

Anni Nissinen

**BOLIDEN KOKKOLAN HIUKKASMAISTEN HAJAPÄÄSTÖJEN
ARVIOINTI**

Opinnäytetyö

CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Kemiantekniikan koulutusohjelma

Toukokuu 2014

Yksikkö Kokkola-Pietarsaari	Aika Toukokuu 2014	Tekijä/tekijät Anni Nissinen
Koulutusohjelma Kemiantekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi BOLIDEN KOKKOLAN HIUKKASMAISTEN HAJAPÄÄSTÖJEN ARVIOINTI		
Työn ohjaaja Jana Holm		Sivumäärä 36
Työelämäohjaaja Kai Nykänen		

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Boliden Kokkolan hiukkasmaisia hajapäästöjä. Työn aikana kerättiin laskeumanäytteitä eri puolilta Boliden Kokkolan aluetta sekä tehtiin kirjallinen tutkimus hajapäästöihin liittyen.

Näytteet suodatettiin ja sekä suodoksia että liotettuja laskeumanäytteitä tutkittiin atomiabsorbtiometriellä (AAS). Näytteistä tutkittiin metallipitoisuuksia sinkin, raudan, kobolttin ja kadmiumin osalta. Näiden tulosten pohjalta laskettiin kokeellisia laskelmia hajapäästöjen kokonaismäärästä. Tutkimuksessa selvitettiin lisäksi hajapäästöihin kohdistuvaa lainsäädäntöä sekä tarkasteltiin muualla tehtyjä hajapäästöselvityksiä. Hajapäästöjen selvittämiseksi luotiin myös prosessi, jonka mukaan selvityksessä edetä.

Hajapäästöistä ei ole tällä hetkellä voimassaolevaa lainsäädäntöä. Kuitenkin uudessa ympäristölainsäädännössä hajapäästöistä ja niiden vähentämisestä tullaan säättämään.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Centria-ammattikorkeakoululle. Työn toimeksiantaja oli Boliden Kokkola. Työ toteutettiin marraskuun ja huhtikuun välisenä aikana vuosina 2013–2014.

Asiasanat

atomiabsorbtiometri, hajapäästöt, hiukkasmaiset hajapäästöt, ilmansaasteet, uusi ympäristölainsäädäntö, ympäristölainsäädäntö

Unit Kokkola-Pietarsaari	Date Toukokuu 2014	Author Anni Nissinen
Degree programme Chemical Engineering		
Name of thesis EVALUATION OF FUGITIVE PARTICLE EMISSIONS OF BOLIDEN KOKKOLA		
Instructor Jana Holm		Pages 36
Supervisor Kai Nykänen		

The aim of this thesis was to investigate the fugitive particle emissions of Boliden Kokkola. Six fallout samples were collected from different parts of Boliden Kokkola's area. These samples were analysed in the laboratory. Other analyses and law about fugitive emissions were also discussed.

Samples were filtered and both filtrates and dissolved fallout samples were measured with atomic absorption spectroscopy (AAS). Metal concentrates from zinc, cobalt, iron and cadmium were measured. From these results, experimental calculations were made regarding the overall amount of fugitive particle emissions. A process was created to investigate fugitive particle emissions.

There are no valid laws against fugitive emissions in the law of Finnish government. But a change to this will emerge in the near future, when new environmental laws will be passed.

This thesis was made for Centria University of Applied Sciences. The thesis was commissioned by Boliden Kokkola. The research was conducted during November 2013 and April 2014.

Keywords

air pollution, atomic absorption spectroscopy, environmental law, new environmental law, fugitive emissions, fugitive particle emissions

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 YMPÄRISTÖN TILA JA KEHITYS SUURTEOLLISUUSALUEELLA	2
2.1 Suurteollisuusalueen ympäristö	2
2.2 Ilmanlaatu Kokkolan alueella	2
2.3 Lumiselvitykset Kokkolan alueella	4
2.4 Bioindikaattoriselvitykset Kokkolan alueella	5
2.5 Pohjavesitutkimukset Kokkolan alueella	7
3 YLEISTÄ HAJAPÄÄSTÖJEN KARTOITTAMISESTA	8
4 HAJAPÄÄSTÖJÄ KOSKEVA YMPÄRISTÖLAINSÄÄDÄNTÖ	11
5 TYÖSSÄ KÄYTETYT LABORATORIOMENETELMÄT	15
5.2 Atomiabsorbtiometri eli AAS:n käyttö	15
5.3 Hehkutus ja hehkutusjäännöksen määrittäminen	16
6 BOLIDEN KOKKOLAN HAJAPÄÄSTÖLÄHTEIDEN ARVIOINTI	17
7 LASKEUMAN TARKKAILU BOLIDEN KOKKOLAN ALUEELLA	22
7.1 Näytteiden keräys ja sijainti	22
7.2 Näytteiden analysointi	24
8 TULOKSET JA POHDINTA	29
8.1 Tulokset	29
8.2 Laskelmat AAS-tulosten pohjalta	30
8.3 Virhearviointi ja pohdinta	31
9 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	35
LIITTEET	
KUVIOT	
KUVIO 1. Hajapäästötutkimuksen prosessikaavio	18
KUVIO 2. Mahdolliset hajapäästölähteet ilmakehään merkittynä	19
KUVIO 3. Hajapäästöjen laskeumakeräin, Boliden Kokkola	22
KUVIO 4. Laskeumakeräinten sijainnit Kokkolan kartalla	23
KUVIO 5. Tutkittavat laskeumanäytteet numeroituina	27
KUVIO 6. Liuotetut laskeumanäytteet mittapulloissaan järjestyksessä (vas.)	27

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Metallien tavoitearvot	11
TAULUKKO 2. Atomiabsorbtiometriin tulokset	29
TAULUKKO 3. Laskeuman ja suodoksen kokonaismäärä grammoissa	30
TAULUKKO 4. Metallien kuukausikohtainen kokonaislaskeuma	31

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Boliden Kokkola. Opinnäytetyön aiheena on hajapäästöjen määrän ja vaikutuksen arviointi sekä päästöjen vähentämisen mahdollisuudet kyseisessä yrityksessä. Opinnäytetyötä ehdotettiin, kun Boliden-konserni asetti kaikille toimintayksiköilleen tavoitteeksi luoda hajapäästöjen vähentämissuunnitelman vuosien 2014–2015 aikana. Myös EU (Euroopan unioni) tulee vaatimaan tulevaisuudessa hajapäästöjen määrittämistä.

Kolme harjoittelukesää Boliden Kokkolalla saivat minut kiinnostumaan opinnäytetyön tekemisestä yritykselle. Suuntaavat ympäristöopinnot tukivat ympäristöaiheen valitsemista opinnäytetyöksi. Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää tai luoda peruslinja myöhemmin tehtäviä laajempia hajapäästöselvityksiä varten. Työssä hyödynnettiin Boliden Kokkolan alueelta kerättyjen laskeumanäytteiden tuloksia (kokeellinen osuus) ja Kokkolan alueelta olemassa olevia ympäristöselvityksiä. Lisäksi työssä tutustuttiin aiheesta löytyvään kirjallisuuteen ja tutkittiin, onko jossain jo tehty vastaavia hajapäästötutkimuksia.

Hajapäästöillä voidaan tarkoittaa päästöjä, joille ei voida jäljittää tiettyä alkuperää. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi lumen sulamisvesien tai sateen mukana vesistöihin huuhtoutuvat ilmansaasteet. Tässä työssä hajapäästöillä kuitenkin tarkoitetaan sellaisia ilmaan leviäviä hiukkasmaisia päästöjä, jotka eivät ole kontrolloidun tai järjestelmällisen tarkkailun piirissä. Hajapäästöjen tutkinnasta on kiinnostuttu vasta viime vuosien aikana. Koska hajapäästöillä on kuitenkin merkittävä asema kokonaispäästöjen ja ympäristövaikutusten kannalta, on hajapäästöjen tutkinta tarkoituksenmukaista.

2 YMPÄRISTÖN TILA JA KEHITYS SUURTEOLLISUUSALUEELLA

2.1 Suurteollisuusalueen ympäristö

Kokkola on noin 50 000 asukkaan kaupunki, joka sijaitsee Keski-Pohjanmaan maakunnassa länsi-rannikolla. Vuosikymmenten saatossa Kokkolaan on keskittynyt huomattava määrä kemia-, metalli-, ja veneteollisuutta.(Slotte2010, 7–8.) Suurimmat päästöjä aiheuttavat lähteet Kokkolassa ovat suurteollisuusalue, energialaitos ja satama. Merkittävä päästölähde on myös alueen liikenne. Liikenne aiheuttaa suuren osan typpimonoksidi- ja typpioksidipäästöistä. Merkittävin osa rikkidioksidi-, hiukkas- ja metallikuormituksesta on peräisin teollisuudesta. (Slotte 2010, 11.)

Merkittävimpiä Kokkolan teollisuusalueella toimivia yhtiöitä ovat Boliden Kokkola, FreeportCobalt Oy, Yara Suomi Oy, TETRAChemicalsEurope Oy sekä CABB Oy. Kokkolan Satama on myös merkittävä toimija alueella ja Suomessa. Satama sekä FreeportCobalt ovat lähimpänä Boliden Kokkolan toimipaikkaa teollisuusalueella. (Kokkola Industrial Park 2014.)

2.2 Ilmanlaatu Kokkolan alueella

Ilman epäpuhtaudet voidaan eritellä ihmisten aiheuttamiin sekä luonnosta johtuviin päästöihin. Luonnosta johtuvia päästöjä ovat esimerkiksi metsäpalot, tuulen kuljettama pöly ja siitepöly tai luonnossa tapahtuvat hajoamisprosessit. Kuitenkin ihmisten aiheuttamat päästöt, kuten liikenne ja teollisuus, huonontavat ilmanlaatua eniten. Ilmansaasteet aiheuttavat muutoksia ekosysteemissä sekä terveydellisiä riskejä ihmisille ja eliöille. Ilman päästöt voivat olla kaasumaisessa tai hiukkasmaisessa(kiinteässä) muodossa. Ne leviävät helposti ympäristössä ilmapirtausten mukana. Epäpuhtaudet sekoittuvat kulkeutuessaan suurempaan ilmamassaan ja laimenevat tai vastaavasti muuttuvat toisiksi yhdisteiksi. Ympäristön saastumisessa hajapäästöjen merkitys on selvästi kasvussa. Pistemäisten lähteiden merkitys on vähentynyt, koska teollisuuden tuotannon kasvusta huolimatta niiden päästöt ovat pysyneet samankaltaisina. (Koljonen 2012, 8.)

Kokkolan teollisuusalueen kokonaispäästöt ilmaan muodostavat suurimman osan Kokkolan alueen ilmapäästöistä. Boliden Kokkolan rikkihappotehtaan toiminnasta oli

peräisin vuonna 2012 yli puolet alueen rikkidioksidipäästöistä (57 %). Toiseksi eniten rikkidioksidipäästöjä aiheutti Oy Kokkola Power Ab:n voimalaitos. Kolmanneksi eniten päästöjä tuotti Yara Suomi Oy:n kaliumsulfaattitehdas. Sinkkitehtaan osuus alueen rikkidioksidipäästöistä oli ainoastaan yhden prosentin. Typenoksidipäästöjä aiheutuu eniten Kokkolan Sataman ja Yara Suomi Oy:n toiminnasta. (Koljonen 2012, 13–14.)

Hiukkaspäästöjen kokonaismäärä on ollut jo muutamien vuosien ajan laskussa. Tämä selittyy Boliden Kokkolan hiukkaspäästöjen vähentymisellä, sillä Bolidenin hiukkaspäästöt ovat 32 % alueen kokonaishiukkaspäästöistä. Vuosien 2011–2012 aikana Boliden Kokkolan hiukkaspäästöjen määrä laski 3 tonnia. Hiukkaspäästöt kokonaisuudessaan ovat kuitenkin pysyneet 1990-luvun puolivälin jälkeen samalla tasolla. (Koljonen 2012, 15.)

Metallipäästöjen osuus Boliden Kokkolan osalta kääntyi myös parempaan suuntaan. Boliden Kokkolan sinkkipäästöt vähenivät vuodesta 2011 vuoteen 2012 mennessä noin 1,5 tonnia. Myös erittäin haitallisten metallien, kuten lyijyn, elohopean, arseenin ja kadmiumin päästömäärät laskivat Kokkolan teollisuusalueen ympäristöstä. Metalleista lyijylle on asetettu ilmanlaadun raja-arvo sekä arseenille, kadmiumille ja nikkelimille ilmanlaadun tavoitearvot. Lyijypitoisuus Ykspihlajassa vuonna 2012 oli keskimäärin $3,03 \text{ ng/m}^3$, kun raja-arvo on 500 ng/m^3 . Arseenin, kadmiumin ja nikkelin pitoisuudet ilmassa alittivat tavoitearvonsa. Kadmiumin vuosittainen tavoitearvo on 5 ng/m^3 , Ykspihlajan keskiarvoksi mitattiin $0,11 \text{ ng/m}^3$. Arseenin vuosipitoisuus oli $0,47 \text{ ng/m}^3$, kun tavoitearvo ollessa 6 ng/m^3 . Myös nikkelin pitoisuus $1,06 \text{ ng/m}^3$ alitti tavoitearvon 20 ng/m^3 . (Koljonen 2012, 32.)

Edellä mainittujen tilastoitujen päästötietojen lisäksi teollisuudesta ja liikenteestä vapautuu myös häkä-, hiilivety-, hiilidioksidi- ja rikkidioksidipäästöjä. Ilmanlaaturaportin selvityksen mukaan hiukkasmaiset päästöt ilmakehään ovat kokonaisuudessaan vähentyneet. Se voi johtua pistemäisten päästölähteistä aiheutuvien metallipäästöjen vähenemisestä tai hajapäästöjen vähenemisestä. Sataman sekä muiden läheisyydessä toimivien yritysten metallipäästöjä ei ole kuitenkaan selvityksissä otettu huomioon, mikä saattaa vaikuttaa Boliden Kokkolan hajapäästöjä. Hajapäästöjen osuus ilmassa mitatuista metallipäästöistä ei kuitenkaan ole tiedossa, joten hajapäästöjen osuutta on vaikea arvioida. (Koljonen 2012, 8.)

2.3 Lumiselvitykset Kokkolan alueella

Lumen avulla saadaan helposti lisätietoa päästöjen ja epäpuhtauksien alueellisesta leviämisestä sekä alueellisesta kokonaiskuormituksesta. Orgaaniset ja epäorgaaniset epäpuhtaudet sekä hiukkaset kerääntyvät laskeumana lumeen, josta ne voidaan määrittää. Lumeen talven aikana kertyneet epäpuhtaudet vapautuvat keväällä sulamisvesien mukana maaperään ja vesistöön. Lumessa olevat päästöt saattavat sisältää suuriakin pitoisuusvaihteluja. Lumiselvitystä tehtäessä olosuhteet näytteiden ottamiselle ovat tärkeitä. Talven tulee olla tasaisen kylmä, eikä lumi saa hetkellisesti sulaa. Lisäksi lunta täytyy olla paljon, jotta tulokset ovat luotettavia. Tulosten luotettavuuden tukemiseksi tarvitaan myös tietoja ilmanpäästöistä. (Slotte 2010, 21–22.)

Kokkolan lumiselvitys tehtiin talvena 2009–2010. Näytteitä otettiin yhteensä 30 kappaletta 100 neliömetrin alueelta, ja ne yhdistettiin yhdeksi näytteeksi. Näytteiden paikat oli valittu mahdollisimman tasaiselta ja avoimelta alueelta, mutta ei kuitenkaan pelloilta. Näin saatiin varmistettua, että lumi, josta näytteitä otettiin, oli tasaista. Näytteet analysoitiin Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen laboratorioissa. Siellä niistä selvitettiin viisitoista eri metallipitoisuutta, joita esiintyy Kokkolan teollisuusalueella. Metallikonsentraatioiden luotettavuutta arvioitiin pitoisuuden ja päästölähteen välillä olevan korrelaatiokerroimen avulla. (Slotte 2010, 22–23.)

Näytteistä saatiin muutaman alkuaineen kohdalla hyvä korrelaatiokerroin konsentraation ja päästölähteen välillä. Näitä alkuaineita olivat sinkki, lyijy, nikkeli, koboltti ja kadmium. Sen sijaan kuparin, kromin, magnesiumin, mangaanin sekä vanadiumin kohdalla ei saatu korrelaatiokerrointa tai se oli huono. Suurimmat sinkki-, lyijy-, koboltti- ja kadmiumpitoisuudet löydettiin läheltä teollisuusaluetta. Myös rautapitoisuudet olivat suuria teollisuusalueella, kuten myös lähellä Kokkolan kaupungin keskustaa. (Slotte 2010, 23–25.)

Tuulen suunnat mitattiin Ykspihlajan alueelta, joka on teollisuusalueen lähellä. Tutkimuksen aikana vallitsevina tuulensuuntina olivat etelä ja lounas, kun taas edellisinä vuosina vallitsevana tuulensuuntina olivat olleet etelä ja kaakko. Kuitenkin merenrannalla sijaitsevassa kaupungissa merituuli voi kääntää päästöjen suuntaa jopa 180°. Tällöin päästöjä löytyisi myös etelän suunnasta. Noin kolmasosan ajasta tuuli oli ollut alle 0,5 m/s, eli oli suhteellisen tyynä. (Slotte 2010, 10–11.)

Lumiselvityksen mukaan suurimmat määrät päästöjä on laskeutunut teollisuusalueen sekä Ykspihlajan alueelle. Myös meren suuntaan oli levinnyt päästöjä. Suurimmat pitoisuudet leviävät noin 3–5 km:n säteelle suurteollisuusalueesta. Kokonaisuudessaan kaikki päästöt ovat levittäytyneet rannan suuntaisesti noin 20 km:n säteelle. Sisämaahan päästöt olivat levinneet vain 10 km:n säteelle, Kälviän alueelle. (Slotte 2010, 33–57.)

Lumiselvityksen tuloksista huomataan, että osa lumiselvityksen sinkki-, lyijy-, ja kadmiumpäästöistä voi mahdollisesti johtua Boliden Kokkolan toiminnasta. Näin ollen hajapäästöjä Boliden Kokkolan alueella voi esiintyä. Pelkästään Boliden Kokkolan todellisia hajapäästöjä on kuitenkin vaikeaa arvioida, koska sen läheisyydessä on useampia yrityksiä sekä satama, joiden toiminnasta saattaa aiheutua vastaavia päästöjä. Sataman ympäristöstä merelle päin levinneet päästöt saattaisivat tukea teoriaa, että suuri osa hajapäästöistä tulisi sataman toiminnasta. Vuoden 2010 jälkeen ei ole tehty vastaavaa lumiselvitystä Kokkolassa, joten lumen avulla ei ole vielä pystytty todistamaan ilmapäästöjen vähenemistä. Kuitenkin lumiselvitys antaa jo yksittäisenä selvityksenä hyvän kuvan alueen ilmanpäästöistä ja niiden leviämisestä, mukaan lukien myös hajapäästöt.

2.4 Bioindikaattoriselvitykset Kokkolan alueella

Ilmanlaatua voidaan tarkkailla bioindikaattoreiden avulla. Bioindikaattori on jokin elollinen mittari, jolla voidaan tutkia esimerkiksi ilman tai veden puhtautta. Tällainen eliö voi olla esimerkiksi männyn neulaset tai sammal. Epäpuhtaudet aiheuttavat tutkittavassa eliössä muutoksia. Nämä muutokset voivat olla kemiallisia, tai ne voivat aiheuttaa muutoksia kasvialueessa tai rakenteessa. Bioindikaattorien avulla on helppo analysoida laajojen alueiden ilmanpuhtautta. Bioindikaattoriselvityksiä on tehty Kokkolassa vuodesta 1992 lähtien joka viides vuosi, viimeisin tutkimus tehtiin vuonna 2012. Kokkolan alueen ilmanlaatua on yksittäisissä tutkimuksissa seurattu bioindikaattoreiden avulla jo 1970-luvulla. Bioindikaattoreina on käytetty muun muassa männynneulasia, jäkäliä ja sammalta. Niiden avulla on pystytty tutkimaan alkuainepitoisuuksia sekä muita kemiallisia ominaisuuksia. (Huuskonen, Lehtonen & Laita 2012, 4.)

Teollisuusalueen kuormitus näkyy bioindikaattoreissa voimakkaimmin, kun taas haja-alueilla päästöjen vaikutukset ovat lieviä. Energian tuotanto ja teollisuus Kokkolan ja

Pietarsaaren alueella aiheuttavat hiukkasten ja raskasmetallien päästöjä ympäristöön. Tämä voidaan bioindikaattorien avulla havaita. Erityisesti teollisuusalueen läheisyydessä raskasmetallipitoisuudet olivat koholla. Lajisto oli teollisuusalueen ympäristössä huonokuntoisempaa, eikä lajien määrä ollut yhtä monimuotoinen kuin kauempana. Sammaleen, männynneulasten ja humuksen analyyseistä osoitettiin, että raskasmetallien määrä teollisuusalueella korreloi voimakkaasti faktorianalyyseissä. Merkittävimmät ilman epäpuhtaudet alueella olivat faktorianalyyseihin mukaan sinkki ja rauta. Korrelaatiota havaittiin myös kadmiumin, nikkelin, kuparin ja kromin kohdalla. (Huuskonen, Lehtonen & Laita 2012, 30.) 2000-luvun aikana ilman kautta leviävien päästöjen määrässä ei ole tapahtunut suuria muutoksia. Päästöjen määrät ovat kuitenkin pienemmät, kun vertaillaan 1990-luvun pitoisuuksiin. (Huuskonen, Lehtonen & Laita 2012, 4.)

Bioindikaattori- ja lumiselvitysten tulokset tukevat samaa teoriaa. Molempien mukaan ympäristöön kulkeutuu ilman kautta metalleja ja hiukkasia. Myös päästöjen leviämisaueet ovat molemmissa tutkimuksissa samankaltaiset. Tämä johtunee siitä, että keväällä lumien sulassa puut ja kasvit imevät paljon sulanutta vettä, jossa lumessa olleet päästöt ovat mukana.

Päästöjen määrä yleisellä tasolla on vähentynyt edellisistä vuosikymmenistä. Kasvillisuuden monimuotoisuus Kokkolan ja Pietarsaaren alueella on lisääntynyt. Kuitenkin selvitysten mukaan tutkimusalueella näkyy aiempaa selvemmin vaurioitunutta aluetta, joka painottuu teollisuusalueen ja asutuksen ympäristöön. Tämä osoittaa, että bioindikaattori-tutkimukset tukevat ilmanlaatuun vaikuttavien tekijöiden vaikutusta.

2.5 Pohjavesitutkimukset Kokkolan alueella

Patamäen pohjavesialue on 1-luokan pohjavesialue, joka toimii Kokkolan kaupungin raakavesilähteenä. Se kulkee Kokkolasta Kruunupyyn alueelle ja Veteliin Kaustisen kautta. Geologinen tutkimuskeskus teki pohjavesialueesta rakennetutkimuksen vuosina 2006–2007, ja tämän selvityksen pohjalta aloitettiin myös Patamäen pohjavesialueen yhteistarkkailuhanke. (Sillanpää & Aaltonen 2012, 4.) Näytteet otettiin havaintoputkista pumpun avulla niin, että ne kylmälaukkuihin pakattuina olivat seuraavana päivänä analysoitavana. Kaikista näytteistä otettiin lämmön ja pinnankorkeuden lisäksi selville pH ja lämmönjohtavuus, sameus, sinkki, kloridi ja ammoniumtyppi. Muita tekijöitä mitattiin

sen mukaan, mitä kunkin toimijan tarkkailuohjelman mukaan oli selvitettävä. (Sillanpää & Aaltonen 2012, 6–7.) Boliden Kokkolan, Oy Kokkola Power Ab:n ja FreeportCobaltin määrittelykseen kuuluivat myös rauta, elohopea, arseeni, lyijy, kadmium, kupari, koboltti, rikki, strontium ja nikkeli. (Sillanpää & Aaltonen 2012, 19.)

Kadmiumin, lyijyn, elohopean, kuparin ja arseenin pitoisuudet ovat pysyneet pohjavesiä koskevien ympäristölaatonormien alapuolella. Kobolttipitoisuus on ollut alkujaksolla nousussa, mutta vuonna 2012 se oli tehnyt pienen laskun. (Sillanpää & Aaltonen 2012, 19–20.)

Valtioneuvoston asettama sinkkipitoisuuden raja-arvo pohjavedelle on 60 µg/l. Se ylittyi sekä syksyllä että keväällä pohjavesialueen etelä- ja pohjoisalueella. Muuten keski- ja eteläosassa sinkin määrä pysyi välillä 5–25 µg/l. (Sillanpää & Aaltonen 2012, 51.) Teollisuusalueen havaintoputkissa sinkkipitoisuus pohjavedessä on vaihdellut tarkastelujakson aikana välillä 24–290 µg/l (Sillanpää & Aaltonen 2012, 19.).

3 YLEISTÄ HAJAPÄÄSTÖJEN KARTOITTAMISESTA

Hajapäästöt ovat sekä taloudellisesti että ympäristön kannalta huolestuttava tekijä. Huolena on myös se, että suurin osa työntekijöistä altistuu hajapäästöille sisäänhengityksen kautta. Erityisesti prosessi- ja kemianteollisuuden työntekijät altistuvat lukuisille erilaisille työpaikan uhkille, kuten kemikaaleille. Tämä altistaa heidät monille vakaville sairauksille, kuten syövälle. Yhä useammat kuolevat työperäisiin sairauksiin kuin teollisuusalueella tapahtuviin tapaturmiin. (Aziz, Hassim & Hurme 2013, 1–2.)

Hajapäästöjen kartoittaminen ja säätely on ollut erittäin kiinnostava aihe maanviljelyn ja ympäristöekonomien parissa. Niitä on tutkittu sekä käytännön merkityksen että ympäristöasetusten määräämisen vaikeuden vuoksi. Hajapäästöjen määrän arviointi eroaa muiden päästöjen tarkkailusta siksi, että yleensä hajapäästöjen määrä on jo mukana, ympäristöstä mitatuissa päästöä kuvaavissa mittauksissa tai tuloksissa. Hajapäästöt eivät myöskään riipu pelkästään päästölähteiden toiminnasta, vaan niihin vaikuttavat eksogeeniset eli ulkoiset syyt kuten sade tai lämpötila. (Yoping 2013.)

Teollisuudessa hajapäästöjä tulee pääsääntöisesti kolmesta eri lähteestä: Prosessissa tapahtuvista vahingoista, kanavoiduista lähteistä (kuten savupiipusta tai kasoista) sekä hajalähteistä. Päästöjen hallinnassa nojataan siihen oletukseen, että teollisuuden toiminnasta johtuvat ilmanpäästöt tulevat tavanomaisista, jo suljetun kanavan avulla päästöhallituista lähteistä. Kuitenkin hajapäästöjen yksityiskohtainen seuranta on tärkeää, jotta saadaan saavutettua parempi ilmanlaatu. Hajapäästöjen vähentämisellä on myönteisiä vaikutuksia ilman laatuun. (Amodio, Andriani, Dambruoso, de Gennaro, di Giglio, Intini, Palmisani & Tutino 2013, 1.)

Tavallisesti hajapäästöjä syntyy laitevikojen aiheuttamista vuodoista. Hajapäästölähteitä ovat myös raaka-aineiden käsittely, tuulen mukana leviävät pölyt sekä monet muut teollisuuden prosessikohtaiset lähteet. Ajoneuvojen, kuten puskuotraktoreiden, kauhakuormaajien ja rekkojen liikenne säilytettävien kasojen lähellä, voi aiheuttaa pölyn leviämisen ja toimia näin hajapäästölähteenä. (Amodio, Andriani & Dambruoso ym. 2013, 1.)

Hajapäästöjä voi syntyä myös reaktoreista panostamisen, haaroittamisen tai prosessiin lämmittämisen aikana. Nämä hajapäästöt voivat olla hyvin ongelmallisia ilman laadun

tarkkailun kannalta. Kuumat ja korrosoivat kaasut sisältävät suuria määriä hyvin pieniä partikkeleja sekä pienempiä määriä höyrystyviä metalleja ja orgaanisia yhdisteitä. Yksittäisissä paikoissa pienempien hajapäästöjen merkitys näistä lähteistä on pieni. Kuitenkin teollisuusalueilla sadat tai mahdollisesti jopa tuhannet vastaavat paikat saattavat yhdessä aiheuttaa hyvinkin merkittävän kokonaisuuden hajapäästöjen kokonaisarviointissa. (Amodio, Andriani & Dambruoso ym. 2013, 1–2.)

Hajapäästöjen leviämiseen vaikuttavat voimakkaasti sääolosuhteet. Hajapäästöjen hajaantuminen ympäristöön riippuu sateista, tuulesta sekä paikallisista sääolosuhteista. Tuulisella alueella pienet partikkelit pääsevät leviämään laajoille alueille. (Vrins & van den Elshout 2007, 4.) Alankomaissa on myös tehty tutkimus hiilen ja rautarikasteen hiukkasmaisten hajapäästöjen vähentämiseksi. Hajapäästöjen määrän selvityksessä käytettiin apuna laskeuman hajaantumisen mallinnusta. Hajaantumiskerroin laskettiin käyttämällä jo aiemmin luotua hiukkasmaisten hajapäästöjen mallia. Mahdollisena ratkaisuna esitettiin ilmanlaatua analysoivia analysointoreita. (Vrins & van den Elshout 2007, 4.)

Tarantossa Italiassa tehtiin kokeellinen tutkimus eräälle teräsyhtiölle, jonka päästölähteitä yritettiin etsiä kolmiomittauksen avulla. Kolmesta terästehtaan ympärille asetetusta näytestä analysoitiin erilaisia alkuaineita, jotka kulkivat ilman mukana. Tutkimuksessa otettiin myös tuulensuunnat huomioon. Tulokset osoittivat, että ilmavirta oli kuljettanut yhdelle näytepaikalle enemmän sinkki-, mangaani- ja rautapäästöjä kuin kahdelle muulle pisteelle. Tarkempi komponenttianalyysi osoitti hajapäästöjä tulevan erinäisistä paikoista, kuten koksasuuneista, satamasta sekä raaka-aineiden säilytyksestä. (Amodio, Andriani & Dambruoso ym. 2013.)

Terästeollisuuden hajapäästöistä tehtiin tutkimus myös Pohjois-Ranskassa. Tutkimuksen tarkoituksena oli paikantaa hajapäästölähteet. Ilmasta kerättiin kokonaispartikkelimäärää kvartsikuitusuodattimen avulla, jossa halkaisija oli 150 mm. Jokaista näytettä jäi suodattimelle 0,5–1 mm:n kerros. Suodosjäännöksestä tehtiin eri laitteiden avulla lukuisia kemiallisia analyysejä ja myös veteen liukenevien anionien määrää selvitettiin. Lisäksi jäännöksestä määritettiin partikkelikoko sekä sen jakauma laserdiffraktion avulla, jotta saataisiin selvitettyä mahdolliset hajapäästölähteet tarkemmin. Näytteille tehtiin myös hehkutusjäännöstutkimus, jossa näytteet lämmitettiin 1000°C:seen. Tutkimusten avulla

pystyttiin kohdentamaan päästölähteet tiettyihin paikkoihin. (Hleis, Fernandez-Olmo, Ledoux, Kfoury, Courcot, Desmonts & Courcot 2013, 1–5.)

Hajapäästöjen määrän laskennalliseen selvitykseen on kehitelty useita erilaisia lähestymistapoja. Usein voidaan käyttää parhaiten sopivaa laskelmaa tai yhdistellä eri näkemyksistä sopivan ratkaisun saamiseksi. Ympäristölupaa varten tehtävää tutkimusta varten voidaan tehdä keinotekoisia näytteitä, jotta voidaan selvittää algoritmien toiminta tavanomaisissa tuuli- ja päästö-olosuhteissa. (Brereton & Johnson 2013, 2.) Hajapäästöjen selvittämiseen on kehitelty myös tilastotietoon perustuvia laskentamalleja, jotka voivat olla potentiaalisia selvittämiskeinoja. Tällaisia voivat olla esimerkiksi päästöjen lentorataan perustuva laskelmat, joissa käytetään hyväksi aiemmin mitattuja päästömääriä. (Brereton & Johnson 2013.)

Edellä esitettyjen tietojen lisäksi löytyi kattavasti tietoa myös orgaanisten hajapäästöjen tutkimuksesta sekä hajapäästöjä koskevien hajapäästölakien säätämisestä. Nämä eivät kuitenkaan sovi tämän opinnäytetyön aihealueeseen. Kuitenkin terästeollisuudessa tehdyistä tutkimuksista voi ottaa ideoita myöhempiin tutkimuksiin.

4 YMPÄRISTÖLAINSÄÄDÄNTÖ HAJAPÄÄSTÖJÄ KOSKIEN

Valtioneuvoston asetuksessa 401/2009 on annettu ilmalaadun tavoitearvot arseenille, kadmiumille, nikkelille, elohopealle ja aromaattisille hiilivedyille. Alueilla, joilla tavoitearvot eivät ylitä, on silti tavoiteltava mahdollisimman hyvää ilmanlaatua. Tavoitearvolla pyritään siihen, että saataisiin vähennettyä ympäristön pilaantumista ja ympäristöön kohdistuvia haittoja. (Ympäristölainsäädäntö. 2009/401) Tavoitearvot ilman epäpuhtauksille nähdään taulukosta 1.

TAULUKKO 1. Metallien tavoitearvot. Ympäristölainsäädäntö 2009, 1009.

Metalli		Tavoitearvo
Arseeni (As)	vuosi	6 ng/m ³
Nikkeli (Ni)	vuosi	20 ng/m ³
Kadmium (Cd)	vuosi	5 ng/m ³
Bentsoapyreeni (BaP)	vuosi	1 ng/m ³

Ne alueet, joilla tavoite-arvot ovat vaarassa ylittyä, kuuluu toteuttaa kaikki päästöjen määrää alentavat toimet, joista ei aiheudu kohtuuttomia kustannuksia. Luvanvaraisessa toiminnassa, kuten teollisuusyrityksissä, tavoitearvojen ylittyminen tulee pyrkiä estämään BAT-tekniikkaa käyttäen. BAT (best available technology) tarkoittaa parasta olemassa olevaa tekniikkaa ja ympäristön kannalta parasta käytäntöä. Toimintaa harjoittavan yrityksen on pystyttävä todistamaan ympäristöviranomaisille, että yritys harjoittaa parasta käyttökelpoista tekniikkaa. (Ympäristölainsäädäntö 2009, 206–212.)

Ilmassa olevien päästöjen mittausalueen valinta teollisuusalueella tulee tehdä siten, että otetaan huomioon päästötiheys, todennäköinen päästöjen leviäminen sekä väestön mahdollinen päästöille altistuminen. Näytteenottoa eivät saisi myöskään häiritä ilmavirtaa rajoittavat esteet, kuten rakennukset ja puut. Näytteenottopaikan tulisi myös olla 1,5–4 metrin korkeudessa maanpinnasta. Huomioon on otettava myös mahdolliset häiriölähteet sekä kulkuyhteydet. (Ympäristölainsäädäntö 2010, 206–212.)

Teollisuus vaikuttaa edelleen merkittävästi koko Euroopan päästömäärään. Vaikka teollisuus on tärkeä osa Euroopan taloutta, aiheuttaa se myös ympäristön kuormittumista, sekä synnyttää jätteitä. Tavoitteiden kautta saataisiin myös myönteisiä terveysvaikutuksia teollisuuden läheisyydessä asuville ihmisille sekä eritoten prosessityöntekijöille. Vuonna 2007 Euroopan parlamentti ja komissio laati direktiivin, joka koskee teollisuuden päästöjen yhtenäistämistä sekä niiden vähentämistä. Tarkoituksena oli pyrkiä laatimaan Euroopan teollisuudelle yhtenäistetty lähestymistapa, jossa lupamenettelyssä otettaisiin huomioon myös kokonaisympäristövaikutukset. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi teollisuuden päästöistä (ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhteistäminen) 2007, 2.)

Valtioneuvosto hyväksyi vuoden 2013 lopussa esitetyn uuden ympäristönsuojelulain. Lain tarkoituksena on muun muassa tuoda kansalliseen lainsäädäntöön teollisuuspäästädirektiivi. Tämä tehostaa teollisuusalojen päästöjen valvontaa sekä yhtenäistää BAT-tekniikan asettamia vaatimuksia koskemaan kaikkia teollisuutta harjoittavia yrityksiä. (Ympäristöministeriö 2014.)

Uusi ympäristönsuojelulaki velvoittaa teollisuutta harjoittavia yrityksiä ennaltaehkäisemään ja minimoimaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavia toimintoja sekä käyttämään parasta olemassa olevaa tekniikkaa (BAT) ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi. Tämä voi tarkoittaa myös ympäristön kannalta parhaaksi katsottua käytäntöä eli parasta käyttökelpoista tekniikkaa, jota ei voida päästöjen ja kulutusmäärien lukuarvoina ilmaista. Tämä tulee olemaan keskeisin muutos uudessa laissa. Tällaisena parhaan käytännön soveltamisalana pidetään myös muun muassa hajapäästöjen hallintaa. (Hallituksen esitys ympäristönsuojelulaiksi 2014, 117–120.)

Koska uusi ympäristönsäädäntölaki velvoittaa BAT-tekniikan käyttämiseen, se vaikuttaa myös yritysten lupamenettelyihin. Nykyisiä vaatimuksia paljon yksityiskohtaisemmat säädökset muuttavat lupaharkintaprosessia. Toimintaluvan saamisen perusteeksi tulee käyttää parasta käyttökelpoista tekniikkaa sekä valvoa toimintaa. Lisäksi tulee pysyä ympäristönsuojelulain määräämissä päästöraja-arvoissa. Päästöraja-arvoista voidaan poiketa vain, kun arviointi osoittaa BAT-tekniikan soveltamisen olevan kustannuksellisesti liian suuri ympäristöhyötyihin nähden. Kuitenkaan teollisuuspäästädirektiivin mukaiset vähimmäispäästörajoitukset, jotka on määritelty jokaiselle toimialalle erikseen, eivät saa ylittyä. (Hallituksen esitys ympäristönsuojelulaiksi 2014, 117–120.)

Uuden ympäristönsuojelulain luvanvaraiseen metalliteollisuuteen kuuluvat kaikki ne yritykset, joilla on käytössään ainakin yksi seuraavista toimintamenetelmistä:

- malmien sintraus tai pasutus (mukaan lukien sulfidimalmit)
- raakaraudan tai teräksen tuotanto tuotantokapasiteetin ollessa yli 2,5 tonnia tunnissa (mukaan lukien jatkuva valu)
- muiden kuin rautametallien tuotanto sekundäärisistä aineista tai malmista ja rikasteesta kemiallisilla, metallurgisilla tai elektrolyysimenetelmillä
- rautametallivalimo, jonka tuotanto on yli 20 tonnia vuorokaudessa
- muu sulatto tai valimo jonka tuotannollinen kapasiteetti ylittää 4 tonnia vuorokaudessa lyijyn tai kadmiumin osalta sekä 20 tonnia muiden kuin rautametallien osalta
- metallien ja muovien pintakäsittelyn kemiallista tai elektrolyyttistä menetelmää käyttäen käsittelyaltaiden tilavuuden ollessa yli 30 kuutiometriä
- rautametallien kuumavalssaamo, jonka kapasiteetti ylittää 20 tonnia tunnissa tai takomo, joka vasaroiden iskutyö on yli 50 kilojoulea vasaraa kohti ja lämmitystehoon kuluu yli 20 megawattia
- raudan jalostus suojakäsittelmällä toisen sulan metallin avulla, kun käsittelykapasiteetti ylittää 2 tonnia raakaterästä tunnin aikana.

(Hallituksen esitys uudeksi ympäristönsuojelulaiksi 2014, 271–272.)

Näin ollen uuden ympäristölainsäädännön mukaisesti Boliden Kokkolan toiminnan jatkuminen edellyttää BAT-tekniikan soveltamista toiminnassa. Koska uuden lain mukaan BAT-tekniikan sovellus ulottuu myös hajapäästöjen hallintaan, on hajapäästöjen tutkiminen Boliden Kokkolan, kuten muidenkin asiaa koskevien yritysten alueella, välttämätöntä. Vaikka laki ei ole vielä tullut voimaan, on hajapäästöjen ennalta tutkiminen tarpeen tulevien lupamenetelmien kannalta.

EU on laatinut asiakirjan, jossa erilaisiin päästötilanteisiin suositellaan erilaisia BAT-tekniikoita. Tätä BAT-tekniikoita soveltavaa asiakirjaa kutsutaan lyhenteellä BREF. Uusin BREF-luonnos esittelee hajapäästöjen estämistekniikat materiaalin kuljetuksen, käsittelyn ja säilytyksen aikana. Lisäksi asiakirjassa mainitaan sinkkiteollisuudessa parhaimmiksi hajapäästöjen minimoimisen välineiksi materiaalien pitäminen kosteana, sekä täysin suljettua prosessia. (Euroopan komissio. 2013, 1188.)

Suomen ympäristölainsäädännössä ei vielä nykyään ole yleistä säädöstä hajapäästöjen määrittämisestä tai vähentämisestä. Lainsäädännössä kuitenkin mainitaan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisen yhteydessä myös hajapäästöjen havainnointi. Euroopan unionin hyväksyessä direktiivin myös tämä ympäristölain pykälä yhdistyisi uuteen direktiiviin.

5 TYÖSSÄ KÄYTETYT LABORATORIOMENETELMÄT

5.1 Atomiabsorptiospektrometrin eli AAS:n käyttö

Atomiabsorptiospektrometri (lyhenteeltään AAS) on analyttisen kemian piiriin kuuluva laboratoriolaitte. Laitteen avulla voidaan mitata tarkasti alkuainepitoisuuksia näytteestä. Menetelmällä pystytään analysoimaan kaikkia metalleja sekä arseenia ja seleeniä. Laitteella ei kuitenkaan pysty analysoimaan yhdisteitä tai epämetalleja eikä useampia alkuaineita kerrallaan, vaan se mittaa aina tutkittavan alkuaineen kerrallaan. (Lehtonen & Sihvonen 2009, 222.)

Atomiabsorptiospektrometrin menetelmässä ilma-asetyleeniliekkin läpi suunnataan jonkin tietyn alkuaineen säteilyaallonpituutta, jolloin liekissä olevat atomit muuttuvat virittymättömästä tilasta virittyneeseen tilaan. Atomit samalla absorboivat osan säteilystä. Absorption määrää mittaamalla saadaan selville tietyn alkuaineen pitoisuus. Säteilyn lähteenä käytetään ns. ontokatodilamppuja. Ontokatodilamppu lähettää erittäin intensiivistä säteilyä tutkittavan alkuaineen tyypillisellä aallonpituudella. Näin ollen lamppu tulee vaihtaa, kun tutkittavaa alkuainetta vaihdetaan. Nestemäinen näyte ruiskutetaan liekkiin, josta laite absorboi ja mittaa näytteen pitoisuuden. Monokromaattori päästää vain tietyn säteilyn läpi, jonka jälkeen valomonistimen ja signaalin käsittelyn jälkeen tietokone kirjaa mitatun pitoisuuden yksikössä mg/l. (Lehtonen & Sihvonen 2009, 222–223.)

Mittauslaitteita varten tehdään kalibroitikuvaaja, jotta saadaan mittaussignaali muutettua. Näin saadaan laite, tässä tapauksessa atomiabsorptiospektrometri, antamaan lukuarvot mitatuille näytteille. Kalibroitikuvaaja saadaan, kun tehdään liuoskemian menetelmillä mittaussarja, jossa tietyn alkuaineen pitoisuus tunnetaan. Tällöin puhutaan standardinlisäysmenetelmästä. Laite piirtää liuosarjasta signaalin mittaustuloksen ja lisätyn pitoisuuden avulla suoran. Lisätty pitoisuus voidaan suorasta lukea vaaka-akselilta. (Lehtonen & Sihvonen 2009, 88–89.) Laite kertoo myös tässä vaiheessa suoran korrelaatiokertoimen, joka kuvaa kalibroinnin luotettavuutta (Lehtonen & Sihvonen 2009, 82.).

Menetelmään sisältyy paljon eri pitoisuuksia sisältävien liuosten valmistusta. Standardinlisäysmenetelmä on paljon hitaampi kuin valmiin kalibrointisuoran käyttäminen.

Valmistettavan kalibrointisarjan tulee olla alueella, jossa mittalaitteella ja suurella on lineaarinen yhteys. Kalibrointikuvaajan ollessa suora mittausherkkyyys on luotettava koko mittausalueella. (Lehtonen & Sihvonen 2009.)

5.2 Hehkutus ja hehkutusjäännöksen määrittäminen

Hehkutus on menetelmä, jonka avulla voidaan saostumanäytteestä poistaa epäpuhtauksia, kuten orgaanista materiaalia sekä absorboituneita ioneja. Näin se saadaan myös helpommin punnittavaan muotoon. Ennen saostuman hehkuttamista saostuma on kuivattava lämpökaapissa, jäähdytettävä eksikaattorissa ja punnittava niin, ettei upokkaan paino juurikaan muutu. Koko analyysin ajan on käytettävä samaa vaakaa todenmukaisen tuloksen aikaansaamiseksi. (Lehtonen & Sihvonen 2009, 119.)

Suodatettua saostumanäytettä hehkutetaan platina- posliini tai kvartsiupokkaassa työssä tarvittavan lämpötilan mukaan. Lasista upokasta ei voi käyttää kuin matalissa, alle 150 °C: n lämpötiloissa. Sen sijaan posliininen upokas kestää hyvin suurempiakin lämpötiloja. Siinä voidaan myös suorittaa kaikki hehkutustyön vaiheet eli pestä, kuivata ja hehkuttaa näytettä. Sen sijaan on myös muistettava, ettei posliiniupokas kestä rajuja lämmönvaihteluita. (Lehtonen & Sihvonen 2009, 119–120.)

Hehkutus voidaan suorittaa joko hehkutusuunissa tai bunsenlampun avulla. Hehkutusuuneilla päästään tehokkaimmillaan jopa 1000°C:seen. Bunsenlampun avulla hehkutettaessa upokas peitetään kannella ja asetetaan posliinikolmion varaan kolmijalalle, jossa upokasta kuumennetaan pienellä bunsenliekillä. Sitten upokkaasta otetaan kansi pois, jotta hehkutettava aines pääsee paremmin kosketuksiin hapen kanssa. Sen jälkeen upokasta hehkutetaan täydellä liekillä. Hehkutuksessa upokkaankin paino voi vaihdella. Siksi menetelmä toistetaan tarpeeksi monta kertaa, ettei paino vaihtelee. Lisäksi tulee tarkastella hehkutettavalle ainekselle sopivin lämpötila tai käytettävä standardin tai muun ohjeen suosittamaa lämpötilaa. (Lehtonen & Sihvonen 2009, 119–120.)

6 BOLIDEN KOKKOLAN HAJAPÄÄSTÖLÄHTEIDEN ARVIOINTI

Boliden Kokkolan hajapäästölähteiden selvitystä lähdettiin ensimmäisenä miettimään yleisellä tasolla. Hajapäästöjen arvioinnin tueksi luotiin yksinkertainen mutta monivaiheinen prosessi, jonka mukaan selvityksissä edettiin. Näin Boliden Kokkolan hajapäästötutkimuksen prosessi voidaan mahdollisesti jatkotutkimuksissa toteuttaa saman kaavion mukaan, jotta tulokset pysyvät vertailtavina.

Ensimmäisessä vaiheessa tutustutaan alueen ympäristöön ja mahdollisiin hajapäästölähteisiin, tässä tutkimuksessa Boliden Kokkolan teollisuusalueeseen, sekä alueen mahdollisiin hajapäästölähteisiin. Mahdollisia hajapäästölähteitä arvioidaan päästön fysikaalis-kemiallisen koostumuksen sekä hajapäästön syntymekanismien avulla. Lisäksi arvioidaan päästölähteiden leviämissuuntaa ja etäisyyttä sekä riskin tai hajapäästölähteen merkittävyyttä kokonaishajapäästöjen kannalta.

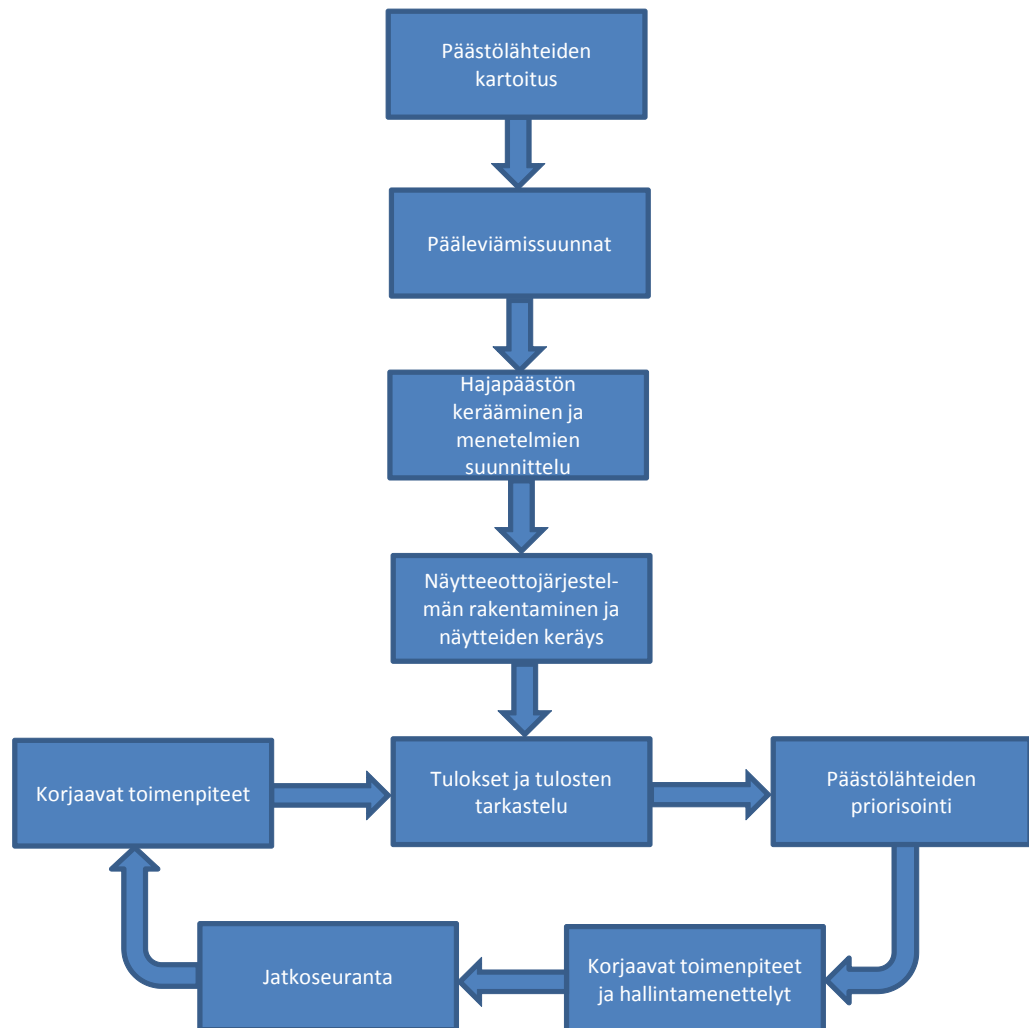
Seuraavana prosessivaiheena tulee luoda suunnitelma hajapäästöjen keräämiselle. Suunnitelmassa otetaan huomioon keräämisen jälkeen otettavien näytteiden käsittelyyn soveltuvien analyysimenetelmien suunnittelu. Tärkeää on ottaa suunnittelussa huomioon hajapäästölähteiden merkittävimmät leviämissuunnat, jotta näytteenottopisteet voidaan kohdentaa sellaiselle alueelle, jolle hajapäästöjen laskeuma on todennäköistä saavuttaa mahdollisimman tehokkaasti.

Tämän jälkeen suunnitellaan näytteenottojärjestelmän rakentaminen ja näytteiden kerääminen käytännössä. Päätetään näytteenottoapaikat ja niiden lukumäärä, sekä kirjataan näytteiden keräyspisteiden koordinaatit ympäristössä. Näytteiden keräämisen ja sen suunnittelun yhteydessä päätetään myös näytteiden keräämiseen tarvittava aika sekä keräintentarvittava määrä.

Näytteiden keräyksen jälkeen suoritetaan näytteiden analysointi ja tarkastellaan saatuja tuloksia. Tuloksista pystyy mahdollisesti tekemään johtopäätöksiä merkittävimmistä hajapäästölähteistä tai suunnasta, josta hajapäästöjä tulee eniten. Näytetulosten arvioinnin ja johtopäätösten avulla voidaan prosessissa siirtyä tarkastelemaan lähemmin päästölähteiden riskiarviointia. Joitakin päästölähteitä pystytään mahdollisesti myös priorisoimaan pahemmiksi päästöriskeiksi kuin toisia. Viimeisenä vaiheena prosessi etenee mahdollisiin korjaaviin toimenpiteisiin, joilla pyritään estämään tai minimoimaan hajapäästöjen

syntyminen. Tämän jälkeen hajapäästöjen hallinta-prosessi jatkaa suljettua piiriään jatkoseurannan kautta uusiin korjaaviin toimenpiteisiin, sekä uusien näyteanalyysien kautta uudelleen riskiarviointiin ja uusiin korjauksiin.

Edellä kuvattu hajapäästöjen selvittämiseen käytettävä prosessikaavio kehiteltiin tätä tutkimusta varten yhdessä Boliden Kokkolan kanssa. Näin saatiin luotua tutkimukselle työvaiheet, jotka on esitetty kuviossa 1.



KUVIO 1. Hajapäästötutkimuksen prosessikaavio

Peruskartoituksen, laskeumamittausten sekä olemassa olevien muiden selvitysten perusteella Boliden Kokkolan mahdollisiksi hajapäästölähteiksi arvioitiin seuraavat: Jätealue, asfaltoidut pinnat, rikasteen purku- ja varastointialueet sekä liuotusjäännöksen varastokenttä. Mahdolliset hajapäästölähteet on merkitty ilmapuun, johon ne on numeroitu luetellussa järjestyksessä.



- 1. Jätealue**
- 2. Asfaltoidut alueet**
- 3. Rikasteen varastointi**
- 4. Rikasteen purkualue satama-alueella**
- 5. Liuotusjäännös**

KUVIO 2. Mahdolliset hajapäästölähteet ilmakehuun merkittynä mukailien Kokkolan kaupungin karttapalvelu 2014

Jätealue (1) on laaja neljänkymmenen hehtaarin alue. Jätealueen jäte koostuu pääasiassa rikkiyhdisteistä, raudasta sekä pienistä määristä lyijyä ja sinkkiä. Tietyissä sääolosuhteissa jätealue on todennäköisesti merkittävin hajapäästölähde Boliden Kokkolan alueella. Jäte on koostumukseltaan kostea eikä aiheuta normaaleissa sääolosuhteissa merkittäviä hajapäästöjä. Kuitenkin talvella leudolla ajanjaksolla mahdollisen sadejakson jälkeen sadeveden jäätyessä jätettä saattaa kertyä hienojakoisena aineksena jäätyneelle pinnalle, josta kuiva hienojakoinen pöly pääsee leviämään jätealueelta tuulen mukana, aiheuttaen ilman kautta kulkevia hiukkaspäästöjä. Myös kesäaikaan lyhyet päästöjaksot ovat mahdollisia viikkoja kestävien sateettomien hellekausien aikana, jolloin jäte saattaa kuivua.

Lisäksi runsas ajoneuvojen liikkuminen alueella on mahdollinen hajapäästölähde. Ajoneuvojen renkaisiin tarttuu epäpuhtauksia, jotka liikkuvat eteenpäin asfaltoiduille teille ja muille tehtaan alueille. Nämä renkaiden mukana tulleet epäpuhtaudet hajoavat pinnoilla hienojakoiseksi pölyksi, joka voi kuivuessaan levitä tuulen mukana laajemmillekin alueille.

Lumisina talvina paksu lumikerros kattaa jätealueen sekä avoimet pinnat lumipeitteellä estäen näin hajapäästöjen leviämistä pinnoilta ympäristöön. Tällöin hajapäästöjen leviäminen on vähäistä eikä se ole pitkäaikaista. Vuosien 2013–2014 välisenä talvena

lumitilanne oli niin heikko, että hajapäästöjen määrä on todennäköisesti ollut merkittävämpi kuin edellisinä vuosina. Kokkolassa tuulee keskimäärin suurimman osan aikaa etelän suunnalta eli rannanmyötäisesti. (WunderMap 2014.) Näin ollen hajapäästöt liikkuvat myös tässä suunnassa.

Asfaltoidut alueet (2) voivat aiheuttaa myös hajapäästöjä. Kaikki asfaltoidut alueet ovat Boliden Kokkolan alueella viemäröinnin piirissä. Sulamisvedet kerätään viemäröinnin avulla talteen ja johdetaan tehtaan vesienkäsittelyyn tai puhtailta alueilta suoraan vesienkäsittelyn viimeiseen vaiheeseen laskeutusaltaille. Laskeutusaltaista vedet johdetaan hallitusti mereen. Veden laatua tarkkaillaan purkupaikalla mereen vuorokauden kokoomanäytteillä ja kerran vuorokaudessa tehtävien analyysien perusteella. Likaisempien alueiden, kuten tuotantorakennusten ja niiden läheisyydessä olevat kaivovedet johdetaan vesienkäsittelyprosessiin. Vesienkäsittelyprosessin jälkeen puhdistettu vesi lasketaan sakeutusaltaisiin ja sieltä mereen. Myös puhdistetun veden laatua tarkkaillaan, kuten myös mereen päästettäviä vesiä.

Asfalttipinnoille kertyneet epäpuhtaudet ovat syntyneet ajoneuvojen renkaissa kulkeutuvien epäpuhtauksien sekä hiekoituspölyn kautta. Pinnoille kertyneiden epäpuhtauksien hajapäästöjä synnyttävä riski on olemassa erityisesti keväällä, kun lumet sulavat. Kuitenkin alueen asfaltoidut pinnat puhdistetaan kostealla lakaisulla heti lumien sulamisen jälkeen. Näin ollen ajanjakso, jolloin pinnoille kertyneistä epäpuhtauksista saattaa aiheutua hajapäästöjä ympäristöön on käytännössä erittäin lyhyt.

Rikasteiden varastoinnissa (3) voi myös syntyä pieniä määriä hajapäästöjä. Rikaste varastoidaan sisätiloihin sille tarkoitettuun rikastehalliin. Kuitenkin siirrettäessä rikastetta kuljettimilla ja kauhakuormaajilla, voi rikastetta varista maahan, jolloin mahdollisuus hajapäästöjen syntymiselle on olemassa. Tämä ei arvion mukaan ole kuitenkaan Boliden Kokkolan kokonaishajapäästöjen kannalta merkittävä hajapäästölähde. Rikastehallista ohjataan rikastetta myös suoraliuotukseen alipaineistetun kuljetinjärjestelmän kautta. Prosessista syntyvät poistokaasut päästetään hallitusti ilmaan suodattimien kautta. Nämä poistokaasut ovat tarkkailun piirissä.

Rikasteen purkaminen (4) satama-alueella tapahtuu normaalissa tilanteessa suoraan laivasta rikasteenpurkusuppiloon, josta rikaste kulkee katettua kuljetinjärjestelmää pitkin rikastehalliin. Katetun kuljetinjärjestelmän vuoksi tuuli ei pääse levittämään rikastetta, jotta normaalitapauksessa hajapäästöjen riski on pieni.

Mikäli rikasteen kuljetusjärjestelmässä on ongelmia, kuten tukkivia kovettumia tai laitteistovikoja, joudutaan rikaste purkamaan laivasta suoraan satama-alueen kentälle. Tällöin riski rikasteen pölyämiselle ja hajapäästöjen syntymiselle kasvaa, mikäli rikaste pääsee kuivumaan ja leviämään ajoneuvojen mukana asfalttipinnoille ohueksi kerrokseksi. Rikastepöly leviää satamakentältä todennäköisimmin meren suuntaan, sillä rikasteiden purkualue on hyvin lähellä merta.

Vanhaa liuotusjäännöstä (5) varastoidaan asfaltoidulla kentällä rikastehallin päädyssä. Liuotusjäännös on vanhaa prosessista poistettua materiaalia, jota hyödynnetään prosessissa hiljalleen. Varastokasa on sijoitettu kentälle, joka on pinta-alaltaan 6400 neliometriä. Liuotusjäännöstä kuljetetaan ajoneuvojen avulla uudelleen prosessiin syötettäväksi. Vuosittain liuotusjäännöstä syötetään prosessiin noin 3000 tonnia. Tässäkin tapauksessa ajoneuvojen renkaissa sekä suoraan kasalta mahdollisesti tapahtuva päästöjen leviäminen ovat riski. Varastoitava materiaali on suojattu kevyillä peitteillä, mutta toisinaan tuulinen sää saa suojaukset irtoamaan ja ainakin osa liuotusjäännöksestä paljastuu. Liuotusjäännöskasan välivarastointiajaksi on arvioitu noin 6 vuotta. Liuotusjäännöskasasta voi levitä ilmaan hajapäästöjä oikeissa sääolosuhteissa.

7 LASKEUMAN TARKKAILU BOLIDEN KOKKOLAN ALUEELLA

7.1 Näytteiden keräys ja sijainti

Laskeumakeräin on lieriön muotoinen, tasapohjainen astia, jonka yläreuna on viistetty ulkopuolelta 45^o:nkulmaan. Keräin asetetaan tukirakenteeseen, joka varmistaa sen, että keräyspinta pysyy vaakasuorassa kaikista sääolosuhteista huolimatta. Tukirakenteessa on myös ns. linturenkas, jolla estetään lintujen istuminen keräimen reunoille. Keräin tulee asettaa niin avoimelle ja vaakasuoralle maaperälle kuin tutkittavalla alueella on mahdollista. Keräintä ei tule myöskään sijoittaa liian lähelle paikallisia pölylähteitä, jotka häiritsisivät tulosta, kuten savupiippuja tai liikennettä (Suomen Standardisoimisliitto, SFS 3865, 2.). Kuviossa 3 nähdään laskeumakeräimen rakenne.

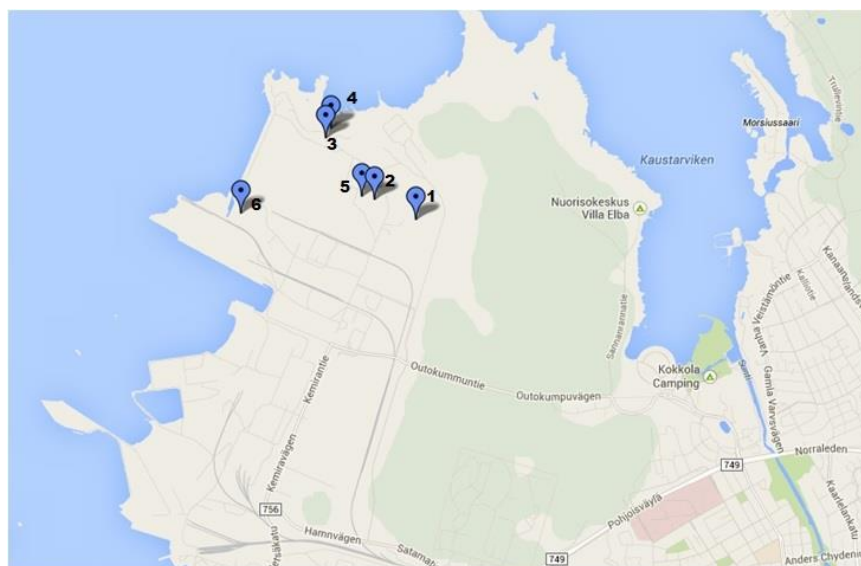


KUVIO 3. Hajapäästöjen laskeumakeräin

Laskeumakeräimen pohjalle laitetaan aluksi vettä, joka takaa, että laskeuma ei pääse tuulen mukana häviämään keräimestä. Pakkasan aiheuttamat vahingot sekä bakteerien ja levien kasvaminen voidaan ehkäistä laittamalla alkoholia, esimerkiksi etanolia tai metoksisetanolia veden sekaan. Näytettä kerätään yhtäjaksoisesti kuukausi, mistä voidaan poiketa muutamalla päivällä. Mikäli sääolosuhteet ovat jatkuvasti muutoksessa, voidaan näytteenkeräämisaikaa lyhentää 15 vuorokauteen. (Suomen Standardisoimisliitto SFS 3865, 3.)

Keräin huuhdotaan tislattulla vedellä, jotta kaikki hiukkaset saadaan mukaan näytteeseen. Sen jälkeen näytteistä erotetaan pois roskat, neulaset ja hiukkaset, jotka ovat yli 1mm kokoisia. Tarvittaessa näytteet myös voidaan kestäväidä sopivalla tavalla. Näytteestä erotetaan pois myös liukenemattomat aineet ja helpoiten tämä onnistuu suodattamalla. Jäljelle jäävät liukenemattomat hiukkaset voidaan kuivata jatkotutkimuksia varten lämpötilassa 105 C° vakiopainoonsa. (Suomen Standardisoimisliitto SFS 3865, 4.)

Boliden Kokkolan ympäristöön asennettiin kuusi laskeumakeräintä eri puolille Boliden Kokkolan toiminta-alueella. Yksi näytteistä oli ns. nollanäyte, eli näyte joka asetettiin kauemmas muista, jotta saadaan vertailulla selville todellinen päästöjen määrä. Yksi keräin myös asetettiin lähemmäs sataman toimintaa, jotta nähdään, tuleeko sataman toiminnasta hiukkaspäästöjä Bolidenin toiminta-alueelle. Kuvista 4 kuvasta nähdään laskeumakeräinten tarkemmat sijainnit numeroituina.



KUVIO 4. Laskeumakeräinten sijainnit Kokkolan Kartalla mukailien Google Maps 2013

Standardi SFS 3635:stä poiketen Boliden Kokkolan laskeumakeräimillä kerättiin näytettä kaksi kertaa pidempään eli 60 vuorokautta. Näin saatiin tietoa hajapäästöistä pitemmältä jaksolta. Laskeuma kerättiin 06.10–5.12.2013. Mahdollisten nopeiden säämuutosten ja jäätyminen takia keräimen pohjalle laitettiin 500ml 40-prosenttista etanoli-liuosta. Sää tuona aikana oli kuitenkin poikkeuksellisen lauha ja tasainen, joten näytteissä laskeuman määrä voi olla suurempi, kuin normaalina lumisempana talvena.

Näytekeräimet haettiin 5.12.2013 telineistään ja astiat suljettiin kannella ja pyyhittiin huolellisesti, jotta kontaminaatoriski olisi mahdollisimman pieni. Etanolin lisäyksestä huolimatta osa näytteistä oli täysin jäätyneitä, koska näytteenkeräyspäivänä oli reippaasti pakkasta. Ensin näytteet sulatettiin lämpimässä vesihautessa. Sen jälkeen näytteet suodatettiin erotussuppilon läpi, joka oli tiheydeltään 1mm.

Kun erotus oli tehty, aloitettiin jokaisen näytteen suodatus. Ensimmäisessä näytteessä tuli pientä hävikkiä, kun muutamia jäänmurusia tipahti lattialle. Tämän näytteen kokonaistilavuudesta suodatettiin vain 20 %. Keräin oli asetettu tasaiselle alueelle, mutta keräimen lähellä oli puita ja metsikköä. Tämän vuoksi ensimmäinen näyte oli äärimmäisen hankala suodattaa sen sisältämän runsaan orgaanisen aineksen takia. Tätä näytettä lukuun ottamatta jokainen näyte oli ei-laimentamaton kokonaisnäyte. Suodosta otettiin vain litra talteen näytteiden analysointia varten, vaikka oikeasti näytteillä oli erilaisia liuospitoisuuksia. Suodosta näytteestä 1 saatiin kerättyä vain 800ml. Muiden näytteiden tilavuus oli 2700–3600 ml. Alkuperäinen tilavuus otetaan kuitenkin huomioon tuloksissa esitetyissä laskuissa.

Lopuksi suodokset kestävästiin typpihapon avulla. Jokaiseen näytteeseen laitettiin typpihappoa suhteessa 10ml/1l. Liukenematonta ainesta kuivattiin kaksi tuntia 105°C:ssa, jonka jälkeen näytteet laitettiin eksikaattoriin. Tämän jälkeen liukenematonta aines punnittiin. Nämä näytteiden valmisteluvaiheet suoritettiin Boliden Kokkolan laboratoriossa. Näytteet kuljetettiin viikon päästä koululle säilytettäväksi tutkimuksia varten.

7.2 Näytteiden analysointi

Näytteiden analysointi aloitettiin suodosnäytteistä. Jokaisesta kuudesta suodosnäytteestä analysoitiin atomiabsorptiospektrometrin (AAS) avulla neljän Boliden Kokkolan eniten

esiintyvän metallin alkuainepitoisuuksia. Alkuaineet, jotka päätettiin määrittää, olivat sinkki, koboltti, rauta, kadmium ja arseeni. Muut määritykset olisivat olleet liian vaativia ja monimutkaisia opiskelijatasoon nähden.

Ensin valmistettiin raudalle, sinkille sekä koboltille standardiliuokset atomiabsorptiospektrometriä varten. Lisäksi laimennettiin 100 millilitraa 7-molaarista typpihappoa standardien kestäväntä varten. Standardeja varten käytettiin kobolttikloridia, ammoniumrautasulfaattia sekä sinkkisulfaattia standardin 3047 mukaisesti.

Metallisuoloja punnittiin mahdollisimman tarkasti lähelle standardissa ilmoitettua määrää. Punnittu suola huuhdeltiin punnitusastiasta huolellisesti litran mittapulloon tislattulla vedellä. Suola liuotettiin tislattuun veteen, jonka jälkeen lisättiin 10 millilitraa valmistettua typpihappoa, jotta standardiliuos kestäisi. Sitten litran mittapullo täytettiin merkkiin asti vedellä. Kadmiumille standardiliuosta ei tehty, koska koululta löydettiin avaamaton, valmiiksi tehty kaupallinen standardiliuos.

Seuraavaksi laimennettiin kaksi erilaista standardisarjaa atomiabsorptiospektrometriä varten. Toisesta tehtiin laajempi ja suurempia pitoisuuksia sisältävä sarja testiajoa varten, koska näytteiden mahdollisista metallipitoisuuksista ei ollut suurempaa tietoa. AAS:lle ajettiin testiksi suora pitoisuuksille 0,1, 1 ja 5 mg/l jokaisesta tutkittavasta alkuaineesta.

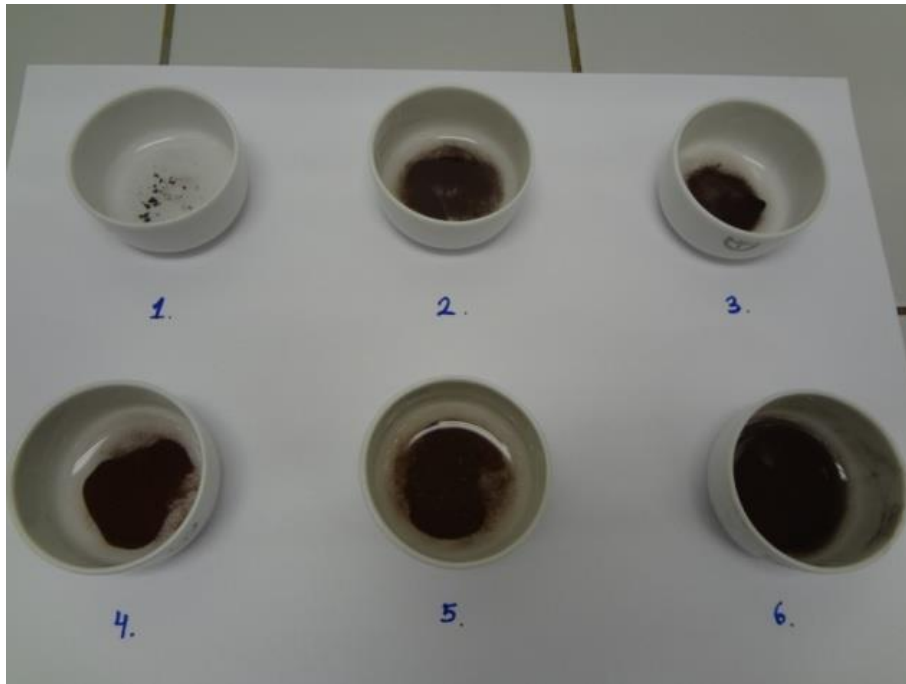
Kaikki pitoisuudet osoittautuivat pieniksi joten seuraavaksi AAS:iin ajettiin tarkempi, pienempiä pitoisuuksia sisältävä standardisuora laitteeseen. Tällä kertaa pitoisuudet olivat raudalle 0,01, 0,1, 0,5 ja 1 mg/l. Sinkille ne olivat 0,06, 0,1, 0,5 ja 1 mg/l. Koboltille sarjana käytettiin 0,053, 0,1, 0,5 ja 1 mg/l ja kadmiumille 0,05, 0,1, 0,5 ja 1 mg/l. Sarjoissa otettiin huomioon laitteen ilmoittamat suotuisimmat olosuhteet tarkkaa tulosta varten (recommended conditions), mistä johtuu standardien erilaisuus jokaiselle alkuaineelle. Jokaisen sarjan laimennokset suoritettiin automaattipipetin avulla, jotta sarjasta saataisiin mahdollisimman tarkka.

Seuraavaksi aloitettiin suodatusjäännösten työstäminen ja analysointi. Näytteet suodatettiin ja kuivattiin eksikaattorissa aiemmin ja ne oli pakattu suodatinpaperissaan foliokääreeseen ja muoviseen säilytyspussiin. Näytteet olivat kuitenkin vaurioituneet kuljetuksen ja säilytyksen aikana, ja jäännösnäytteet olivat levinneet pakkauksistaan. Lisäksi standardin SFS 3008 mukaan näytteiden hehkutus tulisi suorittaa viimeistään viikon kuluessa. Hävikistä huolimatta hehkutus yritettiin suorittaa.

Näytteiden hehkuttamista varten valittiin mahdollisimman suuret, posliiniset hehkutusupokkaat, joissa näyte hehkutettaisiin suodatinpapereineen. Suodatinpaperi oli erittäin kuiva ja se oli liian suuri upokkaisiin, joten sitä täytyi taitella upokkaan pohjalle. Näyte oli erittäin staattista sekä hyvin hienojakoista, joten pienikin ilmavirta ja liike saivat näytteen lähtemään ilmaan suodatinpaperista. Hävikkiä syntyi olosuhteiden pakosta niin paljon, että näytteet tuhoutuivat käsittelyssään käyttökelvottomiksi hehkutusjäännöksen määrittämisen osalta. Hehkutusjäännöksen määrittämisellä olisi saatu metallipäästöjen laskeuma tarkkaan punnittua. Näin ollen laboratoriotuloksissa saatuja metallipitoisuuksia olisi voitu laskea jokaisen laskeumanäytteen alkuaineprofiili prosenttiosuuksina. Lisäksi olisi voitu laskea laskeuman määrä neliometriä kohden ja edelleen Boliden Kokkolan kokonaispäästöt.

Vaikka osa näytteistä tuhoutui, oli jäännösnäyte silmämääräisesti hyvin samanlaista partikkelikooltaan ja väriltään. Jäljelle jääneet näytteet päätettiin silti hehkuttaa. Upokkaat hehkutettiin 550 °C:ssahehkutusuunissa 2 tunnin ajan. Näytteitä jäi hehkutuksessa jäljelle sopivasti jatkoanalyysijä varten. Näytteet olivat kuitenkin edelleen staattisia sekä hienojakoisia, että näytteet jätettiin siirtämättä eksikaattoriin, koska ilmavirta olisi saanut jäljellä olevan jäännöksen tuhoutumaan lopullisesti. Sen sijaan näyte kasteltiin tislattulla vedellä, jotta se saatiin pysymään upokkaan pohjalla. Näin loput näytteistä saatiin pelastettua jatkoanalyysijä varten.

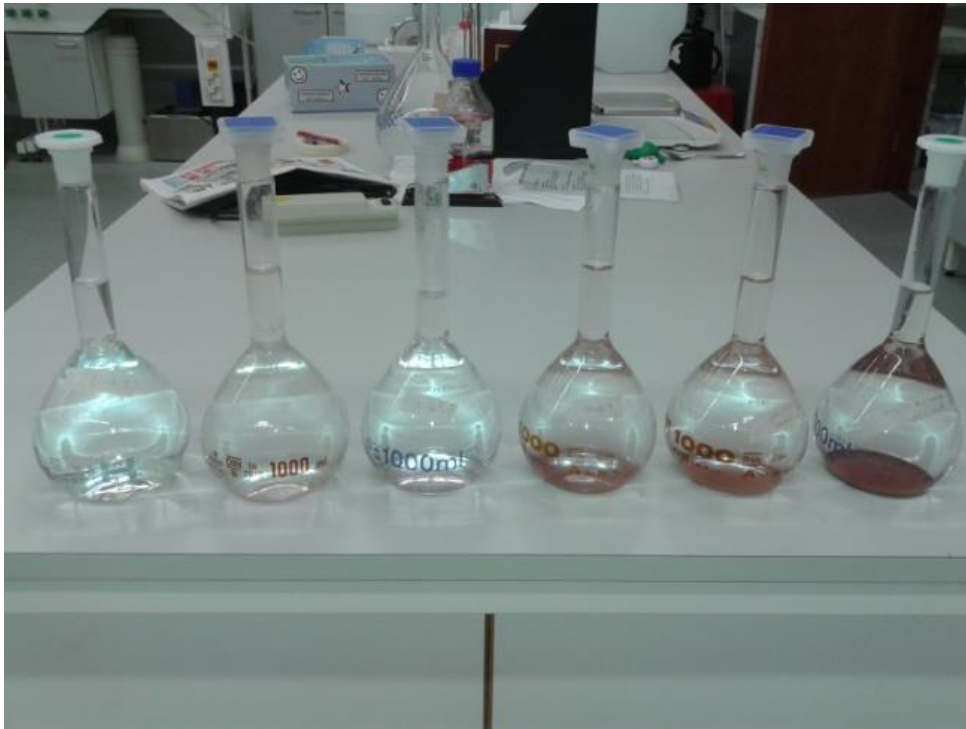
Ennen näytteiden enempää käsittelyä hehkutusjäännökset valokuvattiin ja analysoitiin väriä ja partikkelikokoa. Ensimmäistä näytettä oli kaikkein vähiten, ja se oli kaikkein kirkkaimin. Toista näytettä oli myös hyvin vähän, mutta sitä oli enemmän kuin ensimmäistä näytettä. Näyte oli myös kaikkein harmain väriltään. Kolmatta ja neljättä näytettä oli seuraavaksi vähiten, ja neljäs näyte oli punertavampi sävyltään kuin kolmas näyte. Viidettä ja kuudetta näytettä oli eniten, kuitenkin kuudetta näytettä selvästi eniten koko näytesarjasta. Viidennen ja kuudennen näytteen väri oli kaikista punertavin. Näiden näytteiden seassa oli myös suurempia partikkeleja, joita muissa neljässä näytteessä ei ollut nähtävissä. Kuviossa 5 on esitetty laskeumanäytteet hehkutuksen jälkeen numeroituina.



KUVIO 5. Tutkittavat laskeumanäytteet numeroituina

Seuraavaksi näytteet huuhdeltiin huolellisesti tislatulla vedellä dekanterilasiin, jotta näytteet voitiin liuottaa jatkotutkimuksia varten. Liuotukseen hapoksi valittiin aiemmin valmistettu 7-molaarinen typpihappo. Happoa lisättiin automaattipipetillä 5 ml koko ajan sekoittaen, kunnes tuhka liukenee. Liuotuksen helpottamiseksi liuosta lämmitettiin keittolevyllä noin 90°C:seen, jotta liukenemista saataisiin tehostettua. Liuotus aloitettiin 6. näytteestä, koska näytteessä oli suurin laskeumamäärä. Tämän näytteen osalta osattiin laittaa jokaiseen näytteeseen sama määrä typpihappoa.

Näytettä ei saatu liukenemaan, vaikka 7-molaarista happoa oli lisätty 30ml. Näytteeseen kokeiltiin lisätä 5 millilitraa väkevää (14,4 M) typpihappoa, mutta sekään ei liuottanut näytettä täydellisesti, vaan liuoksen pohjalle jäi pieni tummanharmaa sakkakerros. Sakan oletettiin pitkän kuumentamisen jälkeen olevan happoon liukenematonta ainesta. Muut näytteet liuotettiin samalla tavalla, joista ainoastaan 1–3 näytteet liukenivat lähes täydellisesti. Jokainen näyte laimennettiin tarkasti tislatulla vedellä litran mittapulloon. Kuviossa 6 on esitetty liuotetut laskeumanäytteet.



KUVIO 6. Liuotetut laskeumanäytteet mittapulloissaan järjestyksessä (vas.)

8 TULOKSET JA POHDINTA

8.1 Tulokset

Atomiabsorptiospektrometrin avulla selvitetty tulokset on esitetty taulukossa 2 sekä suodosnäytteille että liuotetuille laskeumanäytteille.

TAULUKKO 2. Atomiabsorptiospektrometrin tulokset

Suodos	Co (mg/l)	Zn (mg/l)	Fe (mg/l)	Cd (mg/l)
1	0,01	0,117	0,006	0,008
2	0,03	0,426	0,006	0,005
3	0,013	0,203	0	0,009
4	0,023	0,432	0,014	0
5	0,039	0,764	0,0024	0,025
6	0,053	1,366	0	0,021

Laskeuma	Co (mg/l)	Zn (mg/l)	Fe (mg/l)	Cd (mg/l)
1	0,007	0,075	0,104	0,018
2	0,034	0,296	0,858	0,027
3	0,017	0,646	0,391	0,016
4	0,091	3,71	1,86	0,032
5	0,074	2,085	2	0,024
6	0,094	55,55	14,241	0,167

Kaikista vähitenlaskeumaa esiintyy näytteissä 1–3 kaikkien alkuaineiden osalta. Laskeumanäytteissä sinkin, raudan ja koboltin määrä oli kuudennessa näytteessä selvästi suurempi kuin muissa näytteissä. Tämä ilmeni erityisesti laskeumanäytteiden tutkinnassa. Laskeumanäytteestä 6 löydettiin suuria määriä sinkkiä ja rautaa. Seuraavaksi suurin sinkkipitoisuus oli näytteessä 4, kun taas toiseksi suurin rautapitoisuus oli näytteessä 5. Kobolttia oli näytteissä 4 ja 6 lähes yhtä paljon. Kadmiumin pitoisuus oli suurin näytteessä 4.

Sinkkiä ja rautaa löytyi kaikista näytteistä 5 ja 6. Pitoisuudet olivat todella suuria. Erityisesti näytteessä 6 esiintyi montakymmentä kertaa enemmän sinkkiä ja rautaa. Voidaan tulkita, että nämä hajapäästöt eivät kuulu Boliden Kokkolan hajapäästöprofiiliin. Koboltin pitoisuudet heittelivät vähemmän, mutta suurin pitoisuus

kobolttia löytyi myös näytteestä kuusi. Näytteissä 4–6 oli myös paljon punertavaa, happoon liukenematonta ainesta. Tämä tulkittiin hienojakoiseksi hiekaksi.

Kolme näytteistä, näytteet 1, 2 ja 5 sijaitsivat samassa linjassa peltoalueella tehtaan takana, näyte 5 oli lähinnä jätealuetta. Nämä näytteet tukevat teoriaa jätealueelta leviävistä hajapäästöistä. Näytteessä 5 oli suurempi pitoisuus tutkittuja alkuaineita kuin näytteissä 1 ja 2. Näyte 1 sijaitsi kaikista kauimpana, ja sieltä löydettiin myös pienimmät pitoisuudet alkuaineita.

Koska näytteiden alkupunnituksissa oli hiekkaa ja orgaanista ainesta ja hehkutusprosessin hävikki oli suuri, laskennalliset selvitykset eivät olisi antaneet oikeanlaista kuvaa hajapäästöjen määrästä Boliden Kokkolan alueella. Lisäksi näytteiden 1 ja 3 alkupunnitustulos oli tulkittu nollassa, kun taas hehkuttaminen osoitti, että laskeumaa oli myös näissä näytteissä. Näiden syiden vuoksi laskennallista kokonaislaskeuman määrittystä ei suoritettu.

8.2 Laskelmat AAS-tulosten pohjalta

Ennen näytteiden analysointia suoritettu laskeumanäytteiden punnitustulos epäonnistui. Tämä johtui suodatinpaperista, joka ei soveltunut laskeumanäytteiden suodatukseen. Punnitustulosten epätarkkuuden vuoksi laskelmissa ei käytetty hyväksi näitä tietoja. Sen sijaan työssä laskettiin AAS-tulosten sekä tunnetun liuostilavuuden perusteella laskeuman kokonaismäärä jokaista alkuainetta kohti. Taulukossa 3 on esitetty laskeuman ja suodoksen kokonaismäärä.

TAULUKKO 3. Laskeuman ja suodoksen kokonaismäärä grammoissa

Yhteensä	Co (g)	Zn (g)	Fe (g)	Cd (g)
1	0,075	0,843	0,544	0,122
2	0,124	1,574	0,876	0,042
3	0,064	1,377	0,391	0,048
4	0,174	5,265	1,910	0,032
5	0,214	4,835	2,009	0,114
6	0,237	59,238	14,241	0,224

Seuraavaksi laskettiin metallien kuukausikohtainen kokonaislaskeuma elementti- ja kohdekohtaisesti. Tämä saatiin laskettua kun tiedettiin näytteiden keruu-aika (60 vuorokautta), laskeumakeräimen pinta-alan (0,126 neliometriä) sekä aiemmin esitettyjen kokonaisu-määrien perusteella. Taulukossa 4 on esitetty metallien kuukausikohtainen kokonaislaskeuma.

TAULUKKO 4. Metallien kuukausikohtainen kokonaislaskeuma

Kuukausilaskeuma	Co (g/m ²)	Zn (g/m ²)	Fe (g/m ²)	Cd (g/m ²)
1	0,298	3,354	2,165	0,485
2	0,493	6,263	3,485	0,167
3	0,254	5,478	1,556	0,193
4	0,692	20,950	7,601	0,127
5	0,853	19,239	7,992	0,454
6	0,943	235,701	56,663	0,890

Laskelmista saa suuntaa antavan kuvan hajapäästöjen myöhempään tarkasteluun. Kuitenkin laskelmat eivät vastaa tiedonpuuteiden vuoksi todellista määrää, joten ne eivät ole täysin luotettavia. Laskelmien mukaan sinkki ja rauta leviävät voimakkaimmin ympäristöön, erityisesti näytteiden 4, 5 ja 6 alueelta. Kobolttia ja kadmiumia esiintyy hajapäästöinä huomattavasti vähemmän. Kuitenkin kobolttia ja rautaa esiintyy eniten myös näytteen 6 alueella. Nämä 6 näytteen laskeumat voivat myös olla peräisin muusta kuin Boliden Kokkolan toiminnasta, koska se sijaitsee lähellä satamaa, jossa käsitellään ja lastataan paljon erilaisia tuotteita. (Kokkola Industrial Park 2014.)

8.3 Virhearviointi ja pohdinta

Suodatusjäännösnäytteet tuhoutuivat kuljetuksessa sekä näytteiden käsittelyssä, joten hehkutusjäännöksen määrittästä oli mahdotonta suorittaa edes suuntaa-antavasti. Seuraavissa tutkimuksissa näytteiden säilyttämis- ja käsittelytapaa voitaisiin muuttaa niin, että näyte asetettaisiin jo suodatinpaperin ollessa märkä hehkutusupokkaaseen ja säilytettäisiin kaikkien käsittelyvaiheiden ajan samassa astiassaan. Näin välttyttäisiin turhalta näytteen kuljetukselta ja siitä johtuvalta hävikiltä. Lisäksi näytettä käsiteltäessä olisi hyvä käyttää käsineitä, jotka estäisivät näytteen staattisen käyttäytymisen.

Suodosnäytteiden analysoinnissa työ aloitettiin testiajoilla. Näin saatiin optimoitua mahdollisimman tarkka standardisarja näytteille. Myös standardisarjat olivat opiskelijatasoon nähden tarkasti valmistettuja, ja niiden korrelaatiokerroin oli hyvä. Joten tulokset ovat luotettavia tässä suhteessa. Kuitenkin analysoinnissa on huomioitava itse atomiabsorptiospektrometrin kunto. Lamput olivat olleet kauan käytössä ja ne saattoivat vaikuttaa laitteen absorbointiin. Myöskään laitteen liekkiä ei olluthuollettu pitkään aikaan.

Jätealueen (1) hajapäästöjen syntymiseen vaikuttaa eniten alueen suuri avoin pinta-ala ja sen sijainti merenrannalla, josta tuuli pääsee levittämään hiukkasia. BREF:n suosittamia keinoja jätealueen hajapäästöjen vähentämiseksi ovat alueen siivous ja kastelu tai jätealueen suojeleminen esimerkiksi tuuliaitojen avulla. Alueen peittäminen esipeittokerroksella, kuten nurmetuksella, voisi olla myös yksi ratkaisu. Käytettäessä kastelua tai pesua tulisi käsitellä kaikki vesi, joka huuhtoo hiukkasia mukaansa alueella. Tämä kuitenkin on jo käsitelty Boliden Kokkolan viemärointi- ja vesienkäsittelyprosessilla. Jätealueella syntyvät kaikki vedet kerätään talteen ja johdetaan sinkkitehtaan prosessiin.

Asfaltoitujen alueiden (2) hajapäästöjen vähentämiseksi BREF suosittelee materiaalien kuljetuksen minimointia sekä toimivaa siivousjärjestelmää. Tämä tarkoittaa käytännössä Boliden Kokkolan tapauksessa kuljetuksessa käytettävien ajoneuvojen pesua niille tarkoitetuilla, viemäröidyillä alueilla säännöllisin väliajoin. Lisäksi likaisemmillä alueilla, kuten jätealueella käytettäville ajoneuvoille voisi suunnitella tiettyjä reittejä, joita pitkin ajoneuvot kulkevat. Näitä reittejä siivottaisiin säännöllisin väliajoin.

Rikastetta varastoidessa (3) BREF suosittelee tekemään säilytyksen sisätiloissa, joissa se Boliden Kokkolalla onkin. Rikastehallista ohjataan rikastetta suoraliuotukseen alipaineistetun kuljetinjärjestelmän kautta. Prosessista syntyvät poistokaasut päästetään hallitusti ilmaan suodattimien kautta. Nämä poistokaasut ovat myös jo tarkkailussa. Menetelmä vastaa parasta olemassa olevaa teknologiaa, joten merkittäviä päästöriskejä ei tulisi olla olemassa.

Rikasteen purkamisessa (4) todettiin hajapäästöjen mahdollisuuden olevan pienempi. Kuitenkin poikkeuksellisessa tilanteessa purkupaikan ollessa kentällä BREF suosittelee rikasteen kastelua tai vastaavasti purkamista sisätiloihin, suljettuun astiaan tai siiloon. Normaalityapauksessa rikasteen purkaminen tapahtuu siis parasta mahdollista tekniikkaa käyttäen.

Liuotusjäännöskasan (5) hajapäästöriskit voitaisiin parhaiten minimoida säilyttämällä kasa sisätiloissa. Myös kasan kastelu ja tarkka peittäminen kestäväällä ratkaisulla voisi olla mahdollisuus.

Yksi ratkaisu hajapäästöjen kokonaismäärän vähentämiseksi olisi suunnitella uusi ajoneuvojen kulkujärjestelmä. Likaisien alueiden ajoneuvot pestäisiin ja säilytettäisiin omalla alueellaan. Puhtailla alueilla olisi myös omat kulkuneuvonsa. Nämä kahdessa luokassa käytettävät kulkuneuvot voisivat myös mahdollisuuksien mukaan käyttää omia harkittuja kulkureittejään, jotta likaisen alueen kulkuneuvot eivät toisi epäpuhtauksia puhtaille alueille. Likaisten alueiden kulkureitit voitaisiin märkälakaista tarvittaessa. Monen mahdollisen hajapäästölähteen päästöjä saataisiin suunnitelmalla eliminoitua. Toinen mahdollinen korjaava toimenpide olisi kauan säilytyksessä olevien ainesten kiinteä varastointi sisätiloihin.

9 YHTEENVETO

Laboratoriotulokset ja siitä tehdyt kokeelliset laskelmat osoittavat, että Boliden Kokkolan alueella syntyy hajapäästöjä. Lasketun kuukausilaskeuman mukaan hajapäästöt ovat pääasiassa sinkkiä ja rautaa. Kuitenkin myös pieniä määriä kadmiumia ja kobolttia esiintyy ilmansaasteina.

On todennäköistä, että jätealueelta leviää hajapäästöjä. Laboratoriotuloksissa esiintyi sitä suurempia pitoisuuksia, mitä lähempänä jätealuetta laskeumakeräin sijaitsi. Todennäköisimmin jätealueen ja asfaltoidun alueen hajapäästöjä ehkäisemällä saataisiin parhaiten hajapäästöjen määrää pienennettyä Boliden Kokkolan alueella. On myös todennäköistä, että osa Boliden Kokkolan alueella olevista päästöistä syntyy muusta toiminnasta alueella, koska näytteen 6 alueelta, (joka sijaitsee lähellä satama-aluetta) oli kertynyt päästöjä eniten.

Hajapäästönäytteiden käsittelystä ja tutkimisesta on olemassa vasta vähän tietoa, koska laki ei ole velvoittanut hajapäästöjen tarkkaa valvomista. Näytteiden tarkka analysointi osoittautui erittäin haastavaksi osaksi työtä. Vaikka näytteistä ei saatu hehkutuksen jälkeistä painoa selville ja niin ollen tehtyä luotettavia laskennallisia jatkotutkimuksia, näytteiden pitoisuuksien perusteella tiedetään että hajapäästöjä kerääntyy ympäristöön. Näytteet sekä suuntaa antavat laskut antavat hyvän kuvan hajapäästönä esiintyvän hiukkasmaisen laskeuman alkuainepitoisuuksista. Kuitenkin jatkotutkimuksissa olisi tärkeää, että saataisiin tehtyä vielä todenmukaisempia laskelmia, joihin nojautua uuden ympäristölainsäädännön velvoitteiden tullessa voimaan.

LÄHTEET

- Amodio, M., Andriani, E., Dambruoso, P.R., de Gennaro, G., di Giglio, A., Intini, M., Palmisani, J. & Tutino, M. 2013. University of Bari. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231013005220>. Luettu 10.1.2014.
- Aziz, N. Hassim, M. & Hurme, M. 2013. Computer aided estimation of fugitive emission rates and occupational air concentration in process design. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876213001378>. Luettu 17.1.2014.
- Boliden Kokkola. 2013. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.boliden.com/fi/Toimipaikat/Sulatot/Kokkola/>. Luettu 6.12.2013.
- Brereton, C. & Johnson, M. 2013. Identifying sources of fugitive emissions in industrial facilities using trajectory statistical methods. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231012000787>. Luettu 18.1.2014.
- Ernest Vrins & Sef van den Elshout. 2006. Managing and Monitoring fugitive dust emissions using real-time PM measurements. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.dustconf.org/CLIENT/DUSTCONF/UPLOAD/S7/VRINS_NL.PDF. Luettu 22.2.2014.
- Euroopankomissio. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for The Non-Ferrous Metal Industries. 2013. Www-dokumentti. Saatavissa: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/NFMbw_17_04-03-2013.pdf. Luettu 29.1.2014.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi teollisuuden päästöistä (ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhteistäminen). 2007. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0844:FIN:FI:PDF>. Luettu 29.1.2014.
- Hallituksen esitys uudeksi ympäristönsuojelulaiksi. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://valtioneuvosto.fi/ajankohtaista/tiedotteet/tiedote/fi.jsp?oid=404540>. Luettu 6.3.2014.
- Henken, K. & Abnee, A. 2002. Nonpoint Source Pollution. Cooperative Extension Service, University of Kentucky. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www2.ca.uky.edu/enri/PUBS/enri134rev.pdf>. Luettu 6.12.2013.
- Hleis, D., Fernandez-Olmo, I., Ledoux, F., Kfoury, A., Courcot, L., Desmonts, T. & Courcot, D. 2013. Chemical profile identification of fugitive and confined particle emissions from an integrated iron and steelmaking plant. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389413001064>. Luettu 21.1.2014.
- Huuskonen, E., Lehkonen, E. & Laita, M. 2012. Kokkolan ja Pietarsaaren seudun ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2012. Www-dokumentti. Saatavissa: https://www.kokkola.fi/ymparisto_ja_luonto/ilmanlaatu/bioindikaattoritutkimus/fi_FI/bioindikaattoritutkimus/. Luettu 8.1.2014.
- Lehtonen, P. & Sihvonen, M. 2009. Laboratorioalan analyttinen kemia. Opetushallitus.
- Kokkola Industrial Park. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.kip.fi/>. Luettu 26.3.2014.

Kokkolan kaupunki. Www-dokumentti. Saatavissa:
https://www.kokkola.fi/ymparisto_ja_luonto/ilmanlaatu/bioindikaattoritutkimus/fi_FI/bioindikaattorit/. Luettu 2.1.2014.

Kokkolan kaupungin karttapalvelu. Www-dokumentti. Saatavissa:
<https://kartta.kokkola.fi/IMS>. Luettu 9.4.2014

Koljonen, R. 2012. Ilmanlaadun tarkkailun vuosiraportti 2012. Kokkolan kaupunki/Ympäristöpalvelut.

Sillanpää, T. & Aaltonen, E. 2012. Kokkolan Patamäen pohjavesialueen yhteistarkkailuraportti 2011. Www-dokumentti. Saatavissa:
http://www.vesiensuojelu.fi/pohjanmaa/wp-content/uploads/2012/07/Kokkolan_pohjaveden_yhteistarkkailu_2011_final1.pdf. Luettu 10.1.2014.

Slotte, E. 2010. Comparison between snow, moss and groundwater as indicators for air pollution in Kokkola, Finland.

SFS 3865. Laskeuman määrittäminen. 1978. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Tuominen, T. 2009. Ympäristölainsäädäntö. Helsinki. Talentum Media Oy.

WunderMap. Www-sivusto. Saatavissa:
<http://www.wunderground.com/history/station/02721/2014/03/05/DailyHistory.html>.
Luettu 5.3.2014.

Ympäristöministeriö. Www-dokumentti. Valtioneuvosto hyväksyi esityksen uudeksi ympäristösuojelulaiksi. Saatavissa:
<http://valtioneuvosto.fi/ajankohtaista/tiedotteet/tiedote/fi.jsp?oid=404540>. Luettu 5.3.2014.

Yoping, L. 2013. The volutary-threat approach to control nonpoint source pollution under uncertainty. Www-dokumentti. Saatavissa:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479713003769>. Luettu 9.1.2014.