastoitvien yritysten päästöjen riskienhallinta nykyisin riittävää ja oikein kohdennettua. Samalla selvitettiin sitä, ohjaavatko päästöjen vapautumista enemmän ympäristölliset vai altistumiseen liittyvät näkökohdat.

Työn tavoitteina oli lisäksi:

- Koota tietoa jäteperäisten päästöjen laadusta ja määrästä
- Koota tietoa päästöjen ympäristövaikutuksista
- Koota aineistoa julkaistavaksi kansainvälisessä tieteellisessä julkaisussa
- Hyödyntää Työterveyslaitoksen lausuntoarkiston pitoisuusmittausdataa
- Lisätä tietoa jätteiden varastoinnista ja käsittelyistä
- Syventää BAT-asiakirjoista jätteisiin sovellettavaa tietoa.

1.3 Rajaukset

Diplomityön tutkimuskohteet kattoivat kuuden valitun jätealan toimijan jätejakeet. Siten päästöjen riskinarviointia ei tehty kaikille Suomessa käsiteltäville jätejakeille. Tutkimus rajattiin vain päästöistä aiheutuvien ympäristön ja työympäristön laadun vaikutusten käsittelyyn sekä onnettomuustilanteisiin varautumiseen. Ympäristöriskien tarkastelu rajattiin työn ulkopuolelle, sillä siihen olisi sisällynyt ympäristön laadun heikkenemisestä aiheutuvien eliöstöön tai ihmiseen kohdistuvien vaikutusten arviointi. Lisäksi työssä ei käsitellä esimerkiksi yleisiä työturvallisuusasioita, mikäli ne eivät liity jäteperäisiin päästöihin.

Jätteiden varastointi oli tarkastelluissa kohteissa pääosin lyhytaikaista tai se pyrittiin pitämään lyhytaikaisena. Pitkäaikaisvarastointia tehtiin, jos jätteelle ei ollut loppusijoituspaikkaa. Pitkäaikaisvarastoinnin vaikutuksia ei kuitenkaan käsitelty tässä diplomityössä. Jätteen varastointitiloissa ei välttämättä työskennellyt kuin vähän työntekijöitä. Tästäkään huolimatta varastoinnista ei saa vapautua haitallisia määriä päästöjä ympäristöön eikä työympäristöön. Varastoinnin ulkoinen vaarallisuus riippui paljon jätteen laadusta ja kokonaistoimintaa sitoi oleellisesti edelleen työturvallisuuslaki, ks. myöhemmin luku 2.1.6.

1.4 Työn eteneminen ja rakenne

Tutkimuksen taustakatsauksessa (Luku 2) selvitetään päästöihin vaikuttavaa lainsäädäntöä ja jätepäästöjä koskevaa kirjallisuutta sekä kuvataan päästöjen tekninen hallinta ja menetelmät. Tämän jälkeen luvussa 3 esitellään työssä käytetyt tutkimusmenetelmät kuten haastattelututkimus, työssä käytetty päästötietokanta sekä riskinarvioinnissa käytetty menetelmä. Seuraavassa luvussa 4 esitetään työn tulokset. Tulokset koostuvat pääosin kuudesta eri jätteenkäsittelyn toimijalle tehdystä haastattelusta sekä Työterveyslaitoksen lausuntotietokannasta haetuista päästömääristä.

Tulosten tarkastelussa (Luku 5) esitetään ja verrataan työssä hankittujen tietojen perusteella tutkimuskohteille tyypillistä riskinarviointia ja siinä mahdollisesti esiintyviä puutteita, päästöjen hallintaa ja valvontaa sekä onnettomuustilanteisiin varautumista. Lisäksi siinä esitetään työssä laadittuja päästöjen aiheuttamien vaikutusten muodostumista kuvaavia käsitteellisiä malleja sekä kaaviokuva jätepäästöjen riskinarvioinnin kehittämiskohteista. Viimeisessä luvussa 6 esitetään johtopäätökset ja yhteenveto työn tuloksista.

2 KATSAUS LAINSÄÄDÄNTÖÖN, RAJA-ARVOIHIN JA JÄTEPÄÄSTÖIHIN

2.1 Jätepäästöjen lakiperusteinen sääntely

Opinnäytetyössä keskityttiin aihealueeseen, joka käsitteli jätteiden käsittelystä ja varastoinnista aiheutuvien päästöjen riskinarviointia ja -hallintaa. Aihealue koskee useita lainsäädäntöjä. Keskeisimmät lainsäädännöt työn sisältöön sovellettuna ovat seuraavat:

- **Jätelaki:** toiminnanharjoittajan velvollisuus olla selvillä syntyvästä jätteestä ja sen ympäristö- ja terveystaakasta.
- **Työn- ja terveydensuojelulaki:** työnantajan vastuu työn vaarojen ja haittojen arvioinnista. Työntekijöiden terveys- ja turvallisuusriskien minimointi.
- **Ilmansuojelu- ja kemikaalilaki:** kemikaaleista ja päästöistä aiheutuvien haittojen ehkäiseminen.
- **Ympäristölupamenettely:** lupavelvoitteet ympäristöä mahdollisesti pilaavaan toimintaan.
- **YVA-laki:** ympäristölle mahdollisten haittojen arviointi etukäteen. Koskee vain suu-rempiä laitoksia.
- **Ympäristövahinkolaki:** ympäristölle aiheutuvien vahinkojen estäminen ja korvaaminen.

2.1.1 Yleinen ympäristölainsäädäntö

Ympäristönsuojelulakia sovelletaan jätettä tuottavaan toimintaan sekä jätteen käsittelyyn. Ympäristönsuojelulaki määrittelee päästön sellaiseksi ihmisen toiminnasta aiheutuvaksi aineeksi, energiaksi, meluksi, värinäksi, säteilyksi, valoksi, lämmöksi tai hajuksi, joka voi joutua ilmaan, veteen tai maaperään. Lain tarkoituksena on ehkäistä ja vähentää päästöjä ja ehkäistä ympäristön pilaantumista. Laki pyrkii vähentämään ilmastonmuutosta sekä jätteiden muodostumista ja niiden haitallisuutta. Ympäristönsuojelulaki pyrkii myös arvioimaan ympäristöä pilaavaa toimintaa ja huomioimaan sen kokonaisuutena. (YSL 2014.)

Ympäristönsuojelulain mukaan päästöstä aiheutuvaa ympäristön pilaantumista tapahtuu silloin, jos päästö aiheuttaa terveyshaittaa, luonnolle tai sen toiminnalle haittaa, estää luonnonvarojen käyttöä, vähentää ympäristön yleistä viihtyisyyttä ja soveltuvuutta virkistyskäyttöön tai aiheuttaa omaisuudelle vahinkoa. Lisäksi ympäristöä pilaavasta päästöstä voi aiheutua yleisen tai yksityisen edun loukkauksia.

Ympäristönsuojelulaissa (2014) määritellään terveyshaitta sellaisena ihmisessä todettavana sairautena tai haittana, joka voi rajoittaa väestön tai yksilön elinympäristön terveellisyyttä. Lain mukaan päästön raja-arvo on se laimentamattoman päästön arvo, jota ei saa annettuna ajanjaksona ylittää. Päästö esitetään pitoisuutena, kokonaismääränä tai prosenttiosuutena. Ympäristönsuojelulaissa määritellään toiminnanharjoittajaksi luonnollinen tai oikeushenkilö, jonka toiminta voi aiheuttaa ympäristön pilaantumisen vaaraa.

Ympäristönsuojelulaissa annetaan kaksiosainen määritelmä käsitteelle ”paras käyttökelpoinen tekniikka” (BAT, Best Available Technique). Ensinnäkin BAT on sellainen ympäristön pilaantumisen aiheuttaman toiminnan vaaran ehkäisemisen tai vähentämisen tekniikka, joka on

”mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotanto- ja puhdistusmenetelmiä ja toiminnan suunnittelu-, rakentamis-, ylläpito-, käyttö- sekä lopettamistapoja”. Toisessa osassa määritelmää kerrotaan, kuinka BAT-teknikka on teknis-taloudellisesti toteuttamiskelpoista, kun se on yleisesti saatavilla olevaa ja kohtuuhintaista. Ympäristönsuojelulaki määrittelee uuden tekniikan sellaisena tekniikkana, jonka avulla voidaan pienemmin kustannuksin kuin BAT-teknikalla saavuttaa parempi ympäristönsuojelun taso. (YSL 2014.)

Ympäristönsuojelulain (2014) mukaan toiminnanharjoittajalla on velvollisuus olla selvillä toimintansa aiheuttamista ympäristövaikutuksista ja -riskeistä sekä niiden hallinnasta. Toiminnanharjoittajalla on myös velvollisuus ennalta ehkäistä ja rajoittaa ympäristön pilaantumista. Lisäksi toiminnanharjoittajan on käytettävä BAT-teknikkaa, huolehdittava energiankäytön tehokkuudesta, tarkkailtava toiminnasta aiheutuvia päästöjä ja raportoitava niistä valvovalle viranomaiselle sekä käytettävä toiminnassaan riittävää asiantuntemusta.

Ympäristönsuojelulakiin on kirjattu maaperän ja pohjaveden pilaamiskiellot. Maaperän pilaamiskiellon mukaan maaperään ei saa päästää maaperän laadun huononemista aiheuttavia aineita tai pieneliöitä, jos siitä voi aiheutua haittaa tai vaaraa ympäristölle tai terveydelle. Pohjaveden pilaamiskiello rajoittaa aineen, energian tai pieneliöiden päästämistä pohjaveteen siten, että pohjaveden laadun muutos voisi aiheuttaa ympäristö- tai terveysvaaroja tai huonontaa pohjaveden laatua. Myöskään kemikaaleja ei saa päästää ympäristöön siten, että siitä aiheutuu ympäristön pilaantumisen vaaraa.

Ympäristönsuojelulakiin on kirjattu varovaisuus- ja huolellisuusperiaate. Sen mukaan toiminnanharjoittajan on ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavassa toiminnassa huomioitava, että toiminta on laadukasta, huolellista ja varovaista ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi. Samoin on huolehdittava, että ympäristövaaran todennäköisyys, onnettomuusriskit ja onnettomuuksien estäminen on huomioitu toiminnassa. Ympäristön kannalta parhaan käytännön periaatteen mukaisesti toiminnanharjoittajan on noudatettava ympäristön pilaantumisen ehkäisemisessä tarkoituksenmukaisten ja kustannustehokkaiden toimien yhdistelmiä. (YSL 2014.)

Lakiin ympäristönsuojelusta on kirjattu myös lain valvonnan periaatteet eri viranomaisille. Ympäristönsuojelulain mukaisesta toiminnan yleisestä ohjauksesta, seurannasta ja kehittämisestä vastaa ympäristöministeriö. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY) vastaa alueellisesti ympäristönsuojelulain toteutumisesta ja valvonnasta sekä tukee kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen toimintaa toimialallaan. Aluehallintoviraston (AVI) tehtävänä on toimia valtion ympäristölupaviranomaisena sekä tukea kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen toimintaa toimialallaan.

Suomen ympäristökeskus (SYKE) toimii toimivaltaisena viranomaisena otsonikerrosta heikentävistä aineista annetussa ns. otsoniasetuksessa (EY, N:o 1005/2009) sekä fluoratuista kasvi-huonekaasuista annetussa ns. F-kaasuasetuksessa (EY, N:o 514/2014). SYKE myös ylläpitää ja kehittää BAT-teknikan tiedonvaihtoa sekä seuraa BAT-teknikan kehittymistä ja huolehtii siitä tiedottamisesta. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES) puolestaan toimii toimivaltaisena viranomaisena määrättyjen orgaanisten liuottimien käytössä (direktiivi 2004/42/EY). Ympäristönsuojelulain mukaisten, kunnalle kuuluvien lupa- ja valvontatehtävien hoitamisesta vastaa kunnan ympäristönsuojeluviranomainen, joka toimii yhdessä ELY-keskuksen kanssa lain yleisenä valvontaviranomaisena. (YSL 2014.)

2.1.2 Jätelaki

Jätelaissa (2011) on määritelty jätteeksi aine tai tavara, jonka sen omistaja aikoo poistaa, on poistanut tai on velvollinen poistamaan käytöstä. Yhdyskuntajätettä on jätelain mukaan asumisesta syntyvä jäte ja laadultaan rinnastettavissa oleva hallinnon, palvelun ja elinkeinotoiminnan jäte. Yhdyskuntajätteeseen luetaan kuuluvaksi myös sako- ja umpikaivolietteet. Jätelaki ei koske ilmaan vapautuvia päästöjä. (Jätelaki 2011.)

Jätelakiin on kirjattu etusijajärjestys jätteen käsittelyssä, jolla tarkoitetaan yhteiskunnan jätteiden käsittelyn järjestystä. Ensisijaisesti on vähennettävä jätteen syntymistä ja sen haitallisuutta. Jos jätettä syntyy, muodostunut jäte on käytettävä uudelleen tai kierrätettävä se. Mikäli tämä ei ole mahdollista, jäte on hyödynnettävä esimerkiksi energiana. Mikäli hyödyntäminen ei ole mahdollista, jätteelle on tehtävä loppukäsittely. Jätteen etusijajärjestys voidaankin ilmaista luettelolla:

- I. Jätteen syntymisen estäminen ja sen haitallisuuden vähentäminen
- II. Jätteen käyttäminen uudelleen
- III. Jätteen kierrätys eli materiaalihyödyntäminen
- IV. Jätteen hyödyntäminen esimerkiksi energiana
- V. Jätteen loppukäsittely.

Jätelaki velvoittaa toiminnanharjoittajaa olemaan selvillä syntyvästä jätteestä ja sen ympäristö- ja terveysvaikutuksista. Toiminnanharjoittaja veloitetaan kehittämään tuotantoaan siten, että muodostuvan jätteen määrä ja haitallisuus vähenevät. Jätelaki velvoittaa jätteen keräyksen ja kuljetuksen sekä käsittelylaitoksen toiminnassa huolehtimaan siitä, ettei toiminnasta tule ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavia päästöjä. Lisäksi jätehuollon periaatteena on käyttää parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT) ja noudattaa ympäristön kannalta parasta käytäntöä. (Jätelaki 2011.)

Jätelakiin (2011) on kirjattu lisäksi erilaisia periaatteita. Aiheuttamisperiaatteen mukaan jätteen tuottaja on velvollinen vastaamaan jätehuollon kustannuksista. Läheisyysperiaatteen mukaan jäte on toimitettava käsiteltäväksi yhteen lähimmästä tarkoitukseen soveltuvista jätteenkäsittelylaitoksista. Tuottajavastuun periaatteen mukaan tuottajan on järjestettävä laissa erikseen määrätyille tuotteille jätehuolto ja vastattava niistä aiheutuvista kustannuksista. Tuottajavastuun piiriin kuuluvat moottorikäyttöisten ajoneuvojen renkaat, ajoneuvot, sähkö- ja elektroniikkalaitteet, paristot ja akut, paperit ja pakkaukset. Tuottajavastuun tehtävien hoitamista valvoo Pirkanmaan ELY-keskus. Jätelain toteutumista valvovat eri viranomaiset taulukon 1 mukaisesti (Jätelaki 2011).

Taulukko 1. Jätelain toteutumista valvovat viranomaiset tehtävineen. (Jätelaki 2011).

Viranomainen	Tehtävät
Ympäristöministeriö	Laissa määrätyn toiminnan yleinen ohjaus, seuranta ja valvonta
ELY-keskukset	Jätelain säännöksissä tarkoitettut tehtävät
SYKE	Jätteiden kansainvälisten siirtojen valvonta
Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto	Jätteestä aiheutuvien terveyshaittojen ehkäisy
Kunnan jätehuoltoviranomainen	Kunnille kuuluvat jätehuollon viranomaistehtävät
TUKES	Tuotteiden ja niiden ominaisuuksia ja merkintöjä koskevien vaatimusten noudattamisen valvonta

Valtioneuvoston asetuksessa jätteistä (2012) veloitetaan jätteen käsittelyn seuranta- ja tarkkailusuunnitelmaan sisällyttämään tiedot toimista päästöjen ja jätteen käsittelyssä syntyvien jätteiden tarkkailun järjestämisestä (VNA 179/2012).

2.1.3 Ilmansuojelu- ja kemikaalilait

Valtioneuvoston asetuksessa ilmanlaadusta (2011) määritellään terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi raja-arvopitoisuuksia useille ilman kaasu- ja hiukkasmaisille epäpuhtauksille. Lisäksi rikkidioksidille ja typen oksideille on asetettu kriittisen tason pitoisuudet, jota suuremmat pitoisuudet voivat aiheuttaa haitallisia vaikutuksia kasvillisuudessa tai ekosysteemissä. (VNA 38/2011.) Orgaanisia liuottimia käyttävien laitosten ja toimintojen poistokaasujen ilmapäästöille on asetettu raja-arvot erikseen (VNA 64/2015). Myös arseenin, kadmiumin, nikkelin ja bentso(a)pyreenin pitoisuuksille ilmassa on asetettu tavoitearvot ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi (VNA 164/2007).

Valtioneuvosto on myös antanut päätöksen otsonikerrosta heikentävistä aineista (1998) Euroopan neuvoston asetusta (EY) N:o 3093/94 täydentämään. CFC-yhdisteiden, halonien, tetra-kloorimetaanin, 1,1,1-trikloorietaanin, metyylibromidin, HBCF-yhdisteiden ja HCFC-yhdisteiden käyttö on päätöksen mukaan kiellettyä muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta, sillä yhdisteet heikentävät otsonikerrosta. (VnP 262/1998.)

Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta (2013) velvoittaa jätteenpolttolaitoksesta vapautuvien päästöjen valvontaan ympäristöluvan edeltämällä tavalla. Poltosta muodostuvat savukaasut on johdettava ilmaan hallitusti ja polttolaitosta on käytettävä siten, ettei päästöistä aiheudu ilman pilaantumista maan pinnan tasolla. Lisäksi asetuksessa on määritetty raja-arvot jätteenpolttolaitoksesta vapautuville savukaasujen epäpuhtauspitoisuuksille. Jätteenpolttolaitoksen on mitattava poltosta vapautuvien typenoksidien (NO_x), hiilimonoksidin (CO), hiukkasten kokonaismäärän, orgaanisen hiilen kokonaismäärän (TOC), suolahapon (HCl), fluorivedyn (HF) ja rikkidioksidin (SO₂) pitoisuuksia jatkuvatoimisesti. Lisäksi raskasmetallien, dioksiinien ja furaanien pitoisuuksia on mitattava vähintään kahdesti vuodessa. Jätteenpolttolaitoksen päästöistä on laadittava vuosittain valvontaviranomaisille selvitys, jossa on oltava vesiin ja ilmaan johdettujen päästöjen määrät sekä verrattu niitä raja-arvoihin. Valvontaviranomainen julkistaa selvitykset. (VNA 151/2013.)

Kemikaalilaki (2013) suojelee ihmisten terveyttä ja ympäristöä kemikaalien aiheuttamilta haitoilta ja vaaroilta. Kemikaalilain terveyttä koskevien haittojen ehkäisemistä ja torjuntaa valvoo ylimpänä viranomaisena Sosiaali- ja terveysministeriö ja ympäristölle aiheutuvien haittojen ja vaarojen ehkäisemistä ja torjuntaa Ympäristöministeriö. Turvallisuus- ja kemikaalivirastolle on annettu kemikaalilain ja sen säännösten valvonta sekä REACH-, CLP-, pesuaine-, biosidi- ja POP-asetusten valvonta. Suomen ympäristökeskus valvoo ns. Rotterdamin yleissopimusta, joka koskee kansainvälisen kaupan kohteina olevien vaarallisten kemikaalien ja torjunta-aineiden ilmoitusmenettelyä. (Kemikaalilaki 2013.)

Työsuojeluviranomainen valvoo kemikaalilain ja Euroopan unionin kemikaalilainsäädännön noudattamista niissä töissä, joissa työnantajan on noudatettava työturvallisuuslakia. ELY-keskuksille ja kunnan ympäristöviranomaisille on asetettu kemikaalilaissa (2013) valvontatehtäviä, kuten eräiden biosidi-, POP- ja REACH-asetusten artikloiden noudattamisen valvontaa.

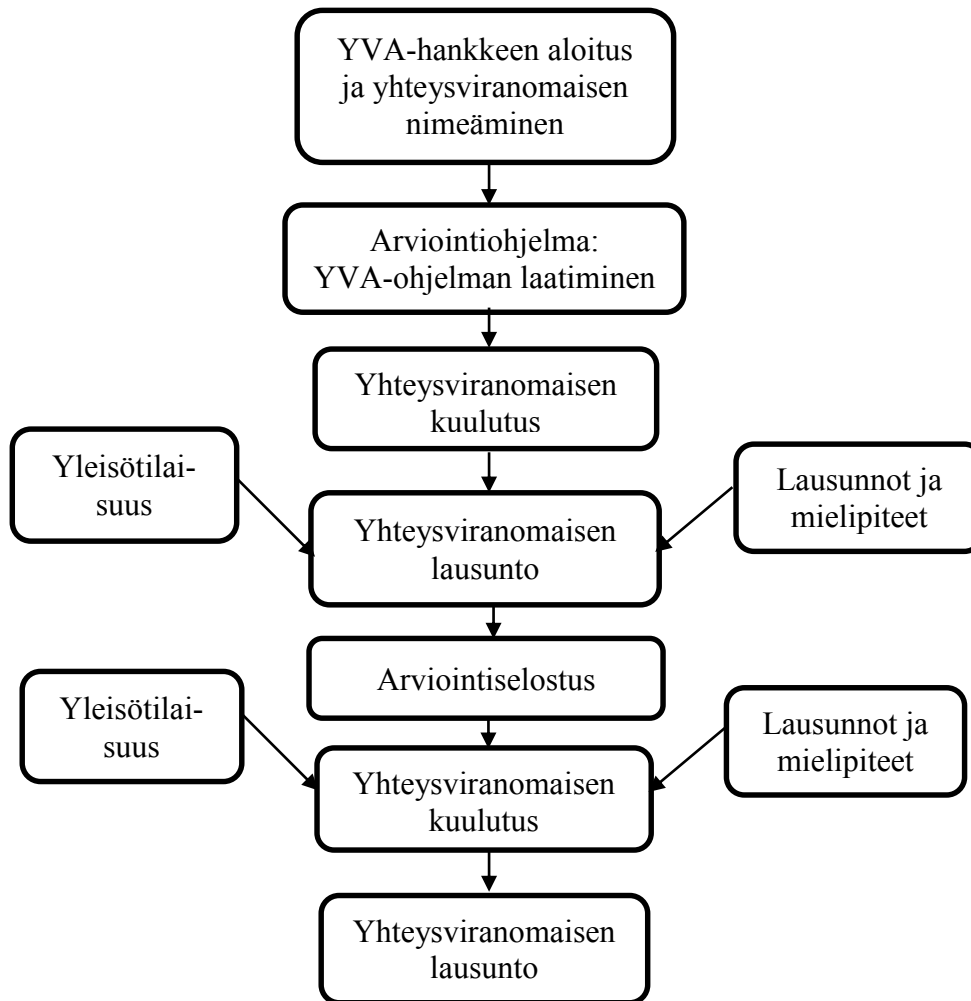
Kemikaaleja käyttäviä toimintoja ohjaavat yleiset periaatteet, joiden mukaan on tiedettävä kemikaalin ympäristö- ja terveysvaikutukset sekä on toimittava huolellisesti terveys- ja ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi. Lisäksi on mahdollisuuksien mukaan valittava käyttöön vähiten vaarallisin kemikaali haittojen ehkäisemiseksi. (Kemikaalilaki 2013.)

2.1.4 YVA-laki

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (1994) pyrkii edistämään ympäristövaikutusten arviointia ja huomioon ottamista sekä suunnittelussa että päätöksenteossa. Lisäksi lain tarkoituksena on lisätä kansalaisten tiedonsaantia ja mahdollisuuksia vaikuttaa. Ympäristövaikutusten arvioinnin menettelyä käytetään hankkeisiin tai hankkeiden muutoksiin, joista voi aiheutua merkittäviä haittavaikutuksia ympäristöön. Ympäristövaikutusten arviointi on tehtävä ennen kuin hankkeesta aiheutuu ympäristölle vaikutusta. (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 1994.)

Jätehuoltosektorilla ympäristövaikutusten arviointi on tehtävä ongelmajätteiden käsittelylaitoksille, joissa ongelmajätettä poltetaan, käsitellään fysikaalis-kemiallisesti tai sijoitetaan kaatopaikoille. Lisäksi YVA-arviointi on tehtävä biologisille käsittelylaitoksille, joiden vuosittainen mitoitus on vähintään 5000 tonnia. YVA-prosessi on käytävä läpi muiden jätteiden kuin ongelmajätteiden polttolaitoksille tai fysikaalis-kemiallisille käsittelylaitoksille, mikäli nämä käsittelevät yli 100 tonnia jätettä vuorokaudessa. Myös yli 20 000 tonnin vuotuiselle jätemäärälle mitoitettujen biologisten käsittelylaitosten ja yhdyskuntajätteiden ja -lietteiden kaatopaikat tarvitsevat ympäristövaikutusten arvioinnin. Lisäksi YVA-käsittely koskee kaatopaikkoja, joille sijoitetaan vuosittain vähintään 50 000 tonnia jätettä. (VNA 713/2006.)

Ympäristövaikutusten arviointi alkaa hankevastaavan toimittaessa yhteysviranomaiselle arviointiohjelman, ks. kuva 1. ELY-keskus toimii yhteysviranomaisena huolehtien, että hankkeesta järjestetään ympäristövaikutusten arviointimenettely. Arviointiohjelman saatuaan ELY-keskus tiedottaa asiasta kuuluttamalla, pyytää tarvittavat lausunnot ja varaa mahdollisuuden mielipiteiden esittämiseen. Hankkeen vaikutusalueen kunnille on annettava mahdollisuus antaa lausunto arviointiohjelmasta. Tämän jälkeen yhteysviranomainen antaa arviointiohjelmasta oman lausuntonsa, jossa todetaan mahdolliset tarkistettavat asiat ohjelmasta sekä esitetään yhteenvedon lausuntoon vaikuttaneista muista lausunnoista ja mielipiteistä. (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 1994.)



Kuva 1. Ympäristövaikutusten arviointimenettely (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 1994).

Ympäristövaikutusten arviointiohjelmassa on oltava tiedot arvioitavasta hankkeesta ja hankkeen tarkoituksesta, suunnitteluvaiheesta, sijainnista, maankäytön tarpeesta sekä hankkeen linkittymisestä muihin hankkeisiin. Lisäksi ohjelmaan on kirjattava hankkeen erilaiset toteuttamisvaihtoehdot, joista yksi on hankkeen jättäminen toteuttamatta. Arviointiohjelmassa on oltava tietoa suunnitelmista, luvista ja päätöksistä, joita tarvitaan hankkeen toteuttamiseen. Ohjelmassa on kuvattava ympäristö, ympäristövaikutuksia koskevat selvitykset ja aineiston keräämiseen käytettävät menetelmät. Arviointiohjelmassa on näiden lisäksi ehdotettava tarkasteltavan vaikutusalueen rajaamista, tehtävä suunnitelma arviointimenettelyyn osallistumisen järjestämisestä sekä arvioitava hankkeen suunnittelun ja toteuttamisen aikataulua ja arviointiselostuksen valmistumista. (VNA 713/2006.)

Arviointiohjelman ja yhteysviranomaisen lausunnon pohjalta hankevastaava selvittää hankkeen ja sen vaihtoehtojen vaikutukset ja laatii ympäristövaikutusten arviointiselostuksen. Tämä toimitetaan myös yhteysviranomaiselle eli ELY-keskukselle, joka tiedottaa asiasta tarvittavalla tavalla. ELY-keskus huolehtii tarvittavien lausuntojen pyytämisestä, varaa mahdollisuuden mielipiteiden esittämiseen ja antaa hankkeen vaikutusalueen kunnille mahdollisuuden antaa

lausunnon arviointiselostuksesta. Tämän jälkeen ELY-keskus antaa oman lausuntonsa arviointiselostuksesta. Siinä on oltava tiivistelmä muista lausunnoista ja mielipiteistä. (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 1994.)

Arviointiselostuksessa on oltava tarkastetut tiedot arviointiohjelmasta sekä kuvaus hankkeen ominaisuuksista, toiminnasta ja teknisistä ratkaisuista. Lisäksi on esitettävä arvio hankkeen suunnittelun, rakentamisen ja käytön aikana sekä lopettamisvaiheessa muodostuvista jätteistä ja päästöistä. Arviointiselostukseen kirjataan selvitys hankkeen suhteesta maankäyttösuunnitelmiin sekä luonnonvarojen käyttöä ja ympäristönsuojelua koskeviin suunnitelmiin. Selostuksessa on esitettävä arvioinnissa käytettävä aineisto ja selvitys ympäristöstä sekä arvioitava hankkeen ympäristövaikutukset vaihtoehtoineen. Tällöin on huomioitava arvioinnin epävarmuustekijät. Selostuksessa on huomioitava myös ympäristöönnettomuuksiin varautuminen ja sen seuraukset ympäristölle. (VNA 713/2006.)

Arviointiselostuksessa on näiden lisäksi esitettävä arvio hankkeen ja sen vaihtoehtojen toteuttamiskelpoisuudesta. Selostuksessa on arvioitava hankkeen ympäristövaikutusten ehkäisemiseen ja rajoittamiseen vaikuttavia toimia. Arviointiselostuksessa on lisäksi verrattava hankkeen vaihtoehtoja sekä tehtävä ehdotus seurantaohjelmasta. Näiden lisäksi on kerrottava, kuinka yhteysviranomaisen lausunto ympäristövaikutusten arviointiohjelmasta on huomioitu ja millaiset vaiheet arviointimenettelyssä on ollut. Loppuyhteenvetona on esitettävä yleistajuinen esitys arviointiselostuksessa vaadittavista tiedoista. (VNA 713/2006.)

Ympäristövaikutusten arviointi päättyy silloin, kun ELY-keskus on toimittanut oman lausuntonsa sekä muut lausunnot ja mielipiteet hankevastaavalle. Lausunto toimitetaan myös hanketta käsitteleville viranomaisille, kunnille sekä muille tarvittaville viranomaisille tiedoksi. Viranomaisen on odotettava arviointiselostusta ja ELY-keskuksen lausuntoa ennen kuin se voi myöntää luvan hankkeen toteuttamiseksi. (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 1994.)

Lakia ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (1994) ohjaa ja seuraa ympäristöministeriö. ELY-keskukset toimivat lakia ohjaavina ja valvovina toimijoina toimialueillaan. Lisäksi valtion ja kuntien viranomaiset tekevät yhteistyötä ympäristövaikutusten arviointimenettelyn toteuttamiseksi.

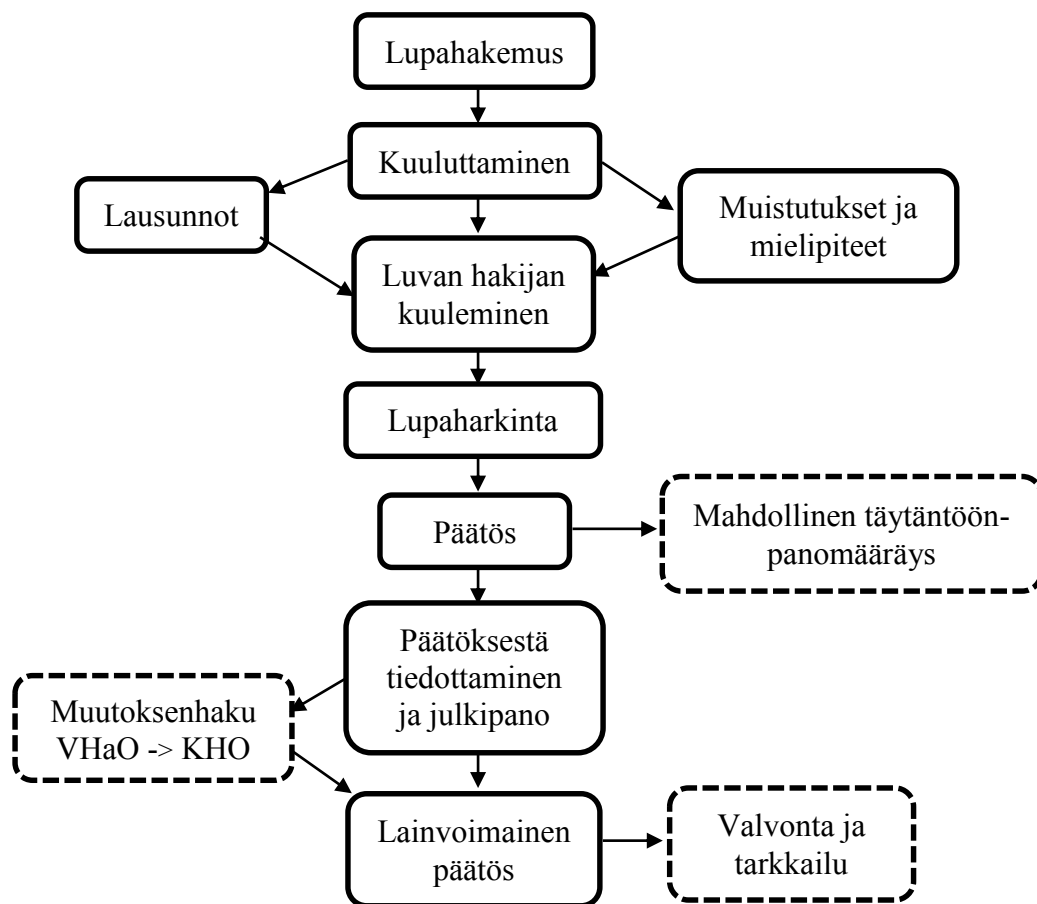
Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) tehtävänä on kouluttaa, tiedottaa ja tehdä tutkimusta ympäristövaikutusten arviointiin liittyen yhdessä muiden viranomaisten ja tutkimuslaitosten kanssa. Lisäksi SYKE auttaa ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä tarvittavan asiantuntemuksen hankinnassa, huolehtii arviointiohjelmien ja –selostusten sekä yhteysviranomaisten niistä antamien lausuntojen tallentamisesta ja kerää kokemuksia YVA-lain soveltamisesta. SYKE myös hoitaa ympäristöministeriön sille antamat asiantuntijatehtävät ympäristövaikutusten arviointiin liittyen. (VNA 713/2006.)

2.1.5 Ympäristölupamenettelyt

Ympäristönsuojelulain mukaan ympäristölupa on oltava toiminnalla, josta voi aiheutua ympäristön pilaantumisen vaaraa. Jätehuolto sektorilla näitä toimijoita ovat ns. direktiivilaitokset, kuten jätteenpolttolaitokset, jätevedenpuhdistamot, jätteiden käsittelylaitokset (> 50 tn/vrk), kaatopaikat sekä vaarallisia jätteitä käsittelevät laitokset (> 10 tn/vrk). Jos ympäristöluvan saamisen jälkeen toimintaan tulee päästöjä lisääviä muutoksia, tarvitaan tähänkin lupa. Eräät jätteen käsittelyn toiminnot on laissa jätetty ympäristöluvan ulkopuolelle, kuten ympäristölle ja

terveydelle haitattomien, luonnonaineksista koostuvien jätteiden käyttö maa- ja metsätaloudessa, haitattomaksi käsitellyn, jätevedestä peräisin olevan lietteen hyödyntäminen ja käyttö, kasviperäisen jätteen hyödyntäminen energiantuotannossa sekä eräiden kaivannaisjätteiden käsittely kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelman mukaisesti. (YSL 2014.)

Toiminnanharjoittajan on annettava toiminnalleen ympäristöviranomaisilta ympäristölupa. Lupakäsittelyn vaiheet on esitetty kuvassa 2. Tarvittaessa lupahakemukseen on liitettävä selostus ympäristövaikutusten arvioinnista (YVA) sekä luonnonsuojelulain mukainen arviointi. Lupa-
viranomaisen pyytää tarvittavat lausunnot ympäristölupahakemuksesta mm. kunnan ympäristö- ja terveydensuojeluviranomaisilta. Asianosaisilla on oltava mahdollisuus tehdä muistutuksia ympäristöluvasta. (YSL 2014.)



Kuva 2. Ympäristöluvan käsittelyn vaiheet (mukaeltu SYKE 2015-lähteestä).

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta (2014) velvoittaa jätteen hyödyntämistä tai loppukäsittelyä koskeissa ympäristölupahakemuksissa selvittämään hyödynnettävän tai loppukäsiteltävän jätteen määrä ja laatu, jätteiden keräysalueen laajuus sekä jätteiden kuljetus- ja keräysjärjestelyt. Lisäksi hakemuksessa on esitettävä kaaviokuva jätteen hyödyntämisestä tai loppukäsittelystä ja käsittelyprosessissa muodostuvista jätejakeista ja niiden hyödyntämisestä. Jos jätteen hyödyntämisen jälkeen alkuperäinen jäte ei täytä enää jätteen määritelmää, on tästä myös annettava selvitys lupahakemuksessa. Lisäksi hakemuksessa on esitettävä ympäristönsuojelulain (59 §) mukainen vakuus, jätteen käsittelyn seuranta- ja tarkkailusuunnitelma sekä hakijan käytössä oleva asiantuntemus. (VNA 2014.)

Toiminnalle myönnetään ympäristölupa, mikäli se täyttää ympäristönsuojelu- ja jätelain vaatimukset. Luvassa annetaan määräykset toiminnasta aiheutuvista päästöistä, raja-arvoista, päästöjen ehkäisemisestä ja rajoittamisesta, maaperän ja pohjavesien pilaantumisen estämisestä, jätteiden määrän ja haitallisuuden vähentämisestä, poikkeustilanteissa toimimisesta, toiminnan lopettamisen jälkeisistä toimista sekä muista mahdollisista toimista ympäristön pilaantumisen minimoimiseksi. Päästöraja-arvoja koskevien lupamääräysten on pohjaututtava BAT-tekniikkaan, josta ympäristönsuojelulaissa on annettu arviointikriteerit (53 §). Lisäksi ympäristöluvassa voidaan antaa määräyksiä jätteiden toimittamisesta käsiteltäväksi ja jätehuollosta. (YSL 2014.)

Ympäristönsuojelulain (2014) mukaisesti toiminnanharjoittajan on noudatettava ympäristöluvassa asetettuja ympäristön tilan seurannan ja tarkkailun velvoitteita. Seurannan ja tarkkailun tulokset on raportoitava ympäristöluvan mukaisesti säännöllisesti valvovalle viranomaiselle. (YSL 2014.) Suuret laitokset on velvoitettu ilmoittamaan raja-arvojen ylityksistä, joita seurataan päästömittauksilla tai indikaattoreilla. Pienillä ja keskisuurilla laitoksilla ei yleensä ole sellaisia epäpuhtauksien päästöraja-arvoja, joita mitattaisiin jatkuvatoimisesti. (Ympäristöministeriö 2012.)

Ympäristöluvan alaista toimintaa valvoo valtion valvontaviranomainen tai kunnan ympäristönsuojeluviranomainen säännöllisin tarkastuksin. Tarkastusten tiheyteen vaikuttavat tarkastettavan toiminnan ympäristöriskit. Viranomaisella on oltava valvontaohjelma, josta ilmenee valvontakohteet ja niihin tehtävät säännölliset valvontatoimet. Terveys- tai muuta haittaa aiheuttavissa onnettomuus-, haitta- ja rikkomustilanteissa valvontaviranomainen tarkastaa myös toiminnan. (YSL 2014.)

Ympäristölupien valvontaohjeen mukaan onnettomuus- ja poikkeustilanteissa viranomaisten on tehtävä tarkastus, jossa selvitetään

- onnettomuuteen johtaneet tapahtumat
- onnettomuudesta aiheutuneiden päästöjen määrä ja laatu
- huomattavat päästöjen vaikutukset
- arvio päästöjen vaikutuksista
- ketkä viranomaiset tietävät asiasta
- onko ryhdytty korjaaviin toimenpiteisiin (Ympäristöministeriö 2012).

Valvontaviranomaisella on oikeus keskeyttää välitöntä vaaraa ihmisten terveydelle tai ympäristölle aiheuttava toiminta sekä ympäristönsuojelulain vastainen toiminta. Lisäksi viranomaisen voi velvoittaa toiminnanharjoittajaa poistamaan ympäristönsuojelulain vastaisesta toiminnasta aiheutuneen ympäristöhaitan tai palauttamaan ympäristön ennalleen. Viranomaisena toimii se viranomaisen, joka on myöntänyt ympäristöluvan. Ympäristönsuojelulain pohjalta annettua kieltoa tai määräystä voidaan tehostaa uhkasakolla, keskeyttämisuhalla tai uhata toimenpiteen teettämistä laiminlyöjän varoin. Rikoslaisissa säädetään rangaistus ympäristön turmelemisesta. (YSL 2014.)

Ympäristönsuojelulaissa on kaikkia koskevien yleisten määräysten lisäksi joitakin sovellettavia kohtia suurille polttolaitoksille (polttoaineteho yli 50 MW), jätteenpolttolaitoksille ja jätteen rinnakkaispolttolaitoksille sekä kaivannaistoiminnan jätehuollolle (YSL 2014).

Teollisuuspäästödirektiivin soveltamisalaan kuuluvien laitosten, ns. direktiivilaitosten, haikissa ympäristöluvan tarkistamista on hakemuksessa oltava riittävät tiedot seuratun päästötarkkailun tuloksista. Annettujen tietojen perusteella toimintaa verrataan uusissa päätelmissä kuvattuun parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan (BAT) ja sen päästötasoihin. Ympäristöluvan tarkistamisen hakemuksessa on selvitettävä hakijan käyttöön otettavat tekniikat tai tieto siitä, kuinka hakija varmistaa toimintansa vastaavan BAT-päätelmiä ja lainsäädäntöä. Hakemuksesta on myös käytävä ilmi, onko haetulla muutoksella vaikutusta jo olemassa olevaan toimintaan ja millainen vaikutus muutoksella on ympäristöön. (VNA 2014.)

2.1.6 Työ- ja terveysuojelulait

Työturvallisuuslaki (2002) säättää työnantajalle yleisen huolehtimisvelvollisuuden, jonka mukaan työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä työssä on pidettävä huolta. Työolosuhteiden parantamisessa ensisijaista on haitta- ja vaaratekijän syntymisen estäminen ja toissijaisesti sen poistaminen tai korvaaminen vähemmän vaarallisella tai haitallisella. Mikäli tämä ei ole mahdollista, toteutetaan yleisesti vaikuttavat työsuojelun toimenpiteet ennen yksilöllisiä toimenpiteitä. Työnantajan on otettava huomioon tekniikan kehittyminen työolosuhteiden parantamisessa. (Työturvallisuuslaki 2002.)

Työsuojelun toimintaohjelmalla katetaan työolojen ja työympäristön kehittämistarpeet työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden edistämiseksi. Jos haitta- ja vaaratekijöiden poistaminen ei ole mahdollista, työnantajan on arvioitava niiden merkitys työntekijöiden terveydelle ja turvallisuudelle tarvittaessa ulkopuolisten asiantuntijoiden avulla. Työpaikkaselvitys on oltava ajantasainen ja sitä on tarkistettava olosuhteiden muuttuessa. Työntekijälle on annettava riittävä opastus ja perehdytys työn haittojen ja vaarojen estämiseksi ja työstä aiheutuvan terveyssai turvallisuukseltaan välttämiseksi. (Työturvallisuuslaki 2002.)

Työturvallisuuslaki (2002) velvoittaa rajoittamaan ilman epäpuhtauksien leviämistä eristämällä epäpuhtauslähde tai sulkemalla se eri tilaan tai laitteeseen. Ilmanvaihdon avulla voidaan poistaa tai vähentää ilman epäpuhtauksia. Lisäksi on huolehdittava, ettei työpaikalla altistuta kemiallisille tai biologisille tekijöille niin paljon, että aiheutuu haittaa tai vaaraa työntekijän turvallisuudelle, terveydelle tai lisääntymisterveydelle. Työpaikalla on oltava riittävät tiedot vaarallisista aineista. Tulenarkoja, räjähtäviä, syövyttäviä tai muuta vaaraa aiheuttavia aineita käsiteltäessä on noudatettava varovaisuutta. (Työturvallisuuslaki 2002.)

Työturvallisuuslain alaista toimintaa valvovat työsuojeluviranomaiset. Työturvallisuuslaissa on säädetty työturvallisuusrikkomuksista, joita ovat esimerkiksi henkilökohtaisen suojaimen varaamisen laiminlyönti tai terveydelle vaarallisen aineen käyttöohjeen antamatta jättäminen. Laissa ei kuitenkaan määrätä työnantajalle velvollisuutta ilmoittaa työsuojeluviranomaisille tehdyistä ilman epäpuhtauksien mittauksista. (Työturvallisuuslaki 2002.)

Työturvallisuuslain (2002) mukaan suuronnettomuuden vaara, joka voi aiheutua työpaikalla käsitellyistä aineista, on pidettävä mahdollisimman vähäisenä. Työntekijät on opastettava ja ohjeistettava vaaran torjumiseen sekä oikeisiin toimintatapoihin onnettomuuden sattuessa.

Vaarallisia kemikaaleja käyttävien tai varastoivien yritysten on Seveso II direktiivin perusteella tehtävä tarvittavat toimenpiteet estääkseen ja rajoittaakseen suurien onnettomuuksien tapahtumista. Yrityksillä on oltava suurten onnettomuuksien estämisen toimintamalli (MAPP) ja turvallisuusjärjestelmä MAPP:n toteuttamiseen. Suuria määriä vaarallisia yhdisteitä käsittelevien yritysten on laadittava turvallisuusraportti, hätätilannesuunnitelma sekä ylläpidettävä ajantasaista listausta kemikaaleista. Yritykset, jotka eivät kuulu Seveso II direktiivin piiriin, voivat

myös poikkeus- ja hätätilanteissa aiheuttaa päästöjä ympäristöön. Samankaltaisen, mutta vähemmän yksityiskohtaisen turvallisuusjärjestelmän soveltaminen estäisi ja rajoittaisi ympäristöpäästöjä onnettomuustilanteissa. (European Commission 2006b.)

IPPC:n (Integrated Pollution Prevention and Control) yleisten vaatimusten mukaisesti on tehtävä välttämättömät toimenpiteet ympäristöseurauksia aiheuttavien onnettomuuksien ehkäisemiseksi ja rajoitettava mahdollisia ympäristöseuraamuksia. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi järjestelmällinen onnettomuuksien hallintajärjestelmä, jossa tunnistetaan käytössä olevat ja onnettomuustilanteissa mahdollisesti vapautuvat ympäristölle vaaralliset yhdisteet sekä niiden aiheuttama riski ympäristölle. Vaaralliset jätteet pidetään erillään toisistaan ja jo jätteen saapuessa tarkastetaan ja tunnistetaan sen vaarat. (European Commission 2006a.)

Terveydensuojelulain (1994) perusteella terveyshaittaa ei saa aiheutua jätteiden keräyksestä, kuljetuksesta, säilyttämisestä, käsittelystä tai hyödyntämisestä. Laki velvoittaa suunnittelemaan, järjestämään ja harjoittamaan kaikkea elinympäristöön vaikuttavaa toimintaa siten, että terveyshaittoja ei pääse syntymään. (Terveydensuojelulaki 1994.)

Terveydensuojelua suunnittelee, valvoo ja ohjaa ylimpänä Sosiaali- ja terveysministeriö (STM). Alueellisesti terveydensuojelun toteutumista ohjaa ja valvoo Aluehallintovirasto, joka myös arvioi kuntien terveydensuojelun valvontasuunnitelmia ja valvoo suunnitelmien toteutumista. Kunta valvoo ja edistää terveydensuojelua turvaamalla asukkaille terveellisen elinympäristön. Lisäksi kunnan on laadittava ja hyväksyttävä terveydenhuoltolain säännöllistä valvontaa koskeva kunnan valvontasuunnitelma, jolla varmistetaan valvonnan laatu, säännöllisyys ja terveyshaittojen ehkäisy. Siinä määritellään tarkastusten sisältö, valvontakohteiden tarkastustiheys, kunnan ottamien näytteiden otto ja tutkiminen, valvontasuunnitelman toteutuminen ja ne hyväksytyt laboratoriot, joihin valvonta perustuu. (Terveydensuojelulaki 1994.)

Osana ympäristöterveydenhuollon valtakunnallista valvontaohjelmaa on Sosiaali- ja terveydenhuollon valvontakeskuksen laatima valtakunnallinen terveydensuojelun valvontaohjelma. Tässä valtakunnallisessa valvontaohjelmassa määritellään tarkastusten yleinen sisältö, valvontakohteiden riskinarvioinnin perusteet ja kohteiden tarkastustiheys, näytteenoton arviointi ja ohjeistus sekä valvontasuunnitelman että valvontaohjelman toteutumisen arvioinnissa käytettävät menetelmät. (Terveydensuojelulaki 1994.)

2.1.7 Kansainväliset raja-arvot

Työympäristön ilman epäpuhtauksille on asetettu päästörajoja sekä EU:n tasolla että kansallisesti. Euroopan Unioni on jo vuodesta 1991 asettanut ohjeellisia työssä altistumisen raja-arvoja (IOELV), jotka ovat Työhygieenisen altistumisen arvojen tieteellisen komitean (SCOEL) suosittelemia ja EU:n jäsenvaltioiden ja Euroopan Komission hyväksymiä. Nämä ovat terveysperusteisia arvoja. On arvioitu, että toistuva ja säännöllinen altistuminen työssä IOELV-arvon alapuolella olevalle kemikaalipitoisuudelle ei aiheuta haittaa tai vaaraa työntekijän terveydelle. Kaikkien EU:n jäsenvaltioiden on huomioitava IOELV-arvot kansallisessa lainsäädännössään. Joillekin yhdisteille on asetettu sitovia raja-arvoja (BOELV), jotka jäsenvaltioiden on otettava käyttöön joko sellaisenaan tai vielä tiukempina. Sitovien raja-arvojen asettamisessa on huomioitu terveysriskien lisäksi myös sosioekonomiset tekijät. (Tynkkynen et al. 2015.)

Endotoksiineille ei ole Suomessa asetettu haitalliseksi tunnetun pitoisuuden arvoa. Alankomaalainen työhygieenisen turvallisuuden asiantuntijaryhmä (DECOS) on yhdessä Pohjoismaisen

kemiallisten terveysriskien dokumentit kirjoittaneen asiantuntijaryhmän kanssa ehdottanut terveysperusteiseksi endotoksiinien kahdeksan tunnin raja-arvoksi 90 EU/m³ (EU = endotoksiiniyksikkö) työpaikalla. (Health Council of the Netherlands 2010.)

2.1.8 Kansalliset raja-arvot

Suomessa Sosiaali- ja terveysministeriö asettaa haitalliseksi tunnettujen pitoisuuksien (HTP) arvot työpaikan ilmassa. Arvojen asettamisen kriteerit on dokumentoitu Työterveyslaitoksen ja Sosiaali- ja terveysministeriöiden asiantuntijoiden toimesta. Lopullisen päätöksen HTP-arvoista tekee kolmikantayhteistyö. Yleensä ehdotetut raja-arvot hyväksytään sellaisinaan, mutta toisinaan huomioidaan myös sosioekonomiset tekijät. (Tynkkynen et al. 2015.)

Suomessa on asetettu haitalliseksi tunnetun pitoisuuden arvot 562 kemikaalille tai kemikaaliryhmälle. Raja-arvo on otettava huomioon arvioitaessa työilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, työntekijöiden altistumista ja mitattujen pitoisuuksien vaikutusta työilmaan. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet eivät kuitenkaan ole lakisääteisesti velvoittavia pitoisuuksia. Suomalaisten työhygieenisten raja-arvojen asettamisessa ei ole huomioitu erityisryhmiä, kuten atoopikkoja tai kroonisesti sairaita työntekijöitä. (Tynkkynen et al. 2015.)

Suomessa asetetut haitallisiksi tunnetut pitoisuudet julkaistaan keskimäärin joka toinen vuosi Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisussa. Liitteen 1 taulukkoon on koottu jäteperäisille altisteille asetettuja työpäivän pituisia (HTP_{8h}) sekä lyhytaikaisia (HTP_{15min}) raja-arvoja. Tutkimustulosten mukaan on mahdollista, että jotkut kemikaalit voivat voimistaa melun haitallisia kuulovaurioita, joten yhtäaikainen altistuminen työssä kemikaalille ja melulle voi tavanomaista herkemmin aiheuttaa kuulovaurion (ks. liite 1). (HTP-arvot 2014.)

Sisäympäristön ilmanlaadun TVOC-pitoisuudelle on asetettu yleinen, ohjeellinen vertailuarvo 250 mg/m³. Se ei ole puhtaasti terveysperustainen vertailuarvo vaan ottaa huomioon myös hajuhaitat sekä yleisen asumisviihtyvyyden. (Reinikainen et al. 2014.)

2.2 Jätteistä aiheutuvat päästöt

Jättemateriaaleista ja jätteen käsittelystä vapautuvien päästöjen laatua on kuvattu monissa kirjallisuuslähteissä. Kaasumaisten päästöjen lisäksi on kiinnitetty huomiota jättemateriaaleista vapautuviin pienhiukkasiin, jotka voivat olla esimerkiksi mikrobiologisia ilman epäpuhtauksia. Lähteessä Kampa ja Castanas (2008) ilmapäästöt on jaettu neljään pääryhmään. Kaasumaisia yhdisteitä ovat esimerkiksi rikkidioksidi, typen oksidit, hiilimonoksidi, otsoni ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC). Pysyvät orgaaniset yhdisteet (POP) ovat myrkyllisiä yhdisteitä, jotka kerääntyvät ravintoketjuun. Raskasmetallit ovat kolmas pääryhmä; niitä vapautuu ilmaan esimerkiksi luonnon prosesseista sekä myös poltosta ja jäteveden päästöinä. Neljäntenä pääryhmänä ovat pienhiukkaset, joiden lähteet, koko ja koostumus vaihtelevat. (Kampa & Castanas 2008.)

2.2.1 Kemialliset päästöt

Mohareb et al. (2011) ovat artikkelissaan koonneet tietoa jätteestä vapautuvien kasvihuonekaasujen lähteistä. Jättesektorin päästöistä suurin osa tulee kaatopaikoilta. Näistä kaasuista metaani (CH₄) on hiilidioksidiin (CO₂) verrattuna 25 kertaa haitallisempi. Metaania voi vapautua kaatopaikoilta jätettä poltettaessa tai jos kaatopaikan peiterakenne ei ole riittävän tiivis. (Lou & Nair 2009, Mohareb et al. 2011.) On arvioitu, että Yhdysvalloissa kaatopaikoilta vapautuva

metaani (CH₄) muodostaa suurimman antropogeenisen metaanilähteen. Määrä on noin neljäsosa Yhdysvalloissa ilmaan vapautuvasta metaanikaasusta. (Lu et al. 2009.)

Kiinteää jätettä poltettaessa voi muodostua kasvihuonekaasuja, jolloin vapautuu hiilidioksidia. Lisäksi metaania muodostuu jätteiden anaerobisessa käsittelyssä. Dityppioksidia (N₂O, typpioksiduuli) voi vapautua kompostoinnin nitrifikaatioreaktiossa. Jätteenkäsittelyketjussa kasvihuonekaasujen päästöjä syntyy epäsuorasti myös jätteen keräyksessä ja kuljetuksessa. (Mohareb et al. 2011.)

Kiviranta et al. (1999) tutkivat jäteperäisten haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) ja mikrobien päästöjen vapautumista ympäristöön. Jätteen keräyksessä vapautuneet VOC-päästöt olivat tutkimuksen mukaan matalia, tosin hetkellisiä korkeampia pitoisuuksia voi olla ilmassa jäteastian kannen aukaisemisen aikaan. Kaatopaikalla ilman epäpuhtauksien pitoisuudet olivat suurempia ja niiden määrä riippui ulkoilman lämpötilasta ja tuuliolosuhteista. Suurimmat VOC-pitoisuudet mitattiin kierrätyskeskuksen jätteenprosessointihuoneessa. VOC-yhdisteistä analysoitiin alifaattisia suoraketjuisia ja haarautuneita hiilivetyjä, syklistä hiilivetyjä, aromaattisia hiilivetyjä, estereitä, eettereitä, orgaanisia happoja, aldehydejä, ketoneita, alkoholeja, heterosyklisiä yhdisteitä, polyaromaattisia hiilivetyjä, kloorattuja hiilivetyjä ja rikkiyhdisteitä. (Kiviranta et al. 1999.)

Giusti (2009) on koonnut tietoja jätteenkäsittelyn eri vaiheissa aiheutuvista ympäristövaikutuksista. Taulukossa 2 on esitetty jätteenkäsittelyn ilmapäästöistä aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Yleisimpiä päästöjä jätteenkäsittelyn eri vaiheissa ovat hiilidioksidi ja metaani, jotka ovat kasvihuonekaasuja. Näiden lisäksi esimerkiksi kaatopaikoilta voi vapautua ilmaan hajuja ja VOC-yhdisteitä. Lisäksi toiminnasta voi aiheutua meluhaittoja ympäristöön. (Giusti 2009.) Yhdyskuntajätteen keräyksessä ja kompostoinnissa voidaan altistua bioaerosoleille. Tällöin pitoisuudet voivat olla samalla tasolla kuin jätevedenpuhdistamolla. (Heldad et al. 2003.)

Taulukko 2. Jätteenkäsittelyn eri vaiheista aiheutuvat päästöt ilmaan (Giusti 2009).

Toiminto	Ilma	Huom.
Kaatopaikka	CO ₂ , CH ₄ , hajut, melu, VOCit	Kasvihuonekaasujen päästöjä
Jätteenpoltt	SO ₂ , NO _x , N ₂ O, HCl, HF, CO, CO ₂ , dioksiinit, furaanit, PAH-yhdisteet, VOCit, hajut, melu	Kasvihuonekaasuja
Kompostointi	CO ₂ , CH ₄ , pöly, melu, VOCit, bioaerosolit	Vähän kasvihuonekaasujen päästöjä
Kierrätys	pöly, melu	Vähän päästöjä
Kuljetus	CO ₂ , SO ₂ , NO _x , pöly, hajut, melu	Hiilidioksidipäästöjä

Kompostoinnista vapautuvien kasvihuonekaasujen koostumus riippuu kompostoitavasta materiaalista. Mikäli biohajoavassa materiaalissa on paljon liuennutta orgaanista hiiltä (DOC) sisältäviä yhdisteitä, aerobisessa hajoamisessa vapautuu paljon kasvihuonekaasuja. Hitaasti hajoavat jätteet vaativat pidemmän kompostointiajan. Teoreettisissa laskennoissa on arvioitu kom-

postoitavaa sekajätetonna kohden vapautuvan 0,284 – 0,323 tonnia hiilidioksidia. Kokeellisissa mittauksissa hiilidioksidia on muodostunut 0,183 – 0,193 tonnia yhtä sekajätetonna kohden. Siten teoreettiset laskelmat ovat todennäköisesti yliarvioineet vapautuvan hiilidioksidin määrän. (Lou & Nair 2009.)

Mikäli jätteen seassa on orgaanista ainesta, siitä vapautuu erilaisia päästöjä jo lyhytaikaisessakin säilytyksessä ulkoilman lämpötilasta riippuen. Poulsen et al. (1995) havaitsivat anaerobisessa hajoamisessa VOC-yhdisteiden lisäksi haisevia rikkiyhdisteitä, kuten dimetyyliidisulfidia ja metaanitoliä, sekä erilaisia haihtuvia rasvahappoja. Jäteautoista kerätyistä päästönäytteistä löydettiin erilaisia VOC-yhdisteitä, kuten alkoholeja, aldehydejä, ketoneita, karboksyylihap-
poja ja estereitä. (Poulsen et al. 1995.)

Muovijätteen kierrätyslaitoksista voi vapautua sekä laitoksen ulkopuolelle että sisäpuolelle erilaisia kemiallisia yhdisteitä. Tsai et al. (2009) havaitsivat tutkimuksessaan polyetyleenä/polypropyleeniä (PE/PP) sekä polyvinyylidikloridia (PVC) käsittelevistä laitoksista vapautuvan haisevia yhdisteitä. VOC-yhdisteistä analysoitiin mm. tolueni, 4-metyyli-2-pentanoni, metyyli-metakrylaatti ja akroleiini. PVC-muovia käsittelevien kierrätyslaitosten sisäilmasta havaittiin pieniä määriä organokloorattuja yhdisteitä, kuten vinyylidikloridia, kloroformia ja trikloorietyleenä. PE/PP-laitosten sisäilmasta analysoitiin merkittäviä pitoisuuksia PAH-yhdisteitä (polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä). (Tsai et al. 2009.)

Clemens ja Cuhls (2003) selvittivät artikkelissaan kaatopaikkasijoitusta edeltävän jätteen mekaanisen ja biologisen käsittelyn päästöjä. Jättemateriaalina oli kiinteä, lajiteltu yhdyskuntajäte, joka sisälsi yhä orgaanista materiaalia. Jätteen kompostoinnilla vähennettiin kaatopaikkasijoituksessa metaania ja suotovesien päästöjä tuottavaa orgaanista fraktiota. Laitokset oli varustettu biofilttereillä estämään hajuyhdisteiden sekä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden vapautumista ilmaan. Mekaanisessa ja biologisessa käsittelyssä ilmaan vapautui kasvihuonekaasuista metaania, hiilidioksidia, ammoniakkaa, typpioksidia ja typpioksiduulia. Ammoniakkitypestä biofilterit poistivat neljäosan muuttamalla sen typpioksiduuliksi. (Clemens & Cuhls 2003.)

Papageorgiou et al. (2009) havaitsivat tutkimuksessaan, kuinka kaatopaikalle sijoitetusta jätteestä vapautui huomattavasti enemmän kasvihuonekaasuja kuin saman jättemäärän jätteenpolto. Lisäksi jätteenpolton tuottamalla energialla voitiin korvata fossiilisista polttoaineista tuotettavaa energiaa, joten jätteenpolto oli ympäristöystävällisempi käsittelytapa kuin jätteen kaatopaikkasijoitus. (Papageorgiou et al. 2009.) Kaatopaikoilta anaerobisessa hajoamisessa vapautuvilla kasvihuonekaasuilla oli huomattavasti suuremmat ympäristövaikutukset kuin kompostoinnin aerobisen hajoamisen päästöillä (Lou & Nair 2009).

Elektroniikkajätteessä on useiden käyttökelpoisten metallien, kuten kuparin tai platinan, lisäksi myös ympäristölle vaarallisia yhdisteitä. Näitä ovat esimerkiksi lyijy, elohopea, kadmium, nikkeli, polybromatut difenyyliesterit (PBDE) ja polyklooratut bifenyylit (PCB). Elektroniikkajätettä poltettaessa ilmaan vapautuu dioksiineja, furaaneja, polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä (PAH), polyhalogenoituja aromaattisia hiilivetyjä (PHAH) ja vetykloridia. (Robinson 2009.) Euroopan Unionissa on kielletty polybromatun bifenyylin käyttö (PBB) (Morf et al. 2005).

Chiriac et al. (2011) tutkivat pilot-kokeissa yhdyskuntajätteestä vapautuvia päästöjä jättesäilytyksen ensimmäisten 40 vuorokauden aikana. Tällä haluttiin kuvata kaatopaikkasijoituksen alkuvaihetta ennen kuin jättekasa on peitetty. Tällöin jätteestä vapautui alkoholeja, ketoneita, estereitä ja VOC-yhdisteitä, joiden pitoisuudet pienenevät säilytysajan pidentyessä. (Chiriac et al. 2011.)

Kaatopaikoilta vapautuvien kasvihuonekaasujen määrät ovat suhteellisen pieni osa kansallisista kasvihuonekaasupäästöistä. Esimerkiksi Kanadassa vuonna 2007 kaatopaikoilta vapautui noin 21 Mt kasvihuonekaasuja, mikä oli noin 3 % koko maan kasvihuonekaasujen päästöistä. USA:ssa vastaavasti kaatopaikoilta ilmaan vapautui noin 127 Mt kasvihuonekaasuja, joka on noin 2 % koko maan kasvihuonekaasujen päästöistä. Kehitysmaissa jäteperäiset päästöt kattavat suuremman osan yhteiskuntien päästöistä. Esimerkiksi Rio de Janeirossa jäteperäisten päästöjen on laskettu muodostavan jopa 40 % kaupungin kasvihuonekaasujen päästöistä. (Mohareb et al. 2011.) Suomessa jätesektorilta vapautuvien kasvihuonekaasupäästöjen osuus vuonna 2014 oli 3,7 % koko maan kasvihuonekaasupäästöistä (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014).

Lou ja Nair (2009) kirjoittivat artikkelissaan jätesektorin kasvihuonekaasupäästöistä. Kaikesta jätteen käsittelystä vapautuu noin 5 % koko maapallon kasvihuonekaasujen päästöistä. Tämä 5 % muodostuu esimerkiksi kiinteän jätteen anaerobisen hajoamisen metaanista sekä jäteveden hajoamisessa vapautuvasta hiilidioksidista. (Lou & Nair 2009.)

Mika Jumpposen väitöskirjaan liittyvissä tieteellisissä artikkeleissa on kuvattu tutkimustuloksia, joiden mukaan biopohjaisten polttoaineiden polttokattiloiden tuhalle voidaan altistua sekä hengitysteitse että ihon välityksellä. Lentotuhkapartikkeleista on löydetty perimä- ja syöpävaarallisia PAH-yhdisteitä. Tuhkaa poistavat työntekijät sekä polttokattilan huolto- ja kunnossapitotyöntekijät voivat altistua samanaikaisesti useille kaasuille. Altistumisen merkittävimpiä terveysvaikutuksia olivat hengitysteiden ärsytysoireet, hapen kulkeutumisen häiriöt sekä keskushermoston häiriöt. Kaasujen pitoisuudet vaihtelivat merkittävästi eri polttolaitosten välillä. (Jumpponen et al. 2013.)

Fenantreeni ja naftaleeni olivat yleisimmät PAH-yhdisteet, joita vapautui höyrykattiloista ja tulistimista. Tuhkan poiston ja kattilan huoltotöiden aikana niiden PAH-pitoisuudet olivat korkeintaan 7 % bentso(a)pyreenin HTP_{8h}-arvosta, joka vastaa kohtuullista syöpäriskiä. PAH-yhdisteiden pitoisuudet on täten pidettävä mahdollisimman alhaisina, jotta välttyttäisiin työntekijöiden työperäiseltä altistumiselta. Polttolaitosten yleisimmät VOC-yhdisteet olivat tärpättiyyhdisteet sekä aromaattiset ja alifaattiset hiilivedyt. (Jumpponen et al. 2013.)

2.2.2 Hiukkaspäästöt

Wouters et al. (2006) tutkivat bioaerosoleja kuten jätteenkäsittelyssä ilmaan vapautuvia hengittävää pölyä, endotoksiineja ja mikrobeja. Ulkotiloissa jätettä käsiteltäessä bioaerosolipäästöjen määrä ilmassa oli matalampi kuin sisätiloissa käsiteltäessä. Bioaerosoleille altistumisen vaihtelu oli suurta jopa yksittäisen työntekijän mittauksissa. Työympäristössä päästörajojen ylityksiä tapahtui kuitenkin suhteellisen usein, joten tutkimuksen mukaan työntekijät saattoivat korkeille endotoksiinipitoisuuksille altistuessaan saada oireita. (Wouters et al. 2006.)

Tolvanen ja Hänninen (2005) mittasivat pölyn pitoisuuksia jätteenpolttolaitoksen eri tiloissa. Pölypitoisuudet vaihtelivat riippuen vastaanotettavan jätteen ominaisuuksista. Keskimääräiset pölypitoisuudet olivat alle orgaanisen pölyn raja-arvon 5 mg/m³ kaikilla mitatuilla alueilla. Bunkkerin mittauspisteessä mitattiin loppukesällä kuitenkin jopa noin 14 mg/m³ pölypitoisuus. (Tolvanen ja Hänninen 2005.)

Tolvanen (2004) tutki kuivan jätteen käsittelylaitoksen pöly-, endotoksiini- ja mikrobipitoisuuksia kahtena eri ajanjaksona. Syntypaikkalajitellusta jätteestä erotettiin jäännösmetallit ja mahdollinen orgaaninen aines ja siitä tuotettiin mekaanisesti jätteestä prosessoitua polttoainetta

(RDF, refuse-derived fuel). Mittauksissa havaittiin prosessihallissa suuria mikrobi- ja endotoksiinipitoisuuksia. Endotoksiinien pitoisuudet olivat alle nykyisen suositellun raja-arvon (90 EU/m^3) vain jälkimurskaimella. Pölypitoisuudet vaihtelivat ja artikkelin kirjoittaja esittikin mittaustulosten luotettavuuden parantamiseksi uuden pölymittausmenetelmän kehittämistä. (Tolvanen 2004).

Tutkimuksissa havaittiin jätevedenpuhdistamoiden työntekijöillä työhön liittyviä oireita kuten silmäoireita ja nuhaa. Hengityselinoireita ilmeni kahdella kolmanneksella ja kuumetta tai vilunväreitä puolella tutkituista 20 henkilöstä. Oireet yhdistettiin jätevedenpuhdistamoiden valvonta-, huolto- ja korjaustöihin sisätiloissa. (Husman 1992.)

Jumpponen et al. (2014) kirjoittivat biopolttoainetta polttavien laitosten tuhkan poistamisessa ja huolto- ja kunnossapitotöissä altistuvien työntekijöiden samanaikaisesta altistumisesta pölylle, kvartsille ja metalleille. Suurimmat terveystriskit aiheutuvat joidenkin metallien ja kide muodossa olevan kvartsin syöpävaarallisuudesta sekä mahdollisuudesta keskushermostoon vaikuttaviin sairauksiin ja hengitysteiden ärsyyntymiseen. Tutkituista työtehtävistä merkittävin altistus tapahtui kierrätyspolttoainetta polttavan laitoksen tuhkan poistossa. (Jumpponen et al. 2014.)

Cheng ja Hu (2010) vertasivat artikkelissaan jätteenpolttolaitosten hiukkaspäästöille asetettuja rajoja Kiinassa, Euroopan Unionissa ja Yhdysvalloissa (liite 2). Esimerkiksi yhdyskuntajätettä polttavan jätteenpolttolaitoksen vapautuville pienhiukkasille on Kiinassa asetettu raja-arvoksi 80 mg/m^3 , EU:ssa päivittäiseksi raja-arvoksi 10 mg/m^3 ja puolen tunnin raja-arvoksi 30 mg/m^3 sekä Yhdysvalloissa pienille polttolaitoksille 24 mg/m^3 ja suurille, uusille polttolaitoksille 20 mg/m^3 . (Cheng & Hu 2010.)

2.2.3 Mikrobiologiset päästöt

Orgaanisen kotitalousjätteen keräämisen ja käsittelyn sekä epäorgaanisen jätteen kierrättämisen yhteydessä työntekijät saattavat altistua erilaisille biologisille altisteille. Useissa tieteellisissä artikkeleissa onkin havaittu jätteenkäsittelyn työntekijöiden altistumista viruksille, bakteereille, sienille ja niiden metaboliiteille sekä pölylle. (Viegas et al. 2015.)

Portugalissa on tutkittu jätteenkäsittelylaitoksen työntekijöiltä eräistä mikrobilajeista muodostuvan mykotoksiinin esiintyvyyttä. Mykotoksiinit ovat homesienten tuottamia, terveydelle haitallisia myrkyjä. Jätteenkäsittelyn työntekijöiden altistumiseen mykotoksiineille vaikuttavat

- 1) koko jätteenkäsittelyketjun aikana tapahtuva jatkuva altistuminen jätteen sisältämille mykotoksiineille,
- 2) mykotoksiinien pysyvyys kuumissa ja kylmissä olosuhteissa, sekä
- 3) työntekijöiden työskentely myös sisätiloissa. (Viegas et al. 2015.)

Tutkimuksessa tutkittavat työntekijät lajittelivat (26 hlöä), kompostoivat (9 hlöä) tai polttivat jätteitä (6 hlöä). Aflatoksiini B1 (AFB1) on syöpävaarallinen ja genotoksinen mykotoksiini, jota löydettiin tutkimuksessa mitattavia pitoisuuksia kaikilta jätteenkäsittelyn työntekijöiltä, mutta ei tavanomaista väestöä edustavalta verrokkiryhmältä. Työntekijät altistuivat AFB1:lle joko hengityksen tai ihon kautta. Altistumisen vähentämisessä onkin huomioitava hengityksen suojausten käyttö sekä huolellinen ja riittävä ihon suojaus. (Viegas et al. 2015.)

Viegas et al. (2015) tutkivat ainoastaan AFB1:n esiintyvyyttä jätteenkäsittelyä tekevillä työntekijöillä. Tämän lisäksi jätteenkäsittelyn työympäristössä voi esiintyä myös muita mykotoksiineja tai vaarallisia kemiallisia yhdisteitä, kuten endotoksiineja tai erilaisia kemiallisia yhdisteitä sisältäviä partikkeleita, joiden yhteisvaikutus AFB1:n kanssa olisi huomioitava työn riskinarviointia tehtäessä. Työntekijöillä olisi oltava säännölliset terveystarkastukset, jotta esimerkiksi altistuminen maksasyöpään saataisiin mahdollisimman varhain selville. Aihetta olisi hyvä tutkia edelleen. (Viegas et al. 2015.)

Jätteenkäsittelylaitoksissa biojäte sekä puu- ja paperijätteen sisältämä selluloosa muodostavat erinomaisen kasvualustan mikrobeille. Lisäksi laitosten kuivajäte on usein kuivaa ja pölyävää, jolloin mikrobit vapautuvat helposti työilmaan jätteen käsittelyvaiheiden aikana ja voivat siten aiheuttaa terveysvaaroja jätteenkäsittelytiloissa työskenneltäessä. (Tolvanen 2004).

Jätteenkäsittelylaitoksissa on mitattu korkeita, jopa 10^7 CFU/m³ termotoleranttien eli lämpökestävien sienien pitoisuuksia. Fischerin ja Dottin (2003) mukaan ei ole varmuutta siitä, että korkeat sieni-itiöpitoisuudet kasvattaisivat terveen työntekijän infektoriskiä. Kuitenkin pitkäaikainen altistuminen eräiden myrkyllisten sienien kuolleille tai eläville partikkeleille voi tukahduttaa tai muuttaa terveen ihmisen immuunivastetta. Mikrobien pitoisuuksia seurattaessa on huomioitava ulkoilmassa pakkaskauden ulkopuolella olevien mikrobien ja sieni-itiöiden määrät. Siten mittaustuloksista on vähennettävä ulkoilman pitoisuudet, jotta saadaan vertailukelpoisia tuloksia. (Fischer & Dott 2003.)

Terveysthuollossa muodostuu erilaisia jätejakeita, ns. kliinistä kiinteää jätettä (CSW). Jätteet voivat olla tartuntavaaraa aiheuttavia, lääkeaineita sisältäviä, patologisia, kemiallisia, radioaktiivisia tai viiltäviä/pistäviä esineitä sisältäviä jätteitä. Terveysthuoltosektorin jäte voi sisältää patogeenisia mikro-organismeja. Lisäksi tavanomainen jäte voi huolimattoman käsittelyn, keräyksen, kuljetuksen ja varastoinnin aikana kontaminoitua infektiovaaraa aiheuttavilla aineilla, jos se joutuu kosketuksiin terveysthuollon jätteiden kanssa. Kliininen jäte on käsiteltävä, varastoitava, kuljetettava ja hävitettävä huolellisesti, jotta estetään sekä tautien leviäminen ihmisiin että ympäristön pilaantuminen. (Hossain et al. 2010.)

2.2.4 Päästöjen ympäristövaikutukset

Päästöjen vaikutukset voivat kohdistua ympäristön laatuun. Tällöin on tarkasteltava eri ympäristönosien ja luonnonvarojen käyttöä sekä yleistä viihtyisyyttä. (Reinikainen et al. 2014.)

Jäteperäisten päästöjen aiheuttama haitta ympäristölle riippuu ympäristöolosuhteista sekä päästön suuruudesta, taajuudesta, ajankohdasta ja kestosta. Päästön aiheuttamia vaikutuksia voi vähentää fysikaalisella, rakennetulla, biologisella, ympäristöön tai ihmisten käyttäytymiseen liittyvällä tekijällä kuten varmistamalla kaatopaikan tiivistekerrosten saumojen kestävyys. Jos altistumista rajoittava tekijä jätetään huomioimatta esimerkiksi onnettomuustilanteessa, voi terveysthaittojen todennäköisyys kasvaa. (Pollard et al. 2006.)

Päästöt voivat levitä ympäristöön suoralla tai epäsuoralla tavalla. Suora altistuminen tapahtuu esimerkiksi hengittämällä vaarallista kaasua, jolloin päästön lähde sijaitsee suorassa yhteydessä väliaineeseen. Epäsuorassa leviämisessä päästö leviää väliaineen välityksellä, kuten kaatopaikan suotovesien levitessä pohjaveden avulla juomaveteen. Useimmiten kiinnitetään huomiota ihmisten suoraan altistumiseen esimerkiksi ilmajäliteisesti, vaikka sekä suora että epäsuora päästölähteelle altistuminen aiheuttavat riskejä. (Pollard et al. 2006.)

Kemialliset päästöt

Domingo ja Nadal (2009) kokosivat artikkeliinsa tietoja kaatopaikkojen haitallisista vaikutuksista. Kaatopaikan lähistöllä asuville ihmisille voi aiheutua terveysvaaroja patogeenisille aineille, myrkyllisille yhdisteille ja kaasuille altistuttaessa. Ympäristölle voi kaasujen ja suodovesien aiheuttamien ympäristövahinkojen lisäksi aiheutua haittaa esimerkiksi mahdollisten tulipalojen ja räjähdysten, kasvillisuuden vahingoittumisen tai pohjaveden pilaantumisen takia. (Domingo & Nadal 2009.)

Kompostoinnissa vapautuvia VOC-yhdisteitä, pelkistyneitä rikkiyhdisteitä, alkoholeja, orgaanisia ketoneja, estereitä tai happoja voidaan pitää merkittävänä ilmakehää saastuttavina kemiallisina yhdisteinä. VOC-päästöt vähentävät stratosfäärin otsonia, muodostavat fotokemiallisesti otsonia, aiheuttavat haitallisia terveysvaikutuksia ja ovat yleensä sekä myrkyllisiä että syöpävaarallisia yhdisteitä. Ihmiset voivat hengittäessään altistua korkeillekin VOC-yhdisteiden pitoisuuksille. Ympäristölle kasviuoneilmiön kiihtyminen on vakava päästöistä aiheutuva ongelma. Monet VOC-päästöjen vaikutukset ovat ympäristössä pysyviä ja kumulatiivisia. (Domingo & Nadal 2009.)

Kao et al. (2007) ovat tutkineet dioksiinien vaikutusta ympäristöön alueella, jossa sijaitsee lähekkäin useita dioksiineja vapauttavia polttolaitoksia. Vaikka jokainen yritys alittaisi omat dioksiinipäästöille asetetut raja-arvonsa, voivat useat lähekkäin sijaitsevat dioksiinilähteet aiheuttaa terveysvaaraa lähiseudulla asuville ihmisille. Tulosten perusteella paikallisviranomaiset ovat valvoneet toimijoita tarkemmin ja rajoittaneet dioksiinipäästöjä entistä tiukemmilla raja-arvoilla. (Kao et al. 2007.)

Hiukkaspäästöt

Elektroniikkajätteen käsittelystä voi levitä epäpuhtauksia ympäristöön pölyn mukana. Elektroniikkajätettä käsittelevien laitosten läheisyydestä kerätyistä pölynäytteistä on löydetty esimerkiksi dioksiineja ja polybromattua difenyylietteriä (PBDE). Jälkimmäistä vaarallista ainetta on käytetty aikaisemmin muovisten laitekoteloiden palonestoaineena. Myös metalleja, kuten kromia, kuparia ja sinkkiä, on havaittu ympäristöön levinneessä pölyssä. (Robinson 2009.) Eri tutkimuksessa (Siponen et al. 2014) on myös havaittu, että ilman pienhiukkaset aiheuttavat sydän- ja verisuonisairauksien riskin.

Park et al. (2011) tutkivat pölyn, endotoksiinien ja mikrobien pitoisuuksia ja vaikutuksia jätteen keräyksessä ja lajittelussa. Näiden pitoisuudet yhdyskuntajätteen keräyksen aikana riippuivat jätteen mikrobikasvustosta, jätteenkeräysastiasta, kuljetusautosta ja työskentelytavoista. Lisäksi pitoisuuksiin vaikuttivat orgaanisen jätteen osuus sekajätteessä, lämpötila- ja tuuliolosuhteet sekä vuodenaika. (Park et al. 2011.)

Mikrobiologiset päästöt

Fischer ja Dott (2003) mukaan kompostoinnista ulkoilmaan vapautuneita sieni-itiöitä on tavattu kahden kilometrin päästä tuulen alapuolelta kompostointilaitokseen nähden. Tällöin niiden pitoisuus vaihteli välillä 10 ja 20 CFU/m³ alueella, jossa ei ollut asutusta. New Yorkissa avoimesta tunnelikompostorista puolen kilometrin päässä sijaitsevalla asuinalueella on havaittu enimmillään 1,4 * 10⁴ CFU/m³ sieni-itiöitä. Ulkoilmasta ei havaittu *A. fumigatus* -sienilajia yli 10 CFU/m³ pitoisuuksissa, jollei lähellä ollut ihmisen toiminnasta muodostunutta sienilähdettä. (Fischer & Dott 2003.)

2.2.5 Päästöjen vaikutukset työympäristössä

Työturvallisuuslaki (2002) edellyttää, että työympäristössä kemiallisille ja biologisille tekijöille altistuminen on pidettävä niin pienenä, ettei siitä aiheudu haittaa tai vaaraa työntekijän terveydelle, turvallisuudelle tai lisääntymisterveydelle (Työturvallisuuslaki 2002). Puutteellisen työpaikan hygienian on havaittu kasvattavan työntekijöiden sairastumisriskiä ja vähentävän viihtyvyyttä työpaikalla (Tolvanen 2004).

Erilaiset ilman epäpuhtaudet voivat päätyä ihmiskehoon hengityksen tai ruoansulatuskanavan kautta. Käytännössä ihoaltistus on merkittävää ainoastaan altistuttaessa nestemäiselle (liuotimet) tai veteen liuenneelle haitta-aineelle. Ilman epäpuhtaudet voivat joutua ruokaan tai juomaveteen, jolloin ruoansulatuksesta voi tulla merkittävä altistumisreitti. Ilman epäpuhtauksien vaikutukset terveyteen voivat olla akuutteja eli äkillisiä tai terveystahittoja voi tulla vasta pitkän, ns. kroonisen altistumisajan jälkeen. Krooninen altistuminen voi esimerkiksi aiheuttaa syöpää. Työympäristössä altistumisen lisäksi merkittäviä ilman epäpuhtauslähteitä ovat mm. liikenne, teollisuus ja tulivuorien toiminta. Usein altistutaan monille epäpuhtauksille samanaikaisesti. Ilman epäpuhtauksien pitoisuudet, altistumisen kesto ja annos voivat vaihdella. (Kampa & Castanas 2008.)

Kemialliset päästöt

Kemiallisilla päästöillä on päästön lajista riippuen erilaisia vaikutuksia työympäristöön. Domingo ja Nadal (2009) kokosivat artikkelissaan tietoja jätteenkäsittelyn päästöjen riskeistä työympäristölle. Vaikka ilmaväntäisiä haitta-aineita voitiin estää tai ainakin rajoittaa leviämistä ympäristöön, työntekijät voivat altistua niille työssään. VOC-yhdisteistä bentseeni ja 1,3-butadieeni voivat aiheuttaa leukemiaa, formaldehydi voi aiheuttaa nenäsyöpää, eräät PAH-yhdisteet ovat mahdollisesti syöpävaarallisia ja polyklooratut dibentso-para-dioksiinit ja -furaanit (PCDD, PCDF) ovat syöpävaarallisia eli karsinogeenisia. Vaikka kaikkia VOC-yhdisteitä ei ole luokiteltu syöpävaaralliseksi, monet niistä ovat myrkyllisiä. Lisäksi yhdisteiden paha haju voi aiheuttaa epäsuoria terveysvaikutuksia, kuten oksentelua ja pahoinvointia. (Domingo & Nadal 2009.)

Meneses et al. (2004) selvittivät mallintamalla yhdyskuntajätteen polton epäpuhtauksien vaikutuksia ihmisten terveyteen. Dioksiinien ja furaanien päästöjen aiheuttama syöpäriski oli suurimmillaan väestöllä, joka asui polttolaitoksen läheisyydessä ja joka altistui muistakin lähteistä, kuten liikenteestä ja teollisuudesta, vapautuville dioksiini- ja furaanipäästöille. (Meneses et al. 2004.)

Kampa ja Castanas (2008) kirjoittivat artikkelissaan kaasumaisten, kemiallisten yhdisteiden (esim. SO₂, NO_x, CO, otsoni, VOC-yhdisteet) voivan hengitettynä aiheuttaa hengitystievaikutusten ja astman kehittymisen lisäksi ongelmia verenkierroelimissä, sisäelimissä ja hermostossa sekä syöpää. Lisäksi ilman epäpuhtaudet voivat aiheuttaa keskoskuolleisuutta ja lyhentää odotettavissa olevaa elinikää. Terveellisellä kasvisvoittoisella ruokavaliolla voitiin vähentää ilman epäpuhtauksien aiheuttamia vaikutuksia ihmisen terveyteen. (Kampa & Castanas 2008).

Athanasiou et al. (2010) tutkivat jätteestä vapautuvien päästöjen ja ilman epäpuhtauksien vaikutuksia ympäristöön ja ihmisten terveyteen. Jätteen kerääminen on fyysisesti raskasta ja siinä voidaan altistua patogeeneille, myrkyllisille yhdisteille, jätteestä ja sen hajoamisesta vapautuville yhdisteille sekä liikenteen pakokaasuille. Nämä voivat aiheuttaa terveysvaikutuksia yhdyskuntajätteen kanssa työskenteleville. (Athanasiou et al. 2010.) Jo pienetkin, jokapäiväiset otsonin, typen oksidien tai pienhiukkasten pitoisuudet voivat aiheuttaa sairastumisia. Otsonille

ja pienhiukkasille ei voida asettaa turvallisen pitoisuuden raja-arvoa. (Brunekreef & Holgate 2002.)

Pakokaasut sisältävät pääosin kaasumaisia typen oksideja (NO, NO₂, N₂O) ja hiukkasmaisia PAH-yhdisteitä, jotka voivat mikro- ja nanokokoisina tunkeutua syvälle keuhkoihin. PAH-yhdisteet sisältävät perimämuutoksia aiheuttavia sekä syöpävaarallisia yhdisteitä, jotka voivat lisäksi aiheuttaa hengitysteiden, ihon ja silmien ärsytysoireita. (Vainio et al. 2005.)

Elektroniikkajätteitä käsittelevissä laitoksissa työntekijät voivat altistua epäpuhtauksia sisältävän ilman, veden tai ruoan välityksellä. Elektroniikkajätettä käsittelevien työntekijöiden elimistöstä on mitattu tavanomaista korkeampia dioksiini-, PCB-, PBDE- ja PBB-pitoisuuksia. Elektroniikkajäte voikin olla potentiaalinen geneettisten mutaatioiden aiheuttaja. (Robinson 2009.)

Biojätteen käsittelyssä voi vapautua ammoniakkia, joka ärsyttää hengitysteitä ja silmiä. Roiskeet iholla voivat aiheuttaa ihon syöpymistä. Pelkistyneet rikkiyhdisteet ovat jo pienissä pitoisuuksissa voimakkaasti haisevia yhdisteitä, joilla on ärsytysvaikutuksia hengitysteihin ja limakalvoihin. Rikkivety on myrkyllinen suurissa pitoisuuksissa. (Vainio et al. 2005.)

Esimerkiksi autokorjaamon jätteinä voi olla liuotinaiteita, joiden välittöminä terveysvaikutuksina on hengitysteiden ja limakalvojen ärsytys sekä päänsärky. Liuotinroiskeet voivat ärsyttää silmiä ja kuivattaa ihoa. Suurille liuotinhöyrypitoisuuksille altistuminen voi johtaa jopa myrkytystilaan. Pitkäaikainen, vuosikausia jatkunut altistuminen liuotinaiteille voi vaurioittaa hermostoa ja sisäelimiä sekä aiheuttaa näköhäiriöitä. Nestemäisille liuotinaiteille voidaan altistua merkittävästi myös ihon läpi, jolloin voi aiheutua ihon tulehdusta ja kuivumista. Isosyanaatit voivat herkistävänä ja ärsyttävänä yhdisteinä aiheuttaa hengitysteiden ja silmien ärsytysoireita, ihottumaa sekä astmaa. Osaa isosyanaateista epäillään perimämyrkyllisiksi tai syöpävaarallisiksi. (Vainio et al. 2005.)

Hiukkaspäästöt

Orgaaninen pöly voi ilman kautta levitessään aiheuttaa välitöntä allergiaa, kuten allergista nuhaa, silmätulehdusta, astmaa tai ihottumaa (Vainio et al. 2005).

Pölyn sisältämät metallit voivat imeytyä elimistöön ja aiheuttaa sairauksia, kuten pitkäaikaisessa altistumisessa kroonisia keuhkosairauksia. Osa metalleista on syöpävaarallisia. (Starck et al. 2008.) Tuhkan loppukäyttökohteena olevassa lannoituksessa hyödynnetään tuhkassa olevat metallit. Tämä on siten ympäristön kannalta hyödyllistä kivennäisaineiden palauttamista takaisin luontoon. Tuhkan sisältämälle kvartsille altistuttaessa työntekijä voi saada silikoosin eli fibroottisen pölykeuhkosairauden. Pitkäaikaisesti kvartsille altistuminen lisää riskiä sairastua keuhkopyöpään. (Vainio et al. 2005.)

Mikrobiologiset päästöt

Endotoksiinit ja mikrobit voivat ilmajälitteisesti aiheuttaa työympäristössä erilaisia oireita ja pitkäaikaisessa altistumisessa sairauksia. Työympäristössä hengitysteitse altistuttaessa endotoksiinit voivat aiheuttaa työntekijöille kuivaa yskää, kuumetta, alentunutta keuhkotoimintaa tai orgaanisen pölyn aiheuttamaa kuumeoireilua (ODTS). Pitkäaikaisesta altistumisesta voi aiheutua päänsärkyä, astmaa ja kroonisia keuhkosairauksia. (Health Council of the Netherlands 2010, Laitinen et al. 2013, Vainio et al. 2005.)

Ilman mikrobipitoisuuksille ei ole asetettu terveysperustaisia viitearvoja. Mikrobin mittaustuloksia onkin tulkittava työpaikan näkökulmasta huomioiden, että niiden aiheuttamat terveyshaitat ovat yksilöllisiä ja riippuvat esimerkiksi mikrobilajista ja työntekijän yksilöllisistä ominaisuuksista. Osalla mikrobeista voi olla allergisoivia vaikutuksia ja osan tiedetään aiheuttavan keuhkosairauksia. Taudinaiheuttajakkeerit voivat pienilläkin pitoisuuksilla aiheuttaa terveyshaittoja. Eräät mikrobit voivat tuottaa ihmisille haitallisia mikrobimyrkkyjä eli toksiineja. (Laitinen et al. 2013.)

Mikrobin pitkäaikaisia vaikutuksia ovat astma, allerginen alveoliitti, allerginen nuha tai krooninen bronkiitti. Lisäksi mikrobeilla voi olla lyhytaikaisia vaikutuksia terveyteen. Yleisinä oireina ovat kuume, väsymys, päänsärky ja lihas- ja nivelkivut. Myös hengitysteihin vaikuttavia oireita, kuten yskää, limannousua, hengenahdistusta ja nuhaa, voi esiintyä. Lyhytaikaisen mikrobialtistuksen aiheuttamia sairauksia ovat äkillinen kurkunpääntulehdus sekä ODTS-sairaus. Mikrobeille voidaan altistua myös ruoansulatuskanavan kautta. (Laitinen et al. 2013.)

Bioaerosolit ovat eloperäisestä aineesta peräisin olevia aerosoleja, jotka voivat aiheuttaa ihmisille infektioita. Lisäksi ne voivat sisältää myrkyllisiä ainesosia, toimia allergiaa aiheuttavina tekijöinä ja aiheuttaa tulehdusreaktioita. Fischer & Dott (2003) kokoaman tiedon perusteella terveellä immuunipuolustusjärjestelmällä varustetun työntekijän riski sairastua infektioihin ei nousisi, vaikka työilmassa olisi suuriakin määriä patogeeneja. (Fischer & Dott 2003.)

Jätteen, biojätteen ja kompostijätteen käsittelyssä eräille mikrobilajeille altistuttaessa voi seurauksena olla allergioita. Bioaerosoleille pitkäaikaisesti altistuneilla biojätteen kerääjillä on kohonnut riski saada oireita vatsan ja suoliston alueella. Jätteenkerääjille bioaerosolit voivat mahdollisesti aiheuttaa myös infektioita, keuhkosairauksia sekä ihon ja limakalvojen ärsytystä. (Fischer & Dott 2003.)

Tolvanen ja Hänninen (2006) kirjoittivat artikkelissaan ilman mikro-organismeille ja myrkyllisille yhdisteille altistuvien työntekijöiden kärsivän terveysongelmista suljetuissa kompostointilaitoksissa ja kuivan jätteen käsittely- ja kierrätyslaitoksissa (Tolvanen & Hänninen 2006).

2.2.6 Menetelmät päästöjen ehkäisemiseksi

Tsai et al. (2009) tutkivat jätteenkäsittelylaitoksen päästöjen vähentämistä ilmansuodattimien avulla. Tutkimuksen mukaan muovijätettä käsittelevien laitosten käyttämät suodattimet eivät olleet riittäviä päästöjen poistamiseen ilmasta. Siten tarvittiin lisätoimia päästöjen leviämisen rajoittamiseen. (Tsai et al. 2009.)

Jätteiden väliaikaisen varastoinnin jälkeen otettaessa jättemateriaali uudelleen käyttöön voi materiaalista vapautua päästöjä ympäristöön. Jätekasan purkaminen on huolellisesti suunniteltava ja valvottava, sillä kasaan on voinut varastoinnin aikana muodostua esimerkiksi räjähdysvaaran aiheuttavaa metaania. Ennen jätekasan purkamista on tehtävä turvallisuusanalyysi metaanin muodostumisesta ja mahdolliselta räjähdysvaaralta suojautumisesta. Jos analyysi osoittaa metaanin muodostumisen olleen mahdollista, jätekasan purkamiseen on käytettävä räjähdyksenkestäviä laitteita. (Wagner & Bilitewski 2009.)

Käsittlemättömän yhdyskuntajätteen varastoa purettaessa voi vapautua voimakkaasti haisevia yhdisteitä. Jätekasan aktiivisella ilmastuksella ja anaerobisella käsittelyllä ennen kasan purkamista voidaan vähentää hajuyhdisteiden muodostumista. Vaihtoehtoisesti jätekasan purkamista varten voidaan rakentaa tila, josta poistettava ilma kerätään ja suodatetaan ennen vapauttamista ympäristöön. (Wagner & Bilitewski 2009.)

Jätteen varastointikasaa purettaessa on seurattava jätteen lämpötilaa, sillä jouduttuaan ilmakehään jätteestä voi syttyä itsestään palamaan. Alkusammutusvälineistön on purkamisen aikana oltava nopeasti saatavilla. Avattavat jätteepaikat on käsiteltävä huolellisesti, sillä pitkän varastoinnin jälkeen jätteestä voi aiheutua pahaa hajua ympäristöön. (Wagner & Biliwski 2009.)

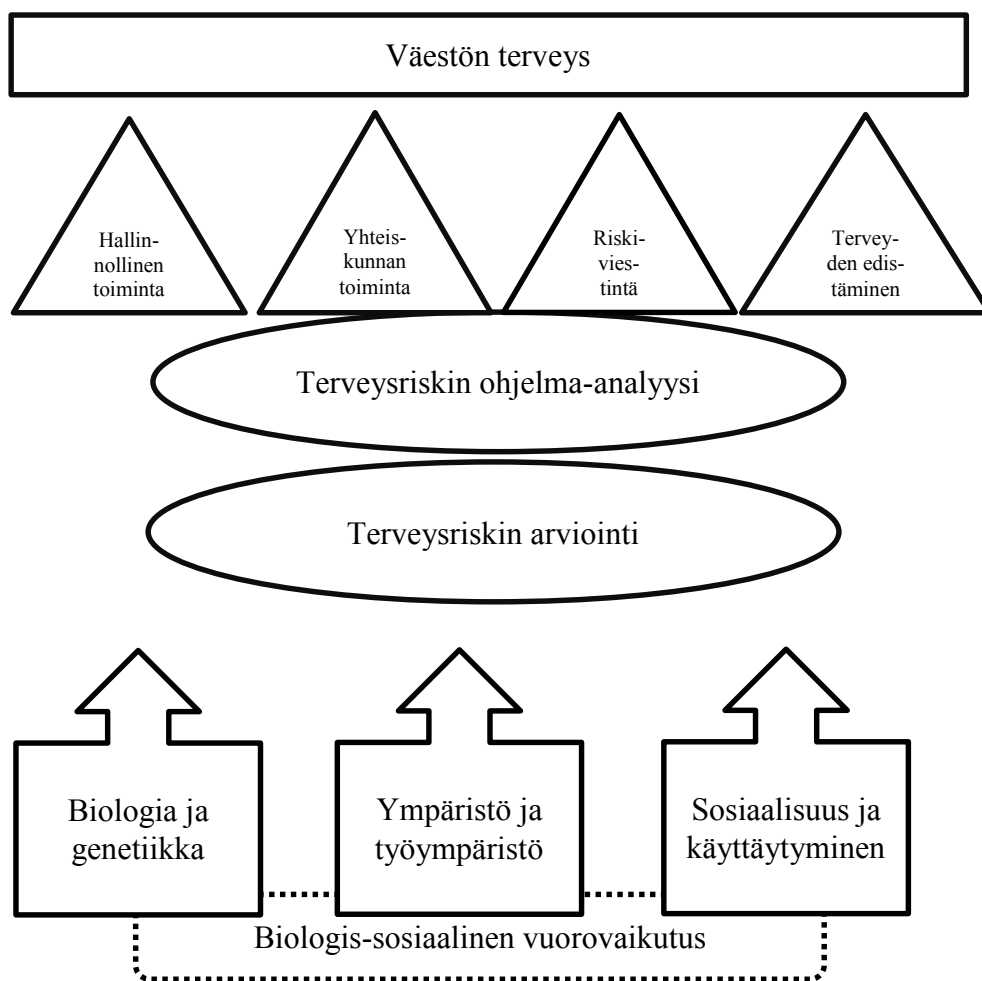
Biopolttoainetta käyttävien polttokattiloiden huolto- ja kunnossapitotöissä suositellaan käyttämään moottoroitua hengityksensuojainta varustettuna ABEK+P3-yhdistelmäsuodattimilla, joka suodattaa sekä kaasumaiset että hiukkasmaiset ilman epäpuhtaudet. Lisäksi minimivaatimuksena on häkäkaasun ilmaisimen kantaminen, sillä hiilimonoksidi läpäisee ABEK+P3-yhdistelmäsuodattimen hengityksensuojaimessa. Häkäkaasun esiintyessä paineilmalaitteilla varustetut hengityksensuojaimet ovat suositeltava suojausmenetelmä. (Jumpponen et al. 2013 ja 2014.)

2.2.7 Päästöistä aiheutuvien riskien arviointi

Jätteenkäsittelyn alalla on monenlaisia ympäristö- ja terveysriskejä, kuten kaatopaikkojen suotovesien aiheuttamat riskit pohjaveden laadulle sekä jätteenpolton savukaasujen päästöjen ja kaatopaikkakaasujen aiheuttamat terveysriskit. Ympäristöriskien arvioinnin työkalut perustuvat usein malleihin, jotka ensin kuvaavat epäpuhtauksien mahdollisia kulkureittejä ympäristössä ja tämän jälkeen mallintavat haitallisen epäpuhtauden vapautumista ympäristöön erilaisilla mekanismeilla. Riskinarvioinnissa on vaarana pyrkiä tekemään arviointi mahdollisimman yksinkertaisesti, nopeasti ja edullisesti samalla kun ympäristösäännökset velvoittavat toiminnanharjoittajia selvittämään toiminnasta aiheutuvat riskit entistä tarkemmin. (Pollard et al. 2006.)

Riskinarvioinnissa on nimettävä haittaa aiheuttavat aineet ja riskiä tuottavat tapahtumat, niiden seurauksien suuruus sekä arvioitava riskin tapahtumisen todennäköisyyttä. Riskinarvioinnissa tarvitaan paljon tietoa. Usein ympäristödata on kuitenkin kvalitatiivista, epämääräistä tai epätarkkaa erityisesti uusien kohteiden riskinarvioinnissa ja arviointiin käytettävien lähtötietojen puutteellisuus on tavallista. Riskinarvioinnissa on huomioitava myös arvioinnin epävarmuustekijät. (Darbra et al. 2008.)

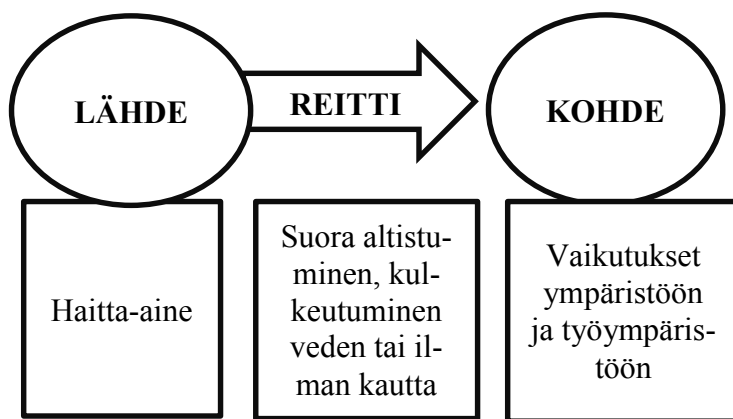
Ympäristö- ja työympäristöriskeillä voi olla merkitystä väestön yleiseen terveyteen. Ottawan yliopistossa kehitetty riskinarvioinnin kehysmalli sisältää väestön terveyden, riskinarvioinnin ja -hallinnan sekä terveyden edistämisen. Väestön terveys muodostaa kehysmallin perustan. Kuvan 3 mukaan ympäristö- ja työympäristöriskit muodostavat riskin yhdessä väestön biologisen ja geneettisen taustan sekä sosiaalisen ja käyttäytymiseen perustuvan vuorovaikutuksen kanssa. Terveystieteiden tutkimuskeskus on kehysmallissa luokiteltu mahdolliseksi strategiseksi tekijäksi riskin pienentämisessä ja terveyden edistämässä. Riskinarvioinnin tulosten pohjalta voidaan rakentaa terveysriskin ohjelma-analyysi. Analyysin mahdolliset strategiset toimet voidaan jakaa neljään osa-alueeseen, joita ovat hallinnollinen toiminta, yhteiskunnan toiminta, riskiviestintä sekä terveyden edistämistoimet. Yhdessä nämä muodostavat pohjan kansanterveydelle. Tätä kehysmallia voidaan käyttää päätöksenteon tukena pyrittäessä entistä parempaan väestön terveyteen. (Jardine et al. 2003.)



Kuva 3. Riskinhallinnan ja väestön terveyden kehysmalli (mukaeltu Jardine et al. 2003. Fig. B-7).

Riskinarvioinnissa riskillä tarkoitetaan vaaran ja tapahtuman todennäköisyyden yhdistelmää. Vaaralla tarkoitetaan mahdollisuutta sille, että mahdollisesti vahingollinen tapahtuma tapahtuu tietyssä paikassa annetun ajanjakson kuluessa. Alttius on systeemin luontaisen haavoittuvuuden aste. Riskinarviointi voidaan määritellä prosessiksi, jossa arvioidaan riskitapahtuman toteutumisen mahdollisuutta annetuissa olosuhteissa. Riskin hallinnalla tarkoitetaan prosessia, jossa päätetään, kuinka arvioitu riski hallitaan ja kuinka hallinta toteutetaan siten, että suojellaan ihmisten terveyttä tai jotain muuta suojeltavaa kohdetta. (Darbra et al. 2008.)

Haitan ja riskin muodostuminen voidaan esittää havaintokuvalla 4. Jätteiden varastoinnista ja käsittelystä vapautuvana päästölähteenä voi olla kemiallinen, mikrobiologinen tai hiukkaspäästö. Päästö voi vaikuttaa ympäristöön ja työympäristöön suorana altistumisena tai kulkeutumalla veden tai ilman kautta. Vaikutuksilla ympäristön laatuun käsitetään erilaisten ympäristön osien ja luonnonvarojen käyttöä sekä yleistä viihtyvyyttä. Vaikutuksilla työympäristöön tarkoitetaan ihmisen terveyteen vaikuttavaa altistumista ja sen aiheuttamia haitallisia vaikutuksia. Ekologisia vaikutuksia ovat päästöjen aiheuttamat haitalliset vaikutukset alueen eliöstössä, kuten mikrobitoimintojen heikentyminen tai lisääntymisen häiriöt. (mm. Reinikainen et al. 2014.)



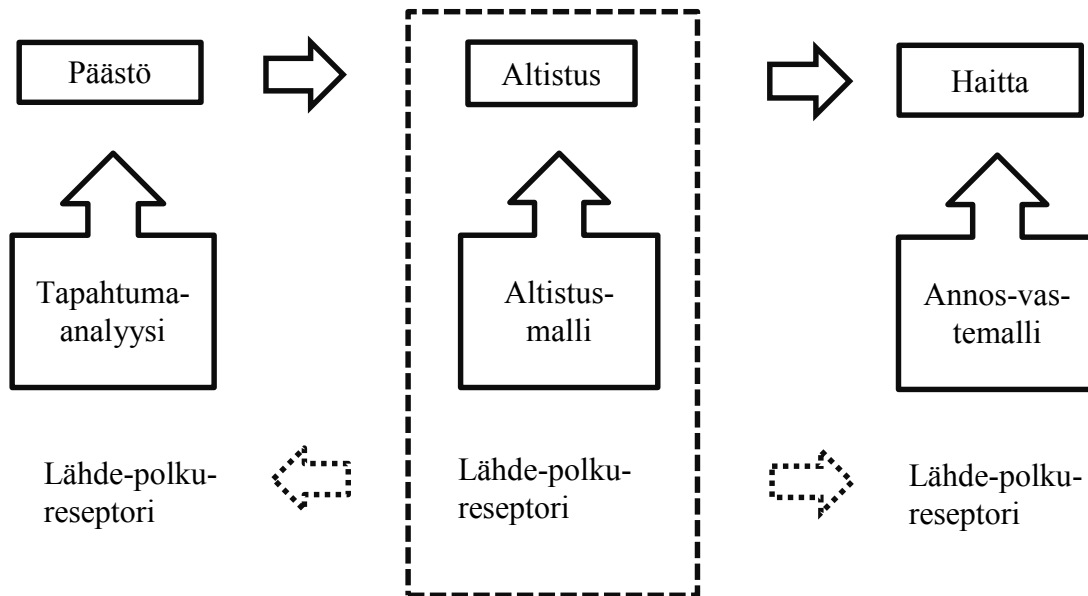
Kuva 4. Haitan ja riskin muodostuminen (mukaeltu mm. Reinikainen et al. 2014.)

Riskinarviointi alkaa arviointitarpeen tunnistamisella. Kokonaisuudessaan riskinarviointi jakautuu kolmeen vaiheeseen, joista ensimmäinen on mahdollisten haittojen ja riskien tunnistaminen. Tämän tuloksena voidaan muodostaa käsitteellinen malli. Siinä kuvataan päästölähteet ja niiden sisältämät haitalliset aineet, päästöjen vaikutusalue ja mahdollinen altistuminen sekä päästöjen kulkeutumisen ja altistumisen reitit. Mallin avulla voidaan tarkemmin rajata riskinarviointia koskemaan vain niitä kohteita, joissa on merkittävimpiä riskejä ja haittoja odotettavissa. (mm. Reinikainen et al. 2014.)

Haittojen ja riskien tunnistamisen jälkeen riskinarvioinnissa määritetään riskien suuruus. Tällöin arvioidaan määrällisesti tai laadullisesti päästöjen kulkeutumista ja altistumistasoa. Samalla arvioidaan myös päästöjen vaikutuksia ympäristön ja terveyden kannalta. Arvioinnissa käytetään päästöjen pitoisuusmittausten tietoja ja mahdollisesti erilaisia malleilla tehtäviä ennusteita, joita verrataan annettuihin vertailuarvoihin. (mm. Reinikainen et al. 2014.)

Kolmantena vaiheena riskinarvioinnissa on haittojen ja riskien luonteen ja merkittävyyden kuvaus. Kuvaukseen sisältyvällä epävarmuustarkastelulla arvioidaan saatujen tulosten riittävyyttä ja luotettavuutta. Kuvauksessa on huomioitava pitoisuusmittausten osuus vertailuarvoista sekä lisäksi lähtötietojen monipuolisuus, luotettavuus, edustavuus, ajallinen kattavuus ja käytetyt arviointimenetelmät. Riskinarvioinnin lopputuloksena saadaan arvio riskien suuruudesta ja todennäköisyydestä sekä tehdään suunnitelma mahdollisista lisätoimenpiteistä riskien ja haittojen alentamiseksi. (mm. Reinikainen et al. 2014.)

Riskinarvioinnissa voidaan Pollard et al. (2006) mukaan arvioida päästön aiheuttamaa altistumista ja sen vaaraa kuvassa 5 näkyvien työkalujen avulla. Päästöä voidaan ennustaa mallintamalla esimerkiksi tapahtuma-analyysillä. Päästön aiheuttamaa altistumista voidaan arvioida altistusmallilla ja päästön aiheuttamaa haittaa annos-vastemallilla. Kuvaan 5 on katkoviivoilla rajattu jätteenkäsittelyn terveystarkastusten arviointiin tavallisimmin käytetty osuus. (Pollard et al. 2006.)



Kuva 5. Riskinarvioinnin perustyökalut sekä painotukset. (Pollard et al. 2006.)

Erilaisia leviämismalleja on rakennettu kuvaamaan päästön leviämistä päästölähteestä ympäristöön ajan kuluessa. Tarkasteltava päästö voi olla haisevia yhdisteitä, partikkeleita, bioaerosoleja tai kaasumaisia yhdisteitä. Leviämismallinnusta voidaan käyttää esimerkiksi tilanteessa, jossa arvioidaan yksittäisestä päästölähteestä vapautuvien hajupäästöjen leviämistä vuositasolla paikallisen asutuksen lähelle. Riskinarvioinnissa huomioidaan päästölle asetetut raja-arvot ja päästön vaikutukset lähiympäristössä. (Pollard et al. 2006.)

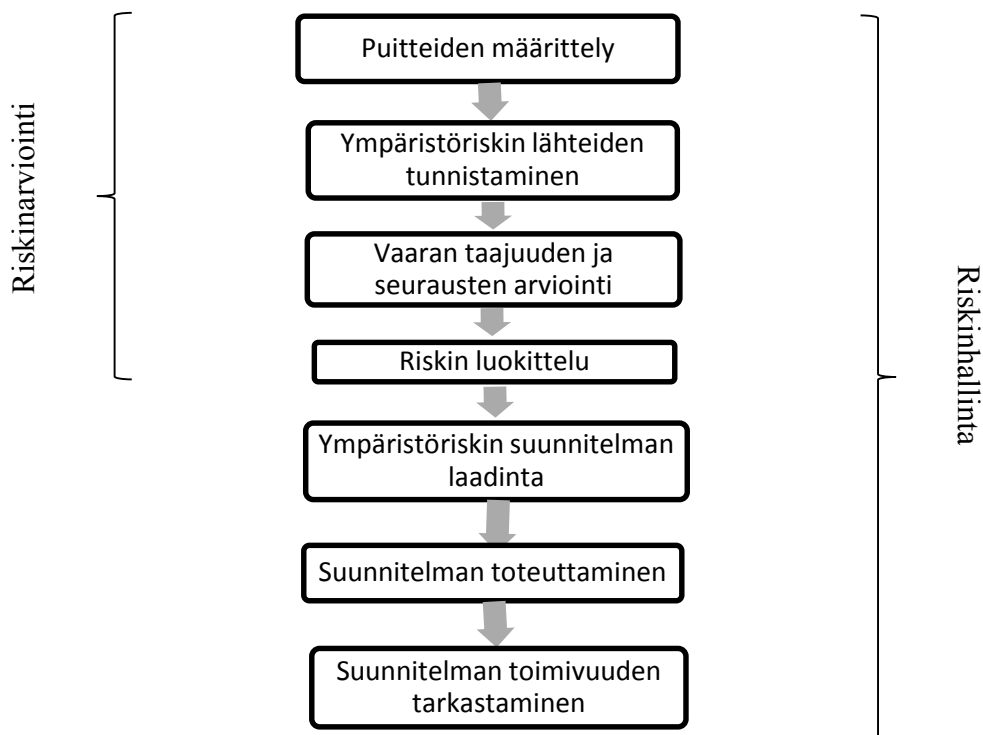
Haisevien yhdisteiden matalien pitoisuuksien vaikutukset ympäristöön on hyvä huomioida, sillä yhdisteiden voidaan luulla aiheuttavan terveysvaikutuksia. Usein ympäristöön vapautuvat päästöt ovat satunnaisia enemmän kuin jokapäiväisiä riippuen jätteenkäsittelyn ja -varastoinnin tilanteesta. Siten riskinarviointi on toisinaan kannattavampaa tehdä lyhytaikaisia päästöjä mallintaen. Mallinnuksessa on huomioitava tilanteen muuttuminen vuosien aikana ja esimerkiksi kaatopaikalta vapautuvien päästöjen kemiallisen koostumuksen vaihtelu. Päästöjen leviämisen arvioinnissa on myös otettava huomioon erilaiset leviämisreitit, kuten ilma, vesi, maa ja kasvusto. (Pollard et al. 2006.)

Poikkeamatarkastelua (Hazard and Operability Study, HAZOP) on käytetty perinteisesti prosessiteollisuudessa vaaratekijöiden tunnistamisen menetelmänä. Siinä käydään läpi jokainen prosessin osa ja tunnistetaan mahdolliset poikkeamat suunnitellusta toiminnasta, niiden syyt ja niiden aiheuttamat vaaratilanteet. Menetelmässä käytetään sopivia avainsanoja (ei, ei mitään, vähemmän/alempi, enemmän/ylempi, osittain, lisäksi, sekä että, päinvastoin, sijasta) ja avainsanat yhdistetään vuorotellen jokaisen tutkittavan kohteen prosessiparametriin. Poikkeamien syyt ja seuraukset analysoidaan ja prosessiin tehdään analyysin tulosten perusteella parannuksia. (Cagno et al. 2002.)

Hazop-riskinarviointi on dynaaminen alhaalta-ylöspäin rakentuva menetelmä. Siinä käsitellään mahdollisia negatiivisia tapahtumia, mutta ei välttämättä käydä läpi aikaisemmin jo tapahtuneita vaaratilanteita. Menetelmä on systemaattinen, joten todennäköisesti havaitaan kaikki mahdolliset vaaratilanteet. (Cagno et al. 2002.)

Hazop-poikkeamatarkastelua on laajennettu monitasoiseksi (Multilevel) Hazop –tarkasteluksi, jossa mahdollisia vaaratilanteita tarkastellaan kolmella eri tasolla. Nämä tasot ovat operaattorin toiminta, kontrollointijärjestelmän toiminta sekä prosessin tai laitoksen toiminta. Monitasoista Hazop –tarkastelua on kehitetty edelleen, koska se on aikaisemmin ollut aikaa vievä ja hidaskäsitteellinen riskinarvioinnin menetelmä. (Cagno et al. 2002.)

Prosessiriskien arvioinnin ja hallinnan vaiheista (kuva 6) määritetään ensimmäisenä puitteet, jossa riskiä arvioidaan. Tämän jälkeen tunnistetaan mahdolliset ympäristöriskiä aiheuttavat lähteet. Muina vaiheina arvioidaan lisäksi vielä tapahtuman taajuutta ja seurauksia esimerkiksi HAZOP-menetelmällä sekä viimeiseksi riskin luokittelua. Riskin hallintaan kuuluu myös laatia ympäristöriskin hallinnan suunnitelma, jossa määritellään riskin alentamisen kohteet, merkitys ja aikajänne. Tämän jälkeen suunnitelma toteutetaan ja viimeisenä tarkastetaan suunnitelman toimivuus. (Darbra et al. 2008.)



Kuva 6. Riskinarvioinnin ja -hallinnan vaiheet (mukaeltu Darbra et al. 2008).

Brittiläisessä standardissa BS 18004:2008 työympäristön altisteen aiheuttama haitta on luokiteltu terveyden ja turvallisuuden kannalta vähäiseen, kohtuulliseen ja liialliseen vaaraan. Standardissa on esitetty esimerkkeinä vaaraluokat (taulukko 3). (BS 18004:2008.)

Taulukko 3. Esimerkkejä työympäristön altisteiden vaaraluokista (BS 18004:2008).

Vaaraluokka	Vähäinen	Kohtuullinen	Liiallinen
Terveys	Ärsytys, harmi, epä-mukavuutta aiheuttavat ohimenevät ter-veysvaarat	Astma, ihottuma, työperäiset yläraajan sairaudet, pysyviin vähäisiin työkyvyttä-myyksiin johtavat terveysvaarat	Akuutit tappavat sai-raudet, vakavat elä-mää lyhentävät sai-raudet, pysyvä haitta
Turvallisuus	Pölyn aiheuttama silmien ärsytys, vä-häiset haavat ja mus-telmat, pintavammat	Palovammat, haavat, aivotärähdys, vaka-vat nyrjähdykset, vä-häiset murtumat	Kuolettavat vammat, amputaatiot, suuret murtumat, monin-kertaiset vammat

Samassa standardissa on määritetty vaaran toteutumisen todennäköisyydet neljään luokkaan: erittäin todennäköisesti, todennäköisesti, epätodennäköisesti tai erittäin epätodennäköisesti ta-pahtuvat vaarat (taulukko 4) (BS 18004:2008).

Taulukko 4. Esimerkki vaaran aiheutumisen todennäköisyysluokituksesta (BS 18004:2008).

Vaaran aiheu-tumisen toden-näköisyys	Erittäin toden-näköinen	Todennäköinen	Epätodennä-köinen	Erittäin epäto-dennäköinen
Tyypillinen esiintyminen	Vähintään ker-ran puolella vuodessa työn-tekijää kohden	Kerran viidessä vuodessa työn-tekijää kohden	Kerran työnte-kijän työuran aikana	Tapahtuu har-vemmalle kuin 1 %:lle työnteki-jöistä työuran aikana

Riskinarvioinnin tueksi BS 18004:2008 –standardissa on koottu taulukko, jossa on arvioitu riskin todennäköisyyttä taulukoiden 3 ja 4 tietojen pohjalta (taulukko 5).

Taulukko 5. Yksinkertainen riskinarvioinnin työkalu (BS 18004:2008).

Vaaran todennä-köisyys	Vaaran vakavuus		
	Vähäinen	Kohtuullinen	Liiallinen
Erittäin epätodennä-köinen	Erittäin matala riski	Erittäin matala riski	Korkea riski
Epätodennäköinen	Erittäin matala riski	Keskimääräinen riski	Erittäin korkea riski
Todennäköinen	Matala riski	Korkea riski	Erittäin korkea riski
Erittäin todennäköi-nen	Matala riski	Erittäin korkea riski	Erittäin korkea riski

2.2.8 Teknisten asiakirjojen hyödyntäminen

Tekniset asiakirjat

Euroopan Unioni julkaisee parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) toimialakohtaisia vertailuasiakirjoja (BREF). BREF-dokumenttien tavoitteena on yhtenäistää ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavien alojen toimintaa. Asiakirjat ovat vertailudokumentteja, joita voidaan käyttää arvioitaessa toiminnalle parasta käyttökelpoista tekniikkaa. BREF-dokumentit tarjoavat toiminnanharjoittajille tietoa nykyaikaisista ja käytössä olevista menetelmistä, prosesseista ja laitteista, joiden avulla ympäristökuormitusta voidaan pienentää. (Pyy et al. 2007.)

BREF-asiakirjat eivät ole lakiperustaisia sitovia standardeja, vaan ne antavat teollisuudelle, EU:n jäsenvaltioille ja kansalaisille tietoa teknisesti saavutettavissa olevista kulutus- ja päästörajoista (European Commission 2006a). Suomessa BAT-vertailuasiakirjojen roolia on vahvistettu uudessa ympäristönsuojelulaissa. Teollisuus päästödirektiivin soveltamisen alaan kuuluvien ns. direktiivilaitosten päästöjen raja-arvojen, tarkkailun ja lupamääräysten on perustuttava parhaan käyttökelpoisen tekniikan vaatimuksiin. Ympäristöluvassa on määritettävä päästöille sellaiset raja-arvot, etteivät BAT-päätelmien päästötasot ylity normaalitilanteissa. (YSL 2014.)

Euroopan komission (2006a) mukaan BAT-vertailuasiakirjojen ohjeistusta käytettäessä voidaan estää keskenään sopimattomien jätejakeiden odottamattomia reaktioita varastoinnin aikana. Lisäksi turvallinen varastointi vähentää jäteperäisten päästöjen leviämistä ympäristöön sekä alentaa suotovesipäästöjen riskiä. Vertailuasiakirjoissa on teknisten kuvausten lisäksi joitakin ohjeita koskien työntekijöiden pätevyksiä ja määrää eri työvaiheissa. Lähtökohtaisesti jätteiden käsittelyssä on noudatettava kirjoitettuja ohjeita ja säädöksiä ja näin toimimalla minimoitava toiminnasta aiheutuvat riskit ja päästöt ympäristöön sekä estettävä mahdollisten onnettomuustilanteiden muodostuminen. Jätteenkäsittelyn eri vaiheista löytyy tietoa kirjallisuudesta. Jätteen varastoinnista löytyvän tiedon määrä on vähäisempi. (European Commission 2006a.)

Jätteiden kuljetus

Jätteiden turvallinen kuljetus varastointialueelle on varmistettava ohjeistuksella. Jätteiden siirtämistä on seurattava erilaisissa jätteenkäsittelyn ja -varastoinnin vaiheissa. Työntekijöiden perehdyttäminen ja osaaminen ovat tärkeä osa turvallista jätteenkäsittelyä ja -varastointia. Työvaiheisiin on varattava riittävästi aikaa niin, että kiire ei aiheuta mahdollisia vaaratilanteita. Onnettomuuksien ehkäisemiseksi varastointialueen ja -säiliöiden säännöllinen huolto on tärkeää, samoin kuin hätätapauksia varten varattujen ylimääräisten säiliöiden käyttö vuotavien säiliöiden sisällön varastoimiseen. Lisäksi on varmistettava, että oikeat jätteet ohjautuvat oikeaan paikkaan varastoitavaksi. (European Commission 2006a.)

Kuljetuksiin käytettävien tieosuuksien on päästöjen vähentämiseksi oltava päällystettyjä, jolloin irtopöly voidaan poistaa tieltä ja se ei pääse leviämään ilmaan. Kuljetusmatkat on pidettävä mahdollisimman lyhyinä ja kuljetusautojen renkaat on puhdistettava säännöllisesti. Kiinteitä, varastoitavia materiaaleja voidaan kastella pölyämisen vähentämiseksi, mutta tällöin on huomioitava sääolosuhteet siten, että ne eivät aiheuta materiaalin jäätymistä tai liukkautta. Materiaalien siirroissa on pidettävä siirtonopeudet niin alhaisina, että materiaali ei pääse pölyämään. Materiaalia siirrettäessä on estettävä materiaalien vapaa pudotus, jotta pölyä ei pääse leviämään ympäristöön. (European Commission 2006b.)

Jätteiden käsittely

BAT-vertailuasiakirjassa annetaan ohjeistusta myös jätemateriaalien siirrosta astioihin ja säiliöihin. Jätteiden sekoitusta ja siirtoa on valvottava paikan päällä ja siihen on oltava ohjeistus. Jätteitä siirrettäessä säiliöistä tynnyreihin tai toisin päin on vähintään kahden työntekijän tarkastettava putkien ja liitosten kuntoa siirron aikana. Säiliöitä ei saa käyttää reaktioastioina, jos niitä ei ole suunniteltu tähän tarkoitukseen. Leimahtavia nesteitä käsiteltäessä on varauduttava staattisen sähköön muodostumiseen ja sen aiheuttamaan vaaraan. (European Commission 2006a.)

Automaattisille jätteiden purkupaikoille on BAT-vertailuasiakirjassa annettu ohjeita niiden minimivaatimuksista, kuten VOC-päästöjen estämisestä. Automatiikalla voidaan vähentää inhimillisistä virheistä johtuvia onnettomuuksia, lyhentää jätteiden varastointiaikaa paikan päällä sekä optimoida jätesäiliöiden puhdistamisaikatauluja. BAT-vertailuasiakirja ohjeistaa jätteen varastoinnista ylläpidettävän kirjanpidon esimerkiksi niin, että kaikkien varastointiastioiden kylkiin merkitään tiedot

- jätteen saapumispäivästä,
- jätteen vaarallisuudesta sekä
- juoksevasta numerosta, jonka perusteella jäte-erän voi jälkikäteen jäljittää.

Jätteet on lisäksi lajiteltava niiden kemiallisen koostumuksen sekä jätteastioiden koon perusteella.

Jätteitä käsiteltäessä on varmistettava, ettei käytetä vahingoittuneita letkuja, venttiilejä tai liitoksia. Nestemäistä jätettä käsiteltäessä on myös kaasut kerättävä talteen. Kiinteiden ja liete-mäisten jätteiden purkaminen on tehtävä suljetussa ja alipaineistetussa tilassa siten, etteivät mahdollisesti muodostuvat ilmapäästöt pääse ympäristöön.

Kiinteän jätteen käsittelyyn BAT-vertailuasiakirja antaa myös useita ohjeita, joiden avulla voidaan välttää onnettomuuksia ja estää päästöjen leviämistä ilmaan. Erilaisten jäte-erien laajenemisen määrän selvittäminen tehdään yhteensopivuuskokeilla. Kiinteään jätteeseen voidaan sekoittaa nestemäistä jätettä vain tähän tarkoitukseen suunnitellussa ja rakennetussa reaktorissa sen jälkeen, kun jäte on testattu sekoittamiseen sopivaksi. Hajujen ja pölyjen hallitsemiseen on käytettävä paikallisilmanvaihtoa. Säiliöiden ja niitä ympäröivän tilan on oltava tasapainossa ilmanpaineen suhteen. Nesteiden siirtämiseen paikasta toiseen suositellaan pumppausta avoimen siirron sijaan.

Jätteenkäsittelyssä on BAT-vertailuasiakirjojen mukaan varmistettava ohjeistuksen ja menetelmien avulla, että jätteet kuljetetaan turvallisesti sopiviin varastointipaikkoihin. Jätteiden lastauksessa ja purkamisessa on huomioitava kaikki toiminnasta aiheutuvat riskit, joita voidaan vähentää esimerkiksi henkilökunnan tekemällä valvonnalla sekä jätteen seurannassa käytettävällä järjestelmällä. Vain koulutettu henkilökunta voi työskennellä jätteen vastaanotossa ja ottaa vastaan laboratoriojätteet, lajitellut jätteet, tuntemattomasta kohteesta tulevat jätteet sekä luokittelemattomat jätteet, lajitella ne asianmukaisesti sekä pakata sopiviin astioihin. Joissakin tapauksissa säilytyslaatikot on suojattava mekaanisilta vaurioilta sopivalla täyteaineella. (European Commission 2006a.)

Jätteiden varastointi

Euroopan Komission jätteitä koskevan BREF-asiakirjan (2006) mukaan jätteen varastoinnissa BAT-tekniikkaa käytettäessä on varastointialue sijoitettava kauas vesilähteistä ja ympäristön

kannalta herkistä alueista. Varastointialueen sijainnilla on pyrittävä myös pienentämään tai estämään jätteiden moninkertaisia käsittelyjä. Jätteistä mahdollisesti vuotavia nesteitä on pystyttävä keräämään varastointialueen rakenteilla. Samalla varastointialueella olevien yhteen sopimattomien jätteiden suotovedet eivät saa sekoittua toisiinsa. Varastointialueella on varattava paikoitustilaa jätettä tuoville ajoneuvoille myös iltaisin ja viikonloppuisin. Lisäksi varastointialueen maksimikapasiteetti on ilmaistava selkeästi siten, ettei maksimikapasiteettia ylitetä missään vaiheessa. Varastointialueella on oltava koko ajan esteetön pääsy kaikille säiliöille ja koneteille. (European Commission 2006a.)

BAT-vertailuasiakirjan mukaan laboratoriokemikaalijätteiden lajitteluun ja uudelleen pakkaukseen on varattava rajattu alue. Pakatut laboratoriojätteet siirretään tämän jälkeen sopivalle varastointialueelle. Kaikki säiliöt ja tankit on suunniteltava huolellisesti jätetyyppi, varastointiaika, säiliön ulkoasu ja sekoitusjärjestelmä huomioiden, jotta säiliöihin ei muodostuisi lietteitä. Varastointiasiat on puhdistettava lietteestä säännöllisesti. Helposti syttyville jätteille on omat varastointisäännökset.

Jätteiden kuljetukseen varastointialueella käytettävä putkisto on BAT-vertailuasiakirjan mukaan ensisijaisesti sijoitettava maanpinnan yläpuolelle. Jos putkisto sijoitetaan maan alle, siihen on rakennettava tarkastuskanaaleita. Varastointisäiliöissä on oltava savunpoistojärjestelmä, täyttöasteen tarkkailu sekä hälytys saavutettaessa maksimitäyttö. Varastosäiliöt on sijoitettava läpäisemättömälle maanpinnalle ja niiden rakenneliitosten on oltava tiiviit. Säiliöitä rakennettaessa on varmistettava, että säiliöt soveltuvat varastoitavan materiaalin varastointiin. Lisäksi säiliöitä käytettäessä on huomioitava säiliön käyttöikä ja säiliöt on tarkastettava säännöllisin väliajoin. Öljyä käsiteltäessä on kerättävä talteen säiliöstä nousevat höyryt ja huurut. Ilmanvaihtojärjestelmällä voidaan tuoda korvausilmaa säiliöiden täytön ja tyhjennyksen aikana.

Vaarallisille jätteille on varattava ja opastein erotettava erillinen alue, jossa ne voidaan lajitella ja pakata siirrettäväksi omalle varastointialueelle. Haisevat jätemateriaalit on käsiteltävä täysin suljetussa tilassa tai sopivissa, suljettavissa astioissa ja varastoitava suljetuissa rakennuksissa, joissa on kaasunpoisto. Varastoinnissa on myös varmistettava, että kaikki säilytysastioiden väliset liitokset voidaan sulkea venttiilein. Ylivuotoputket on suunnattava siten, ettei jätemateriaali pääse leviämään ympäristöön.

Nestemäisen jätteen varastointisäiliö on varustettava pinnankorkeuden mittarilla, jotta säiliö ei pääse täyttymään liian täyteen. Pinnankorkeuden mittaamista häiritsevää vaahdonmuodostusta voidaan vähentää käyttämällä vaahdonestoaineita tai tarkkailemalla säiliötä säännöllisesti. Jos jätteestä voi muodostua haihtuvia päästöjä, säiliöt on varustettava sopivalla kaasunpoistojärjestelmällä, pitoisuusmittarilla sekä hälytysjärjestelmällä. Järjestelmiä on huollettava säännöllisesti ja niiden on oltava toimintavarmoja. Lisäksi matalan leimahduspisteen orgaaniset jäteliuokset on varastoitava tyypiatmosfäärissä ja varastosäiliöt on sijoitettava vedenpitävälle alueelle. Kaasupäästöt on kerättävä talteen ja käsiteltävä. (European Commission 2006a.)

Valo- ja lämpöherkkien jätteiden varastoinnissa on estettävä jätteiden kuumeneminen sekä suoran auringonvalon paistaminen jätteisiin. Herkästi syttyvien jätteiden varastoinnissa on noudatettava tarkasti niitä koskevia lakeja ja säännöksiä. Jätteiden varastointia koskeva ohjeistus on oltava kirjallisena varastointipaikalla. Jätteitä varastoitaessa on huomattava, että varastointiasian materiaali ei saa reagoida varastoitavan jätteen kanssa. Päivittäisillä tarkastuksilla sekä ajoittain tehtävillä kuntotutkimuksilla varmennetaan jätteiden varastointiasitioiden toimivuus. Tarkastuksista, tutkimuksista ja mahdollisista toimenpiteistä on pidettävä kirjaa.

Automaattisille jätteiden purkupaikoille on annettu ohjeita minimivaatimuksista, kuten VOC-päästöjen estämisestä. Automatiikalla voidaan vähentää inhimillisistä virheistä johtuvia onnettomuuksia, lyhentää jätteiden varastointiaikaa paikan päällä sekä optimoida jättesäiliöiden puhdistamisaikatauluja. (European Commission 2006a.)

Ilmapäästöjen hallinta

Varastoinnista aiheutuvien hajupäästöjen vähentämiseen BAT-vertailuasiakirja antaa teknisiä sovellettavissa olevia yleisohjeita. Jätteenkäsittelyn aikaviipymää ja lämpötilaa optimoimalla sekä tarkkailemalla jätekerrostumien muodostumista jäteastioista otettujen näytteiden visuaalisella tarkastelulla voidaan myös vähentää hajuhaittoja. Haisevia yhdisteitä kannattaa käsitellä ainoastaan täysin suljetussa säiliössä. Kaikki haisevien yhdisteiden säiliöt ja astiat on varastoitava suljetussa rakennuksessa. Hajujen käsittelyssä käytettävillä happo- ja emäsjätteillä voidaan suursäiliöissä tasapainottaa happamuuden tasoja. (European Commission 2006a.)

BAT-vertailuasiakirjoissa ohjeistetaan peittämään avoimet kiinteän jätteen kasat polymeerikankailla ja estämään pienhiukkasten leviämistä ympäristöön. Erilaisille jätevirroille on varattava riittävä määrä jättesäiliöitä. Osa säiliöistä on varustettava eri korkeuksiin asennettavilla hanoilla, jotta säiliöstä voidaan erotella erilaisia kerrostumia. VOC-yhdisteitä sisältäviä jätteitä on käsiteltävä erikseen ja jätteet toimitettava käsittelylaitoksiin, jotka on suunniteltu VOC-pi-toisten jätteiden käsittelyyn.

Pölyn, hajujen, VOC-yhdisteiden sekä joidenkin epäorgaanisten yhdisteiden vapautumista ilmaan on estettävä tai rajoitettava esimerkiksi varustamalla keräyssäiliöt kansilla. Haihtuvia liuoksia siirrettäessä on käytettävä alipaineistettuja tai kaasunpoistolla varustettuja suljettuja järjestelmiä. Ilmapäästöjen estämiseksi on kaasunpoisto mitoitettava siten, että se kattaa kuljettussäiliöt, esikäsittelyalueet, varastosäiliöt, sekoitussäiliöt ja suodatusalueet. Epäorgaanisten kaasujen vapautumiskohtiin on asennettava kaasunpesuri. Tarvittaessa on asennettava toinen kaasunpesuri varmistamaan esikäsittelyä tai laimentamaan väkevöityjä kaasuja.

Kohteissa, joissa on paljon putkistoja ja säiliöitä tai jotka voivat vuotaa helposti ja siten aiheuttaa ympäristöhaittaa, on oltava vuodonetsintä- ja korjausjärjestelmät. Lisäksi BAT-vertailuasiakirja velvoittaa rajoittamaan VOC-yhdisteiden ilmapäästöt tasolle 7 – 20 mg/Nm³ sekä pienhiukkaset tasolle 5 – 20 mg/Nm³. (European Commission 2006a.)

2.2.9 Parhaan ympäristökäytännön periaatteiden soveltaminen

Parhaat ympäristökäytännöt (BEMP) ovat osa Euroopan Komission yhteisen tutkimuskeskuk-sen eri toimialoille kehittämiä referenssiasiakirjoja (SRD). Parhaiden ympäristökäytäntöjen tekniikoiden ja toimenpiteiden avulla eri alat voivat pienentää toiminnastaan aiheutuvia haitallisia ympäristövaikutuksia. Parhaat ympäristökäytännöt ovat osa Euroopan Komission voimaan saattamaa EMAS-järjestelmää, johon yritykset ja organisaatiot voivat vapaaehtoisesti osallistua. (European Commission 2014.) EMAS-järjestelmästä on kirjoitettu tarkemmin luvussa 2.3.2. Euroopassa jätteenkäsittelysektorille ollaan laatimassa parhaita ympäristökäytäntöjä ja niiden on määrä valmistua vuoden 2016 aikana (European Commission 2016).

2.3 Päästöjen tekninen hallinta ja menetelmät

2.3.1 Tekninen hallinta

Työturvallisuuslaki (2002) velvoittaa työnantajan tekemään tarvittavia toimenpiteitä työolosuhteiden parantamiseksi. Ensisijaisesti on pyrittävä estämään haitan tai vaaran syntyminen. Toissijaisesti poistetaan syntyneet haitta- ja vaaratekijät tai, mikäli tämä ei ole mahdollista, korvataan ne vähemmän haitallisilla tai vähemmän vaarallisilla. Ennen yksilöllisiä toimenpiteitä toteutetaan yleiset työsuojelutoimenpiteet. Lisäksi huomioidaan tekniikan ja muiden keinojen kehittyminen. (Työturvallisuuslaki 2002.)

Työturvallisuuslain (2002) mukaan työpaikan ilman epäpuhtauksien, kuten savun, sumun, kaasun tai höyryn, leviämistä on estettävä eristämällä epäpuhtauden lähde tai sijoittamalla se suljettuun tilaan tai laitteeseen. Ilmanvaihdon avulla on koottava ja poistettava ilman epäpuhtauksia. (Työturvallisuuslaki 2002.)

Ympäristönsuojelullisista syistä jätteenkäsittelylaitokset pitävät ulko-ovia mahdollisimman paljon kiinni. Siten tuulettamalla tehtävä ilman epäpuhtauksien poisto ei onnistu. Jätteenkäsittelylaitoksiin onkin rakennettava tilojen osastointi sekä tehokas koneellinen ilmanvaihto, johon on yhdistetty biosuodattimet tai kaasupesurit ympäristölle vaarallisten kaasujen poistoon. Lisäksi voidaan käyttää kohdepoistoja paikallisesti epäpuhtauksia levittävässä prosessin kohdassa. (Laitinen et al. 2013.)

Laitinen et al. (2013) havaitsivat tutkimuksessaan bioenergialaitosten suljettujen prosessien sekä työtilojen osastointien vähentävän työntekijöiden altistumista ilman epäpuhtauksille. Nestemäiset bioenergiajakeet voidaan usein syöttää prosessiin ilman esikäsitteilyä suljettuja prosesseja pitkin, jolloin työntekijät eivät altistu näiden sisältämille epäpuhtauksille. Bioenergia-prosessissa eläinperäisestä jätteestä peräisin olevat taudinaiheuttajabakteerit poistuvat, jolloin myös työntekijöiden altistuminen näille bakteereille vähenee. (Laitinen et al. 2013.)

Biojätettä käsittelevillä laitoksilla jätteen sekoitukseen ja siirtoon käytettävien pyöräkuormajien ja muiden työkoneiden ohjaamoissa on oltava ylipaineistetut ilmansuodatusjärjestelmät. Koneissa suositellaan asennettavaksi karkean P1/F5-luokan hiukkassuodattimen lisäksi P3/H13-luokan hepasuodatin. Suodattimien käytöllä estetään pienten mikrobihiukkasten kulkeutuminen ohjaamoon ilmansuodatuksen kautta. Hiukkassuodattimet on huollettava ja vaihdettava säännöllisesti. Työkoneiden ovet ja ikkunat on pidettävä suljettuina biojätettä käsiteltäessä. Ohjaamon sisätilojen säännölliseen puhdistamiseen on myös kiinnitettävä huomiota. (Laitinen et al. 2013.)

Tolvanen ja Hänninen (2005) kokosivat artikkelissaan ohjeistusta jätteenpolttolaitoksella korkeilta mikrobipitoisuuksilta suojautumiseen. Erityisesti nosturin valvomossa, jossa tavanomaisesti työskenteli vähintään yksi työntekijä, ilmastointia tehostettiin ja tila ylipaineistettiin muuhun laitokseen nähden. Tällöin ilman epäpuhtaudet eivät päässeet kulkemaan muista tiloista valvomoon. Samalla ilman mikrobipitoisuudet pysyivät turvallisella tasolla. (Tolvanen & Hänninen 2005.)

Jos työympäristössä ei voida estää tai rajoittaa tapaturman tai sairastumisen vaaraa työhön kohdistuvilla toimenpiteillä, on työntekijän käytettävä henkilönsuojaimia. Niiden on oltava tarkoituksenmukaiset, täytettävä vaatimukset ja oltava työnantajan hankkimat. Työntekijän on huolellisesti ja ohjeiden mukaisesti käytettävä hänelle osoitettuja henkilönsuojaimia. (Työturvallisuuslaki 2002.)

Jätteenpolttolaitoksessa on kiinnitetty huomiota hengityksensuojainten turvalliseen käyttöön. Mikrobiologisia ja kemiallisia ilman epäpuhtauksille altistumisen vähentämisessä on vältettävä suoraa kontaktia poltettavan jätteen kanssa. Samoin on vältettävä pölypitoisen ilman hengittämistä, sillä pöly voi sisältää mikrobeja tai sammutettua kalkkia. Hengityksensuojainten oikealla käytöllä voidaan vähentää altistumista pölylle ja mikrobeille. Hengityksensuojainten valinnassa on huomioitava työympäristön ja sen altisteiden sekä käyttäjän terveyden lisäksi käyttäjän henkilökohtainen herkkyys ilman epäpuhtauksille, henkilökohtaiset ominaisuudet, kuten silmälasien käyttö tai parran kasvu, sekä suojaimen valinta. Hengityksensuojaimen on oltava puhdas ja vahingoittumaton ja sen täytyy istua käyttäjän kasvoille siten, että se on tiivis. Käytön jälkeen hengityksensuojainta on säilytettävä puhtaassa tilassa estäen suojaimen kontaminoituminen. Likaantunut suojaimeen on vaihdettava uuteen. (Tolvanen & Hänninen 2005.)

Tolvanen ja Hänninen (2005) kiinnittivät huomiota myös työvaatteiden merkitykseen jäteperäisiltä päästöiltä suojautumisessa. Likaisen työvaiheen jälkeen ennen puhtaisiin työtiloihin siirtymistä työvaatteet olisi puhdistettava tai vaihdettava, jolloin estetään mikrobien, pölyn ja lian leviämistä puhtaisiin työtiloihin. Likaisissa tiloissa työskentelyn jälkeen on suositeltavaa peseytyä tai vähintään pestä kädet desinfioivalla pesuaineella. Työvaatteet on pestävä säännöllisesti mikrobeille altistumisen vähentämiseksi. (Tolvanen & Hänninen 2005.)

Biojätettä käsittelevissä tiloissa työntekijät voivat altistua myös kaasumaisille ilman epäpuhtauksille. Työntekijöiden on siksi hyvä kantaa mukanaan kaasunilmaisimia. Työkoneiden ohjaamoista poistuessa sekä kaasunilmaisimen hälyttäessä työntekijöiden on käytettävä mikrobeilta ja kemiallisilta altisteilta suojaavia ABEK+P3-yhdistelmäsuodattimilla varustettuja hengityksensuojaimia. (Laitinen et al. 2013.)

2.3.2 Ympäristönhallintajärjestelmät

Ympäristön kannalta paras toiminta saavutetaan viemällä käytäntöön parasta mahdollista teknologiaa ja käyttämällä sitä tehokkaasti ja taitavasti. Ympäristönhallintajärjestelmä (EMS) on työkalu, jota toimijat voivat käyttää järjestelmälliseen suunnitteluun, rakentamiseen, ylläpitoon, toimintaan ja lopulta purkamiseen. EMS-järjestelmä koostuu organisaatorakenteesta, vastuista, käytännöistä, toimintaohjeista, prosesseista ja resursseista ympäristöperiaatteiden kehittämiseen, toteuttamiseen, ylläpitoon, tarkistamiseen ja seurantaan. (European Commission 2006a.)

Euroopan Unionin alueella monet yritykset ovat vapaaehtoisesti ottaneet käyttöön EMAS-ympäristönhallintajärjestelmän, joka perustuu EN ISO 14001:1996 –standardiin. EMAS-järjestelmässä painotetaan mm. lainkuuliaisuutta, ympäristönhoitoa ja työntekijöiden osallistumista. Ulkopuolisen asiantuntijan on todennettava EMAS-ympäristönhallintajärjestelmä. Monet yritykset ovat ottaneet käyttöön EMAS-järjestelmän ilman standardointia, jolloin ulkopuolinen asiantuntija ei ole tarkastanut ympäristönhallintajärjestelmää. (European Commission 2006a.) EN ISO 14001-standardi on uudistunut syksyllä 2015. Uudistuksen myötä esimerkiksi ympäristöasiat on otettava mukaan organisaation strategisen suunnittelun prosesseihin. (SFS 2015.)

IPPC:n mukaan ympäristönhallintajärjestelmä (EMS) voi sisältää seuraavat osat:

- ympäristöpolitiikan määrittelmä
- tavoitteiden ja päämäärien suunnittelu ja laadinta
- menettelytapojen voimaan saattaminen ja käyttö
- tarkastus- ja korjaustoimet
- johtamisen tarkastelu

- säännöllisen ympäristölausunnon valmistelu
- sertifiointielimen tai ulkopuolisen EMS-tarkastelijan validointi
- suunnitelmat toiminnan loppumiseen
- puhtaampien teknologioiden kehittäminen
- onnistumisen mittaaminen. (European Commission 2006a.)

EMS-järjestelmää käyttämällä yritykset voivat saada monenlaista hyötyä. Parempi päätöksentekojärjestelmä, motivoituneemmat työntekijät, parempi yrityskuva, laadun paraneminen ja käyttökustannusten pieneneminen, pienemmät vakuutuskulut sekä paremmat suhteet ympäristöalaan ovat esimerkkejä ympäristönhallintajärjestelmän tuomista eduista. (European Commission 2006a.)

EMAS-järjestelmä on tarkoitettu organisaatioiden ympäristönsuojelun tason parantamiseen. Mittatekniikan keskuksen akkreditointiyksikkö, FINAS-akkreditointipalvelu, akkreditoi ympäristötodentajia, jotka tarkastavat, että organisaatio täyttää EMAS-järjestelmän vaatimukset. Tämän jälkeen organisaation on rekisteröidyttävä toimivaltaiselle toimielimelle eli Suomen ympäristökeskukselle. SYKE voi pyytää valvontaviranomaiselta, kuten ELY-keskukselta, kunnan ympäristöviranomaiselta, Metsäkeskukselta, Energiamarkkinavirastolta tai TUKE-Silta, lausunnon siitä, onko organisaation toiminta ympäristölainsäädännön mukaista. EMAS-järjestelmässä mukana oleva organisaatio velvoitetaan antamaan tarpeellisia tietoja Suomen ympäristökeskukselle. Tietojen avulla selvitetään, täyttääkö organisaatio EMAS-järjestelmän vaatimukset. Tämän jälkeen rekisteröity organisaatio saa käyttöönsä EMAS-logon. (Laki vapaaehtoisesta osallistumisesta ympäristöasioiden hallinta- ja auditointijärjestelmään 2011.)

Jätteenkäsittely-yrityksissä voidaan työterveys- ja työturvallisuusasioiden hallinta integroida käytössä olevaan ympäristönhallintajärjestelmään. Työturvallisuuden kohottamisessa jätesektorillakin merkittävimmissä asemassa ovat yritysjohtajat sekä heidän asennoitumisensa ja työskentelynsä turvallisuuden parantamisessa. Järjestelmien integrointi auttaa erityisesti vaarallisia jätteitä, kuten yhdyskuntajätteitä, käsittelevien yritysten turvallisuusasioiden hallintaa. (Cunningham et al. 2010.)

Italiassa on tarkasteltu yhdyskuntajätteitä käsittelevien yritysten työterveyteen ja työturvallisuuteen (Occupational Health and Safety, OHS) liittyviä valmiuksia. Tutkimuksen mukaan riittävä budjetti, työntekijä- ja ammattiliittojen aiheuttama paine, maantieteellinen sijainti sekä OHSAS 18001 -sertifiointi vaikuttivat positiivisesti työn tekemisen turvallisuuteen ja terveyteen. OHSAS-sertifiointilla tarkoitetaan työterveys- ja turvallisuusjohtamisen sertifiointia. Tutkimustulokset myös osoittivat, että jätesektorilla toimivien yritysten oli investoitava lisäresursseja työterveys- ja työturvallisuusasioihin sekä kasvatettava OHS-asioiden tärkeyttä, mikäli ne halusivat saavuttaa korkean tason varautumisen OHS-järjestelmässä. (Battaglia et al. 2015.)

Battaglia et al. (2015) huomasivat OHSAS-sertifiointiin liittyvässä tutkimuksessaan eräitä puutteita. Tutkimuksen otos oli pieni. Tästä huolimatta he tulkitsivat, että tutkimus kuitenkin edusti kattavasti Italialaista ympäristöhygienian sektoria. Kirjoittajat suhtautuivat myös kriittisesti sosiaalisia kysymyksiä koskeviin tutkimuskysymyksiin vastanneisiin työntekijöihin, koska nämä jo ennakkoon muodostivat vahvan mielipiteen näihin tutkimuskysymyksiin. Tämä saattoi vääristää tuloksia. (Battaglia et al. 2015.)

Noin 80 %:lla Battaglian et al. (2015) tutkimuksessa mukana olleista jätealan yrityksistä oli ympäristösertifiointi, kuten ISO 14001 tai EMAS. Siten yritysten toimintamalli ympäristöasioissa oli jo hyvinkin järjestelmällinen. Ympäristöasioiden hallintajärjestelmät oli usein otettu aikaisemmin käyttöön kuin yritysten turvallisuuden hallintajärjestelmät. Työterveyden ja -turvallisuuden hallintajärjestelmän on standardin BSI OHSAS 18001-07 mukaan tarkoituksena helpottaa yrityksen työterveys- ja työturvallisuusriskien hallintaa organisaation tasolla. Työterveys- ja turvallisuusjohtamisen standardin OHSAS 18001 käyttöönotto yhdessä OHS- ja ympäristönhallintajärjestelmien kanssa paransi työturvallisuuden ja työterveyden hallintaa monella osa-alueella, kuten suunnittelussa, investointipäätöksissä sekä ylläpitomittauksissa. (Battaglia et al. 2015.)

2.3.3 Velvoitetarkkailut ja mallintaminen

Mohareb et al. (2011) tutkivat jäteperäisten päästöjen mallintamistyökaluja. Mallinnuksen tavoitteena oli tuottaa kaupungeille tietoa kasvihuonekaasupäästöjen vapautumisesta alueellaan sekä samalla pohtia keinoja niiden rajoittamiseen. Empiirinen tieto antoi parhaimman tiedon jätteistä vapautuvien kasvihuonekaasujen päästöistä. Jos tietoa ei ollut saatavilla, mallintamalla voitiin saada arvio kasvihuonekaasupäästöjen määrästä. (Mohareb et al. 2011.)

Tutkimuksessa verrattiin neljää yleisesti käytettyä mallia (IPCC 1996, IPCC 2006, EPA WARM ja FCM-PCP) kaatopaikoilta, polttoprosesseista, anaerobisesta hajoamisesta ja/tai kompostoinnista vapautuvien kasvihuonekaasujen päästöjen laskemisessa. Käytetyt mallit olivat

- IPCC 1996 (IPCC:n ohjeistus vuodelta 1996)
- IPCC 2006 (IPCC:n ohjeistus vuodelta 2006)
- IPCC 2006 MC (metaanin sitoutumiseen perustuva IPCC:n ohjeistus vuodelta 2006)
- IPCC 2006 LC (elinkaarianalyysipohjainen IPCC:n ohjeistus vuodelta 2006)
- EPA WARM (U.S. Environmental Protection Agency (EPA) Waste Reduction Model)
- FCM-PCP (the Federation of Canadian Municipalities – Partners for Climate Protection). (Mohareb et al. 2011.)

Mallinnuksessa tutkimuskohteena oli Toronton kaupunki. IPCC 2006 –mallinnustyökalusta käytössä olivat sekä IPCC 2006 MC, jonka avulla laskettiin metaanin sitoutumista, että IPCC 2006 LC, jonka avulla saatiin rajoitettu elinkaarianalyysipohjainen inventaario. IPCC 2006 MC toimii erityisesti yhdyskuntajätteen päästöjen mallintamisessa. (Mohareb et al. 2011.)

Ranskassa on yli 25 vuoden aikana tehdyistä kemiallisten yhdisteiden työympäristömittauksista tallennettu mittaustulokset COLCHIC-tietokantaan, jossa on yli 900 000 mittaustietoa. Kerätyn datan pohjalta on tehty altistumisen arvioinnin mallinnustyökalu TEXAS (a Tool for Exposure Assessment) terveyden, turvallisuuden ja ympäristöasioiden parissa työskenteleville. Tilastolliset mallit on rakennettu ja testattu 24 kemialliselle yhdisteelle, jotka ovat mm. hiukkasmuodossa olevia haitta-aineita ja VOC-yhdisteitä. Malli käyttää lähtötietoina erilaisia altistumista kuvaavia tietoja, kuten työtehtävää. Altistumisen arviointi tehdään verkkotodennäköisyysmallin, Bayesian-verkoston, avulla hyödyntäen pitoisuuden raja-arvoa sekä mallin antamia arvioita geometrisesta keskiarvosta ja geometrisesta keskihajonnasta. Malli antaa tuloksena tiedon, onko arvioitu tilanne hyvin, tavanomaisesti vai heikosti kontrolloitu. Mallinnuksen ja mittaustulosten validoinnissa on havaittu mallin ennusteen olleen 62 %:ssa mittauksista todennukainen, 36 %:ssa mittauksista ennuste on ollut likimääräinen ja vain 2 % ennusteista on

ollut väärä. Malli toimiikin hyvin tehtäessä nopea arvio työpaikan kemiallisille yhdisteille altistumisesta, kun tiedetään perustiedot työtehtävästä. (Clerc et al. 2015.)

Lu et al. (2009) rakensivat mallin arvioimaan yhdyskuntajätteen käsittelystä vapautuvia kasvihuonekaasuja. Kyseisellä mallilla voidaan kuvata kiinteän jätteen käsittelyn ja ilmastonmuutoksen välistä riippuvuutta. (Lu et al. 2009.)

2.3.4 Työhygieeniset vaatimukset

Työhygieenisellä mittauksella tarkoitetaan ilman epäpuhtauksien mittaamista työpaikalla. Työhygieeniset näytteet voidaan kerätä joko työntekijän hengitysvyöhykkeeltä tai työilman kiinteästä mittauspisteestä. Näytteet pyritään keräämään siten, että niiden avulla voidaan arvioida työpäivän keskimääräisiä päästöjä ja työntekijöiden altistumista. Vaihtoehtoisesti voidaan myös demonstroida suurinta päästö määrää esimerkiksi tekemällä paljon päästöjä vapauttavia työtehtäviä näytteiden keräyksen aikana. Näytteet voidaan kerätä keräävillä menetelmillä. Kaasumaisia yhdisteitä voidaan mitata suoraan osoittavilla mittalaitteilla. (Starck et al. 2008.)

Työhygieenisten mittaustulosten perusteella voidaan arvioida työilman epäpuhtauspitoisuuksien vaikutuksia työntekijöiden terveyteen. Yleensä arvioidaan myös pitoisuuksien alentamiseen vaikuttavia teknisiä torjuntatoimenpiteitä ja annetaan suosituksia hallintatoimista. Palautetilaisuudessa esitellään mittaukset, tulokset ja suositukset työpaikan edustajille ja käydään keskustelua mahdollisista uusintamittauksista torjuntatoimenpiteiden toteuttamisen jälkeen. (Starck et al. 2008.)

Tolvanen (2004) teki tutkimuksessaan työhygieenisia mittauksia suomalaisessa kuivan jätteen käsittelylaitoksessa. Tolvasen tutkimuksessa mittaukset tehtiin alkutilanteessa sekä myöhemmin teknisten, ilman epäpuhtauksia pienentävien toimenpiteiden jälkeen. Tällöin saatiin mitaustiedoilla varmistettua teknisten toimenpiteiden vaikutus ilman epäpuhtauksiin sekä niiden riittävyys terveydellisten vaarojen ja haittojen torjumisessa. (Tolvanen 2004.)

Taulukossa 6 on esitetty Tolvasen (2004) tekemien pölymittausten keskiarvopitoisuudet ja taulukossa 7 endotoksiinien pitoisuudet. Näiden lisäksi Tolvanen mittasi mikrobien määriä. Ennen teknisiä kunnostustoimenpiteitä vuosina 2000-2001 puupölyn pitoisuus ylitti käytössä olleen raja-arvon (5 mg/m^3) useita kertoja. Samoin endotoksiinien pitoisuudet ylittivät silloisen suositusraja-arvon (200 EU/m^3). Tekniset toimet eivät merkittävästi vaikuttaneet puupölyn tai endotoksiinien pitoisuuksiin. (Tolvanen 2004.)

Taulukko 6. Prosessihallissa mitatut pölyn keskiarvopitoisuudet (mg/m^3) sekä mittausten lukumäärät (n) (Tolvanen 2004).

	Kuljetushihna	Täryseula	Jälki-murskain	Lietepumppu
Kuivajäte				
1998-2000	0,1 (n=3)	1,0 (n=2)		0,15 (n=2)
2001	1,0 (n=4)		1,0 (n=4)	
Kuivajäte & energiajäte				
1998-2000	1,03 (n=2)	3,88 (n=5)		0,87 (n=3)
2001	0,8 (n=4)		0,7 (n=4)	
Energiajäte 2001	2,17 (n=4)			0,66 (n=3)
Puujäte 2001	21,5 (n=1)	31,03 (n=1)		
Puujäte & energiajäte 2001	2,0 (n=4)		8,3 (n=4)	
Kuiva- & energia- & puujäte				
1998-2000		1,34 (n=2)		0,25 (n=2)
2001	0,4 (n=4)		0,2 (n=4)	

Taulukko 7. Prosessihallissa mitatut endotoksiinien pitoisuudet (EU/m^3) sekä mittausten lukumäärät (n) (Tolvanen 2004).

	Kuljetushihna	Täryseula	Jälki-murskain	Lietepumppu
Kuivajäte & energiajäte				
1998-2000	3259 (n=2)	14500 (n=2)		10150 (n=2)
2001	12500 (n=2)		7000 (n=2)	
Kuivajäte				
1998-2000	3480 (n=2)	4300 (n=2)		4217 (n=3)
2001	8450 (n=2)		4450 (n=2)	
Energiajäte 2001	8975 (n=4)			3667 (n=3)
Puujäte & energiajäte 2001	10050 (n=2)		5300 (n=2)	
Kuiva- & energia- & puujäte				
1998-2000	2867 (n=3)			
2001	110 (n=2)		60 (n=2)	

Tolvasen (2004) tutkimuksessa mitattiin myös mikrobien lukumääriä ja lajeja kuivan jätteen käsittelyn eri vaiheissa. Teknisten toimenpiteiden jälkeen vuonna 2001 mikrobien pitoisuudet olivat yhä korkeita, vaikkakin kuljetushihnan lähellä todettiin mikrobien lukumäärän pienene- mistä. Työntekijöiden taukokuoneesta löytyi myös ajoittain korkeita mikrobien ja endotoksiinien pitoisuuksia. Korkeiden mikrobipitoisuuksien vuoksi tiloissa työskenneltäessä suositeltiin

käyttämään P3-suodattimella varustettua hengityksensuojainta. Lisäksi taukuhuoneen siivousta suositeltiin tehostettavaksi. (Tolvanen 2004.)

Myös Tolvanen ja Hänninen (2005) selvittivät tutkimuksessaan jätteenpolttolaitoksen eri tiloissa endotoksiinien, pölyn ja mikrobien pitoisuuksia. Mikrobimittauksissa verrattiin kuusivaiheimpaktorin ja CAMNEA-menetelmän antamia mittaustuloksia. Kuusivaiheimpaktorin tulokset olivat tarkempia. Lisäksi tällä menetelmällä näytteenottoaika oli lyhempi, laboratorio-kustannukset matalammat ja se oli mittausmenetelmänä helppokäyttöinen. Mikrobimittausten perusteella bunkkerin ja nosturin ohjaushuoneen mikrobipitoisuudet olivat korkeat, tosin osittain tämä saattoi johtua kosteusvauriosta nosturin ohjaushuoneen rakenteissa. (Tolvanen ja Hänninen 2005.)

Tolvanen ja Hänninen (2005) huomasivat tutkimuksessaan joitakin työhygieenisia uhkia. Edellä mainittujen korkeiden mikrobipitoisuuksien lisäksi endotoksiinien ja pölyn pitoisuudet bunkkerissa olivat toisinaan terveydelle haitallisella tasolla (taulukko 8). Lisäksi polttoalueella kuona-altaan tasolla endotoksiinit voivat aiheuttaa terveyshaittoja. Työntekijöitä ohjeistettiin käyttämään hengityksensuojaimia bunkkerissa työskennellessään. (Tolvanen ja Hänninen 2005.)

Taulukko 8. Endotoksiinien ja pölyn pitoisuudet sekä mittausten lukumäärät (n) jätteenpolttolaitoksella (Tolvanen ja Hänninen 2005).

Näytteenottopiste	Endotoksiinit EU/m³	Pöly mg/m³
Polttoalue, toimisto	16 (n=8)	0,2 (n=10)
Polttoalue, kuona-altaan taso	223 (n=8)	0,3 (n=10)
Bunkkeri	39500 (n=8)	3,3 (n=10)
Nosturin ohjaushuone	30 (n=8)	0,4 (n=10)

Laitinen et al. (2013) tutkivat biohajoavien jätteiden käsittelyssä aiheutuvia mikrobiologisia terveysvaaroja. Tutkimuksessa havaittiin kompostoinnista aiheutuvien ilman mikrobiologisten epäpuhtauksien määrän olevan huomattavasti suurempi kuin biojätteen anaerobisessa käsittelyssä. Endotoksiinien mittausten keskiarvot sekä kompostoinnissa että biojätteestä energiaa tuottavissa laitoksissa on esitetty taulukossa 9. Ilmassa olevien bakteerien kokonaismäärät olivat samankaltaisia kuin endotoksiinien pitoisuudet ja niiden pitoisuudet myötäilivät endotoksiineille saatuja pitoisuuksia työvaiheiden mukaisesti. (Laitinen et al. 2013.)

Taulukko 9. Kompostoinnissa ja bioenergiaprosessissa mitatut endotoksiinien pitoisuuksien keskiarvot (EU/m³) sekä mittausten lukumäärät (Laitinen et al. 2013).

	Endotoksiinit (EU/m ³)	Mittausten lukumäärä
Kompostointi		
Jätteiden vastaanotto ja esikäsitteily	1300	7
Prosessijäännöksen loppukäsittely	2700	7
Työkoneen ohjaamo	510	20
Valvomo / tausta ulkona	< 3	3
Bioenergiaprosessi	39	17

Taulukosta 9 nähdään, että endotoksiineja esiintyi eniten prosessijäännöksen loppukäsittelyssä. Tällä tarkoitetaan jätteenkäsittelyvaihetta, jossa prosessijäännöstä lingottiin ylimääräisen nesteen poistamiseksi. Nestettä voitiin käyttää maaperän lannoitteena sen suuren ravinnepitoisuuden vuoksi. (Laitinen et al. 2013.)

2.3.5 Onnettomuustilanteita koskevien määräysten huomioiminen

Jätteenkäsittelyn alalla suurimmat ympäristöriskit muodostuvat vaarallisten jätteiden varastoinnista, jätteiden keskinäisistä reaktioista aiheutuvista päästöistä tai käsittelyprosessin ollessa epäkunnossa. Toimimattomat laitteet yhdessä huolimattoman kunnossapidon ja tarkkailun kanssa voivat myös nostaa ympäristöonnettomuuden riskiä. (European Commission 2006a.)

Onnettomuustilanteissa työntekijöiden vastuiden ja roolien on oltava selkeät ja työpaikalla on kiinnitettävä huomiota esimerkiksi vuorotyössä vuoron vaihdossa tai huoltohenkilökunnalta saatavan tiedon kulkemisen luotettavuuteen ja täsmällisyyteen. Lisäksi on huomioitava tulipalon sammutusvesien mahdollisesti aiheuttama kontaminaatio eri kohteissa sekä mahdollisuus kerätä likainen sammutusvesi erilleen siten, ettei se pääse reagoimaan alueella olevien vaarallisten yhdisteiden kanssa. (European Commission 2006a.)

Jätteen varastoinnissa on varauduttava tulipalon mahdollisuuteen ja ehkäistävä sitä. Jätteet on osastoitava tulipalon riskin suuruuden mukaisesti osastoihin. Jätekasojen lämpötilaa on seurattava säännöllisesti kasan sisälle asennettavilla lämpötila-antureilla, sillä lämpötilan nousu antaa viitteitä kasan itsesyttymisen mahdollisuudesta. Varastoidun materiaalin mikrobiologista aktiivisuutta voidaan seurata mittaamalla kaasujen, kuten hapen ja metaanin, pitoisuuksia. Vetysulfidin pitoisuus kertoo jätevaraston sisällä kehittyvistä lämpöä suosivista eli termofiilistä bakteereista. (Wagner & Bilitewski 2009.)

Jätevarastossa kasan mittaamisen lisäksi on tulipaloihin varauduttava ennaltaehkäisevästi. Varastossa on oltava riittävästi sammutusvälineitä ja muita tulen leviämistä rajoittavia asioita, kuten vettä, sammutusvaahtoa tai maa-ainesta jätteiden peittämiseen. Sähkölaitteista aiheutuva tulipalon riskiä on vältettävä. Jättemateriaalien osastoinnilla voidaan rajata mahdollista paloa. Sammutuskaluston esteetön pääsy lämpenevän jätekasan luokse on varmistettava. Alueella on kiellettävä tupakointi ja varastointialue on aidattava ulkopuolisilta tulijoilta. Jätevarastojen sijoitteluun on myös kiinnitettävä huomiota mahdollisen tulipalon leviämisen varalta ja huomioitava riittävä etäisyys muista rakennuksista. Työntekijöiden alkusammutustaidot ovat myös tärkeitä. (Wagner & Bilitewski 2009.)

3 TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTO

3.1 Haastattelututkimus

Perusmenetelmänä tulosten hankinnassa käytettiin kirjallisuustutkimuksen lisäksi haastattelua. Kirjallisuudesta saa vain melko hajanaista tutkimustietoa spesifisti juuri jätepäästöjen vaikutuksista jätteenkäsittelytyössä ja aihetta ei ole kovin paljon tutkittu jätevaikutusten näkökulmasta. Haastattelututkimuksen avulla oli tarkoituksena rajata työtä paremmin eräiden yleisimpien jätehuollon alalla toimivien työyhteisöjen kehitysnäkemyksen kartoittamiseen ja mahdollisesti esiintyvien ongelmien esille tuomiseen. Tutkimuskohteissa paikan päällä tehtyjen haastattelujen haluttiin selkeyttävän työskentelykokemuksia turvallisuuden ja riskien näkökulmasta.

Tutkimuskohteiden päästölähteiksi rajattiin tässä diplomityössä jätteestä vapautuvat päästöt sekä jätejakeen käsittelytoimista vapautuvat päästöt. Usean jätejakeen käsittelyssä käytetään erilaisia työkoneita, joiden pakokaasupäästöt voivat paikallisesti sekä globaalisti aiheuttaa vaikutuksia työympäristöön ja ympäristöön.

Haastattelujen tulokset on esitetty myöhemmin luvussa 4.2. Tuloksia ja niistä saatuja kehitysnäkemyksiä on tarkasteltu erikseen yhteenvedossa kehittämiskohteista, luku 5.1.1. Yhteisten kehittämisenäkemyksen perusteella työssä on lopulta laadittu suosituksena tulevaisuuden kehitysmatriisi, ks. luku 5.1.2.

3.1.1 Toimialakohtaiset tutkimuskohteet

Case-tutkimuskohteissa tehtiin haastattelut koskien jätejakeiden käsittelyä ja varastointia sekä jätteistä vapautuvia päästöjä. Haastattelun kysymykset on esitetty liitteessä 3. Haastatteluissa kysyttiin toiminnan kannalta oleelliset kysymykset eri tutkimuskohteissa. Lisäksi kysymysten järjestys saattoi vaihdella haastattelutilanteiden ollessa keskustelevia ja innostavia.

Jätesektorin case-tutkimuskohteita etsittiin Aluehallintovirastojen ympäristölupatietokannasta. Suurimmalla osalla tutkimukseen valituista toimialakohteista oli melko tuore ympäristölupa. Autokorjaamo (toimialakohde 4) ei tarvinnut ympäristölupaa toimintaansa.

Case-tutkimuskohteiksi pyrittiin valitsemaan erilaisia jätejakeita käsitteleviä tai varastoivia kohteita. Tutkimuskohteiden valinta oli kuitenkin satunnaista ja perustui kohteiden vapaaehtoisuuteen ja myöntyväisyyteen. Tutkimuskohteet eivät edusta kaikkia Suomessa käsiteltäviä jätejakeita, vaan ovat esimerkinomainen otos jätesektorista. Siten tutkimuskohteita ja niistä vapautuvia päästöjä ei voi suoraan verrata toisiinsa, sillä esimerkiksi päästölajit ovat ympäristövaarallisuudeltaan toisistaan poikkeavia.

Tutkimuskohteita lähestyttiin ensin sähköpostilla, jossa kuvattiin tehtävää tutkimusta ja haastattelutilannetta. Joitakin päiviä myöhemmin tutkimuskohteisiin soitettiin ja esiteltiin tarvittaessa tarkemmin diplomityössä tehtävää tutkimusta sekä kysyttiin suostumusta lähteä mukaan tutkimuskohteeksi. Tutkimukseen osallistuminen ei vaatinut tutkimuskohteelta taloudellisesti muita resursseja kuin haastatteluun kuluva työajan.

Haastattelutilanteeseen oli etukäteen valmistauduttu tutustumalla tutkimuskohteen internet-sivuihin sekä mahdolliseen ympäristölupaan. Tutkimuskohteissa käytiin yleensä myös tutustumassa jätteen käsittely- ja varastointialueeseen sekä yrityksen toimintaan jätesektorilla.

Haastattelujen Case-kohteet olivat seuraavat:

1. REF-jätettä prosessoiva yritys
2. Biojätettä mädättävä yritys
3. Haketta polttava lämpövoimalaitos
4. Jätekemikaalit autokorjaamossa
5. Kartonkijätettä paalaava ja välivarastoiva yritys
6. Metallijätettä välivarastoiva ja rakennusjätteestä erotteleva yritys.

Ensimmäisenä Case-kohteena oli teollisuuden ja kaupan energijätteestä REF-polttoainetta valmistava toimija. Yritys toimi laajasti jätteenkäsittelyn alalla ja vastaanotti useita erilaisia jätejakeita. Tässä diplomityössä käsitellään tutkimuskohteessa 1 vain teollisuuden ja kaupan kartonki- ja muovijätteen vastaanottoa, käsittelyä ja varastointia polttolaitoksille toimitettavaksi REF-polttoaineeksi.

Toisena case-tutkimuskohteena oli biojätettä vastaanottava ja käsittelevä yritys. Biojäte esikäsiteltiin ja siitä valmistettiin biokaasua mädätysprosessissa. Kolmantena tutkimuskohteena oli lämpövoimalaitos, jossa muodostui hakkeen poltosta jätetuhkaa. Neljäs haastattelu tehtiin autokorjaamolla, ns. monimerkkikorjaamolla, jossa korjattiin erilaisia henkilö- ja pakettiautoja sekä pienkoneita, kuten mopoja, mönkijöitä ja moottorikelkkoja.

Viidentenä tutkimuskohteena oli kartonkijätettä käsittelevä ja välivarastoiva toimija, joka käsitteli myös muita jätejakeita, kuten pahvia ja paperia. Tässä työssä tutkimuskohteeksi rajattiin ainoastaan kartonkijäte. Viimeinen tutkimuskohde vastaanotti metallijätettä sekä kotitalouksilta että muilta toimijoilta. Lisäksi saapuneesta rakennusjätteestä eroteltiin koneellisesti metallijäte.

3.1.2 Haastattelun toteutus

Haastattelun laajuus ja toteutustapa oli seuraava:

- Haastatteluissa tehtiin enintään 46 kysymystä, ks. liite 3.
- Haastatteluja tehtiin Case –kohteissa yhteensä kuusi kappaletta.
- Haastattelu toteutettiin paikan päällä.
- Haastattelujen kesto oli 1 – 2,5 tuntia.
- Haastatteluilla tavoitettiin yhteensä 8 työntekijää. Näistä kaikki olivat johto- ja päällikkötasoa tai vastasivat riskinarvioinnista. Osa haastateltavista henkilöistä työskenteli myös jätejakeiden parissa.
- Haastattelun kysymykset tarkentuivat haastattelukierroksen edetessä, joten kaikissa tutkimuskohteissa ei kysytty täysin samoja kysymyksiä. Suurin osa kysymyksistä pysyi kuitenkin ennallaan.
- Haastattelun kysymykset vaihtelivat hiukan myös erilaisten jätejakeiden käsittelyn takia, sillä esimerkiksi kemikaaleihin liittyviä kysymyksiä ei kysytty tutkimuskohdeissa, joissa jätteen käsittelyssä ja varastoinnissa ei ollut mukana kemikaaleja.

3.2 Työympäristön päästötietokanta

3.2.1 Työterveyslaitoksen tietokannan hyödyntäminen

Työssä hyödynnettiin keskeisesti Työterveyslaitoksen tietokantaa. Työterveyslaitoksella on seurattu jo kauan ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, joille työntekijät altistuvat työympäristössä. Ne on tallennettu ns. mittaustietokantaan. Lisäksi on laskettu mitattujen pitoisuuksien prosenttiosuus haitalliseksi tunnetuista pitoisuuksista sekä laadittu asiantuntijan arvio työntekijöiden altistumisesta ilman epäpuhtauksille ja mahdolliset suositukset epäpuhtauksien hallintatoimista. Nämä tiedot on kirjoitettu työhygieeniseen lausuntoon, joka on toimitettu asiakkaalle. Kaikki kirjoitetut lausunnot on tallennettu pysyvästi myös sähköiseen lausuntoarkistoon.

Työterveyslaitoksen lausuntoarkistosta etsittiin työympäristössä mitattuja ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia. Lausuntoarkistoon on tallennettu työhygieenisten palvelumittausten lisäksi erilaisissa tutkimusprojekteissa tehtyjen mittausten lausunnot. Mittaustuloksista ja lausunnoista selvitettiin hakutuloksien perusteella seuraavat muuttujat:

- Mitattu altiste
- Mittauspäivä
- Mittauksen kesto
- Mittauskohde
- Henkilökohtainen näyte / näyte kerätty kiinteästä mittauspisteestä
- Mitattu pitoisuus (mg/m^3)
- Käytössä ollut haitalliseksi tunnetun pitoisuuden arvo kahdeksan tunnin keskiarvopitoisuudelle ($\text{HTP}_{8\text{h}}$ -arvo)
- Mitatun pitoisuuden osuus (%) $\text{HTP}_{8\text{h}}$ -arvosta
- Keräysmenetelmä
- Mahdollisesti käytössä olleet torjuntatoimet
- Muut huomiot
- Lausunnon tunniste.

3.2.2 Jäteperäisten päästöjen tietokantahaut

Työterveyslaitoksen lausuntojen tietokannasta tehtyjä hakuja rajattiin sopivilla hakusanoilla. Yleensä mittaustietoja etsittiin jätejakeen nimellä, kuten ”REF”, ”kierrätyspolttoaine” tai ”tuhka”. Mittaustietoja lausunnoista etsittäessä pitoisuuksien, käytettyjen vertailuarvojen ja mittausmenetelmän lisäksi tallennettiin taulukkoon mittauksen päivämäärä ja kesto sekä tieto, kerättiinkö näyte kiinteästä mittauspisteestä vai työntekijän hengitysvyöhykkeeltä. Näiden lisäksi kuvattiin mittaustilanteen olosuhteet, suojautuminen sekä mahdolliset muut huomiot.

Standardin SFS-EN 689:1995 mukaan työpäivän aikaista altistumista voidaan arvioida keräämällä ilman epäpuhtauksista näyte, jonka keräysaika on standardissa esitetyn mukainen. Mahdollisimman monet mittaustulokset otettiin mukaan tarkasteluun, vaikka näytteiden keräysajat eivät olisikaan vastanneet standardia. Joissakin tapauksissa näyteenkeräysaika oli liian lyhyt luotettavan mittaustuloksen saamiseen. Esimerkiksi liian lyhytaikaisessa suodattimelle kerätyssä näytteessä hengittyvän pölyn määrä voi vaihdella suuresti näyteenottopisteen sijainnista riippuen, sillä pöly ei välttämättä ole tasaisesti jakautuneena mitattavassa tilassa.

3.3 Päästöjen riskinarvioinnin menetelmä

Työterveyslaitoksen lausuntoarkistosta haettujen työympäristöpäästöjen perusteella tehtävässä riskinarvioinnissa käytettiin standardissa BS 18004:2008 olevaa riskinarviointimatriisia (ks. luku 2.2.8, taulukko 5). Sen avulla arvioitiin vaaran vakavuutta sekä todennäköisyyttä, joiden perusteella määräytyi riskin suuruus. Tutkimuskohteissa työympäristön ilman epäpuhtauksien pitoisuudet voivat erota lausuntoarkistosta haetuista keskiarvopitoisuuksista, sillä käytössä voi olla merkittäviä riskinhallinnan keinoja.

Tässä riskinarvioinnissa haitan tapahtumisen todennäköisyyttä arvioitiin siis ainoastaan Työterveyslaitoksen lausuntoarkistosta haettujen ilman epäpuhtauksien keskiarvopitoisuuksien mukaan seuraavalla karkealla jaottelulla:

- Erittäin epätodennäköinen: alle 10 % HTP_{8h} -arvosta
- Epätodennäköinen: 10 – 50 % HTP_{8h} -arvosta
- Todennäköinen: 50 – 100 % HTP_{8h} -arvosta
- Erittäin todennäköinen: yli 100 % HTP_{8h} -arvosta.

4 TULOKSET

4.1 Yleistä päästötietokannan mittausdatan kokoamisesta

Työympäristön päästöjen mittausdataa käytettäessä on huomioitava mittauksen ajankohta ja olosuhteet. Esimerkiksi pölyäminen on usein voimakkaampaa kylmänä vuodenaikana ilman ollessa kuivempaa, kuin lämpimämpänä ja kosteampana kautena. Kylmään aikaan monesti myös ulko-ovet ja ikkunat pidetään suljettuina. Työskentelypistettä voidaan kesäisin jäähdyttää avaamalla ulko-ovet ja ikkunat, jolloin tuuletus voi myös poistaa epäpuhtauksia työilmasta.

Työympäristöpäästöjä on mitattu sekä työntekijöiden hengitysvyöhykkeiltä että kiinteistä mitauspisteistä. Mikäli työntekijä on käyttänyt hengityksensuojainta, näyte on yleensä kerätty hengityksensuojaimen ulkopuolelta, jolloin työntekijän altistuminen on mitattua pitoisuutta pienempää. Toisinaan näyte on voitu kerätä myös hengityksensuojaimen sisäpuolelta, jolloin on saatu selville työntekijän todellinen altistuminen. Luvun 4.3.2 keskimääräiset epäpuhtauspitoisuudet on mitattu näytteistä, jotka on kerätty hengityksensuojaimen ulkopuolelta silloin, jos työntekijä on käyttänyt hengityksensuojainta.

Kiinteät mittauspisteet on pyritty sijoittamaan hengityskorkeudelle. Kiinteässä mittauspisteessä on mitattu joko yleisilman epäpuhtauksia tai yksittäisen työvaiheen aiheuttamaa ilman epäpuhtautta.

Työympäristön mittausdataa on kerätty työhygieenisten palveluselvitysten lisäksi tutkimushankkeissa, jolloin on voitu selvittää uuden työvaiheen tai altisteen vaikutuksia ilman epäpuhtauksien pitoisuuksiin. Siten esitetyistä ilman epäpuhtauspitoisuuksista osa voi olla mitattuna tilanteessa, jossa uuden käsittelymenetelmän tai jätejakeen aiheuttamista epäpuhtauspitoisuuksista työilmassa ei vielä ole ollut mittaustietoa saatavilla. Tutkimushankkeissa on pyritty mitaustiedon saamisen lisäksi arvioimaan ilman epäpuhtauksien aiheuttamia riskejä työympäristössä sekä tarjoamaan hallintakeinoja epäpuhtauspitoisuuksien saamiseksi turvalliselle tasolle. Esimerkiksi REF-jätteen käsittelyssä ja varastoinnissa mitatuista epäpuhtauspitoisuuksista ensimmäiset ovat toiminnan alkuvaiheesta, jonka jälkeen toimijat ovat parantaneet työskentelyolosuhteita erilaisin teknisin hallintakeinoin.

4.2 Toiminnot ja päästöt tutkimuskohteissa

4.2.1 Toimialakohde 1: REF-jäte

REF-jätettä käsittelevällä yrityksellä (tutkimuskohde 1) oli käytössä toiminnanhallintajärjestelmä, johon oli kirjattu toimintaa ohjaavat asiakirjat. Toiminta perustui ISO-standardeihin 9001 ja 14001, vaikkakaan toimintaa ei oltu auditoitu näiden standardien pohjalta. Yrityksellä oli voimassa oleva ympäristölupa kaikkiin jätteenkäsittelyyn ja varastoinnin toimintoihin. Jätteenkäsittelyssä ja –varastoinnissa työskenteli seitsemän työntekijää.

Teollisuuden ja kaupan kartongit ja muovit paalattiin paalaus koneella tai murskattiin murskaimella noin 80 mm:n palakokoon. Raaka-aine siirrettiin kaivinkoneella paalaus koneelle tai murskaimelle. Valmis REF-polttoaine välivarastoitiin hallissa murskaimen lähellä. REF-polttoaine lastattiin pyöräkuormaajalla rekka-autoihin, joilla se kuljetettiin polttolaitokselle yhdestä kahteen kertaan viikossa. Kaivinkoneen ja pyöräkuormaajan hyteissä oli ilmansuodattimet, jotka vaihdettiin tarvittaessa.

REF-raaka-ainetta saapui päivittäin ympäri vuoden ja se käsiteltiin parin päivän sisällä jäte-erän saapumisesta. Valmista REF-polttoainetta varastoitiin enintään kahden viikon ajan. REF-polttoainetta valmistui noin 30 – 50 tonnia viikossa ja sitä voitiin varastoida enimmillään noin 60 tonnia. REF-polttoaineen vuosituotanto oli noin 2500 – 3000 tonnia.

REF-jätteen paalaus, murskaus ja varastointi tapahtuivat umpinaisessa hallissa, jonka yhdellä seinustalla oleva ovi pidettiin työskentelyaikaan auki. Hallin molemmilla päätyseinustoilla oli ilmanvaihtoa varten puhaltimet.

Aistinvaraisesti arvioituna haastattelupäivänä puhdas energijäte ei ollut haisevaa eikä märkää. Saapuvissa jäte-erissä voi olla myös haisevia biojätejäämiä, mutta biojätettä sisältävää jätettä ei otettu vastaan REF-raaka-aineeksi. Raaka-aineen murskauksessa muodostui pölyä. Pahvia ja muovia murskattiin hidaskäyntisellä murskaimella, joten pölyn muodostuminen oli pientä muiden materiaalien murskaukseen verrattuna. REF-raaka-aineen käsittelyssä ei ollut tarvinnut työskentelyaikojen rajoittamista ilman epäpuhtauksien takia. Valmiin polttoaineen laatua seurattiin laboratoriokokein.

REF-polttoaineen valmistuksessa ei käytetty kemikaaleja. Kaivinkoneesta ja pyöräkuormajasta voi vapautua pieniä määriä pakokaasuja ilmaan.

4.2.2 Toimialakohde 2: biojäte

Biojätettä käsittelevä yritys vastaanotti sekä lietemäisiä että ns. kuivia biojätejakeita. Kuivat biojätejakeet otettiin vastaan hallin sisätiloissa oleviin kolmeen, ylhäältä avonaiseen siiloon. Kuivia jätejakeita olivat esimerkiksi erilliskerätty biojäte, kaupan biojäte, teurasjäte, leipomo-biojäte sekä roskakala. Lietemäisinä jätejakeina vastaanotettiin puhdistamolietettä, rasvalietettä, kuivaamojätettä sekä lietelantaa. Lietemäiset biojätejakeet varastoitiin ulkosäiliöihin, joista ne siirrettiin suoraan biojättereaktoriin ilman esikäsitelyä.

Sisätiloissa biojätelinjalla tehtiin esikäsitelyä murskaus sekä magneettierotuksella poistettiin metalleja. Tämän jälkeen biojäte siirrettiin ruuvikuljettimella separaattorille, jossa poistettiin pakkausmateriaalit ja esimerkiksi biohajoavat jätepussit sekä lisättiin nestettä. Seuraavana lietemäinen biojäte siirrettiin välivarastosäiliöön, josta liete kulkeutui automaattisesti reaktorille. Sisätiloissa teurasjätelinjalla biojätteet murskattiin ja siirrettiin sekoitusäiliöön, jossa lisättiin neste, ja pumpattiin eteenpäin välivarastosäiliöön. Reaktorista saatiin lopputuotteina biokaasua sekä mädätettä.

Jätettä käsiteltiin noin 18 000 tonnia vuodessa. Biojätteen muodostumisessa ei ollut suurta kausivaihtelua. Biojäte viipyi varostosiilossa enintään 10 päivää. Lietemäiset biojätteet siirrettiin nopeasti reaktoriin. Esikäsiteltävät jätejakeet viipyivät varastosäiliöissä vähän pitempään ennen reaktoriin siirtymistä.

Biojätteen käsittelyprosessissa työskenteli neljästä viiteen laitosmiestä, jotka tekivät tarvittaessa myös kunnossapitotöitä. Laitosmiehet työskentelivät pääosin ilmastoidussa, ylipaineistetussa valvomossa ohjatessaan ja valvoessaan prosessia kameroiden avulla. Valvomo sijaitsi esikäsitelyhallissa, josta se oli eristetty seinillä omaksi tilakseen. Prosessi toimi ympärivuotisesti.

Biojätettä kuljettavat jäteautonkuljettajat purkivat biojätekuorman siiloihin hallin sisällä ja pesivät autot hallissa. Laitosmiehet ohjasivat biojätettä siiloista murskaukseen. Työvuoron aikana

laitosmiehet kävivät usein hallissa esimerkiksi siivoamassa tai tarkistuskäynnillä. Hallin ovet pidettiin ympäristöluvan vaatimuksen mukaisesti kiinni ja aukaistiin vain jätekuormien kuljesta varten.

Jätteen käsittelystä vapautui aistinvaraisesti arvioiden hajuja erityisesti teurasjätteen käsittelyn aikaan. Myös muut biojätejakeet olivat haisevia. Kuiva biojäte pölysi, tosin yleensä vastaan otettava biojäte oli kosteaa. Talvella biojäte pölysi enemmän kuin kesäaikaan. Biojätteestä vapautuvien päästöjen takia ei hallissa oltu tarvittu työskentelyaikojen rajoittamista tai tauottamista. Laitosmiehet käyttivät hengityksensuojaimia pitempään hallissa työskennellessään, esimerkiksi siivoustöiden aikana. Säiliöissä muutaman kerran vuodessa tehtävissä huolloissa käytettiin ns. raitisilmamaskeja.

Yrityksellä ei ollut vielä käytössä sertifioitua ympäristö- tai laatujärjestelmää. Jättemäärien vaihtelua seurattiin sähköisesti. Lisäksi Evira vaati omavalvontasuunnitelman ja vakuutusyhtiöt esimerkiksi riskienhallintasuunnitelman. Viranomaiset tekivät tarkastuskäynnin kerran vuodessa. Yritys raportoi toiminnastaan kerran vuodessa ELY-keskukselle, paikalliselle ympäristöviranomaiselle ja Eviraan.

Prosessissa ei käytetty normaalitilanteissa kemikaaleja. Sen sijaan huolto- ja pesutilanteissa käytettiin desinfiointiaineita sekä erilaisia kemikaaleja.

4.2.3 Toimialakohde 3: tuhka

Kolmantena tutkimuskohteena oli haketta polttava lämpövoimalaitos, jossa tarkasteltiin jäte-tuhkaa. Lämpövoimalan polttokattilassa voitiin hakkeen lisäksi käyttää polttoaineena myös turvetta, jonka vuoksi tuhka kuljetettiin sekä varastoitiin siirtolavakontissa märkätuhkana eli tuhka sekoitettiin veteen sen valuessa pois polttoarinalta. Märkätuhka oli rakenteeltaan multamainen ja kokkaremainen eikä se pölyssyt. Siten tuhkan pölyäminen ei varastointivaiheessa aiheuttanut ympäristölle tai työympäristölle haittaa tai vaaraa.

Työntekijöistä kaksi laitosmiestä työskenteli kosketuksissa tuhkaan esimerkiksi huoltotoimpeissa tai häiriötilanteissa. Lisäksi kuuden hengen päivystysryhmä oli tarvittaessa kosketuksissa tuhkan kanssa.

Metalleja sisältävä märkätuhka hyödynnettiin metsälannoitteena. Metsänomistaja haki tuhkan välivarastointiin käytetyn siirtolavakontin ja kävi tyhjentämässä sen. Tuhkan alla kontissa oli muovi, joka auttoi tuhkan kippaamisessa. Tuhkalava tyhjennettiin noin 2 – 3 viikon välein. Kokonaistuhkan määrä oli lämmityskaudella noin 80 m³. Märkätuhkaa oli vaikeampaa levittää kuin kuivatuhkaa, joten jos sitä ei enää pystyttäisi levittämään metsälannoitteena, se pyrittäisiin käyttämään jätevedenpuhdistamon maa-aldaiden täyteenä. Näin oli tehty aikaisemmin kattilan käyttöönoton jälkeen, ennen kuin märkätuhkalle löydettiin metsälannoitekäyttöä.

Polttokattilan huoltotyöt teetettiin alihankintana. Kattilan huolto- ja puhdistustöissä käytettiin suojavaatetusta sekä hengityksensuojaimia. Polttolaitos toimi luotettavasti ja tuhkan kuljetus polttokattilasta varastosäiliöön oli automatisoitu.

Toimijalla oli tuore ympäristöluva lämpökeskukselle, sillä uusinta kattilaa oltiin vasta rakentamassa. Aistinvaraisesti arvioituna tuhkaa ei huomannut lämpölaitoksen ilmassa vaan ennemminkin ilmassa oli savukaasuja. Varsinkin täydellä teholla ajettaessa laitoksesta saattoi vapautua savua. Tuhkan käsittelyssä ei tarvittu kemikaaleja.

4.2.4 Toimialakohde 4: autokorjaamon jätekemikaalit

Neljäntenä tutkimuskohteena oli autokorjaamo, jossa korjataan erilaisia henkilö- ja pakettiautoja sekä pienkoneita, kuten mopoja, mönkijöitä ja moottorikelkkoja. Nykyaikaisissa autokorjaamoissa käytetään vain vähän liuottimia. Autonpesuhallissa käytettiin autonpesuainetta. Pienkonekorjaamossa oli koneen osien pesuallas, jossa käytettiin puhdistusainetta ja vettä seosta. Öljyiset jätteet laitettiin 200 litran tynnyriin, joka tyhjennettiin pari kertaa kuukaudessa. Pienkoneiden korjauksessa kaasuttimia ym. puhdistettiin ja vaihdettiin rikkoontuneet osat uusiin, mutta enää ei korjattu komponentteja. Kaikkiin koneiden osiin sai aikaisemmin varaosia, mutta nykyään kaikki vaihdettavat osat tulivat yhtenä pakettina, joten korjaamossa entinen osa purettiin pois ja laitettiin uusi osa tilalle. Irroitusöljyjä kertyi vain vähän ja lattialle valuneet nesteet menivät öljynerotuskaivon kautta viemäriin. Kaivossa oli öljyinen hiekka-vesi-seos, josta poistettiin vesi ja kaivo tyhjennettiin noin kerran vuodessa. Kaivoon menivät myös pesuvedet sekä mahdolliset korjattavista autoista vuotaneet vedet ja öljyt. Jätehuoltoliikkeet hakivat öljyt ja liuottimet, jotka käsiteltiin uudelleen käytettäväksi.

Toimijalla oli töissä neljä asentajaa. Autokorjaamossa käytössä olevat kemikaalit olivat autosampoo ja sumutettava jarrucleaner. Autoshampoota käytettiin auton osien pesussa kaukalossa, jossa pestiin paineilman avulla auton pienosia. Autojen pesuun käytettiin vesiohenteista pesuainetta. Yrityksellä ei ollut kemikaaliluetteloa. Käytössä oli vain vähän kemikaaleja ja ne tulivat keskitetysti luotettavalta korjaamoketjulta, jolla oli oma ympäristöohjelma. Käytössä olevat kemikaalit olivat vesiohenteisia tuotteita.

Autokorjaamossa oltiin jätteiden kanssa tekemisissä päivittäin. Jätteet lajiteltiin jäteastioihin siten, että kuivajäte, sekajäte, pahvijäte, kartonkijäte, biojäte ja metallijäte kerättiin erikseen. Lisäksi jaoteltiin öljyiset kiinteät jätteet kahteen eri astiaan: toisessa olivat suodattimet ja toisessa öljyiset jätteet, kuten kangasliinat ja puhdistusliinat. Jäähdytysnesteet ja jarrunesteet kerättiin tynnyriin. Lisäksi auton suodattimista kerättiin öljyt talteen siten, että suodatin laitettiin valumaan tynnyriin, jolloin öljy valui tynnyrin pohjalle ja suodatin laitettiin omaan kierrätykseen. Jättepahveja kertyi paljon, sillä kaikki varaosat tulivat omissa pahvikoteloissa korjaamolle. Öljyt ja liuottimet kerättiin myös omiin jäteastioihin. Jätteenkäsittely-yritys hävitti keskitetysti varastoidut jätekemikaalit. Jäteastiat tyhjennettiin säännöllisesti. Kesäaikaan jätettä muodostui noin 30 % normaalitilannetta enemmän.

Yrityksellä ei ollut ympäristölupaa tai ympäristö- tai laatu järjestelmää. Korjaamoilla on oltava tehtynä selvitys viranomaisille, kuinka jätehuolto on järjestetty. Toiminnasta ei oltu tehty viranomaistarkastuksia.

Yritys oli uudistamassa tilojaan tekemällä remontteja sekä toimistotiloihin että hallitiloihin. Piha-alue oli siivottu ja asfaltoitu jo osittain, ja loputkin oli tarkoitus asfaltoida. Jätekatos oli rakenteilla. Remontoimalla toimintaympäristöä ja siisteydellä pyrittiin nostamaan autokorjaamon profiilia ja kehittämään toimintaa.

Jätteenkäsittelystä vapautui aistinvaraisesti arvioiden pölyä ja hajuja. Erityisesti katalysaattoriautojen päästöjen mittauksista tuli hajupäästöjä. Päästömittauksissa oli käytössä pakokaasujen poistoletkut, mutta päästöjä voi karata ilmaan poistoimureista huolimatta. Pakokaasut ja katalysaattorin jälkeiskäryt aiheuttivat pahimmat hajuhaitat. Jätteestä vapautuvien päästöjen takia ei ollut tarvinnut rajoittaa työskentelyaikoja, sillä päästöjä tuli vain pieniä määriä ja korjaamon hallitila oli suuri.

4.2.5 Toimialakohde 5: kartonkijäte

Kartonkijätettä välivarastoiva ja paalaava yritys oli viides tutkimuskohde. Saapunut kartonkijäte kasattiin halliin, jossa se siirrettiin trukilla paalauslinjalle paalattavaksi. Valmiit paalit siirrettiin trukilla paalausvarastoon odottamaan kuljetusta jatkotoimenpiteitä varten. Kartonkijätteen paalausta tehtiin keskimäärin tunnin ajan työpäivän aikana viitenä päivänä viikossa. Jätettä muodostui ja käsiteltiin arviolta 1000 tonnia vuodessa. Lisäksi pahvia otettiin vastaan vuodessa suunnilleen sama määrä kuin kartonkiakin. Kartonkijätteen muodostumisessa ei ollut merkittävää kausivaihtelua. Toimipisteen työntekijöistä kolme toimi suoraan kartonkijätteiden käsittelyssä ja väliaikaisvarastoinnissa.

Kartonkijätteestä vapautui aistinvaraisesti arvioiden hiukan pölyä. Kesäaikaan hajuhaittoja saattoi tulla likaisista kuluttajakartonkipakkauksista. Syväkeräysastioita lukuun ottamatta kuluttajakartonkijäte tuli toimipisteeseen pakkaavan jäteauton keräämänä, joten se oli jo valmiiksi puristettu tiiviiksi. Kartonkijäte voi puristimessa murskaantua tai revetä, mikä aiheuttaa hieman pölyämistä. Jätteestä vapautuvien päästöjen takia ei ollut tarvinnut rajoittaa työskentelyaikoja. Kartonkijätteen käsittelyssä ja varastoinnissa ei ollut käytössä kemikaaleja.

Kartonkijätteen varastohallissa jätettä oli 50 – 200 tonnia. Varaston kierto oli arviolta yhdestä kahteen viikkoa ja varastointiaika pyrittiin pitämään mahdollisimman lyhyenä.

Yrityksellä oli käytössä sertifioitu ympäristöjärjestelmä ISO 14001. Ulkoinen auditointi koettiin toisinaan jopa tarkemmaksi kuin viranomaistarkastukset. Yrityksessä oli käytössä myös sisäiset auditoinnit. ELY-keskus oli tehnyt toiminnan viranomaistarkastuksia lähes vuosittain. Yrityksellä oli voimassa oleva ympäristölupa kaikille jätteenkäsittelyn ja -varastoinnin toiminnolle.

4.2.6 Toimialakohde 6: metallijäte

Kuudentena tutkimuskohteena oli metallijätettä vastaanottava ja välivarastoiva yritys. Asiakkaat lajittelivat metallijätteen tuodessaan. Kotitalouksista tuleva metallijäte voi sisältää esimerkiksi metallirunkoisia huonekaluja ja peltilevyjä. Yleensä metallijäte oli isokokoista eikä aiheuttanut siten roskaantumista. Lajittelematonta rakennusjätettä saapui useilta toimijoilta ja se lajiteltiin lajittelukoneella, jossa kouran avulla eroteltiin karkeasti eri materiaalit, kuten puu, maa-ainekset, metallit ja muovit. Rautapohjaisten metallien erotteluun oli tulossa magneettierottelu.

Isot metallijätettä sisältävät kuormat ohjattiin lajittelukentälle. Kuormat purettiin asfalttikentälle, josta metallit eroteltiin omaan loosiin. Loosissa oli asfalttipohja ja noin 2,5 metriä korkeat betoniseinät. Loosista metallijäte kuljetettiin jatkokäsittelyyn keskimäärin kahden viikon välein, tosin talviaikaan kuljetuksia voi olla harvemmin. Ulkona sijaitsevaan metallijätteen jäteloosiin mahtui jätettä noin 40 – 60 tonnia ja metallijätettä varastoitiin noin 400 – 500 tonnia vuodessa. Tutkimuskohteessa ei käsitelty metalleja eikä käytössä ollut kemikaaleja.

Metallijätteen lajittelussa työskenteli keskimäärin yksi työntekijä kerrallaan. Lajittelua tehtiin kahdessa vuorossa. Jätteiden käsittely oli jokapäiväistä, vaikkakin metallijätteen muodostumisessa oli myös kausivaihtelua ja kesäaikaan metallijätettä tuotiin enemmän kuin talvella pakkasjaksoilla. Lajittelu tehtiin konetyönä ja käsinlajittelua oli ainoastaan kotitalouksien metallijätekuorman tuojia opastettaessa.

Metallijätteen käsittelystä ei aistinvaraisesti arvioiden vapautunut pölyä tai hajuja. Rakennusjätteen lajittelusta vapautui sekapölyä. Lajittelu tehtiin koneellisesti ja koneen hytissä oli ilmansuodattimet.

Yrityksellä oli käytössä sertifioidut laatu- ja ympäristöjärjestelmät ISO 9001 ja ISO 14001. Riskinarviointi korostui vuonna 2015 uudistetuissa standardeissa, sillä niissä riskit arvioitiin prosesseittain. Toimijalla ei ollut käytössä työturvallisuusriskien arviointiin erillistä järjestelmää, mutta monet työturvallisuusasiat tulivat riskinarviointiin laatujärjestelmän kautta. Käytännössä yrityksessä oli toteutettu kaikki työturvallisuutta parantavat hankkeet. OHSAS oli uudistumassa vuonna 2016, ja se tullaan todennäköisesti ottamaan käyttöön laatu- ja ympäristöjärjestelmien rinnalle.

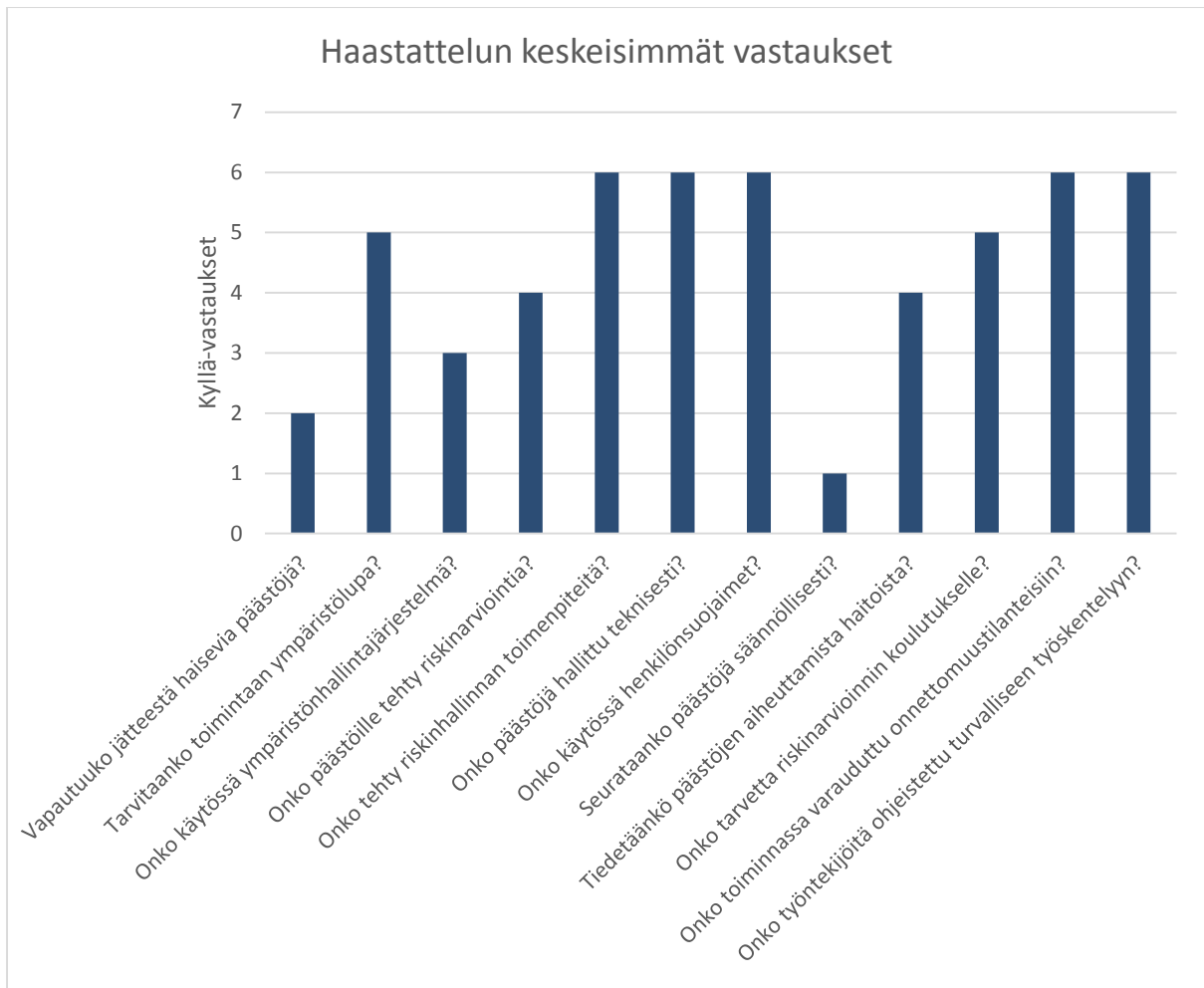
Toimijalla oli tuore ympäristölupa vuodelta 2014 ja se koski kaikkia toimintoja. ELY-keskus ja paikalliset ympäristöviranomaiset olivat vuosittain tehneet toiminnasta viranomaistarkastuksia.

4.2.7 Yhteenveto haastattelun keskeisimmistä kysymyksistä

Tutkimuskohteet jaoteltiin toimijan henkilöstömäärän mukaisesti mikro-, pien- ja keskisuuriin yrityksiin. Mikroyrityksessä työskenteli alle 10, pienyrityksessä 10 – 50 ja keskisuudessa yrityksessä 50 – 250 työntekijää. Toimijoilta ei kysytty haastatteluissa liikevaihtoa tai muita taloudellisia tunnuslukuja, joten jaottelu tehtiin vain henkilöstömäärän perusteella. Tilastokeskuksen määritelmän mukaan yrityksen kokoa määriteltäessä olisi käytettävä myös taloudellisia tietoja (Tilastokeskus 2016). Haastatteluihin osallistuneista yrityksistä oli

- 2 mikroyritystä (biojäte, autokorjaamo),
- 2 pienyritystä (metalli, REF) ja
- 2 keskisuurta yritystä (kartonki, tuhka).
-

Kaikissa haastatteluissa saatiin vastaukset kaikkiin esitettyihin kysymyksiin ja niistä keskusteltiin haastattelutilanteissa avoimesti. Kuvassa 7 on koottu vastaukset keskeisimpiin haastattelukysymyksiin. Vastaukset on taulukointia varten luokiteltu kyllä/ei-vastauksiin. Joissakin tapauksissa rajanveto kyllä- ja ei- vastausten välillä oli epäselvää. Esimerkiksi kysymykseen onko päästöjä hallittu teknisesti, tekniset toimenpiteet voivat toisessa tutkimuskohteessa olla laajoja ja toisessa tekniset toimenpiteet olivat vain yksittäisiä, vähäisemmän vaikutuksen toimenpiteitä. Kuvassa 7 on kyllä-vastaukseksi hyväksytty tilanne, jossa on tehty joitakin riskinhallinnan teknisiä toimenpiteitä, vaikkakaan ne eivät olisi olleet riittäviä päästöjen hallinnan ja turvallisen työskentelyn kannalta.



Kuva 7. Haastattelun (n=6) keskeisimmät vastaukset.

Kolmasosa tutkimuskohteista ei ollut tehnyt järjestelmällistä, dokumentoitua riskinarviointia jätteistä vapautuville päästöille. Kaksi vastaajaa koki jätteestä vapautuvan haisevia päästöjä, joten yleensä toimijat eivät kokeneet jäteperäisiä päästöjä merkittäviksi.

Kaikki haastateltavat olivat tehneet riskinhallinnan toimenpiteitä jätteistä vapautuvien päästöjen suhteen. Usein nämä toimenpiteet olivat teknisiä, kuten ilmastoinnin ja osastoinnin rakentaminen päästöjen leviämisen estämiseen. Toisinaan teknisten toimenpiteiden tekemisen jälkeen jäännösriski oli jäänyt niin suureksi, että tarvittiin henkilönsuojaimia estämään työntekijöiden altistumista jätteistä vapautuville päästöille. Kaikissa haastattelussa mukana olleissa kohteissa käytettiin henkilönsuojaimia, kuten suojakäsineitä tai hengityksensuojaimia.

Riskinhallintatoimien lisäksi kaikki toimijat olivat varautuneet onnettomuustilanteisiin. Osalla tutkimuskohteista onnettomuustilanteisiin varautuminen oli lähinnä tapaturmatilanteiden estämistä. Osa toimijoista oli varautunut myös pelastussuunnitelmalla sekä ensiapukoulutuksilla mahdollisiin onnettomuustilanteisiin. Kaikki toimijat olivat ohjeistaneet työntekijöitä turvalliseen työskentelyyn. Osalla ohjeet olivat vain suullisia ja osa oli kirjoittanut ne esimerkiksi toimintajärjestelmän työohjeisiin. Yleiset hygieniaohteet olivat myös jätettä käsittelevillä toimijoilla hyvin hallussa ja niihin oli kiinnitetty huomiota.

4.3 Toimialakohtainen riskinarviointi

Työturvallisuuslain mukaan työnantajan on selvitettävä ja tunnistettava työntekijöiden turvallisuuteen ja terveyteen vaikuttavat työn haitta- ja vaaratekijät. Tämä arviointi on oltava ajantasainen ja usein sitä kutsutaan riskinarvioinniksi. (Työturvallisuuslaki 2002.)

4.3.1 Päästöjen käsitteelliset leviämismallit

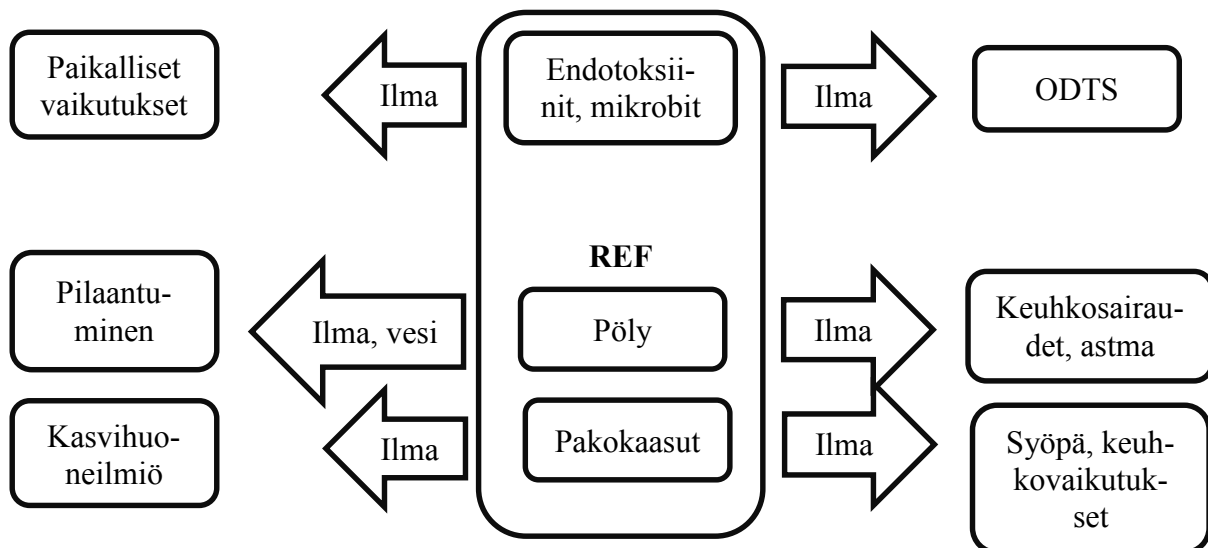
Haastattelujen sekä lausuntoarkistosta kerättyjen tietojen pohjalta rakennettiin jokaisen tutkimuskohteen päästöille käsitteellinen leviämismalli, jota täydennettiin kirjallisuudesta löytyvillä tiedoilla päästöjen mahdollisista leviämisteistä ja vaikutuksista. Korostettakoon, että mallia on tarkistettava aina vastaamaan nykytilannetta, jos kohteessa tehdään esimerkiksi altistumista ja/tai päästöjen leviämistä estäviä teknisiä parannuksia. Tässä mielessä malleja on tulkittava vain ohjeellisina ja suuntaa-antavina.

Käsitteellisen mallin pohjana on käytetty kuvan 4 ideaa, jossa päästölähde, reitti ja vaikutuskohde ovat yhteydessä toisiinsa. Joidenkin altisteiden pitoisuudet olivat lausuntoarkistosta saatujen tietojen mukaan pieniä. Leviämismalleissa on kuitenkin haluttu ottaa huomioon pienetkin pitoisuudet, sillä ne voivat olla riski ympäristölle tai aiheuttaa viihtyvyshaittoja jätteen käsittelyssä ja varastoinnissa.

REF-jäte

REF-jätteen käsittelyssä ja varastoinnissa voi vapautua pölyä, endotoksiineja, mikrobeja ja työkonesta tulevia pakokaasuja (kuva 8). Orgaanisen pölyn pitoisuus on ollut hengitysvyöhykkeellä keskimäärin 2-kertainen HTP_{8h}-arvoon verrattuna. Endotoksiinien määrä on ylittänyt Alankomaissa annetun suositusarvon hengitysvyöhykkeillä keskimäärin 4-kertaisesti ja kiinteissä mittauspisteissä jopa 18-kertaisesti. Siten pölyn ja endotoksiinien muodostumisen ja leviämisen rajoittaminen ovat tärkeitä riskinhallintatoimia.

Endotoksiinien ja mikrobien vaikutukset ympäristöön ovat paikallisia. Koska mikrobiologiset päästöt eivät yleensä leviä laajalle alueelle, ne pyritään hallitsemaan lähellä päästölähdettä. Pöly voi aiheuttaa ilman kautta levitessään ilman ja vesistön pilaantumista lähiympäristössä. Pakokaasujen kaasumaiset yhdisteet ovat kasvihuoneilmiötä kasvattavia yhdisteitä ja voivat siten voimistaa ilmastonmuutosta. Lisäksi typen oksidit voivat happamoittaa vesistöjä ja maaperää sekä rehevöittää vesistöjä (Starck et al. 2008).



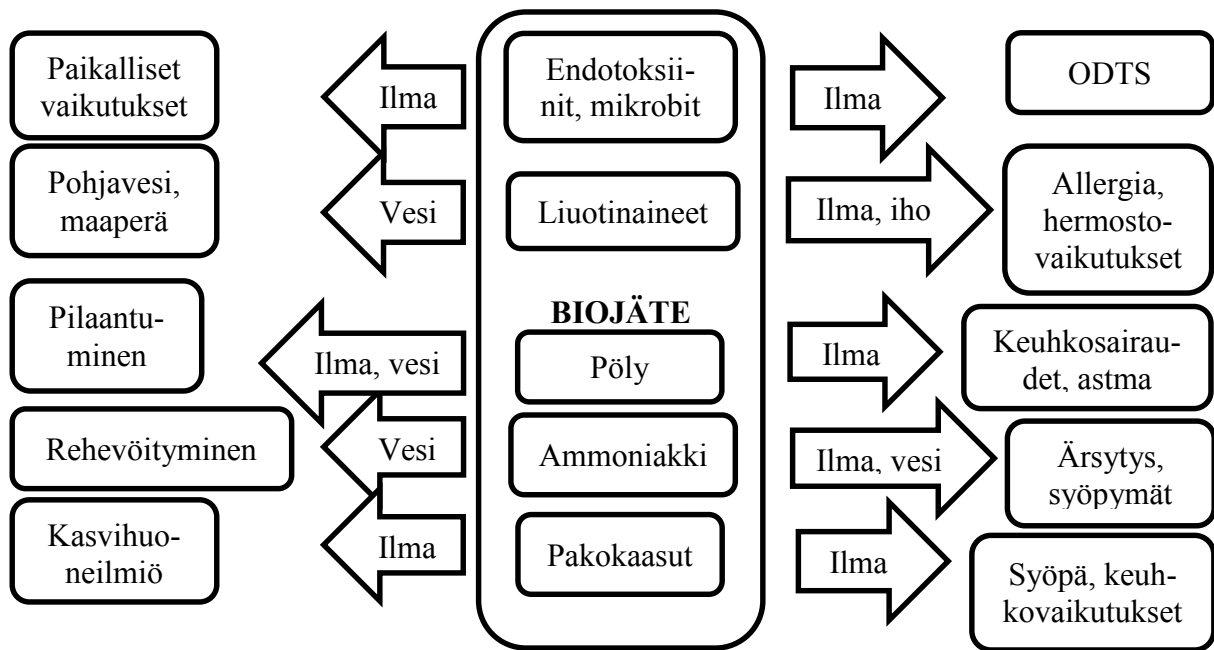
Kuva 8. REF-jätteen käsittelystä ja varastoinnista vapautuvista päästöistä aiheutuvien vaikutusten muodostumista kuvaava käsitteellinen malli. Mallissa vasemmalle osoittavilla nuolilla kuvataan päästön aiheuttamia vaikutuksia ympäristöön ja oikealle osoittavilla nuolilla vaikutuksia työntekijöihin. ODTS = Myrkyllisten orgaanisten pölyjen aiheuttama sairaus.

Biojäte

Biojätteen välivarastoinnissa ja käsittelyssä vapautuu ympäristöön ja työympäristöön endotoksiineja, mikrobeja, pölyä, liuotainaineita, ammoniakkia ja biojätettä tuovista ajoneuvoista pakokaasuja (kuva 9). Biojätettä käsittelevissä ja varastoivissa toimipaikoissa lausuntoarkistosta tehdyn aineistohaun perusteella erityisesti endotoksiinien määrä on ollut korkea, 15 – 29 –kertainen suositusraja-arvoon nähden. Endotoksiinien ja mikrobien aiheuttamat vaikutukset kohdistuvat nykytietämyksen valossa lähinnä työntekijöihin, joten vaikutukset ympäristöön jäävät hyvin paikallisiksi.

Pölyn, mikrobien, endotoksiinien ja pakokaasujen leviämistä ympäristöön ja työympäristöön kuvattiin jo edellä. Biojätteestä vapautuvalle ammoniakille voidaan altistua työympäristössä ilmajäliteisesti.

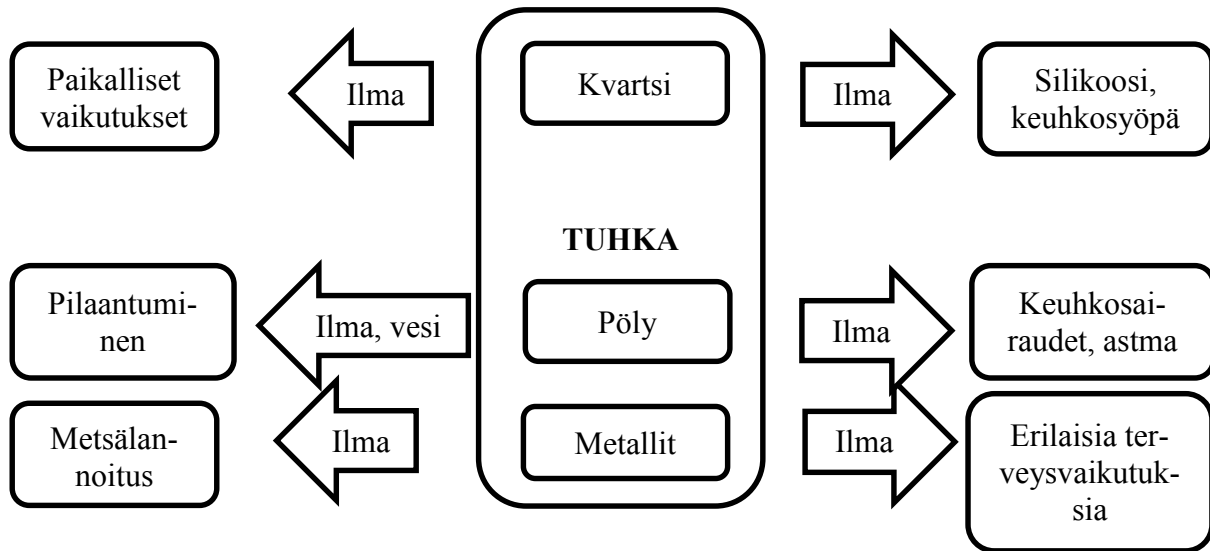
Liuotainaineet voivat ympäristöön päästessään aiheuttaa esimerkiksi pohjaveden pilaantumista (Starck et al. 2008). Biojätteestä vapautuvien liuotainaineiden määrä on kuitenkin niin pieni, ettei niistä tule merkittävää riskiä pohjavesille.



Kuva 9. Biojätteen käsittelystä ja varastoinnista vapautuvista päästöistä aiheutuvien vaikutusten muodostumista kuvaava käsitteellinen malli. ODTS = Myrkyllisten orgaanisten pölyjen aiheuttama sairaus.

Tuhka

Puuperäisen polton tuhkan käsittelystä ja varastoinnista voi käytetystä polttoaineesta riippuen vapautua pölyä, kvartssia ja metalleja ympäristöön ja työympäristöön (kuva 10). Epäorgaanisen pölyn keskiarvopitoisuudet ovat ylittäneet HTP_{8h} -arvot. Metallien keskiarvopitoisuudet ovat olleet HTP_{8h} -arvojen tasolla kiinteissä mittauspisteissä ja noin 60 % HTP_{8h} -arvoista hengitysvyöhykkeiltä kerätyissä näytteissä. Hengitysvyöhykenäytteet on kerätty hengityksensuojaimen ulkopuolelta tilanteissa, joissa hengityksensuojain on ollut käytössä, joten todellinen altistuminen on ollut esitettyjä pitoisuuksia pienempää. Vaikka tutkimuskohteessa tuhka välivarastoidaan märkätuhkana, joka ei pölise samalla tavoin kuin kuiva tuhka, tässä leviämismallissa altisteiden leviämisen ajatellaan työympäristössä tapahtuvan ilmajälitteisesti.



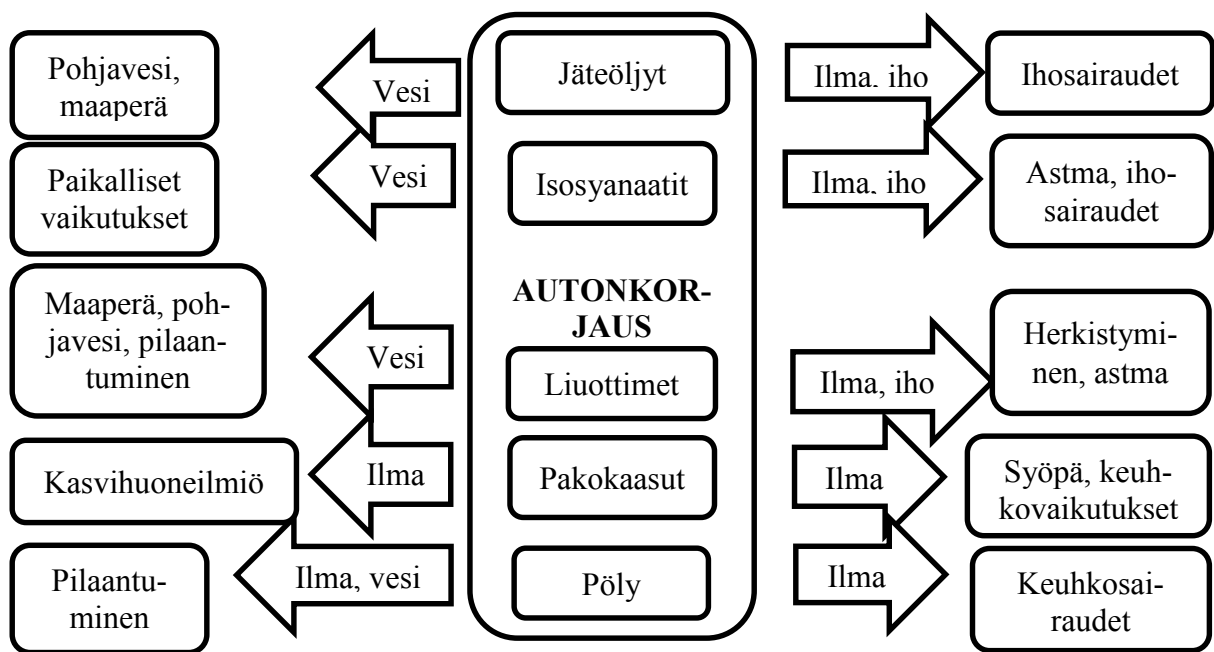
Kuva 10. Tuhkan käsittelystä ja varastoinnista vapautuvista päästöistä aiheutuvien vaikutusten muodostumista kuvaava käsitteellinen malli.

Autokorjaamo

Autonkorjauksessa vapautuvia ympäristön ja työympäristön päästöjä ovat pöly, jäteöljy, isosyanaatit ja liuotinaaineet (kuva 11). Lisäksi autojen siirtäminen ja korjauksen jälkeinen testaaminen aiheuttaa pakokaasupäästöjä.

Lausuntotietokannasta haettujen pitoisuustietojen perusteella isosyanaatit ovat olleet merkittävimpinä altisteina autokorjaamoissa, sillä hengitysvyöhykkeiltä kerätyissä näytteissä isosyanaattien keskiarvopitoisuus oli 41 % ja kiinteissä mittauspisteissä 33 % haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista. Vaikka tutkimuskohteena olleessa autokorjaamossa ei käytettykään isosyanaatteja sisältäviä kemikaaleja, isosyanaatit on otettu mukaan käsitteelliseen leviämismalliin niiden herkistävien terveysvaikutusten vuoksi. Työympäristössä voidaan altistua isosyanaateille sekä hengityksen että ihon välityksellä.

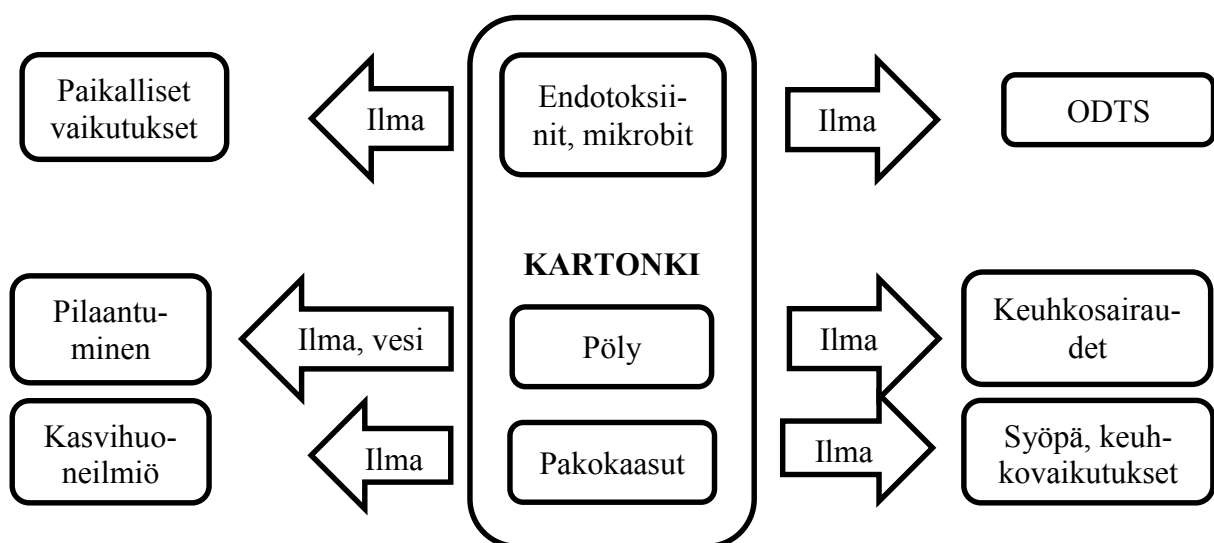
Jäteöljyjen maaperää ja pohjavettä likaava vaikutus voi tapahtua pitkän aikavälin kuluessa tai lyhyenä kertakuormituksena. Nykyaikaisissa autokorjaamoissa jäteöljyt kerätään vastuullisesti talteen kierrätystä ja hyötykäyttöä varten. Lisäksi jäteastiat on säilytettävä kiinteällä asfaltoidulla alustalla tai sisätiloissa betonilattian päällä, jolloin mahdolliset öljyvuodot jäisivät viemäriin joutuessaan öljynerotuskaivoon. Maaperään tai pohjaveteen joutuessaan öljy aiheuttaisi maaperän ja pohjaveden pilaantumista ja terveysvaikutuksia niin ihmisiin, kasveihin kuin eläinkuntaan (Starck et al. 2008).



Kuva 11. Autonkorjauksen jätteiden käsittelystä ja varastoinnista vapautuvista päästöistä aiheutuvien vaikutusten muodostumista kuvaava käsitteellinen malli.

Kartonkijäte

Kartonkijätteen käsittelyssä ja varastoinnissa voi vapautua pölyä, endotoksiineja, mikrobeja ja työkoneista tulevia pakokaasuja (kuva 12). Vaikka niiden pitoisuudet ilmassa ovat mittaustulosten mukaan olleet pieniä, on tässä haluttu kuvata kaikkien altisteiden mahdolliset vaikutukset ympäristöön ja työympäristöön. Kartonkijätteestä voi mahdollisesti vapautua varastointikentällä kartonkipölyä, joka voi levitä vesien mukana.



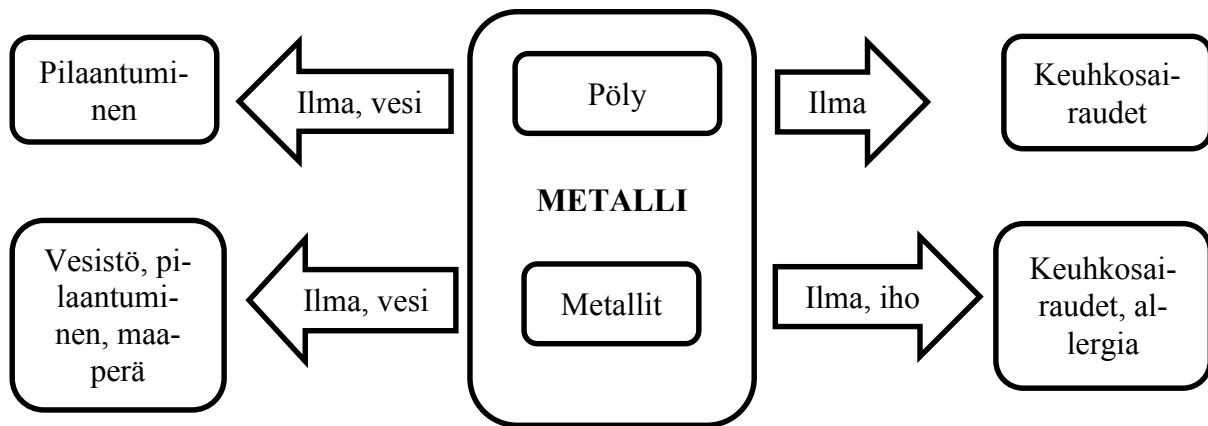
Kuva 12. Kartonkijätteen käsittelystä ja varastoinnista vapautuvista päästöistä aiheutuvien vaikutusten muodostumista kuvaava käsitteellinen malli.

Metallijäte

Metallijätteestä voi vapautua pölyä, metalleja tai metalliyhdisteitä erityisesti metallijätteen käsittelyn aikana (kuva 13). Varastoinnissa vapautuvat epäpuhtaudet ovat määrältään vähäistä pölyämistä tai hiukkasten kulkeutumista viemärointiin tai luontoon sadeveden tai lumien sulamisvesien mukana.

Metallipöly voi aiheuttaa työympäristössä altistumista keuhkosairauksille tai astmalle. Metallit voivat päätyä elimistöön hengityksen tai ihon kautta. Osa metalleista voi aiheuttaa allergisoitumista. (Vainio et al. 2005.)

Metallijätteen varastoinnista voi metalleja päätyä viemäroinnin kautta vesistöön sadevesistä tai lumen sulamisvesistä. Metallit voivat päätyä vesien mukana maaperään ja aiheuttaa muutoksia maaperässä esimerkiksi maa-aineksen pH-muutoksen myötä (Starck et al. 2008).



Kuva 13. Metallijätteen käsittelystä ja varastoinnista vapautuvista päästöistä aiheutuvien vaikutusten muodostumista kuvaava käsitteellinen malli.

4.3.2 Toimialojen keskimääräiset työympäristöpäästöt

Työterveyslaitoksen työhygieenisten selvitysten lausuntotietokannasta haettujen tietojen mukaan tutkittujen jätesektorin toimialoilla esiintyy useita päästölajeja. Seuraavissa taulukoissa 10 – 15 esitetään haastatteluissa mukana olleille jättejakeille arvioidut ilman epäpuhtauksien pitoisuudet prosenttiosuuksina raja-arvosta, jolloin alle 100 % jäävät pitoisuudet ovat alle haitalliseksi tunnetun pitoisuuden. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet ovat joissakin tapauksissa muuttuneet, yleensä pienentyneet, vuosien kuluessa, joten prosenttiosuuksia raja-arvoon verratessa voidaan käyttää kaikkia mittaustuloksia, joissa on ollut sama näytteenkeräys- ja analysointimenetelmä. Taulukkoihin 10 – 15 on koottu pitoisuuksien vaihteluväli, mediaani, keskiarvo ja keskihajonta esitettynä osuuksina HTP_{8h}-arvoista. Lisäksi taulukoissa on esitetty näytteiden lukumäärä sekä HTP_{8h}-arvot tai niiden vaihteluväli.

REF-polttoaineen raaka-aineista sekä biojätteestä ilmaan vapautuneita mikrobeja olisi kannattavaa tarkastella mikrobilajeittain. Niiden lukumääriä ei esitetä tässä tarkastelussa asiantunteumuksen puutteen vuoksi.

Työterveyslaitoksen lausuntotietokannan perusteella tutkimuksen eri toimialoilla jätteistä vapautui seuraavia päästöjä.

Kohteen 1 toimiala

REF-jätteen käsittelyssä ja varastoinnissa vapautuvia ilman epäpuhtauksia ovat endotoksiinit, mikrobit ja pölyt. Mittaustietojen mukaan kaasumaisia yhdisteitä, kuten ammoniakkia, aldehydejä, orgaanisia happoja ja VOC-yhdisteitä, löytyi REF-polttoaineen päästöistä vain hyvin pieniä pitoisuuksia. Endotoksiinien raja-arvot vaihtelivat, koska mittauksia oli tehty pitkän aikavälin kuluessa. REF-jätteen käsittelyssä ja varastoinnissa sekä endotoksiinien että henkilökohtaisina näytteinä kerätyn orgaanisen pölyn pitoisuuksien keskiarvot ovat ylittäneet haitalliseksi tunnetut pitoisuudet (taulukko 10).

Taulukko 10. Työterveyslaitoksen tietokantaan tallennettujen REF-jätteen käsittelyn ja varastoinnin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien suhteet haitallisiksi tunnettuihin pitoisuuksiin (100 %).

Altiste	Vaihteluväli	Mediaani	Keskiarvo + keskihajonta	Näytteiden lukumäärä n	HTP-arvo (mg/m ³)
Endotoksiini					
Henkilökohtainen näyte	8 – 2 400	97	400 ± 740	12	90 – 200 EU/m ³
Kiinteä mitauspiste	1 – 37 000	56	1 800 ± 6700	32	90 – 200 EU/m ³
Orgaaninen pöly					
Henkilökohtainen näyte	2 – 3 600	32	200 ± 560	45	5
Kiinteä mitauspiste	1 – 690	8	60 ± 130	72	5

Kohteen 2 toimiala

Biojätteestä ilmaan vapautuvia epäpuhtauksia ovat mikrobit, endotoksiinit, VOC-yhdisteet, pöly, ammoniakki, pelkistyneet rikkiyhdisteet (rikkivety, metyylimerkaptani, dimetyylisulfidi) sekä muut kemialliset yhdisteet (taulukko 11). Hengitysvyöhykkeeltä biojätteen käsittelystä tai varastoinnista kerättyjä ammoniakkinäytteitä löytyi Työterveyslaitoksen lausuntoarkistosta vain yksi kappale, joten sitä ei esitetä tuloksissa pienen näytemäärän vuoksi.

Biojätteen käsittelyssä ja varastoinnissa endotoksiinien pitoisuuksien keskiarvo ylitti ohjeraja-arvon yli 10-kertaisesti. Orgaanisen pölyn ja ammoniakin keskiarvopitoisuudet olivat välillä 13 – 31 % HTP_{8h}-arvoista ja liuotinaineiden keskiarvopitoisuudet alle 1 % HTP_{8h}-arvosta.

Taulukko 11. Työterveyslaitoksen tietokantaan tallennettujen biojätteen käsittelyn ja varastoinnin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien suhteet haitallisiksi tunnettuihin pitoisuuksiin (100 %).

Altiste	Vaihteluväli	Mediaani	Keskiarvo + keskihajonta	Näytteiden lukumäärä n	HTP-arvo (mg/m ³)
Endotoksiini					
Henkilökoh- tainen näyte	1 – 7 600	22	1 500 ± 2 800	13	90 EU/m ³
Kiinteä mit- tauspiste	1 – 32 000	36	2 900 ± 6 500	73	90 EU/m ³
Orgaaninen pöly					
Henkilökoh- tainen näyte	2 – 37	4	10 ± 11	13	5
Kiinteä mit- tauspiste	0,2 – 160	12	25 ± 33	45	5
Liutotinat					
Henkilökoh- tainen näyte	0,01 – 2	0,04	0,2 ± 0,7	11	140 – 1900
Kiinteä mit- tauspiste	0,001 – 4	0,1	0,4 ± 0,8	48	140 – 1900
Ammoniakki					
Kiinteä mit- tauspiste	0,3 – 78	6	13 ± 18	35	14 – 18

Kohteen 3 toimiala

Kuivasta tuhkasta vapautuvia epäpuhtauksia ovat pöly, kvartsi ja käytetystä polttoaineesta riipuen useat metallit ja metalliyhdisteet, kuten alumiini, antimoni, arseeni, barium, kadmium, kromi, kupari, mangaani, molybdeeni, nikkeli, lyijy, rautaoksidi, seleeni, sinkkioksidi ja vanaadiinipentoksidi. Taulukossa 12 esitetyt epäorgaanisen pölyn ja metallien pitoisuudet koskevat kuivasta tuhkasta tehtyjä mittauksia, sillä kohteessa käsitelty märkätuhka on harvinaista ja päästömittausten tietokannasta ei löytynyt tietoa sen käsittelystä vapautuvista pitoisuuksista.

Kuivasta tuhkasta vapautuvien altisteiden keskiarvo on ylittänyt haitalliseksi tunnettujen pitoisuuksien raja-arvot kaikilla altisteilla kiinteissä mittauspisteissä sekä epäorgaanisella pölyllä hengitysvyöhykenäytteissä (taulukko 12). Henkilökohtaiset näytteet oli kerätty työntekijän hengitysvyöhykkeeltä hengityksensuojaimen ulkopuolelta, mikäli hengityksensuojain oli käytössä. Siten hengityksensuojaimia käyttävien työntekijöiden todellinen altistuminen oli esitettyjä keskiarvoja pienempää.

Henkilökohtaisena näytteenottona kerättyjä kvartsipitoisuuksia oli vain kaksi kappaletta, joista molempien näytteiden kvartsipitoisuus oli alle menetelmän määrittämissä ja alle 16 % HTP_{8h}-arvosta. Myös suurin osa kiinteissä mittauspisteissä kerättyjen näytteiden kvartsipitoisuuksista oli alle menetelmän määrittämissä. Kahdessa näytteessä oli saatu menetelmän määrittämissä

ylittävä pitoisuus; näissä molemmissa näytteissä kvartsin pitoisuus oli vähintään HTP_{8h}-arvon verran.

Taulukko 12. Työterveyslaitoksen tietokantaan tallennettujen kuivan tuhkan käsittelyn ja varastoinnin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien suhteet haitallisiksi tunnettuihin pitoisuuksiin (100 %).

Altiste	Vaihteluväli	Mediaani	Keskiarvo + keskihajonta	Näytteiden lukumäärä n	HTP-arvo (mg/m³)
Epäorgaaninen pöly					
Henkilökoh- tainen näyte	2 – 370	60	280 ± 640	25	10
Kiinteä mit- tauspiste	1 – 22 000	14	690 ± 3 400	42	10
Metallit					
Henkilökoh- tainen näyte	0,05 – 1 400	6	60 ± 180	85	0,005 – 5
Kiinteä mit- tauspiste	0,01 – 9 500	0,8	100 ± 730	191	0,005 – 5

Kohteen 4 toimiala

Autonkorjauksen jätteistä voi vapautua pölyä, öljyä, liuotainaineita ja muita kemiallisia yhdisteitä. Taulukon 13 mukaan autonkorjauksessa ilman epäpuhtauksien pitoisuudet olivat pieniä raja-arvoihin verrattuna. Isosyanaatit ovat herkästi allergisoivia yhdisteitä, joten niiden pitoisuudet on tarkoituksenmukaista pitää mahdollisimman pieninä kaikissa työvaiheissa (Starck et al. 2008). Epäorgaanisen pölyn näytteitä oli kerätty vain kahden työntekijän hengitysvyöhykkeiltä, joten nämä mittaustulokset jätetään esittämässä seuraavassa taulukossa.

Taulukko 13. Työterveyslaitoksen tietokantaan tallennettujen autonkorjauksen jätteiden käsittelyn ja varastoinnin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien suhteet haitallisiksi tunnettuihin pitoisuuksiin (100 %).

Altiste	Vaihteluväli	Mediaani	Keskiarvo + keskihajonta	Näytteiden lukumäärä n	HTP-arvo (mg/m ³)
Liuotinaineet					
Henkilökoh- tainen näyte	0,01 – 90	0,7	3 ± 9	149	140 – 1900
Kiinteä mit- tauspiste	0,004 – 16	0,3	1 ± 3	133	140 – 1900
Orgaaninen pöly					
Kiinteä mit- tauspiste	2 – 34	2	8 ± 12	7	5
Isosyanaatit					
Henkilökoh- tainen näyte	0,01 – 200	0,7	40 ± 70	12	0,035
Kiinteä mit- tauspiste	0,01 – 460	0,03	30 ± 110	22	0,035

Kohteen 5 toimiala

Kartonkijätteestä voi vapautua pölyä, mikrobeja ja endotoksiineja (taulukko 14). Työterveyslaitoksen lausuntoarkistossa endotoksiinien mittaustuloksia kartongin käsittelyssä oli vain viisi kappaletta, joten niiden tuloksia ei esitetä tässä pienen otannan vuoksi. Kartongista vapautuvan pölyn keskiarvopitoisuus oli lausuntotietokannasta haettujen tietojen perusteella pienehkö.

Taulukko 14. Työterveyslaitoksen tietokantaan tallennettujen kartonkijätteen käsittelyn ja varastoinnin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien suhteet haitallisiksi tunnettuihin pitoisuuksiin (100 %).

Altiste	Vaihteluväli	Mediaani	Keskiarvo + keskihajonta	Näytteiden lukumäärä n	HTP-arvo (mg/m ³)
Orgaaninen pöly					
Henkilökoh- tainen näyte	1,2 – 100	8	15 ± 22	42	5
Kiinteä mit- tauspiste	0,4 – 130	2	8 ± 20	48	5

Kohteen 6 toimiala

Metallijätteestä voi käsittelyn aikana vapautua pölyä, joka sisältää käsiteltäviä metalleja ja niiden metallisia yhdisteitä, kuten alumiinia, arseenia, kadmiumia, kobolttia, kromiyhdisteitä, kuparia, lyijyä, mangaania, nikkeliyhdisteitä, rautaoksidia, sinkkioksidia ja vanadiinipentoksidia

(taulukko 15). Sekä pölyn että metallien keskiarvopitoisuudet olivat matalia metallijätteen käsittelyssä ja varastoinnissa.

Taulukko 15. Työterveyslaitoksen tietokantaan tallennettujen metallijätteen käsittelyn ja varastoinnin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien suhteet haitallisiksi tunnettuihin pitoisuuksiin (100 %). Metallipitoisuudet ovat yksittäisten metallien pitoisuuksia.

Altiste	Vaihteluväli	Mediaani	Keskiarvo + keskihajonta	Näytteiden lukumäärä n	HTP-arvo (mg/m ³)
Epäorgaaninen pöly					
Henkilökoh- tainen näyte	2 – 50	14	19 ± 15	14	10
Kiinteä mit- tauspiste	3 – 32	19	18 ± 9	8	10
Metallit					
Henkilökoh- tainen näyte	0,002 – 34	1	5 ± 9	62	0,005 – 5
Kiinteä mit- tauspiste	0,04 – 30	2,2	5 ± 7	56	0,005 – 5

4.3.3 Riskinarviointi työympäristöpäästöjen perusteella

Jäteperäisille päästöille tehtiin riskinarviointi Työterveyslaitoksen päästötietokannasta saatujen pitoisuuksien pohjalta standardissa BS 18004:2008 olevaa riskinarviointimatriisia (ks. luku 2.2.8, taulukot 3-5) käyttäen (taulukko 16).

Taulukko 16. Riskinarviointi päästötietokannan pitoisuuksien pohjalta.

Toimiala	Altiste	Vaaraluokka	Vaaran aiheutumisen todennäköisyys	Riskin todennäköisyys
REF	Endotoksiini	Kohtuullinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin korkea
	Orgaaninen pöly	Kohtuullinen	Todennäköinen / Erittäin todennäköinen	Korkea / Erittäin korkea
Biojäte	Endotoksiini	Kohtuullinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin korkea
	Orgaaninen pöly	Kohtuullinen	Epätodennäköinen	Keskimääräinen
	Liuottimet	Kohtuullinen	Erittäin epätodennäköinen	Erittäin matala
	Ammoniakki	Kohtuullinen	Epätodennäköinen	Keskimääräinen
Tuhka	Epäorgaaninen pöly	Kohtuullinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin korkea
	Metallit	Liiallinen	Todennäköinen / Erittäin todennäköinen	Korkea / Erittäin korkea
Autokorjaamo	Liuottimet	Kohtuullinen	Erittäin epätodennäköinen	Erittäin matala
	Orgaaninen pöly	Kohtuullinen	Erittäin epätodennäköinen	Erittäin matala
	Isosyanaatit	Liiallinen	Epätodennäköinen	Erittäin korkea
Kartonki	Orgaaninen pöly	Kohtuullinen	Epätodennäköinen / Erittäin epätodennäköinen	Keskimääräinen / Erittäin matala
Metalli	Epäorgaaninen pöly	Kohtuullinen	Epätodennäköinen	Keskimääräinen
	Metallit	Liiallinen	Erittäin epätodennäköinen	Korkea

4.3.4 Aiemmin tehtyjen riskinarviointien riittävyys

Tutkimuskohteiden tekemissä riskinarvioinneissa oli yleensä kiinnitetty huomiota tapaturmaa aiheuttaviin vaaroihin päästöistä aiheutuvien vaarojen arvioimisen sijaan. Kaksi kolmasosa tutkimuskohteista oli tehnyt riskinarviointia jätteenkäsittelyn ja -varastoinnin päästöistä. Riskinarviointi oli tehty työpaikalla oman henkilökunnan voimin. Usein myös työterveyshuolto oli tehnyt työpaikkaselvityksen, jossa arvioitiin työn tekemisen riskejä työterveyshuollon näkökulmasta. Jäteperäisille päästöille riskinarvioinnit tehneet toimijat olivat arvioineet riskit kattavasti ja myös toteuttaneet riskinhallinnan toimenpiteitä.

Yksi toimija ei ollut tehnyt kirjallista riskinarviointia päästöjen suhteen, vaikka riskinhallintatoimet olivat kattavia. Lisäksi yksi toimija ei ollut tehnyt erikseen riskinarviointia jätteestä ilmaan vapautuville päästöille, vaikkakin työympäristön muihin, erityisesti tapaturmariskien, vähentämiseen oli kiinnitetty huomiota.

Riskejä oli arvioitu myös ympäristöluvan hakuvaiheessa, jolloin oli tarkasteltu erityisesti toiminnan aiheuttamia riskejä ympäristölle. Lisäksi toimijoilla saattoi olla velvoitteita arvioida räjähdysvaarallisten, ns. Ex-tilojen vaaroja räjähdysuoja-asiakirjoissa. Tuhkan aiheuttamia riskejä oli arvioitu analysoimalla tuhkan kemiallista koostumusta säännöllisin väliajoin. Lisäksi esimerkiksi autokorjaamolla oli mitattu autojen pakokaasuissa olevan hiilidioksidin pitoisuutta korjaamon työilmassa.

Tutkimuskohteiden toimijat käyttivät esimerkiksi riskinarviointilomakkeita tai valmiita arviointipohjia. Lomakkeiden kysymykset kattoivat kemiallisten ja biologisten vaaratekijöiden ohella myös esimerkiksi ympäristönäkökohdat, ympäristövaikutukset sekä tapaturma- ja onnettomuusvaarat.

Riskinarvioinnin tueksi tutkimuskohteet eivät olleet teettäneet työhygieenisia selvityksiä, joissa olisi mittauksin arvioitu ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien aiheuttamat riskit työntekijöiden terveydelle ja turvallisuudelle. Osa toimijoista oli tehnyt ympäristöluvan vaatimusten mukaisia ympäristömelun mittauksia.

Tutkimuskohteista vain yhdelle oli tullut palautetta lähiseudun asukkailta haisevien jätepäästöjen vuoksi. Muissa tutkimuskohteissa jätteenkäsittely ja -varastointi aiheuttivat vain vähän hajupäästöjä tai asutus oli sijoittunut etäämmäksi jätteenkäsittelyn ja -varastoinnin alueelta.

4.3.5 Päästöjen tekninen hallinta

Jätteistä vapautuvien päästöjen leviämistä oli tutkimuskohteissa rajoitettu erilaisin toimenpitein. Monissa kohteissa käytettyä tekniikkaa oli verrattu BAT-vertailuasiakirjoihin vähintään ympäristöluvan hakuvaiheessa. Lisäksi työympäristössä jäteperäisille päästöille altistumista oli vähennetty käyttämällä erilaisia työkoneita, jolloin työntekijöiden ei tarvinnut esimerkiksi lajitella jätteitä käsin. Saapuvat jäte-erät tarkastettiin ennen purkamista, joten asiaankuulumatonta jätettä ei päässyt menemään puhtaiden jätejakeiden sekaan. Asiakkaat pääsivät tyhjentämään tuomansa lajiteltujen hyötyjätteiden kuorman vain valvotusti.

Jätteenkäsittelyn tilat oli osastoitu, jolloin jäteperäiset päästöt eivät voineet levitä puhtaammissa tiloista likaisempiin tiloihin. Lisäksi yhdessä jätettä käsittelevässä kohteessa ilmanvaihto oli rakennettu siten, että puhdas ilma tuotiin ensin toimisto- ja muihin ns. puhtaisiin tiloihin ennen sen kierrättämistä jätteenkäsittelyn ja -varastoinnin tiloihin. Käytössä oli myös kohdepoistoja vähentämään ilmatilaan vapautuvien päästöjen pitoisuuksia pistemäisten päästölähteen välittömässä läheisyydessä.

Jäteperäisten päästöjen vapautumista ulkoilmaan oli biojätteen käsittelyssä rajoitettu alipaineistamalla hallitila, jolloin ulko-ovia tai hallin luokkuja avattaessa haisevia päästöjä ei päässyt vapautumaan ulkoilmaan. Poistoilma oli johdettu biosuotimelle ennen kuin se puhdistettuna vapautettiin ulkoilmaan. Myös ulkona olevista jätesäiliöistä oli rakennettu poistoimut suoraan biosuotimelle.

Tuhkan hallitsematonta leviämistä ja pölyämistä rajoitettiin veden avulla. Kuiva tuhka joutui kosketuksiin veden kanssa polttokattilasta poistuessaan. Muodostunut märkätuhka siirrettiin

kuljettimella varastoitavaksi vaihtolavalle. Märkätuhka kuljetettiin varastointiin käytettävällä vaihtolavalla suoraan loppukäyttäjälle, jolloin erillistä tuhkan siirtoa ei tarvinnut tehdä polttolaitoksen tiloissa. Polttoprosessi oli myös automatisoitu siten, ettei työntekijöiden tarvinnut altistua normaalin työpäivän aikana polton tuhkalta.

Jätteistä vapautuvien päästöjen hallintaa voitiin tehdä myös puhaltimilla, jolloin ilmavirtaus kulki jätteenkäsittelyn työpisteen sekä hallitilan läpi. Tällöin työntekijä pystyi sijoittumaan pölyvästä kohteesta katsottuna puhtaan ilmavirran puolelle, jolloin altistuminen oli mahdollisimman vähäistä.

Työtehtävissä jäteperäisille päästöille altistumista vähennettiin eristämällä ilman epäpuhtaudet esimerkiksi rakentamalla koneille ja laitteille koteloinnit. Pölynpoistohuuvua käyttämällä pyrittiin hallitusti keräämään työvaiheesta vapautuva pöly sekä estämään pölyn leviäminen työilmaan.

Laitoksen suunnitteluvaiheessa oli kiinnitetty huomiota ohjainlaitteiden käyttöön. Perinteisesti työvaiheita ohjattiin valvomosta, jolloin ohjainlaitteet oli sijoitettu ainoastaan valvomoon. Tällöin vikatilanteissa tarvittiin kaksi työntekijää selvittämään tilanne, sillä toinen pysäytti laitteistot valvomosta ja toinen oli viallisen laitteiston luona tekemässä korjauksia. Rakennusvaiheessa suunniteltiin ohjainlaitteiden sijoittaminen myös laitteiston läheisyyteen, joten toiminnassa voitiin käyttää joko tietokoneohjausta tai käsiohjausta. Siten vikaselvityksessä ei tarvittu kahta työntekijää. Tämä oli tärkeää erityisesti päivystysaikoina, jolloin voitiin esimerkiksi joutua poistamaan kuljettimilta sinne jättemateriaalin mukana joutuneita epäpuhtauksia.

Työympäristössä jäteperäisille päästöille altistumista voitiin vähentää ilmastoiduilla työkoneiden hyteillä. Työkoneiden hyttien ilmansuodattimet oli vaihdettava säännöllisesti, jotta hyttiin saatiin puhdasta tuloilmaa. Työkoneiden hyteissä työskenneltäessä oli hytin ovi ja ikkunat pidettävä suljettuina, jotta hyttiin tuleva ilma kiersi ilmansuodattimen kautta. Samalla oli kiinnitettävä huomiota työkoneiden hyttien lämpöoloihin erityisesti kesällä.

Päästöjen vapautumista työilmaan rajoitettiin myös rakentamalla jätteen varastointialue erilliseen tilaan muusta työtilasta. Siten jäteperäiset päästöt rajattiin seinärakenteilla ja jätettä pois kuljetettaessa ei altistuttu varsinaisille prosessin päästöille. Tämä lisäsi myös ulkopuolisen alirakoitsijan turvallisuutta jättesäiliötä tyhjennettäessä.

Jätepäästöjen teknisinä hallintakeinoina autokorjaamossa oli kattoon asennetut pakokaasuimurin letkurullat, jolloin autojen pakokaasut saatiin poistettua korjaamohallista eivätkä ne levinneet hallitilaan hallitsemattomasti. Tarvittaessa voitiin käyttää myös irtoletkuja pakokaasujen poistamiseen.

Jätteiden varastointiin käytettävät hallit ja alueet oli suojattu tiiviillä pohjakerroksella tai asfaltoinnilla, jolloin jätteet eivät päässeet imeytymään maahan. Jätteenkäsittelyalueelta tullut jätevesi johdettiin puhdistettavaksi jätevedenpuhdistamolle. Viemäreissä oli öljynerottimet, joten öljypitoiset jätepäästöt eivät levinneet viemäroinnin kautta vesistöihin. Esimerkiksi nämä tekniikat olivat BAT-vertailuasiakirjojen mukaista tekniikkaa.

Pienet, kotitalousjätteisiin verrattavat jäte-erät lajiteltiin työpaikalla paikkakunnan lajitteluohjeistuksen mukaisesti. Jätteet vietiin kannellisiin jäteastioihin, joista ne tyhjennettiin säännöl-

lisesti. Siten toiminta-alue pysyi siistinä ja samalla vähennettiin kompastumisen tai muun tapaturman vaaraa. Roskaantumista oli estetty myös aitaamalla toiminta-alue, etteivät pienikokoiset, jätteiden käsittelystä aiheutuvat roskat levinneet tuulen mukana ympäristöön.

Päästöistä aiheutuville epäpuhtauksille altistumista voitiin hallita ilmastoiduilla ja säännöllisesti siivottavilla sosiaalituloilla. Työpäivän jälkeistä peseytymistä varten oli rakennettu sopivat peseytymistilat. Huolellinen käsihygienia oli tärkeää, etteivät epäpuhtaudet päässeet työpäivän aikana leviämään käsien kautta elimistöön. Säännölliset työterveystarkastukset olivat myös olennainen työntekijöiden sairastavuuteen ennaltaehkäisevästi vaikuttava toimenpide.

Mikäli tekniset toimenpiteet eivät olleet riittäviä, työntekijät käyttivät hengityksensuojaimia työperäisen altistumisen vähentämiseksi. Hengityksensuojaimia käytettiin usein myös huolto- ja kunnossapitotöissä, jolloin voitiin altistua huomattavasti normaalitilannetta suuremmille päästöille. Lisäksi työntekijät käyttivät tarvittaessa työvaatetusta, suojakäsineitä, turvajalkineita sekä silmiensuojaimia.

Esimerkiksi polttokattilan sisällä voi olla sekä lentotuhkaa että pohjakuonaa altistamassa huoltotöitä tekeviä työntekijöitä. Koska lentotuhka oli hienojakoista, huoltotöissä laitosmies käytti haalareita sekä ylipaineistettua ja moottoroitua hengityksensuojainta, jos joutui menemään tulipesään. Lentotuhka kerättiin multisyklonin avulla talteen ja siirrettiin märkätuhkan kanssa samalle siirtolavakontille.

Jätteenkäsittelyn tiloissa ylimääräinen, esimerkiksi tupakoinnista aiheutuva altistuminen oli usein estetty kieltämällä tupakointi. Erityisesti helposti palavaa jätemateriaalia käsiteltäessä tulenteko alueella oli kielletty. Lisäksi työturvallisuutta parannettiin esimerkiksi riittävällä ja automaattisesti liiketunnistimella syttyvällä valaistuksella. Tärkeintä oli kuitenkin työntekijöiden sekä työnjohdon suhtautuminen työturvallisuuteen. Haastattelujen perusteella työturvallisuus- ja terveysajattelussa ja -kulttuurissa oli tapahtunut positiivinen muutos viimeisten vuosien aikana ja tänä aikana esimerkiksi työtapaturmien määrä oli laskenut.

4.3.6 Päästöjen seuranta

Jätteenkäsittelystä ja -varastoinnista vapautuvia päästöjä valvotaan viranomaisvoimin. Jäteperäisiä päästöjä ei tutkimuskohteissa seurattu mittaavilla menetelmillä jokapäiväisesti, sillä suurin osa toiminnanharjoittajista koki päästöt pieniksi tai niiden mittaamiseen ei ollut sopivia menetelmiä. Ympäristöluvissa oli velvoitteita lähinnä alueelta lähtevien jätevesien seurantaan tai esimerkiksi tuhkan laadun määrittämiseen, mikäli sen loppukäyttö muuttuisi nykyisestä metsälannoituskäytöstä. Tuhka oli aikaisemmin todettu liian metallipitoiseksi peltolannoitteena käytettäväksi.

Tutkimuskohteissa jäteperäisten päästöjen valvontaan ei ollut yleensä velvoitettu eikä nähty siihen tarvetta. Päästöjä voitiin vähentää myös jätemateriaalin nopealla käsittelyllä. Esimerkiksi kartonkijätteen syväkeräysastiat täyttyivät nopeasti ja ne tyhjennettiin jopa kaksi kertaa viikossa, joten niissä olevat jätemateriaalit eivät ehdi aiheuttaa hajupäästöjä.

Vapautuvien ilmapäästöjen ympäristö- ja hajuhaittoja vähennettiin puhdistamalla jäteperäisiä päästöjä hajukaasupesurilla ja biosuotimella. Biopolttoainetta käyttävällä polttolaitoksella seurattiin polton savukaasujen koostumusta säännöllisesti ympäristöluvan velvoitteiden mukaisesti. Polttoprosessista muodostuva märkätuhka levitettiin hallitusti metsälannoitteeksi.

Tutkimuskohteina olleiden toimijoiden jätejakeista vain biojätteestä, märkätuhkasta ja auto-
korjaamon nestemäisistä jätteistä voi vapautua esimerkiksi suotovesiä. Lisäksi ulkotiloissa va-
rastoitavista jätejakeista voi sateen tai lumen sulamisen vaikutuksesta irrota pieniä määriä epä-
puhtauksia jätevesiin. Jätteenkäsittelyn tilat oli ympäristölupien mukaisesti rakennettu betoni-
lattian tai asfaltoidun kentän päälle. Vedet kerättiin viemärointiin ja johdettiin jätevedenpuh-
distamolle. Siten esimerkiksi autokorjaamossa mahdollisesti maahan vapautuvat jätepäästöt,
kuten hiekat, ruostepölyt, öljyt jne. valuivat öljynerotuskaivoon. Biojätteen käsittelystä tulleet
vedet käytettiin esimerkiksi biojätteen mädätysprosessissa laimennusvetenä, jolloin prosessista
ei lainkaan vapautunut likaisia vesiä puhdistettavaksi. Osa vedestä meni biolietteen mukana
peltolannoitteeksi.

Jäteperäisten päästöjen aiheuttama viihtyvyyshaitta lähiympäristön asukkaille oli haastattelu-
tulosten perusteella vähäistä. Haasteellisimpia kohteita olivat vanhojen jätteenkäsittelylaitos-
ten yhteyteen perustetut toiminnot, joissa käsiteltiin haisevia jätejakeita. Tuulen voimakkuu-
della ja suunnalla oli vaikutusta lähiseudun asukkaiden kokemaan viihtyvyyteen. Uudemmat
toiminnot oli jo kaavoitusvaiheessa sijoitettu siten, ettei lähistöllä ollut asutusta. Lisäksi ympä-
ristöluvissa velvoitettiin sulkemaan haisevat yhdisteet sisätiloihin ennen niiden johtamista puh-
distettavaksi ja sitä kautta ulkoilmaan.

4.3.7 Kehittämisehdotukset

Käsitteellisiin malleihin sekä riskinarviointiin perustuen on koottu toimialoittain kehittämiseh-
dotuksia. Taulukkoon 17 on koottu keskeisimmät kehittämisehdotukset, joiden pohjaksi tarvit-
tavat lisätiedot toimialasta/kohteesta sekä tutkimustarpeet on myös esitetty taulukossa. Toi-
menpiteiden kiireellisyysaste pohjautuu riskinarviointiin (taulukko 16). Kaikissa kartoitetuissa
toimialakohteissa oli tehty periaatteessa suhteellisen monia riskejä alentavia toimia ja varautu-
minen erilaisiin riskeihin oli korkealla tasolla. Monet tutkimuskohteet kokivat jätteiden käsit-
telystä ja varastoinnista vapautuvien päästöjen määrät pieniksi.

Taulukko 17. Käsitteellisten mallien pohjalta luodut toimialakohtaiset kehittämisehdotukset.

Toimiala	Tarvittavat lisätiedot	Lisätutkimustarve	Kehittämiskohdet	Toimenpiteiden kiireellisyysaste
REF	Epäpuhtauspitoisuudet jätteen käsittelyssä		Pölyämisen estäminen, ilmanvaihto, työkoneiden kotelointi, työtavat, hygieniaohjeet	Korkea/erittäin korkea
Biojäte	Epäpuhtauspitoisuudet jätteen välivarastoinnissa ja käsittelyssä		Syöttöjärjestelmän kattaminen, valvomon eteistilan rakentaminen, hygieniaohjeet, suojainten käyttö	Erittäin korkea (endotoksiinit), muuten keskimääräinen
Tuhka		Tuhkan sisältämien metallien vaikutukset	Varastointitilan erottaminen, häkääksun ilmaistimen käyttö, suojakäsineiden käyttö, hygieniaohjeet	Erittäin korkea (kuivatuhka)
Autokeemikaalit	Kemikaalien turvallinen käyttö, riskinarviointi		Riskinarviointi, poistoimuletkut, hengityksensuojainten käyttö	Erittäin korkea (isosyanaatit), muuten erittäin matala
Kartonki		Kaasujen ja mikroobien vapautuminen	Siivoustavat	Keskimääräinen
Metalli		Rakennusjätteen lajittelussa vapautuvat epäpuhtaudet		Keskimääräinen

4.4 Onnettomuustilanteisiin varautuminen

Haastattelutulosten perusteella jätesektorin toimijat olivat varautuneet onnettomuustilanteisiin kattavasti. Jätteenkäsittelyssä ja -varastoinnissa esiintyviä onnettomuusriskejä oli arvioitu ja pyritty pienentämään erilaisin keinoin. Yksi toimija oli käyttänyt onnettomuusriskin arvioimiseen vakuutusyhtiön tarjoamaa riskinarviointimallia. Tapahtuneiden onnettomuuksien syiden huolellinen käsittely ja poistaminen koettiin tärkeänä lisäonnettomuuksien estämiseksi. Toimijat olivat varautuneet onnettomuustilanteisiin hyvin ja jätteenkäsittelyssä tai -varastoinnissa ei ollut tapahtunut merkittäviä onnettomuuksia.

Palavan jätteen käsittelyssä toimijat olivat varautuneet tulipalon riskiin esimerkiksi laatimalla pelastussuunnitelman, varaamalla riittävästi alkusammutuskalustoa sekä kieltämällä tupakoinnin alueella. Myös toimintaohjeet oli laadittu palokunnan opastamiseen paikalle, sillä jätteenkäsittelyn alueelle voi johtaa useampi sisäänkäynti tai risteys. Tulipalon vaaraa oli pienennetty myös puhdistamalla ja huoltamalla jätteenkäsittelyyn käytettävät laitteet ja työkoneet säännöllisesti. Laitteiden ja työkoneiden mahdollinen kuumeneminen pyrittiin havainnoimaan varhaisessa vaiheessa. Osa jätteen käsittelyyn käytettävistä laitteista toimii sähkövirralla, joten mahdollisessa häiriötilanteessa sähköstä aiheutuvan tulipalon vaara oli huomioitava.

Yhdessä tutkimuskohteessa onnettomuusriskiin oli varauduttu palo-osastoinnilla. Hitsauskipinästä lähtevän tulipalon riski oli minimoitu osastoinnilla tulityötila. Jos käsiteltävä jätejäte ei ollut tulenarkaa, onnettomuusriskeissä huomioitiin tulipalon leviämisen riski yrityksen viereisellä alueella jätteenkäsittelyn ja siirtokuormauksen alueelta.

Tutkimuskohteissa ei ollut käytössä merkittäviä määriä vaarallisia kemikaaleja, joten kemikaaliohjeiden riski koettiin vähäisenä. Kemikaaleja käytävissä kohteissa saatavilla oli käytöturvallisuustiedotteet ja osassa myös kemikaaliluettelo. Käyttöturvallisuustiedotteiden avulla voitiin ennakoita onnettomuustilanteita ja niistä saatiin tietoa kemikaalien vaaraominaisuuksista sekä ohjeita onnettomuustilanteisiin.

Onnettomuustilanteisiin varautumista sekä jatkuvaa riskien hallintaa voidaan tehdä turvallisuuspoikkeamien ja/tai läheltä-piti-tilanteiden säännöllisellä kirjaamisella. Useassa tutkimuskohteessa työntekijöiden määrä oli kuitenkin pieni ja organisaatio matala. Tällöin turvallisuuspoikkeamia ei välttämättä kirjattu erikseen, vaan viikoittaisessa tai jokapäiväisessä palaverissa tai esimerkiksi aamukahvitauolla tuotiin esille turvallisuutta heikentävät tekijät ja sovittiin heti toimenpiteistä, joilla turvallisuutta voitiin parantaa.

Osassa tutkimuskohteista onnettomuus- ja läheltä-piti-tilanteita seurattiin säännöllisesti. Lisäksi työntekijöitä oli ohjeistettu tekemään vaaratilanneilmoituksia ja niitä kirjattiin joitakin kappaleita vuodessa. Osassa yrityksistä saatiin viikoittain sähköpostitse tietoa läheltä-piti-tilanteista alan muilta toimijoilta ja katto-organisaatiolta.

Onnettomuustilanteissa aiheutuvia vahinkoja estettiin käyttämällä sopivia henkilönsuojaimia, kuten suojakäsineitä, suojalaseja, turvakengkiä sekä hengityksensuojaimia. Lisäksi haastatellut toimijat pyrkivät välttämään työssä tapahtuvia onnettomuuksia huolellisella perehdytyksellä, joka on ohjeistettu ja dokumentoituin perehdytyksen päätyttyä. Laitteperehdytystä tehtiin työhön perehdytyksen lisäksi. Useat toimijat olivat varautuneet onnettomuustilanteisiin esimerkiksi varaamalla jätteen käsittelyalustaan öljynimeytysaineita. Likaiset imeytysaineet laitettiin öljynkeräysastiaan.

Toiminnassa varauduttiin onnettomuustilanteisiin perehdyttämisen lisäksi työturvallisuus-, ensiapu- ja tulityökorttien käytöllä, alkusammutusharjoituksilla, hätäpoistumisharjoituksilla, palotarkastuksilla, auditoinnin yhteydessä saatavalla palautteella sekä sisäisillä auditoinneilla. Yksityöskentelyyn oli yhdessä tutkimuskohteessa laadittu ohjeet ja käyty läpi mahdolliset tästä aiheutuvat vaaratilanteet sekä ohjeistettu turvalliseen työskentelyyn.

Jätteenkäsittelyn ja –varastoinnin tilojen esteettömyydellä sekä siisteydellä vähennetään tapaturmia ja mahdollisia onnettomuustilanteita. Haastattelutulosten perusteella viimeisten vuosien tai vuosikymmenen aikana oli tapahtunut merkittävä asennemuutos siisteyden ja turvallisuuden

ylläpidossa. Useat toimijat kokivat turvallisuuskulttuurin jokapäiväiseksi osaksi työtä. Siisteyden tiedettiin myös parantavan viihtyvyyttä, jolloin työn tehokkuus kasvoi. Ympäristö pidettiin siistinä ja puhtaana ja esimerkiksi työn loputtua siivottiin jäljet.

5 TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Haastattelu- ja tietokantatulosten arviointi

Tutkimuskohteiden valinta oli satunnaista ja perustui kohteiden vapaaehtoisuuteen ja myöntyvyyteen. Haastattelijalla ei kaikissa tapauksissa ollut tarkkaa tietoa kohteessa jätteille tehtävästä käsittelystä tai toiminnan laajuudesta ennen haastattelua. Siten toiminta saattoi olla alkuoletusta pienimuotoisempaa tai jätteen käsittelystä vapautuvat päästöt vähäisiä. Koska haastattelun tarkoituksena oli erityisesti riskinarvioinnin arvioiminen ja kehittämiskohteiden etsiminen, kaikki haastattelutilanteet olivat yhtä arvokkaita tiedon saannin kannalta.

Työterveyslaitoksen päästötietokannasta saatujen pitoisuuksien ja tutkimuskohteissa tehtyjen haastattelujen perusteella jokaiselle tarkastellulle jätelajille laadittiin riskien muodostumista kuvaavat käsitteelliset mallit. Riskinarvioinnin ja –hallinnan kehittämistarpeita tarkasteltiin aikaisemmin luvussa 4.3.7, taulukko 17.

5.1.1 Yhteenvedo haastatteluissa tunnistetuista kehittämistarpeista

Yhtenä keskeisimpänä kehittämiskohteena jätealan toimijoiden riskinarvioinnissa oli haastattelun tulosten perusteella tiedon saaminen ja hyödyntäminen jätteiden päästöistä aiheutuvista riskeistä. Monella toimijalla oli kokemusperäistä tietoa ja sitä hyödynnettiin jokapäiväisessä työssä. Samalla pyrittiin minimoimaan työstä aiheutuvat turvallisuus- ja terveystriskit. Riskinarviointia ja -hallintaa ei aina dokumentoitu.

Laatu- ja/tai ympäristönhallintajärjestelmiä käyttävillä toimijoilla oli erityisesti ympäristöriskien arviointi dokumentoitu järjestelmällisesti. Laatu- ja ympäristönhallintajärjestelmissä ei ole kuitenkaan kiinnitetty huomiota työturvallisuusriskeihin. Tämä koettiin haasteena erilaisia riskejä arvioitaessa. Kehittämisen kohteena yhdellä toimijalla olikin laatu-, ympäristö- ja työturvallisuusriskien arvioinnin yhdenmukainen ja yhtäaikainen arviointi tulevaisuudessa.

Haastatteluissa tuli laajasti esille toiminnan monipuolistuminen ja alalla vallitseva jatkuva muutostila. Toimijat pyrkivät toisaalla kehittämään omaa toimintaansa ja toisaalla kehittymiseen kannusti muuttuva lainsäädäntö, joka velvoitti toimijoita tekemään muutoksia. Hyvänä esimerkkinä alan laajasta muutostilasta oli pakkausjätteiden keräyksen siirtyminen kunnallisilta jäteyhtiöiltä tuottajayhteisöille vuoden 2016 alussa (YLE 5.2.2016).

Yhdessä tutkimuskohteessa oli yrityksen omistajavaihdoksen yhteydessä laadittu laatukäsikirja, johon oli tehty ohjeet kaikkeen yrityksessä tapahtuvaan toimintaan. Ohjeiden laatiminen oli koettu erinomaisena tapana perehtyä yrityksen ja jätealan toimintaan. Tätä toimintamuotoa voisi suositella kaikille toimijoille. Laatuohjeiden laadinta vaatii innostuneisuutta, aikaa ja pitkäjänteisyyttä. Ohjeiden etuna on kuitenkin dokumentoinnin pysyvyys ja tiedon katkeamaton saatavuus myös yllättävissä tilanteissa, kuten äkillisissä sairastapauksissa.

Laatuohjeissa voisi olla myös ohjeistus riskinarviointiin. Ohjeet voidaan laatia siten, että käsitellään jokainen työvaihe ja sen riskit yksityiskohtaisesti. Toisena vaihtoehtona on miettiä erilaisia riskejä ja etsiä kaikki työvaiheet, joissa yksittäinen riski voi vaikuttaa työn tekemisen terveyteen ja turvallisuuteen.

Yhteenvedona haastattelun tuloksina muokkautuneet kehittämiskohteet olivat

- riskinarvioinnin tekeminen eri jätteille ja niistä vapautuville päästöille
- riskinarviointia ja –menetelmiä koskeva koulutus, kuten ulkopuolisten asiantuntijoiden käyttö sekä työterveyshuollon tekemä työpaikkaselvitys ja riskinarviointi
- saataville helppokäyttöinen, yksinkertainen ja toimialakohtaisesti muokattava pohja riskinarviointiin
- erillisten laatu-, ympäristö- ja työturvallisuusjärjestelmien (samanaikainen) hyödyntäminen riskinarvioinnissa
- kemiallisten ja fysikaalisten riskien huomiointi työturvallisuusriskien lisäksi
- organisaation resurssien tehokas käyttö
- matalan organisaation ketteryys riskinhallinnassa
- pienten yritysten riskinarvioinnissa työvoiman ja osaamisen riittävyys
- verkostoituminen esimerkiksi tuottajayhteisön kautta, jolloin hyviä käytäntöjä voidaan jakaa muillekin ja sitä kautta saadaan riskinarviointia, -hallintaa ja turvallisuutta parannettua entisestään.

5.1.2 Tulevaisuuden kehittämismatriisi

Kehittämiskohteet on koottu kuvaan 14 haastattelututkimuksen vastausten sekä niiden pohjalta tehtyjen suuntaa antavien johtopäätösten avulla. Pienillä jätteenkäsittelyn ja varastoinnin toimijoilla ei aina ollut riittävästi tietoa riskinarvioinnista. Toimijat kokivat epävarmuutta riskinarvioinnin valmiiden mallien käytöstä tai he eivät tienneet niiden olemassaolosta. Riskinhallinta pohjautuu huolellisesti tehtyyn riskinarviointiin, joten tulevaisuuden kehittämismatriisissa on esitetty sekä riskinarvioinnin prosessi että arvioinnin pohjalta tehtävät riskinhallinnan toimenpiteet.

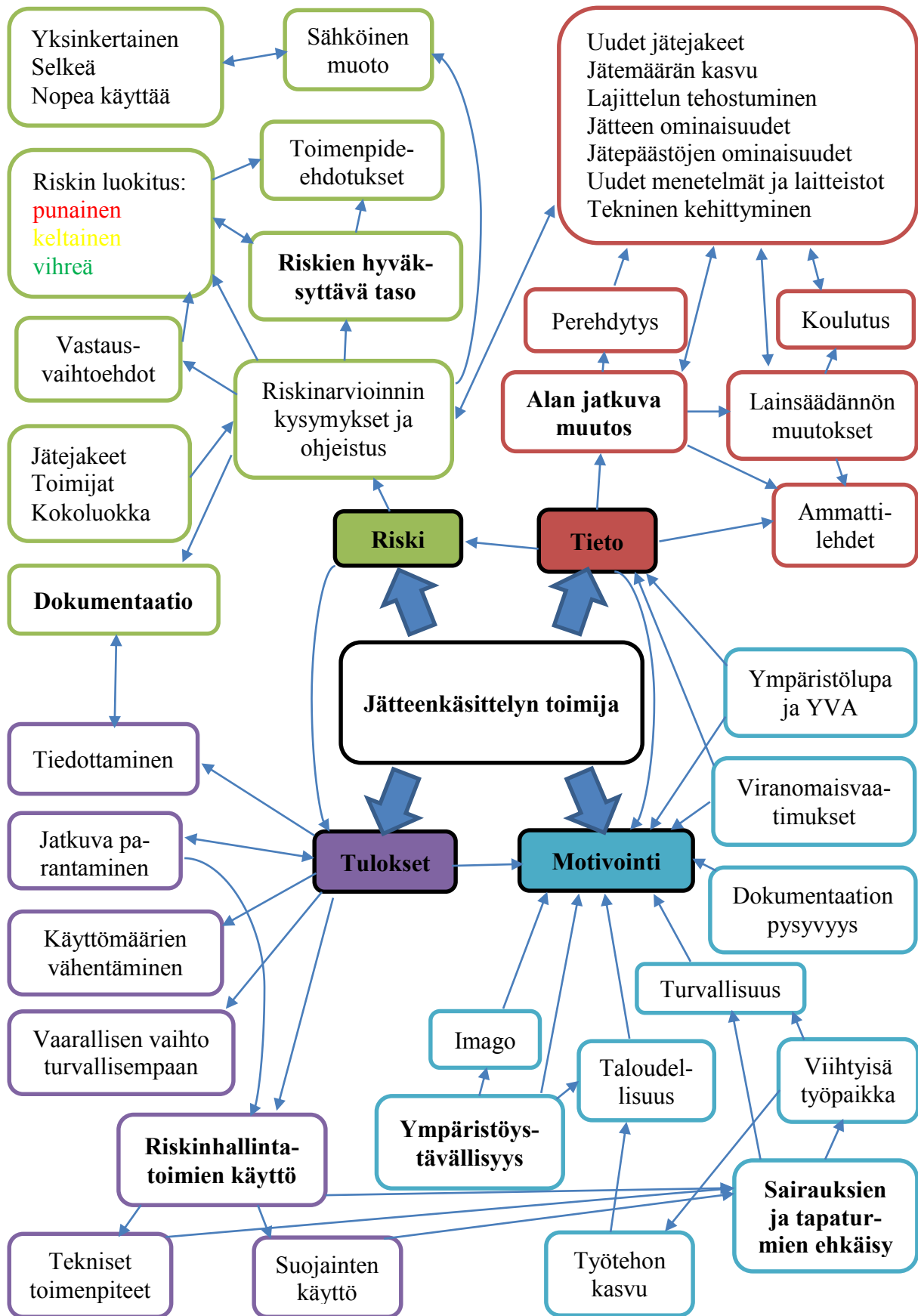
Jäteala muuttuu ja kehittyy ja sitä sääntelevä lainsäädäntö on myös jatkuvassa muutoksessa, joten jätesektorin toimijoiden on oltava alati tietoisia muutoksen tilanteesta ja muutoksen vaikutuksesta toimintaan (kuva 14). Jättemäärien kasvu esimerkiksi lajittelun tehostumisen seurauksena, jätteiden ominaisuuksien mahdolliset muutokset ja niiden vaikutukset jätteistä vapautuviin päästöihin tuovat haasteita jätesektorille. Uudet jätteenkäsittelyn menetelmät ja laitteistot sekä yleinen tekninen kehittyminen on myös otettava haltuun esimerkiksi BAT-vertailuasiakirjojen kautta. Silti tiedon saaminen on tapahduttava nopeasti esimerkiksi ammattilehtien ja kouluttautumisen kautta.

Riskinarviointi ei ole aina järjestelmällistä ja dokumentoitua. Siksi olisi kehitettävä selkeä, yksinkertainen ja toimiva ohjeistus riskinarviointiin myös niille toimijoille, joilla ei ole resursseja suuriin työaikapanostuksiin riskinarviointia varten (kuva 14). Silloin riskinarviointi tulee dokumentoitua ja sen tekeminen on sujuvaa. Riskinarviointiohjeen olisi oltava sähköisessä muodossa ja mahdollisesti siinä voisi riskinarviointikysymysten lisäksi olla valmiita vastausvaihtoehtoja, joista arvioija voisi valita tilanteeseen parhaiten sopivan vaihtoehdon. Siten järjestelmä voisi arvioida riskin kansanomaisesti ilmaisten liikennevaloihin perustuvalla luokittelulla (punainen, keltainen, vihreä). Punainen riski olisi liiallinen ja heti poistettava, keltainen vaatisi helposti toteutettavia toimenpiteitä ja vihreä olisi turvallisella tasolla oleva riski. Tällöin olisi helposti ja nopeasti huomattavissa se, missä kohteissa riskit ovat merkittävimmät ja miten saavutettaisiin nopeimmin ns. ”turvallinen” riskitaso. Järjestelmällisesti ja dokumentoidusti tehdyssä riskinarvioinnissa voi haasteena olla useiden standardoitujen menetelmien yhtäaikaisten käyttö.

Riskinarvioinnin tekemistä motivoivia tekijöitä ovat taloudellisen tehokkuuden kasvun lisäksi viranomaisvaatimukset työn tekemisen turvallisuudesta. Tällöin jätteistä vapautuvien päästöjen riskien tunnistamisella ja pienentämisellä voidaan estää tapaturmia sekä työperäisten sairauksien syntyä (kuva 14). Vähäpäästöisemmällä työpaikalla myös viihdytään paremmin, jolloin työteho ja samalla tuotanto kasvaa. Riskinarviointia motivoivana tekijänä voi olla myös dokumentoinnin pysyvyys. Toimintaa kehitettäessä voidaan nostaa myös toimijan imagoa myönteisten kehitystoimien sekä ympäristöystävällisyyden kautta.

Kuvan 14 mukaan riskinarvioinnin tuloksina saadaan tarvittaessa luettelo erilaisista riskinhallinnan toimenpiteistä päästöjen alentamiseksi. Ensisijaisesti pyritään vaihtamaan vaarallinen altiste vaarattomampaan sekä vähentämään vaarallisen altisteen käyttöä. Teknisillä toimenpiteillä voidaan vähentää päästöistä aiheutuvia riskejä. Riskinhallinnassa tärkeää on jatkuva toiminnan kehittäminen ja uusia toimintoja otettaessa käyttöön riskinarvioinnin tekeminen uudelleen. Riskinarvioinnin tuloksista ja sen perusteella tehtävistä toimenpiteistä on tiedotettava toimijan kaikille osapuolille.

Riskinarvioinnin tulevaisuuden kehittämiskohteet (kuva 14) ovat vuorovaikutuksessa toisiinsa. Esimerkiksi alan muutoksista tuleva tieto vaikuttaa riskinarviointiin, jonka tulisi muuttua alan yleistilanteen muuttuessa. Samalla riskinarvioinnin tulokset tulevat muuttumaan ja uusista tuloksista olisi jaettava tietoa toiminnassa mukana oleville tahoille. Viranomaisvaatimukset, ympäristölupa ja ympäristövaikutusten arviointi sekä lainsäädännön muutokset vaikuttavat muutuneesta alan tilanteesta muodostuvaan kokonaiskuvaan, joka edellä esitetyn tavoin vaikuttaa uudelleen riskinarviointiin. Myös riskinarvioinnissa tehtävä dokumentaatio on yhteydessä riskinarvioinnin kysymyksiin sekä tuloksista tiedottamiseen.



Kuva 14. Riskinarvioinnin tulevaisuuden kehittämiskohteet.

5.2 Riskinarvioinnin toteutus ja tietotarpeet

Jätesektorin toimiala on jatkuvassa muutosliikkeessä viranomaisvaatimusten tiukentuessa, lainsäädännön muuttuessa ja yleisen ympäristötietoisuuden tuodessa omat paineensa alan kehittämiseen. Haastatteluissa toimijat nostivat esille useita tulevaisuuden suunnitelmia ja toiminnan kehittämiskohteita. Toiminnan muuttuessa myös riskinarviointi on tehtävä uudelleen ja etukäteen pyrittävä estämään toiminnasta aiheutuvat ympäristö- ja turvallisuushaitat.

Tämän diplomityön tutkimuksen mukaan tutkimuskohteina olleista pienehköistä jätesektorin toimijoista useat kaipaivat lisätietoa riskinarvioinnista. Selkeän riskinarviointiohjeistuksen saaminen toimijoiden käyttöön koettiin toivottavaksi. Lisäksi toivottiin lisätietoa siitä, mitä asioita riskinarvioinnissa olisi oltava ja milloin riskinarviointi on riittävää. Kouluttautuminen nähtiin tärkeänä asiana riskinarviointia ylläpidettäessä ja kehitettäessä, mutta toisaalla koulutuksen täsmentyminen itselle sopivaksi kokonaisuudeksi sekä resurssien riittävyys kouluttautumiseen koettiin haasteena erityisesti pienempien toimijoiden haastatteluissa.

Riskinarviointijärjestelmiä tulisi haastatteluissa saatujen tietojen mukaan kehittää niin, että riskinarvioinnissa saataisiin arvioitua myös ne osa-alueet, joista toimijalla itsellään ei ollut syvempää tietoa. Täten riskinarvioinnissa käytettävän ohjeistuksen tulisi olla laaja ja monipuolinen. Ohjeen laatimiseen tulisi käyttää eri alojen asiantuntijoita, mutta samalla olisi huolehdittava riskinarviointiin käytettävien kysymysten yksiselitteisyydestä. Jokaisen riskinarvioinnin aihealueen taustatiedoiksi voisi kirjoittaa lyhyen kuvauksen, mitä riskinarvioinnin osa-alueella haetaan ja mitkä ovat sen reunaehdot.

Yhtenä haasteena kohdattiin ulkopuoliselta toimijalta ostopalveluna tilattavan riskinarvioinnin laajuus, sillä tilaaja ei välttämättä osannut arvioida, kuinka laaja ja minkä hintainen riskinarvioinnin olisi oltava. Lisäksi ulkopuolisen toimijan osaamista ja työn laatua oli vaikeaa etukäteen arvioida. Toimija halusi kuitenkin tilata riskinarvioinnin ulkopuolelta, jos hänellä ei ollut tietoa tai riittävää osaamista riskinarvioinnin tekemiseen. Toisaalla nähtiin etuna ulkopuolisen tekemä riskinarviointi, jolloin riskinarvioinnissa saattoi nousta esille asioita, joihin toimija ei jokapäiväisenä asiana osannut itse kiinnittää huomiota. Pohdittavaksi jää, olisivatko riskit paremmin hallittavissa, jos toimija osaisi itse arvioida riskit ja kehittäisi riskinhallintaa jokapäiväisessä työssä kuin jos käytettäisiin ulkopuolisia arvioijia. Useissa suurissa yrityksissä on saatu turvallisuuskulttuuri toimivaksi, kun koko organisaatio aina ylintä johtoa myöten on sitoutunut toiminnan turvallisuuden parantamiseen.

Riskinarvioinnissa työterveyshuollon tekemällä työpaikkakäynnillä voi olla merkittävä vaikutus, mikäli työterveyshuolto on perehtynyt hyvin käsiteltävään aiheeseen. Työpaikkakäynnin hyötyyn voi myös vaikuttaa se, kuinka laajan sopimuksen toimija on solminut työterveyshuollon kanssa. Pienen toimijan kohdalla työterveyshuolto ei välttämättä tunne työympäristön olosuhteita ja myös henkilöstön vaihtuminen voi estää ja hidastaa tiedon kulkua.

Riskinarviointi tulisi aina dokumentoida. Siten riskinarviointi olisi aina saatavilla, vaikka työntekijät vaihtuisivat. Lisäksi riskinarvioinnin tulisi olla säännöllistä ja se tulisi tehdä esimerkiksi vuosittain. Erityisen tärkeää on arvioida toiminnan riskejä jo uuden toiminnan suunnittelun ja rakentamisen vaiheissa. Kattava riskinarviointi on myös tehtävä uuden toiminnan käynnistämisen yhteydessä.

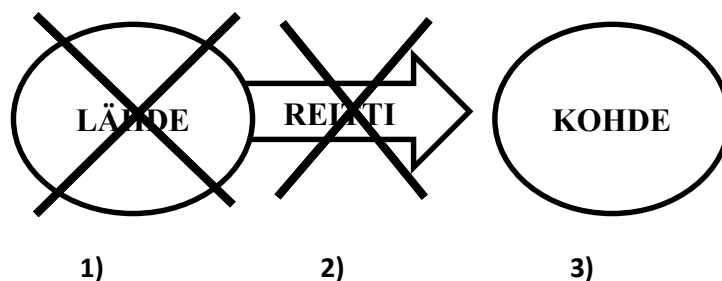
Riskinarvioinnissa voitaisiin laatia toimintaohje tai tarkastuslista jokapäiväiseen työskenteelyyn. Siinä esitettäisiin kaikki jätteenkäsittelyn tai –varastoinnin päästöistä aiheutuvat riskit.

Jokainen riski voitaisiin poistaa tai minimoida toimenpiteillä, jotka on kirjattu tarkastuslistaan. Osa toimenpiteistä olisi jatkuvia, kuten tilojen osastointi pölypäästöjen leviämisen estämiseksi. Eräät toimenpiteet voivat olla jokapäiväisiä, kuten kohdepoistojen imureiden käynnistäminen tai henkilönsuojainten käyttö. Tarkastuslistassa voisi olla myös työpisteen siivousohjeet, jolloin työpiste jää jokaisen työvuoron jälkeen siistiksi ja siten vähennetään esimerkiksi pölyä aiheuttavia vaaroja tai laiterikkoja. Samalla työn tekemisen ohjeistus ja riskien pienentäminen olisi automaattista ja lista toimisi muistin tukena työpäivinä.

Tutkimuskohteissa tuli usein esille matalan organisaation ketteryys toiminnan kehittämisessä ja esimerkiksi riskinhallinnassa. Havaitut epäkohdat voidaan korjata nopeasti, mutta toisaalta toiminnasta ei välttämättä jää dokumenttia ja siten riskinarviointi voi jäädä puutteelliseksi. Matalassa organisaatiossa voidaan kamppailla yhtä lailla resurssien vähyyden ja kiireen kanssa. Esimerkiksi yhdeksi tutkimuskohteeksi kysyttiin mikroyritystä, jossa kysymishetkellä työskenteli vain yksi henkilö, eikä hänellä silloin ollut mahdollisuutta käyttää työaikaa haastateluun.

5.3 Toteutettujen riskinhallintatoimien riittävyys

Riskinhallinnalla tavoitellaan ympäristö- ja terveyshaittojen ja -riskien vähentämistä turvalliselle tasolle. Riskinhallinta voidaan kohdistaa päästölähteen poistamiseen tai muuttamiseen vähemmän haitalliseksi, altistumisen ja kulkeutumisen estämiseen tai rajoittamiseen tai kohde eli altistujan poistamiseen alueelta (kuva 15). (mm. Reinikainen et al. 2014.)



Kuva 15. Haitan ja riskin hallinnan vaihtoehtoja. 1) Päästölähteen poistaminen tai muuttaminen haitattomaksi, 2) Kulkeutumisen tai altistumisen estäminen, 3) Kohteen l. altistujan poistaminen. (mukaeltu Reinikainen et al. 2014.)

5.3.1 Päästöjen hallinta

Tutkimuskohteet olivat hallinneet jäteperäisiä päästöjä monin eri menetelmin. Monet haastatellut toimijat kokivat, etteivät tarkasteltavat jätejakeet aiheuttaneet merkittäviä päästöjä ympäristöön ja työympäristöön. Työterveyslaitoksen lausuntoarkistosta haettujen pitoisuustietojen perusteella tarkastelluista jätejakeista suurimmat ilman epäpuhtauspitoisuudet tulevat biojätteen, REF-raaka-aineen sekä tuhkan käsittelystä ja varastoinnista.

Päästöjen hallintatoimet oli tutkimuskohteissa yleensä määritelty riskinarvioinnin perusteella. Uudet riskinarviot tehtiin aina muutoksien tai toiminnan laajenemisen yhteydessä. Samalla tarkasteltiin riskinhallinnan toimenpiteitä. Taulukkoon 18 on koottu merkittävimmät päästöjen hallinnan toimet tutkimuskohteissa.

Taulukko 18. Merkittävimmät päästöjen hallinnan toimet tutkimuskohteissa.

Jätelaji	Hallintatoimet
REF-jäte	Ilmastoidut työkoneet Ilmavirran ohjaus hallin läpi Pihan asfaltointi Henkilönsuojaimet Työhjeistus
Biojäte	Ilmastointi Osastointi Alipaineistus Kohdepoistot Ilmastoidut työkoneet Henkilönsuojaimet Työhjeistus
Tuhkajäte	Ilmavirran ohjaus Tuhkan pölyämisen estäminen Työhjeet Henkilönsuojaimet
Autokorjaamon jätteet	Kemikaalien vaihto turvallisempiin Pakokaasujen poistoletkut Kannelliset jätteastiat Pihan asfaltointi Henkilönsuojaimet
Kartonkijäte	Pölynpoistohuuva Pihan asfaltointi Ilmastoidut työkoneet Työhjeistus Henkilönsuojaimet
Metallijäte	Ilmastoidut työkoneet Jätevarastointi ulkotiloissa Pihan asfaltointi Työhjeistus Henkilönsuojaimet

5.3.2 Riskinhallinnan kehittämiskohteet

Haastattelutulosten perusteella riskinhallinnan kehittämiskohteina oli jätteenkäsittelyn sektorin muutoksen keskellä jatkuvan riskien hallinnan ylläpito. Riskinhallinnan kehittämiskohteista

tärkeiksi koettiin työturvallisuuteen ja työhygieniaan liittyvät asiat. Haastatteluhetkellä työsuojeluriskejä oli yhdessä tutkimuskohteessa arvioitu erityisesti tapaturmien ehkäisemisen, onnettomuustilanteiden välttämisen ja turvallisen työskentelyn kannalta. Siten arvioinnissa oli havaittu liukastuminen ja kompastuminen yleisimmiksi vaaratilanteiksi. Kaiteiden ja työtasojen sijoittelulla sekä valjaiden ja henkilönostinten käytöllä voitiin vähentää vaaratilanteita.

Haastattelututkimuksen perusteella erilaisia jätejakeita käsittelevät toimijat voisivat hallita päästöjä tehokkaammin seuraavilla toimenpiteillä

- riskinarvioinnissa lisätiedon hankkiminen altisteista ja niiden aiheuttamista terveys- ja ympäristövaikutuksista.
- riskinhallinnan kehittämällä vähennettäisiin jätteistä aiheutuvia päästöjä.
- päästöjen ympäristövaikutuksiin kiinnitetään huomiota ympäristölupaa haettaessa. Huom! Työympäristön päästöjen tarkastelua tehdään riskinarvioinnissa, mutta sitä ei velvoiteta tarkastelemaan esimerkiksi toiminnan suunnitteluvaiheessa.

Riskinarvioinnin ja -hallinnan koettiin olevan jatkuvan parantamisen kohde. Vaikka riskien hallitsemiseksi oli tehty runsaasti toimenpiteitä, haastatteluissa nousi esille, että esimerkiksi päästöistä aiheutuvia riskejä voitaisiin alentaa. Toisaalla myös todettiin, että riskinhallinta ja sen kehittäminen olivat osa jokapäiväistä työtä ja tulevat ikään kuin huomaamatta, sillä esimerkiksi havaittuihin epäkohtiin pyrittiin puuttumaan nopeasti.

BAT-vertailuasiakirjat sisältävät harvinaisen selkeitä, informatiivisia ja maalaisjärjellä ymmärrettäviä asioita, joiden avulla toiminnanharjoittaja voi edistää ympäristövaikutukset minimoivan tekniikan käyttöä. Parhaat ympäristökäytännöt eivät ole ainoastaan teknisiä laitteita tai laitteistoja, vaan myös käytännönläheisiä toimintaohjeita erilaisiin tilanteisiin. Toiminnanharjoittajien tulisi perehtyä BAT-vertailuasiakirjoihin muulloinkin kuin ympäristölupaa haettaessa. Koska parhaat ympäristökäytännöt muuttuvat koko ajan tekniikan kehittyessä, toiminnanharjoittajille voi tuottaa haasteita pysyä mukana muutoksessa ja olla valmiina ottamaan parhaat käytännöt käyttöön.

Haastatteluissa nousi esille, kuinka BAT-tekniikka on paras, mutta ei välttämättä kustannustehokkain tapa toimia. Jätealan toimijat, kuten kaikki muutkin toimijat, pyrkivät kustannustehokkuuteen Suomessa muodostuvien suhteellisen pienten jätevirtojen käsittelyssä. Siten uuden tekniikan käyttöön ottoa suunniteltaessa tarkastellaan sen tuomien etujen lisäksi tekniikan kustannusrakennetta.

Jokaiselle toimijalle on seuraavassa laadittu ehdotus riskinhallinnan toimenpiteistä päästöjen käsitteellisten leviämismallien (ks. luku 4.3.1), riskinarvioinnin (ks. luku 4.3.3, taulukko 16) sekä niihin perustuvien kehittämisehdotusten pohjalta (ks. luku 4.3.7, taulukko 17).

REF-jätettä käsittelevä toimija

REF-jätteen käsittelystä ja varastoinnista aiheutuvat päästöt oli tutkimuskohteessa arvioitu vähäisiksi. REF-raaka-aine oli puhdasta eikä REF:n valmistusta varten vastaanotettu mikrobiologisia epäpuhtauksia sisältäviä jätejakeita. Työpaikalla oli käsitelty työympäristön vaaroja ja tehty riskinhallinnan toimenpiteitä.

REF-polttoainetta valmistavassa tutkimuskohteessa päästöjen hallintaan ympäristön näkökulmasta olisi huomioitava pölyämisen mahdollisuus tuulisella säällä. Siten tarvittaessa työskentelyhallin ovet olisi suljettava ja pölynpoisto tehtävä koneellisen ilmanvaihdon suodattimien

kautta. Toistaiseksi pölyäminen oli kuitenkin ollut vähäistä käytettävien REF-raaka-aineiden sekä murskausmenetelmien ollessa vähän pölyäviä.

Kaivinkoneen ja pyöräkoneen ilmansuodattimet on hyvä vaihtaa säännöllisesti. Tärkeää on pitää ovet ja ikkunat suljettuina työkoneilla työskennellessä. Tarvittaessa työkoneet olisi varustettava jäähdyttimin, jotta ovet ja ikkunat voidaan pitää suljettuina myös lämpimään aikaan työskennellessä. Työkoneeseen meneminen ja sieltä poistuminen olisi tehtävä työskentelyalueen ulkopuolella tai vaihtoehtoisesti ennen työkoneen oven avaamista olisi odotettava ilman epäpuhtauspitoisuuden laskemista turvalliselle tasolle.

REF-jätteen murskauslaitteen käyttöä oli suunniteltu jatkossa muidenkin, enemmän pölyävien materiaalien murskaamiseen. Tällöin teknisinä pölyjen ja muiden ilman epäpuhtauksien hallintakeinoina olisi hyvä rakentaa murskauskoneelle kotelointi, joka estää pölyn leviämisen muuhun työtilaan, tai vaihtoehtoisesti ilmastoitu valvomo, josta murskauskonetta voisi ohjata. Koteloinnista on oltava riittävä pölynpoisto ulos hallista, ja olisi varmistuttava myös riittävän korvausilman tuomisesta koteloinnin sisälle.

Siivouksessa olisi kiinnitettävä huomiota vähän pölyäviin työtapoihin, kuten imuroinnin tai lastan käyttöön harjalla tehtävän lakaisemisen tai paineilmapuhdistuksen sijaan lattialta ilmaan nousevan pölyn vuoksi. Siivoustyövaiheissa ja muissa pölyävissä työvaiheissa työntekijöiden on suositeltavaa käyttää hengityksensuojaimia.

Korkeimpien pölypitoisuuksien esiintyessä sekä ilmeisesti myös huolto- ja kunnossapitotöissä työntekijät käyttivät pölysuodattimilla varustettuja hengityksensuojaimia. Mikäli hengityksensuojaimia olisi käytettävä yli kaksi tuntia työpäivän aikana, suositellaan käytettäväksi moottoroitua hengityksensuojainta, jolloin hengitysvastus pienenee ja työntekeä on helpompaa. Suodattimien säännöllinen vaihto on tärkeää, etteivät mahdollisesti jätteestä vapautuvat mikrobit pääsisi kasvamaan suodattimissa ja aiheuttaisi sairastumisia. Hengityksensuojaimilla on hyvä olla puhdas ja suljettu tila säilytystä varten. Hengityksensuojaimissa on hyvä olla P3-luokan hiukkassuodatin.

Työntekijöiden on hyvä noudattaa huolellista käsihygieniää. Käsien pesu on tärkeää erityisesti ennen ruokailua tai tupakointia. Vaikka työpaikalta saatujen tietojen mukaan REF-raaka-aineen käsittely ja varastointi ei aiheuttanut merkittäviä pölyhaittoja, pölypitoisuutta olisi hyvä mitata sekä REF-jätehallin yleisilmasta että työntekijöiden työpisteistä ja hengitysvyöhykkeiltä, sillä Työterveyslaitoksen lausuntoarkistosta haettujen tietojen mukaan REF-jätteen käsittely ja varastointi ovat olleet voimakkaasti altistavia työvaiheita.

Biojätettä käsittelevä toimija

Biojätteen käsittelystä ja varastoinnista aiheutuvien päästöjen vapautumista ympäristöön oli ympäristöluvan mukaisesti rajoitettu sulkemalla päästöt sisätiloihin ennen niiden johtamista puhdistettavaksi. Päästöjen leviämistä oli hallittu osastoimalla tilat ja käyttämällä ilmastointia. Työntekijöillä oli käytössä ilmastoitu valvomo sekä tarvittaessa hengityksensuojaimet. Siivous tehtiin veden avulla, jolloin vähennettiin mahdollista pölyämistä työhallissa. Lisäksi käytössä olivat esimerkiksi säännölliset terveystarkastukset. Työpaikalla kaivattiin kuitenkin lisätieto biojätteestä vapautuvien päästöjen terveysvaikutuksista.

Turbulenssia aiheuttavat tekniikat biojätteen syötössä sekä kattamattomat syöttöjärjestelmät aiheuttavat eniten hajupäästöjen riskejä biokaasulaitoksilla. Siten niitä tulisi välttää käsitellessä biojätteitä, jotka aiheuttavat hajuhaittoja. (Latvala 2009.)

Merkittävimpänä biojätteestä vapautuvien ilman epäpuhtauksien riskinhallinnan toimenpiteenä on Työterveyslaitoksen lausuntoarkistosta haettujen tietojen perusteella endotoksiinien pitoisuuden pienentäminen. Jätteiden käsittelyhallin avonaisten säiliöiden kattaminen, kansien rakentaminen tai huuvat säiliöiden yläpuolella vähentäisivät ilmaan vapautuvien epäpuhtauksien pitoisuuksia, vaikkakin haasteena on biojätteiden siirtäminen säiliöistä kahmarilla murskaukseen. Murskaimen yläpuolelle voisi rakentaa myös huuvan, jolloin murskaimesta vapautuvat ilman epäpuhtaudet poistettaisiin sen kautta hallitilasta biosuotimelle.

Työvuoron aikana biojätteen käsittelyyn osallistuvat työntekijät työskentelivät ilmastoidussa, ylipaineistetussa valvomossa. Aistinvaraisesti arvioituna valvomon ilma oli raikas. Olisi tärkeää estää prosessista tulevien kaasujen ja mikrobien pääseminen puhtaaseen valvomotilaan. Siten valvomoon kulkemisen olisi suositeltavaa tapahtua eteistilan kautta, jossa voitaisiin vaihtaa likaiset kengät ja työvaatteet puhtaisiin. Tämän toteuttaminen voi olla hankalaa, jos valvomosta on poistuttava prosessitilaan useita kertoja tunnissa.

Työntekijät käyttävät hengityksensuojaimia hallissa pitempään työskenneltäessä sekä esimerkiksi siivoustöissä. Hengityksensuojainten suositellaan olevan henkilökohtaisia ja niiden säilyttämiseen on hyvä olla puhtaat lokerot tai kaapit. Hengityksensuojainten suodattimien säännöllinen vaihto on tärkeää, sillä suodattimiin kertyneet mikrobit voivat nopeasti kasvaa suodattinmateriaalissa.

Huolellinen käsihygienia on tärkeää erityisesti siirryttäessä prosessitiloista puhtaisiin tiloihin. Kädet kannattaa pestä huolellisesti aina ennen ruokailua. Työvaateus on säilytettävä erillisessä pukukaapissa kuin puhtaat vaatteet.

Riskinarvioinnin tukena voi käyttää ulkopuolisia asiantuntijoita. Pölyn ja endotoksiinien sekä muiden biojätteestä vapautuvien altisteiden pitoisuuksien määrittämiseksi ja riskinarvioinnin tekemiseen työympäristössä voisi tehdä työhygieenisen selvityksen. Mitattavia altisteita voisivat orgaanisen pölyn ja endotoksiinien lisäksi olla pelkistyneet rikkiyhdisteet, ammoniakki sekä VOC-yhdisteet. Näytteitä tulisi kerätä sekä työntekijöiden hengitysvyöhykkeiltä että kiinteistä mittauspisteistä.

Tuhkaa varastoiva toimija

Tuhka varastoitettiin märkätuhkana erillisessä tilassa olevalle siirtolavalle, josta se haettiin loppukäytettäväksi metsälannoitteena, sillä puuperäistä tuhkaa ei saanut levittää pelloille lannoitteeksi. Märkätuhkan riskit työntekijöille olivat pienemmät kuin kuivan tuhkan, sillä märkätuhka ei pölynnyt ja siten se ei päässyt yhtä helposti leviämään ympäristöön ja työympäristöön.

Märkätuhkan varastoinnissa oli huolehdittava, etteivät työntekijät joutuneet kosketuksiin tuhkan kanssa. Läpäisemättömien, pinnoitettujen suojakäsineiden käyttö on ensiarvoisen tärkeää. Hengityksensuojainten käyttämisen jatkaminen huolto- ja kunnossapitotöissä on myös tärkeää.

Tuhkan varastointilavan tilan voisi erottaa kiinteällä seinällä, erityisesti mikäli jatkossa tuhkaa varastoidaan kuivatuhkana. Silloin tuhkapölyä ei pääse leviämään muualle työympäristöön. Mahdollisuuksien mukaan tuhkalavan päälle voisi rakentaa kannen.

Mikäli jatkossa tuhka varastoidaan kuivatuhkana, työntekijöiden on käytettävä tuhkalle altistavissa työtehtävissä moottoroitua hengityksensuojainta varustettuna ABEK+P3-suodattimilla. Hengityksensuojainten lisäksi on kannettava työtehtävissä mukana häkäkaasun ilmaisinta, jolla

estetään hiilimonoksidille altistuminen. Mikäli työilmassa esiintyy hiilimonoksidia, suositellaan paineilmalaitteilla varustettuja hengityksensuojaimia työntekijöiden käyttöön. (Jumpponen et al. 2013, Jumpponen et al. 2014.)

Polttolaitoksen huoltotöissä työntekijöiden olisi käytettävä pitkävartisia nahkakäsineitä. Lyhytvartisiin käsineisiin verrattuna pitkävartiset nahkakäsineet vähentävät keskimääräisen ihon kautta metalleille altistumisen puoleen. Lisäksi suositellaan käyttämään tiiviitä, hupulla varustettuja kertakäyttöisiä suojahaalareita, jotta ihoaltistuminen metalleille saadaan minimoitua. (Jumpponen et al. 2015.)

Tuhkalla on monia terveyshaittoja aiheuttavia ominaisuuksia. Työntekijöillä olisi hyvä olla tietoa tuhkan vaaraominaisuuksista. Yhteistyö työterveyshuollon kanssa on myös tärkeää, jotta esimerkiksi säännöllisissä terveystarkastuksissa voidaan selvittää tuhkalta altistumisen aiheuttamia riskejä. Myös tuhkan loppukäyttäjälle olisi hyvä tiedottaa tuhkan ominaisuuksista ja mahdollisista terveysvaikutuksista, vaikkakin altistuminen olisi lyhytaikaista.

Tuhkan aiheuttamien terveysriskien alentamiseen työpaikalla olisi hyvä laatia yleiset hygienia-ohjeet tuhkan kanssa työskentelyyn. Ohjeissa olisi kiinnitettävä huomiota huolelliseen käsihygieniaan erityisesti ennen ruokailua ja mahdollista tupakointia. Likaisten käsien kautta tuhkan epäpuhtaudet voivat siirtyä elimistöön. Suojavaatetuksen käyttö sekä likaisten työvaatteiden säännöllinen vaihto puhtaisiin on tärkeää.

Autokorjaamon jätettä käsittelevä toimija

Nykyaikaisessa autokorjaamossa liuotainaineiden käyttö on vähäistä ja niistä aiheutuvat terveysriskit aikaisempaa pienempiä. Silti olisi tärkeää kartoittaa turvallisinakin pidettyjen autokorjaamon kemikaalien kaikki työperäiset riskit järjestelmällisesti. Järjestelmällinen riskinarviointi voisi vähentää riskejä entisestään ja ne tiedostettaisiin paremmin. Vaikka riskinarviointia ei ollut tutkimuskohteessa dokumentoitu, useat työympäristön riskit olivat tiedossa ja niiden poistamiseen oli kiinnitetty huomiota.

Riskinarvioinnissa on kannattavaa käydä läpi kaikki ympäristön ja työympäristön riskit. Jäteperäisten päästöjen kannalta merkittävimpiä ovat pakokaasut, liuotainaineet, pesuaineet ja jäteöljyt. Tarvittaessa riskinarvioinnissa voi käyttää apuna ulkopuolista asiantuntijaa.

Riskinhallinnan keinoina käytettiin autojen pakokaasupäästöjen poistamiseen käytettäviä poistoimuletkuja. Imuletkujen toiminta on syytä tarkastaa säännöllisesti, ettei haitallisia pakokaasupäästöjä vapaudu työilmaan. Pakokaasujen poistoimuletkut on suositeltavaa kiinnittää ajoneuvoihin aina, kun niitä käynnistetään sisätiloissa. Hiontakoneissa ja muissa pölyä tuottavissa laitteissa olisi hyvä olla kohdepoistot, jotta pöly saadaan poistettua sen syntypaikalla. Ilmanvaihtojärjestelmän rakentamisella autokorjaamon ilma saataisiin pysymään hyvänä ja samalla voitaisiin hallita myös korjaamon lämpöoloja.

Työntekijät käyttivät kertakäyttöistä hengityksensuojainta sekä suojakäsineitä työskennellessään. Tehokkain hiukkassuodattimen suojausluokka P3 on riittävä, mikäli työympäristössä altistutaan vain pölyille eikä esimerkiksi liuotainaineille. Hengityksensuojaimen olisi hyvä olla hengitysvastukseton. Hengityksensuojainten säilytykseen olisi hyvä osoittaa puhtaat suojainkaapit. Mikäli työssä joudutaan käsittelemään kemikaaleja, olisi hyvä käyttää kemikaalisuojakäsineitä.

Autokorjaamolla oli erinomaisesti järjestetty toiminnasta aiheutuvien jätteiden lajittelu ja keräys. Siisteys luo viihtyisyyttä ja turvallisuutta toimintaan. Jätteet lajiteltiin useisiin jättejakeisiin. Mahdollisesti sekä kuivajäte että sekajäte viedään jätehuoltoyhtiön toimesta jätteenpolttolaitokselle, joten nämä jättejakeet voisi siinä tapauksessa yhdistää. Puhtaat muovipakkaukset voisi jatkossa lajitella erilleen uusien pakkausjätteiden kierrätysohjeiden mukaisesti. Likaiset muovipakkaukset voi lajitella entiseen tapaan sekajätteeseen.

Kartonkijätettä käsittelevä ja varastoiva toimija

Kartonkijätteen paalauksesta ja varastoinnista aiheutui työpaikalta saatujen tietojen mukaan vain vähän pölyämistä ja riskinarviointi oli tehty kattavasti. Riskinhallinnan toimenä työpaikalla oli rakennettu huuva paalaus koneen pölynpoistoon. Puhdistus- ja kunnossapitotöissä käytettiin pölyn-suodattinsuojainta. Pitempiaikaisissa kunnossapitotöissä käytössä voisi olla esimerkiksi P3-suodattimilla varustettu kokonaamari. Suodattimien säännöllinen vaihto on tärkeää.

Kotitalouksien kartonkijätteestä kesäaikaan mahdollisesti vapautuvat kaasumaiset yhdisteet sekä mikrobit voivat aiheuttavat haju- ja viihtyvyyshaittoja. Haittoja voidaan nykykäytännön mukaisesti minimoida mahdollisimman lyhyellä jätteen väliaikaisvarastoinnilla, työkoneiden käytöllä, työkoneiden ilmansuodattimien säännöllisellä vaihtamisella ja tarvittaessa käyttämällä hengityksensuojainta.

Kartonkihallin lattian siivouksessa olisi suositeltavaa käyttää siivouslastaa harjaamisen sijaan, sillä se aiheuttaa vähemmän pölyämistä. Kartonkijätehallissa työskennellään vain osan aikaa työpäivästä, joten altistuminen ei ole pitkäaikaista ja työntekijöiden työvuoron aikainen altistuminen jää vähäiseksi, mikäli työntekijät työskentelevät puhtaissa tiloissa muun ajan.

Riskinarvioinnissa on hyvä olla mukana nykykäytännön mukaisesti työterveyshuolto, joka osaltaan tekee työpaikkakäynnin ja arvioinnin työsuojeluriskeistä. Useamman eri toimijan tekemänä riskinarviointiin saadaan monipuolinen näkemys ja riskit hallitaan kattavasti.

Metallijätettä varastoiva toimija

Metallijätteestä vapautuvat päästöt arvioitiin riskinarvioinnissa hyvin pieniksi ja riskinhallinnan keinot olivat käytössä. Riskinarvioinnissa oli mukana organisaation monet tasot ja esimerkiksi työterveyshuolto teki työpaikkaselvityksen ja anto0069 omat ehdotuksensa riskinarviointiin. Lisäksi esimerkiksi terveystarkastukset tehtiin vuosittain päästöille altistuville työntekijöille.

Rakennusjätteen lajittelussa ilmaan voi vapautua metallipölyn lisäksi esimerkiksi puupölyä, jonka epäillään aiheuttavan syöpää (Starck et al. 2008). Lajittelussa on hyvä toimijan nykykäytännön mukaisesti käyttää työkoneita ja vaihtaa koneen hytin ilmansuodattimet säännöllisesti, jolloin työntekijät eivät altistu merkittävästi lajittelusta vapautuville ilman epäpuhtauksille. Työkoneiden ikkunat ja ovet on pidettävä kiinni myös kesäaikaan, joten työkoneiden riittävästä ilmastoinnista ja jäähdytyksestä on huolehdittava.

Päästöjen hallintaan oli työpaikalla kiinnitetty runsaasti huomiota. Riskinarviointi oli jatkuvaa toimintaa ja esimerkiksi työtilojen turvallisuuteen ja siisteysteen kiinnitettiin säännöllisesti huomiota. Riskinarvioinnin ja hallinnan toimenpiteet nähtiin positiivisina, työnjohdonkin työtä tukevinä asioina, vaikka ne toisaalta olivat aikaa vieviä ja työläitä. Verkostoitumalla ja koulutautumalla työpaikalla oli pyritty saamaan uusia ideoita ja jakamaan saatua tietoutta muillekin alan toimijoille. Laatu- ja ympäristöjärjestelmien sertifiointeihin liittyvät auditoinnit nähtiin hyvinä asioina, sillä tällöin saatiin palautetta ulkopuoliselta toimijalta.

Tulevaisuudessa riskinarviointia tullaan työpaikalta saatujen tietojen mukaan kehittämään ottamalla työturvallisuusjärjestelmä virallisesti laatu- ja ympäristöjärjestelmien rinnalle. Aikaisemmin riskinarviointit on tehty eri tavoin, mutta jatkossa oli tarkoitus arvioida riskejä samankaltaisilla tavoilla. Tämä työ oli haastatteluhetkellä kehitystyön alla.

5.3.3 Päästöjen valvonta

Ympäristölupa voi velvoittaa toiminnanharjoittajaa raportoimaan toiminnasta aiheutuvista päästöistä säännöllisesti valvovalle viranomaiselle. Tutkimuskohteita ei oltu ympäristöluvissa velvoitettu seuraamaan jätteistä vapautuvia ilmapäästöjä. Yhden tutkimuskohteen oli seurattava jätteenkäsittelyn alueelta lähtevien jätevesien koostumusta, mutta nämä jätevedet muodostuivat alueen kaikkien jätėjakeiden vesistä.

5.3.4 Onnettomuustilanteisiin varautuminen

Battaglia et al. (2015) mukaan yhdyskuntajätettä käsittelevissä yrityksissä työturvallisuuden parantamiseen on viime vuosina vaikutettu monin eri keinoin. Työntekijöiden henkilönsuojaimet sekä koneiden turvallisuuslaitteet ovat yhdessä organisatoristen, työnjohdollisten sekä viestintäprosessien tehostamisen kautta parantaneet työturvallisuutta useilla sektoreilla. Jätteenkäsittely-yrityksissä nähtiin moraalisesti työturvallisuusasioiden käsittelyn tärkeys, vaikka samalla tiedostettiin työturvallisuuden parantamista hidastavat asiat. Arvoihin ja asenteisiin vaikuttamalla yhdessä OHS-järjestelmän parantamisen kautta on saavutettu merkittävimmät tulokset työturvallisuuden edistämässä. (Battaglia et al. 2015.)

Jäteperäisistä päästöistä aiheutuviin onnettomuustilanteisiin oli tutkimuskohteissa yleensä varauduttu tekemällä työympäristön yleistä riskinarviota. Tutkimuskohteissa jäteperäiset päästöt olivat pääosin pieniä, joten niitä ei oltu tarkasteltu erikseen. Haastatteluissa tuli yleisesti esille, kuinka toiminnassa pyritään välttämään onnettomuustilanteita, vaikkakaan kaikissa tutkimuskohteissa onnettomuustilanteisiin varautuminen ei ollut järjestelmällistä ja dokumentoitua. Haastattelujen perusteella toimijat olivat halunneet tehdä kaikki tarvittavat toimenpiteet onnettomuustilanteiden estämiseksi.

5.4 Arvio riskinhallinnan riittävydestä

Riskinarvioinnissa ja -hallinnassa tarvitaan tämän haastattelututkimuksen perusteella osassa yrityksissä lisää tietoa. Yleiset työn tekemisen turvallisuuteen vaikuttavat toimenpiteet on pyritty tekemään. Tapaturmien ja onnettomuuksien esiintyminen on vähäistä. Joissakin tapauksissa käytössä olevat henkilönsuojaimet olivat riittämättömät.

Riskinarvioinnissa jätteen käsittelystä ja varastoinnista vapautuvien päästöjen suhteen merkittävin heikkous on tiedon puute jäteperäisten päästöjen tasosta sekä niiden vaarallisuudesta. Tutkimuskohteet olivat kooltaan korkeintaan keskisuuria työpaikkoja, joten jätteiden käsittelyssä ja varastoinnissa vapautuvien päästöjen vaikutukset kohdistuivat vain pieneen henkilöstömäärään.

Työhyvinvointi koettiin haastattelutulosten perusteella tärkeäksi asiaksi ja siihen pyrittiin kiinnittämään huomiota. Pienehköjen toimijoiden etuna on matala organisaatio ja joustava suhtautuminen asioiden hoitamiseen. Monesti työsuhteet ovat pitkiä ja sitä kautta opitaan tuntemaan paremmin työpaikan olosuhteet ja voidaan vaikuttaa niihin.

Ympäristö- ja/tai laatujärjestelmän sertifioineet toimijat olivat järjestelmällisesti dokumentoineet riskinarvioinnin. Näillä toimijoilla riskinhallinnan toimet oli tehty kattavasti ja monipuolisesti. Myös yleinen asenne riskinarviointiin ja –hallintaan oli myönteinen.

5.5 Tulosten hyödynnettävyyden ja luotettavuuden tarkastelu

Työssä on käytetty kirjallisuusselvityksen lisäksi haastattelutyypistä tiedonhankintaa. Tutkimuskohteet on valittu satunnaisesti pienehköistä toimijoista. Siten haastattelun tulosten perusteella on mahdotonta tietää, edustavatko tulokset koko toimialaa, yksittäisten henkilöiden käsityksiä tilanteesta tai yksittäisten toimijoiden tilannetta. Haastattelujen perusteella voidaan löytää joitakin yhteisiä kehittämiskohteita useimmille toimijoille. Tulosten hyödynnettävyyttä parantaa kirjallisuustarkastelun tuoma pohja, jossa on selvitetty jätteenkäsittelyn ja –varastoinnin lupakäytäntöjä, lainsäädäntöä, toimintaa, riskinarviointia ja –hallintaa sekä toiminnan valvontaa.

Tulosten hyödynnettävyyttä tarkasteltaessa on otettava huomioon jätteenkäsittelyalan muutostila, jolloin alalle on tulossa uusia jättejakeita ja uusia toimijoita. Lisäksi kiristynvä lainsäädäntö tuo omat haasteensa jo nykyisille toimijoille. Siten tässä työssä saatuja tuloksia voidaan hyödyntää parhaiten lyhyellä aikavälillä heti työn valmistumisen jälkeen.

Riskinarviointi nähtiin useissa tutkimuskohteissa tärkeäksi kehityskohdaksi. Pienemmissä organisaatioissa ei välttämättä ole osaamista tai resursseja syventyä perusteellisesti riskinarviointiin. Riskinarvioinnin koulutusta olisi hyvä kehittää edelleen, samoin kuin riskinarvioinnin työkaluja.

Työterveyslaitoksen lausuntoarkistosta kootut työympäristön pitoisuusarvot oli yleensä mitattu yhden päivän aikana. Mittaukset oli tavanomaisesti pyritty tekemään mahdollisimman vakioiduissa olosuhteissa, jolloin mittaustuloksen perusteella pystyttiin arvioimaan työntekijän altistumista vuositasolla. Kuitenkin mittaustulokset olivat yksittäisiä ja näytteenoton epävarmuuteen vaikuttivat useat tekijät, kuten käytettävät kemikaalit ja laitteet, fysikaaliset muuttujat, ympäristöolosuhteet, henkilökohtaiset työtavat ja ominaisuudet (Starck et al. 2008). Mittausdataa oli kuitenkin kertynyt useiden vuosien ajalta. Mikäli näytteenkeräys- ja analysointimenetelmät olivat pysyneet samoina, voitiin tehdä vertailuja aikaisemmin tehtyihin mittauksiin ja siten saada selville esimerkiksi mahdollisesti yleisessä pitoisuustasossa tapahtunut muutos.

Haastattelututkimuksen tulosten luotettavuuden arviointia voi heikentää se, että haastateltavina henkilöinä oli työnjohtajia tai riskinarvioinnista vastaavia henkilöitä. Vaikka he usein osallistuivat käytännön työhön, olisi haastattelutulos voinut olla toisenlainen, jos haastateltavana olisi ollut pääasiassa jätteenkäsittelyä tai –varastointia tekevä työntekijä. Esimerkiksi hengityksen suojausten käyttö voi olla käytännössä toisenlainen ohjeistukseen verrattuna. Haastateltavat vastasivat kaikkiin kysymyksiin avoimesti ja osoittivat kiinnostusta diplomityön aiheeseen.

Tulosten luotettavuutta alentavana voidaan pitää myös haastateltavien henkilöiden oletettavasti keskiarvoa parempaa tietoisuutta jäteperäisistä päästöistä. Osa haastatteluun mukaan kysytyistä jätealan toimijoista kieltäytyi lähtemästä mukaan haastattelututkimukseen esimerkiksi resurssipulaan vedoten. On mahdollista, että haastattelusta kieltäytyneet toimijat eivät olleet perehtyneet yhtä hyvin päästöjen riskinarviointiin ja -hallintaan kuin haastattelussa mukana

olleet toimijat. Siten haastattelun tulokset olisivat voineet olla erilaisia, jos nämä toimijat olisivat olleet haastateltavina.

Tutkimuksen kohteena olleet yritykset edustivat tasaisesti mikro-, pieniä ja keskisuuria yrityksiä. Tutkimuskohteen työntekijämäärällä oli jonkin verran vaikutusta jätteiden käsittelystä ja varastoinnista tehtyyn riskinarviointiin, sillä erityisesti isommilla toimijoilla riskinarviointi oli dokumentoitua ja säännöllistä. Pienemmät toimijat toteuttivat jokapäiväistä riskinarviointia ja -hallintaa ilman, että sitä välttämättä kirjattiin.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tämän diplomityön tarkoituksena oli tutkia, miten jätteiden käsittelystä ja varastoinnista vapautuvien päästöjen riskejä oli arvioitu ja hallittu. Työ tehtiin haastattelututkimuksena kuudelle jätesektorin toimijalle. Lisäksi selvitettiin lainsäädännön ja kirjallisuuden avulla jätteistä vapautuvia päästöjä ja niiden vaikutuksia ympäristöön ja työympäristöön. Työympäristön keskimääräisiä päästöjä arvioitiin Työterveyslaitoksen lausuntoarkistosta koottujen pitoisuustietojen avulla.

6.1 Lakien ja valvonnan vaikutukset päästöihin

Jätteitä käsittelevillä toimijoilla on ympäristöluvan kautta asetettu toiminnan kehykset ympäristön pitämiseksi puhtaana. Ympäristöluvan alaiset toimijat ovat vähintään lupahakemusvaiheessa joutuneet tarkastelemaan toiminnasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia sekä arvioimaan mahdollisia ympäristöriskejä. Ympäristöluvassa voi olla velvoitteita seurata toiminnasta aiheutuvia päästöjä tai haittoja ympäristöön. Ympäristöluvassa toimijat veloitetaan käyttämään parasta käyttökelpoista tekniikkaa, jonka avulla pyritään vähentämään toiminnasta aiheutuvia haitallisia ympäristövaikutuksia.

Ympäristöluva voi velvoittaa puhdistamaan jäteperäiset päästöt ennen niiden vapauttamista ympäristöön. Ympäristöluvassa ei kuitenkaan huomioida esimerkiksi jäteperäisten ilmapäästöjen ennen puhdistamisprosessia tapahtuvan, sisätiloihin sulkemisen aiheuttamia riskejä työympäristöön. Päästöjen tekninen hallinta voi olla vaikeaa ja työympäristössä on käytettävä henkilönsuojaimia työntekijöiden terveyden, turvallisuuden ja viihtyvyyden takaamiseksi.

Pienillä ja keskisuurilla toimijoilla on harvoin niin merkittäviä päästöjä, että niitä seurattaisiin jatkuvatoimisesti. Päästöjen vaikutukset ympäristöön voivat olla paikallisia, kuten pölyn aiheuttamaa likaantumista. Viranomaiset valvovat ympäristöä mahdollisesti pilaavaa toimintaa ja tekevät tarkastuskäyntejä. Erityisesti poikkeuksellisten tilanteiden jälkeen viranomaiset tarkastavat toiminnan ja arvioivat päästön suuruutta ja levinneisyyttä.

6.2 Laatu- ja ympäristönhallintajärjestelmän vaikutukset päästöihin

Laatu- tai ympäristönhallintajärjestelmillä on merkitystä päästöjen huomioimisessa. Laatu- ja ympäristönhallintajärjestelmien avulla toimintaa ohjaavat usein kirjoitetut menetelmäohjeet, joissa on käsitelty toiminnasta aiheutuvia riskejä pyrkimyksenä estää ne. Siten laatu- ja ympäristönhallintajärjestelmä tuo monesti järjestelmällisyyttä toimintaan. Kirjallisessa muodossa olevat ohjeet ovat kaikkien helposti saatavilla ja dokumentoituna. Lisäksi toimintaohjeita laadittaessa tai laatu- ja ympäristönhallintajärjestelmää rakennettaessa toiminta on käyty yksityiskohtaisesti läpi ja pohdittu toiminnan vaikutuksia ympäristölle.

Sertifioitua laatu- tai ympäristönhallintajärjestelmää tarkastellaan säännöllisesti ulkopuolisen auditoijan toimesta. Siten toimintaa arvioidaan myös toiminnan ulkopuolisesta näkökulmasta, jolloin näkökulma voi olla laajempi, kuin minkä toimija itse olisi ottanut tarkasteltavaksi. Laatu- tai ympäristönhallintajärjestelmä ei kuitenkaan toimi viranomaisvalvonnan tavoin päästöjen suhteen, eikä se siten ole yhtä sitova kuin esimerkiksi ympäristöluvassa asetetut velvoitteet. Laatu- tai ympäristönhallintajärjestelmissä ei myöskään huomioida mahdollisia päästöjä työympäristöön.

6.3 Toimialakohtaiset menetelmät riskinarvioinnissa ja -hallinnassa

Työssä laadittiin jätepäästöille uusia käsitteellisiä malleja sekä riskinarvioinnin kehittämismat-riisi. Tulevaisuuden kehittämiskohteiksi osoittautuivat yleiset riskinhallintatoimenpiteet ja ris-kinarviointiohjeet. Työssä tehdyt haastattelut osoittivat kuitenkin, että edelleen tulisi enemmän yhdenmukaistaa käytänteitä ja tutkia jätepäästöistä aiheutuvien päästöjen laatua ja vaikutuksia työympäristön laadun kannalta.

Useat tutkimuskohteet kokivat, ettei jätteenkäsittelyn tai –varastoinnin prosesseista vapaudu merkittävästi jäteperäisiä päästöjä ympäristöön tai työympäristöön. Kuitenkin Työterveyslai-toksen päästötietokannasta haetun datan perusteella tutkimuksessa tarkasteltujen jätejakeiden epäpuhtauksia löytyi työpaikoilla mitattavia ja jopa lähellä HTP_{8h}-arvoa olevia tai sen ylittäviä pitoisuuksia. Riskinhallinnan keinoja olisi tärkeää kehittää edelleen. Jätteenkäsittelyssä ja –varastoinnissa tapahtuvasta mahdollisesta työntekijöiden altistumisesta olisi jaettava tietoa esi-merkiksi koulutuksen tai työterveyshuollon kautta. Koulutuksen olisi hyvä olla altiste- tai ala-kohtaista, jotta siihen riittäisi toimijoiden resursseja ja aikaa.

Useat jäteperäiset päästöt ympäristöön olivat tämän haastattelututkimuksen mukaan vähäisiä ja lähinnä paikallisia. Ainoastaan ajoneuvoista vapautuvat pakokaasut voivat aiheuttaa merkit-tävää haittaa ympäristölle kasvihuoneilmiön voimistumisen kautta. Haisevat kemialliset yhdis-teet voivat aiheuttaa viihtyvyyshaittaa lähialueen asukkaille tuulen suunnasta ja voimakkuu-desta riippuen.

Toimialoittain voidaan jakaa tietoa hyvistä käytännöistä päästöjen hallinnassa ja turvallisuuden parantamisessa. Monesti jätesektorin toimijat ovat itsenäisiä yrityksiä, jotka voivat kilpailla keskenään, joten hyvien käytäntöjen jakamisessa voidaan nähdä esteitä. Tutkimuskohteista laa-jimmin verkostoituneet toivat haastattelussa esille verkoston myönteisen merkityksen ja tiedon jakamisen tärkeyden.

Riskinhallinnassa on työturvallisuuslain mukaisesti ensisijaisesti pyrittävä estämään haitta- ja vaaratekijän syntyminen sekä seuraavana poistamaan se tai korvaamaan vähemmän haitalli-sella. Yleisesti vaikuttavat työsuojelun toimenpiteet on toteutettava ennen yksilöllisiä toimen-piteitä. Työympäristön ilman epäpuhtauksia on siten hallittava teknisesti ennen henkilönsuo-jaimiin turvautumista. Joissakin tapauksissa henkilönsuojainten käyttö on kuitenkin välttämätöntä, ennen kuin tekniset toimenpiteet on saatu tehtyä. Tutkimuskohteissa oli tehty kattavasti riskinhallinnan toimia esimerkiksi osastoimalla tilat, käyttämällä ilmastoituja työkoneita tai vähän pölyäviä työmenetelmiä.

Haastattelututkimuksessa oli mukana yhteensä kuusi erilaista jätelajia edustavaa toimijaa. Osa toimijoista edusti keskisuuria, osa pieniä ja osa mikrokokoisia yrityksiä. Silti erityisesti pienet ja mikrokokoiset toimijat kohtasivat samoja haasteita riskinarvioinnissa, kuten resurssien riit-tävyys sekä riskinarviointiin että koulutautumiseen sekä tiedon vähyys jätepäästöistä. Riskin-arvioinnin koulutustarpeet nähtiin tärkeinä. Eritoten kaivattiin tietoa oman jätesektorin riskin-arvioinnin menetelmistä. Toiveena oli myös selkeän riskinarviointipohjan saaminen, jolloin tulee arvioitua kaikki oleelliset, riskejä aiheuttavat asiat.

6.4 Työympäristön seurantadata

Työterveyslaitoksen mittaustietokannasta haettujen työympäristömittausten tulosten mukaan suurimmat ilman epäpuhtauspitoisuudet ovat peräisin REF-jätteen, biojätteen ja tuhkan käsittelystä. Näissä kohteissa osalle altisteista pitoisuudet olivat yli haitalliseksi tunnettujen pitoisuuksien. Seurantadataa on kerätty useiden vuosien ja jopa vuosikymmenten aikana. Olosuhteet työpaikoilla ovat voineet muuttua työhygieenisten mittausten ja selvitysten tuoman tiedon myötä. Lisäksi osalla työpaikoista käytetään hengityksensuojaimia sekä suojavaatetusta ja –käsineitä sekä silmiensuojaimia vähentämään epäpuhtauksien haitallisia terveysvaikutuksia. Työympäristössä altistuminen näille ilman epäpuhtauksille voi siten olla vähäisempää kuin mitä seurantadatan keskiarvot ilmaisevat.

Monet jätteenkäsittelyn ja –varastoinnin toimet ovat lisääntyneet viime vuosien aikana ja tulevat lisääntymään tulevaisuudessa jätteen lajittelun parantumisen ja kehittymisen myötä. Osa jätteenkäsittelyn tekniikoista on uusia. Teknisillä toimenpiteillä, kuten koneiden ja laitteiden kohdepoistoilla tai pölyävän työvaiheen eristämällä muusta työtilasta, voidaan ensisijaisesti vähentää altistumista ilman epäpuhtauksille työympäristössä.

Mikrobeille altistumisen vaikutuksia työntekijöiden terveyteen on tutkittu viimeisten vuosikymmenten aikana. Esimerkiksi endotoksiinien aiheuttamat terveysvaikutukset ovat tutkitusti selkeät, mutta kansainvälisesti ei ole päästy yksimielisyyteen, millainen on turvallisen työskentelyn raja-arvo endotoksiineille. Endotoksiinit ovat kuitenkin selkeästi mitattava altiste ja työhygieenisesti niiden mittaustuloksia voidaan verrata alankomaalaiseen suositusarvoon. Siten endotoksiinien pitoisuuksia työpaikoilla on vuosien kuluessa pyritty pienentämään turvalliselle tasolle.

6.5 Tulevaisuuden kehittämismahdollisuudet riskinarviointiin

Jätealalla tapahtuva jatkuva, lainsäädännöstäkin nousevan muutoksen mukana toimiminen vaatii toimijoilta kouluttautumista ja tiedon saamista ja jakamista. Jättemäärien kasvu esimerkiksi lajittelun tehostumisen seurauksena, jätteiden ominaisuuksien mahdolliset muutokset ja niiden vaikutukset jätteistä vapautuviin päästöihin tuovat haasteita jätesektorille.

Riskinarvioinnin perusteella tulisi laatia jatkossa jätealakohtaiset toimintaohjeet eri jätejakeiden käsittelyyn ja varastointiin, jotta sekä ympäristöön että työympäristöön vapautuvat päästöt olisivat turvallisella tasolla. Erityisesti tätä toivottiin haastattelututkimuksessa pienten ja mikroyritysten taholta, sillä heillä ei välttämättä ollut riittävästi tietoa ja resursseja riskinarvioinnin kattavaan tekemiseen. Siten olisi hyvä kehittää selkeä, yksinkertainen ja toimiva pohja riskinarviointiin myös niille toimijoille, joilla ei ole resursseja suuriin työaikapanostuksiin riskinarviointia varten. Silloin riskinarviointi tulee dokumentoiduksi järjestelmällisesti.

Riskinarviointipohjan olisi oltava sähköisessä muodossa ja mahdollisesti siinä voisi riskinarviointikysymysten lisäksi olla vastausvaihtoehtoja. Siten järjestelmä voisi arvioida riskin liikennevaloihin perustuvalla arvioinnilla, jolloin olisi helposti ja nopeasti huomattavissa, missä kohteissa on merkittävimmät riskit ja miten saavutettaisiin nopeimmin turvallinen riskitaso.

Riskinarvioinnin tuloksina saadaan tarvittaessa luettelo erilaisista riskinhallinnan toimenpiteistä päästöjen alentamiseen. Ensisijaisesti pyritään vaihtamaan vaarallinen altiste vaarattomampaan sekä vähentämään vaarallisen altisteen käyttöä. Teknisillä toimenpiteillä voidaan vähentää päästöistä aiheutuvia riskejä. Paras käyttökelpoinen tekniikka on alalla yleensä hyvin tunnettua ja luo hyvän pohjan jäteperäisten päästöjen riskinhallintaan.

Lähdeluettelo

Al-Salem, S.M., Lettieri, P. & Baeyens, J. (2009) Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste Management*. Vol. 29. S. 2625-2643. doi: 10.1016/j.wasman.2009.06.004.

Athanasίου, M., Makrynos, G. & Dounias, G. (2010) Respiratory health of municipal solid waste workers. *Occupational Medicine*. Vol. 60. S. 618-623. doi: 10.1093/occmed/kqq127.

Battaglia, M., Passetti, E. & Frey, M. (2015) Occupational health and safety management in municipal waste companies: A note on the Italian sector. *Safety Science*. Vol. 72. S. 55-65. doi: 10.1016/j.ssci.2014.08.002.

Brunekreef, B. & Holgate, S.T. (2002) Air pollution and health. *The Lancet*. Vol. 360. S. 1233-1242.

BS 18004:2008. (2008) Guide to achieving effective occupational health and safety performance. BSI British Standards. ISBN 978 0 580 52910 8.

Cagno, E., Caron, F. & Mancini, M. (2002) Risk analysis in plant commissioning: the Multi-level Hazop. *Reliability Engineering and System Safety*. Vol. 77. S. 309-323. doi: 10.1016/S0951-8320(02)00064-9.

Cheng, H. & Hu, Y. (2010) Municipal solid waste (MSW) as a renewable source of energy: Current and future practices in China. *Review. Bioresource Technology*. Vol. 101. S. 3816-3824. doi: 10.1016/j.biortech.2010.01.040.

Chiriac, R., De Araujo Morais, J., Carre, J., Bayard, R., Chovelon, J. M. & Gourdon, R. (2011) Study of the VOC emissions from municipal solid waste storage pilot-scale cell: Comparison with biogases from municipal waste landfill site. *Waste Management*. Vol. 31. S. 2294-2301. doi: 10.1016/j.wasman.2011.06.009.

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

Clerc, F., Bertrand, N. & Vincent, R. (2015) TEXAS: a tool for exposure assessment – Statistical models for estimating occupational exposure to chemical agents. *Annals of Occupational Hygiene*. Vol. 59. S. 277-291. doi: 10.1093/annhyg/meu094.

Cunningham, T.R., Galloway-Williams, N., Geller, E.S. (2010) Protecting the planet and its people: how do interventions to promote environmental sustainability and occupational safety and health overlap? *Journal of Safety Research*. Vol. 41. S. 407-416. doi: 10.1016/j.jsr.2010.08.002.

Darbra, R.M., Eljarrat, E. & Barceló, D. (2008) How to measure uncertainties in environmental risk assessment. *Trends in Analytical Chemistry*. Vol. 27:4. S. 377-385. doi: 10.1016/j.trac.2008.02.005.

Domingo, J. L. & Nadal, M. (2009) Domestic waste composting facilities: A review of human health risks. *Environmental International*. Vol. 35. S. 382-389. doi: 10.1016/j.envint.2008.07.004.

Eriksson, O., Carlsson Reich, M., Frostell, B., Björklund, A., Assefa, G., Sundqvist, J.-O., Granath, J., Baky, A. & Thyselius, L. (2005) Municipal solid waste management from a systems perspective. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 13. S. 241-252. doi: 10.1016/j.jclepro.2004.02.018.

European Commission (2016) Best Environmental Management Practice. The reference document for the Waste Management sector. European Commission Joint Research Centre. SUSPROC Sustainable Production & Consumption. Internet-sivu. [viitattu 11.1.2016]. Saatutapa: http://susproc.jrc.ec.europa.eu/activities/emas/waste_mgmt.html.

European Commission (2014) Development of the EMAS Sectoral Reference Documents on Best Environmental Management Practice. Learning from frontrunners, Promoting best practice. Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Scientific and policy reports. ISBN 978-92-79-34532-6. doi: 10.2791/43526.

European Commission (2006a) Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatment Industries. August 2006.

European Commission (2006b) Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques on Emissions from Storage. July 2006.

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

Giusti, L. (2009) A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Management*. Vol. 29. S. 2227-2239. doi: 10.1016/j.wasman.2009.03.028.

Hamer, G. (2003) Solid waste treatment and disposal: effects on public health and environmental safety. *Biotechnology Advances*. Vol. 22. S. 71-79. doi: 10.1016/j.biotechadv.2003.08.007.

Health Council of the Netherlands (2010) Endotoxins. Health-based recommended occupational exposure limit. The Hague: Health Council of the Netherlands. 2010/04OSH. ISBN 978-90-5549-804-8.

Heldad, K. K., Halstensen, A. S., Thorn, J., Djupesland, P., Wouters, I., Eduard, W. & Halstensen, T. S. (2003) Upper airway inflammation in waste handlers exposed to bioaerosols. *Occupational & Environmental Medicine*. Vol. 60. S. 444-450.

Helftewes, M., Flamme, S. & Nelles, M. (2012) Greenhouse gas emissions of different waste treatment options for sector-specific commercial and industrial waste in Germany. *Waste Management & Research*. Vol. 30:4. S. 421-431. doi: 10.1177/0734242X12441384.

Hossain, M.S., Santhanam, A., Norulaini, N.A.N. & Omar, A.K.M. (2010) Clinical solid waste management practices and its impacts on human health and environment – A review. *Waste Management*. Vol. 31:4. S. 754-766. doi: 10.1016/j.wasman.2010.11.008.

HTP-arvot (2014) Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2014:2. Helsinki 2014. 97 S. ISBN 978-952-00-3480-1 (nidottu). ISBN 978-952-00-3479-5 (PDF).

Husman, K. (1992) Työilman endotoksiinit ja työntekijöiden oireilu aktiivilielaitoksilla. Internet-sivu. Työsuojelurahasto, 90038 tutkimushanke. [viitattu: 5.1.2016]. Saantitapa: <https://www.tsr.fi/tutkimustietoa/tata-tutkitaan/hanke?h=90038>.

Jardine, C., Hrudey, S., Shortreed, J., Craig, L., Krewski, D., Furgal, C. & McColl, S. (2003) Risk management frameworks for human health and environmental risks. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*. Vol. 6:6. S. 569-718. doi: 10.1080/10937400390208608.

Jumpponen, M., Heikkinen, P., Rönkkömäki, H. & Laitinen, J. (2015) Workers' dermal and total exposure to metals in biomass-fired power plants. *Biomonitoring*. Vol. 2. S. 1-15. doi: 10.1515/bimo-2015-0001.

Jumpponen, M., Rönkkömäki, H., Pasanen, P. & Laitinen, J. (2014) Occupational exposure to solid chemical agents in biomass-fired power plants and associated health effects. *Chemosphere*. Vol. 104. S. 25-31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.025>.

Jumpponen, M., Rönkkömäki, H., Pasanen, P. & Laitinen, J. (2013) Occupational exposure to gases, polycyclic aromatic hydrocarbons and volatile organic compounds in biomass-fired power plants. *Chemosphere*. Vol. 90. S. 1289-1293. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.10.001>.

Jätelaki (2011) 646/2011. Annettu Helsingissä 17 päivänä kesäkuuta 2011. Verkkodokumentti. [viitattu 28.5.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>.

Kampa, M. & Castanas, E. (2008) Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*. Vol. 151. S. 362-367. doi: 10.1016/j.envpol.2007.06.012.

Kao, W.-U., Ma, H.-W., Wang, L.-C. & Chang-Chien, G.-P. (2007) Site-specific health risk assessment of dioxins and furans in an industrial region with numerous emission sources. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 145. S. 471-481. doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.11.048.

Kemikaalilaki (2013) 599/2013. Annettu Helsingissä 9 päivänä elokuuta 2013. Verkkodokumentti. [viitattu 2.6.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130599>.

Kiviranta, H., Tuomainen, A., Reiman, M., Laitinen, S., Nevalainen, A. & Liesivuori, J. (1999) Exposure to airborne microorganisms and volatile organic compounds in different type of waste handling. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. Vol. 6. S. 39-44.

Laitinen, S., Kontro, M., Kirsi, M., Jokela, P. & Reijula, K. (2013) Mikrobiologisten terveysvaarojen selvitys biohajoavien jätteiden laitospölyssä käsittelyssä. Loppuraportti, TSR-hanke 110359. Työterveyslaitos. ISBN: 978-952-261-347-9 (nid.), ISBN: 978-952-261-348-6 (pdf).

Laki vapaaehtoisesta osallistumisesta ympäristöasioiden hallinta- ja auditointijärjestelmään (2011) 121/2011. Annettu Helsingissä 11 päivänä helmikuuta 2011. Verkkodokumentti. [viitattu 4.6.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110121>.

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (1994) 10.6.1994/468. Verkkodokumentti. [viitattu 11.6.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940468>.

Latvala, M. (2009) Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Suomen ympäristö 24/2009. Suomen ympäristökeskus. Helsinki 2009. ISBN 978-952-11-3497-5 (nid.) ISBN 978-952-11-3498-2 (PDF). Saantitapa: www.ymparisto.fi/julkaisut.

Lou, X. F. & Nair, J. (2009) The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions – A review. *Bioresource Technology*. Vol. 100. S. 3792-3798. doi: 10.1016/j.biortech.2008.12.006.

Lu, H.W., Huang, G.H., He, L. & Zeng, G.M. (2009) An inexact dynamic optimization model for municipal solid waste management in association with greenhouse gas emission control. *Journal of Environmental Management*. Vol. 90. S. 396-409. doi: 10.1016/j.jenvman.2007.10.011.

Meneses, M., Schuhmacher, M. & Domingo, J.L. (2004) Health risks assessment of emissions of dioxins and furans from a municipal waste incinerator: comparison with other emission sources. *Environmental International*. Vol. 30. S. 481-489.

Milke, M.W. (2003) Improving our ability to manage risks. Editorial. *Waste Management*. Vol. 23. S. iii-iv. doi: 10.1016/S0956-053X(03)00018-7.

Mohareb, E. A., MacLean, H. L. & Kennedy, C. A. (2011) Greenhouse Gas Emissions from Waste Management – Assessment of Quantification Methods. *Journal of the Air & Waste Management Association*. Vol. 61. S. 480-493. doi:10.3155/1047-3289.61.5.480.

Morf, L., Tresp, J., Gloor, R., Huber, Y., Stengele, M. & Zennegg, M. (2005) Brominated Flame Retardants in Waste Electrical and Electronic Equipment: Substance Flows in a Recycling Plant. *Environmental Science & Technology*. Vol. 39. S. 8691-8699. doi: 10.1021/es051170k.

Norgate, T.E., Jahanshahi, S. & Rankin, W.J. (2006) Assessing the environmental impact of metal production processes. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 15:8-9. S. 838-848. doi: 10.1016/j.jclepro.2006.06.018.

Papageorgiou, A., Barton, J R. & Karagiannidis, A. (2009) Assessment of the greenhouse effect impact of technologies used for energy recovery from municipal solid waste: A case for England. *Journal of Environmental Management*. Vol. 90. S. 2999-3012. doi: 10.1016/j.jenvman.2009.04.012.

Park, D.-U., Ryu, S.-H., Kim, S.-B. & Yoon, C.-S. (2011) An assessment of dust, endotoxin and microorganism exposure during waste collection and sorting. *Journal of the Air & Waste Management Association*. Vol. 61:4. S. 461-468. doi: 10.3155/1047-3289.61.4.461.

Pollard, S.J.T., Kemp, R.V., Crawford, M., Duarte-Davidson, R., Irwin, J.G. & Yearsley, R. (2004) Characterizing Environmental Harm: Developments in an Approach to Strategic Risk Assessment and Risk Management. *Risk Analysis*. Vol. 24:6. S. 1551-1560.

Pollard, S.J.T., Smith, R., Longhurst, P.J., Eduljee, G.H. & Hall, D. (2006) Recent developments in the application of risk analysis to waste technologies. *Environmental International*. Vol. 32:8. S. 1010-1020.

Poulsen, O.M., Breum, N.O., Ebbelohj, N., Hansen, Å. M., Ivens, U. I., van Lelieveld, D., Malmros, P., Matthiasen, L., Nielsen, B. H., Moller Nielsen, E., Schibye, B., Skov, T., Stenbaek, E. I. Wilkins, C. K. (1995) Collection of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. *The Science of the Total Environment*. Vol. 170. S. 1-19.

Pyy, O., Reinikainen, J., Jaakkonen, S., Sorvari, J., Sainio, P., Holm, K. & Mäenpää, M. (2007) Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. *Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2007*. Ympäristöministeriö. Ympäristönsuojeluosasto. Helsinki, 2007. ISBN 978-952-11-2726-7.

Reinikainen, J., Pyy, O., Sorvari, J., Salminen, J., Sainio, P., Tuomainen, J. & Komulainen, H. (2014) Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta. *Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014*. Ympäristöministeriö. Ympäristönsuojeluosasto. Helsinki, 2014. ISBN 978-952-11-4327-7.

Robinson, B.H. (2009) E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. Review. *Science of the Total Environment*. Vol. 408. S. 183-191. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.09.044.

SFS (2015) SFS-EN ISO 14001:2015. Ympäristöjärjestelmät. Vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Internet-sivu. [viitattu: 10.2.2016.] Saantitapa: http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/iso_14000_ymparistojohtaminen/iso_14001_2015.

SFS (1995) SFS-EN 689-1995. Työpaikan ilma. Ohje hengitysteitse tapahtuvan kemialliselle tekijöille altistumisen arvioimiseksi raja-arvojen avulla sekä ohje mittausstrategiaksi. Standardi. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Siponen, T., Yli-Tuomi, T., Aurela, M., Dufva, H., Hillamo, R., Hirvonen, M.-R., Huttunen, K., Pekkanen, J., Pennanen, A., Salonen, I., Tiittanen, P., Salonen R. O. & Lanki, T. (2014) Source-specific fine particulate air pollution and systemic inflammation in ischaemic heart disease. *Occupational & Environmental Medicine*. Vol. 72:4. S. 277-283. doi: 10.1136/oemed-2014-102240.

Starck, J., Kalliokoski, P., Kangas, J., Pääkkönen, R., Rantanen, S., Riihimäki, V. & Karhula, A-L. (2008) Työhygienia. Työterveyslaitos, Keuruu, 2008. ISBN 978-951-802-604-7.

Suomen virallinen tilasto (SVT) (2014) Kasvihuonekaasut. Verkkojulkaisu. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2014. Helsinki: Tilastokeskus. [viitattu: 5.1.2016]. ISSN: 1797-6049. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/khki/2014/khki_2014_2015-12-14_kat_001_fi.html.

SYKE (2015) Ympäristölupa. Lupakäsittelyn vaiheet kaaviona. Suomen Ympäristökeskus. Internet-sivu. [viitattu 3.9.2015]. Saantitapa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa. Päivitetty 12.8.2015.

Terveydensuojelulaki (1994) 19.8.1994/763. Verkkodokumentti. [viitattu 1.6.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763>.

Tilastokeskus (2016) Tietoa tilastoista. Käsitteet ja määritelmät. Internet-sivu. [viitattu 4.2.2016.] Saantitapa: <http://stat.fi/meta/kas/index.html>.

Tolvanen, O.K. (2004) Exposure to bioaerosols and noise at a Finnish dry waste treatment plant. *Waste Management & Research*. Vol. 22. S. 346-357. doi:10.1177/0734242X04045427.

Tolvanen, O.K. & Hänninen, K.I. (2006) Mechanical-biological waste treatment and the associated occupational hygiene in Finland. *Waste Management*. Vol. 26. S. 1119-1125. doi: 10.1016/j.wasman.2005.07.020.

Tolvanen, O.K. & Hänninen, K.I. (2005) Occupational hygiene in a waste incineration plant. *Waste Management*. Vol. 25. S. 519-529. doi: 10.1016/j.wasman.2005.01.010.

Tsai, C.-J., Chen, M.-L., Chang, K.-F., Chang, F.-K. & Mao, I.-F. (2009) The pollution characteristics of odor, volatile organochlorinated compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons emitted from plastic waste recycling plants. *Chemosphere*. Vol. 74. S. 1104-1110. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.10.041.

Tynkkynen, S., Santonen, T. & Stockmann-Juvala, H. (2015) A comparison of REACH-derived no-effect levels for workers with EU indicative occupational exposure limit values and national limit values in Finland. *Annals of Occupational Hygiene*. Vol. 59:4. S. 401-415. doi: 10.1093/annhyg/meu112.

Työturvallisuuslaki (2002) 23.8.2002/738. Verkkodokumentti. [viitattu 4.6.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>.

Vainio, H., Liesivuori, J., Lehtola, M., Louekari, K., Engström, K., Kauppinen, T., Kurppa, K., Riipinen, H., Savolainen, K. & Tossavainen, A. (2005) Kemikaalit ja työ. Selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä. Työterveyslaitos, Helsinki, 2005. ISBN 951-802-645-9 (PDF).

Valtioneuvoston asetus eräiden orgaanisia liuottimia käyttävien toimintojen ja laitosten ilmaan johtavien päästöjen rajoittamisesta (2015) 64/2015. Annettu Helsingissä 29 päivänä tammikuuta 2015. Verkkodokumentti. [viitattu 19.6.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150064>.

Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (2011) Suomen Säädöskokoelma. 38/2011. Annettu Helsingissä 20 päivänä tammikuuta 2011. Verkkodokumentti. [viitattu 1.6.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110038>.

Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä (2007) 164/2007. Annettu Helsingissä 8 päivänä helmikuuta 2007. Verkkodokumentti. [viitattu 19.6.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070164>.

Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta (2013) 151/2013. Annettu Helsingissä 14 päivänä helmikuuta 2013. Verkkodokumentti. [viitattu 19.6.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130151>.

Valtioneuvoston asetus jätteistä (2012) 179/2012. Annettu Helsingissä 19 päivänä huhtikuuta 2012. Verkkodokumentti. [viitattu 14.1.2016]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120179>.

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta (2014) 713/2014. Annettu Helsingissä 4 päivänä syyskuuta 2014. Verkkodokumentti. [viitattu 24.8.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140713>.

Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (2006) 713/2006. Annettu Helsingissä 17 päivänä elokuuta 2006. Verkkodokumentti. [viitattu 11.6.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060713>.

Valtioneuvoston päätös otsonikerrosta heikentävistä aineista (1998) 262/1998. Annettu Helsingissä 2 päivänä huhtikuuta 1998. Verkkodokumentti. [viitattu 19.6.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1998/19980262>.

Viegas, S., Veiga, L., Figueiredo, P., Almeida, A., Carolino, E. & Viegas, C. (2015) Assessment of worker's exposure to Aflatoxin B1 in a Portuguese waste industry. *Annals of Occupational Hygiene*. Vol. 59:2. S. 173-181. doi:10.1093/annhyg/meu082.

Wagner, J. & Bilitewski, B. (2009) The temporary storage of municipal solid waste – Recommendations for a safe operation of interim storage facilities. *Waste Management*. Vol. 29. S. 1693-1701. doi: 10.1016/j.wasman.2008.11.018.

Wouters, I.M., Spaan, S., Douwes, J., Doekes, G. & Heederik, D. (2006) Overview of Personal Occupational Exposure Levels to Inhalable Dust, Endotoxin, $\beta(1\rightarrow3)$ -Glucan and Fungal Extracellular Polysaccharides in the Waste Management Chain. *The Annals of Occupational Hygiene*. Vol. 50:1. S. 39-53. doi:10.1093/annhyg/mei047.

YLE (2016) Pakkausjätteen kierrätysvastuu siirtyi pakkausten tuottajille – alkukankeus täyttänyt jätteasiat. Kotimaa 5.2.2016 klo 10.35. Heidi-Maria Harju. Uutinen internet-sivulla. [viitattu 5.2.2016]. Saantitapa: http://yle.fi/uutiset/pakkausjätteen_kierratysvastuu_siirtyi_pakkausten_tuottajille__alkukankeus_tayttanyt_jateasiat/8647042.

Ympäristöministeriö (2012) Ympäristölupien valvontaohje. Dnro YM12/401/2012. 7.11.2012. Verkkodokumentti. [viitattu 16.2.2016]. Saantitapa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa/Valvonta.

Ympäristönsuojelulaki (2014) 527/2014. Annettu Naantalissa 27 päivänä kesäkuuta 2014. Verkkodokumentti. [viitattu 3.9.2015]. Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>.

Zaman, A.U. (2010) Comparative study of municipal solid waste treatment technologies using life cycle assessment method. International Journal of Environmental Science and Technology. Vol. 7:2. S. 225-234. ISSN: 1735-1472.

Liiteluettelo

Liite 1. Haitallisiksi tunnettuja pitoisuuksia jäteperäisille päästöille.

Liite 2. Jätteenpolttolaitoksille asetettuja päästöjen raja-arvoja Kiinassa, Euroopan Unionissa ja Yhdysvalloissa.

Liite 3. Haastattelussa esitetyt kysymykset case-tutkimuskohteissa.

Liite 1. Haitallisiksi tunnettuja pitoisuuksia jäteperäisille päästöille (HTP-arvot 2014).

Aine tai aineryhmä	HTP-arvot				Huomau- tukset
	8 h		15 min		
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	
Ammoniakki	20	14	50	36	
Endotoksiini-		90 EU/m ³			Alankomaa- lainen suosi- tusarvo
nit		EU = En- dotoxin Unit			
Etanoli	1000	1900	1300	2500	
Etikkahappo	5	13	10	25	
Epäorgaanin- en pöly		10			
Hiilidioksidi	5000	9100			
Hiilimonok- sidi	30	35	75	87	melu
Isosyanaatit				0,035	
Metaani	1000				
Metaanitioli	0,5	1	1,5	3	
Orgaaninen pöly		5		10	
Piidioksidi, kiteinen (kvartsi)		0,05			alveolijae
Rikkidiok- sidi	1	2,7	4	11	
Rikkivety	5	7	10	14	

melu = kemikaali lisää melun haitallisia kuulovaikutuksia
alveolijae = keuhkojae

Liite 2. Jätteenpolttolaitoksille asetettuja päästöjen raja-arvoja Kiinassa, Euroopan Unionissa ja Yhdysvalloissa (Cheng & Hu 2010).

Jätteenpolttolaitoksille asetettuja päästöjen raja-arvoja Kiinassa, Euroopan Unionissa ja Yhdysvalloissa. (Cheng & Hu 2010.)

Päästön laji	Kiina	Euroopan Unioni	Yhdysvallat	
			Pienet laitokset	Suuret laitokset
Pienhiukkaset, mg/m ³	80 (1 h)	10 (1 d), 30 (30 min)	24	25 (vanhat laitokset), 20 (uudet laitokset)
CO, mg/m ³	150 (1 h)	50 (1 d), 100 (30 min)	50-150 ppm	50-250 ppm
SO ₂ , mg/m ³	260 (1 h)	50 (1 d), 200 (30 min)	30 ppm	29 ppm (vanhat laitokset), 30 ppm (uudet laitokset)
NO _x , mg/m ³	400 (1 h)	200 tai 400	150 ppm tai 500 ppm	165-250 ppm (vanhat laitokset), 180 tai 150 ppm (uudet laitokset)
HCl, mg/m ³	75 (1 h)	10 (1 d), 60 (30 min)	25 ppm	29 ppm (vanhat laitokset), 25 ppm (uudet laitokset)
Hg, mg/m ³	0,2	0,05	0,08	0,05
Cd, mg/m ³	0,1	0,05 (Cd+Tl)	0,02	0,035 (vanhat laitokset), 0,01 (uudet laitokset)
Pb, mg/m ³	1,6	0,5 (Sb+As+Pb+Cr+ Co+Cu+Mn+Ni+V)	0,2	0,4 (vanhat laitokset), 0,14 (uudet laitokset)
Dioksiinit/furaanit, ng TEQ/m ³	1	0,1	13	30 tai 35 (vanhat laitokset), 13 (uudet laitokset)

1 h = tunnin keskiarvo

1 d = päivittäinen keskiarvo

30 min = 30 minuutin keskiarvo

ppm = miljoonasosa (massa/tilavuus)

Liite 3. Haastattelussa esitetyt kysymykset case-tutkimuskohteissa

1) Esitiedot

1. Mikä on yrityksen nimi?
2. Mikä on yrityksen toimiala?
3. Paljonko yrityksessä on työntekijöitä? Kuinka monta työntekijää toimii suoraan jätteiden käsittelyssä tai varastoinnissa?
4. Millainen on päivittäinen työaika jätteiden käsittelyssä? Onko työskentely jätteen käsittelyssä jokapäiväistä?
5. Mitä ovat käsiteltävät jätetakeet?
6. Millaisia ovat työtavat jätteen käsittelyssä tai varastoinnissa?
7. Kuinka paljon jätettä muodostuu sekä käsitellään päivässä/kuukaudessa/vuodessa?
8. Kuinka paljon jätettä on varastossa?
9. Kuinka suuria varastoja on käytössä? Millaisia jätevarastot ovat?
10. Onko jätteen muodostumisessa kausivaihtelua?
11. Millaisia ovat jätteen käsittelytekniikat (käsini/koneella)?
12. Vapautuuko jätteen käsittelystä aistinvaraisesti arvioiden pölyä tai hajuja?
13. Onko jätteestä vapautuvien päästöjen takia tarvittu työskentelyaikojen rajoittamista tai tauottamista?
14. Mitä ovat varastoitavat jätejakeet / kemikaalit / aineet?
15. Kauanko jäte viipyy varastoissa?
16. Millaisia kemikaaleja ja aineita on käytössä? Mitkä ovat kemikaalien käyttömäärät? Kuinka usein kemikaaleja käytetään?
17. Onko yrityksellä sertifioitua ympäristö- tai laatujärjestelmää?
18. Onko yritys hakenut ympäristöluvan johonkin toimintaan? Mitä toimintoja ympäristöluva koskee?
19. Onko toiminnasta tehty viranomaistarkastuksia?

2) Päästöjen tekninen hallinta

1. Onko tilat osastoitu?
2. Onko jäteastioissa kannet?
3. Millaisin teknisin keinoin hallitaan päästöjä?
 - a. Ilmastointi?
 - b. Kohdepoistot?
 - c. Henkilönsuojaimet?
 - d. Millaisia henkilönsuojaimia on käytössä?
4. Onko käytettyä tekniikkaa verrattu BAT-vertailuasiakirjoihin?

3) Päästöjen seuranta

1. Millaisia jätepäästöjä vapautuu ympäristöön?
2. Millaisia jätepäästöjä vapautuu ilmaan sisätiloissa?
3. Millaisia jätepäästöjä vapautuu maahan?
4. Millaisia jätepäästöjä vapautuu vesistöihin?
5. Millaisia suotovesiä vapautuu?

4) Riskinarviointi

1. Millaista riskinarviointia toiminnassa on tehty erityisesti päästöjen suhteen?
 - a. Päästöt ilmaan
 - b. Päästöt vesistöihin
 - c. Päästöt maaperään
2. Onko jonkin kemikaalin tai aineen käyttöä jouduttu tarkistamaan mahdollisten päästöjen perusteella?
 - a. Päästöt työilmaan
 - b. Päästöt ympäristöön
3. Tulisiko tämän toiminta-alan jostain kemikaalista tehdä ympäristöpäästöjä koskeva käsitteellinen malli eli kuvata niiden vaarallisuuden perusteella mahdollisia päästöreittejä ympäristöön? Mikä kemikaali/aine?
4. Tulisiko tämän toiminta-alueen jostain kemikaalista tehdä terveysvaikutuksia koskeva selvitys? Jos kyllä, niin mikä kemikaali/aine?
 - a. Selvitys kulkeutumisesta ja vaikutuksista työilmaan?
 - b. Onko työpaikalla tehty työhygieenistä selvitystä?
 - c. Onko tehty biomonitorointia tai allergiatestejä?
5. Millaisia riskinhallinnan keinoja on käytetty?
6. Kuinka päästöjä valvotaan?
7. Miten riskinhallintaa tulisi kehittää?
8. Ovatko lähialueen asukkaat antaneet palautetta jätteenkäsittelyn päästöistä?

5) Turvallisen työskentelyn ohjeet ja onnettomuustilanteet

1. Löytyykö käytettävistä kemikaaleista käyttöturvallisuustiedotteita?
2. Kuinka työntekijöitä on ohjeistettu turvalliseen työskentelyyn?
3. Millaiset ovat hygieniaohteet?
4. Kuinka toiminnassa on varauduttu onnettomuustilanteisiin?
5. Seurataanko onnettomuustilanteita/läheltä-piti-tilanteita/vaaratilanneilmoituksia/turvallisuuspoikkeamia?

6) Tulevaisuuden suunnitelmat

1. Millaiset ovat toiminnan tulevaisuuden suunnitelmat ympäristön ja työympäristön kannalta?
2. Mitkä ovat keskeisimmät kehittämiskohteet tulevaisuudessa?

7) Toivomukset diplomityön osalta

1. Millaisia toiveita teillä on tässä diplomityössä tehtävään riskinarviointiin?
2. Kuinka riskinarviointijärjestelmiä tulisi kehittää? Koulutustarpeet?
3. Muita kommentteja tai kysymyksiä?