

# Kuusakoski Oy:n murskaimen kevytjakeen seulonta -

Orgaanisen ja epäorgaanisen aineksen  
erottaminen ja jatkotutkimus

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma  
Ympäristönsuojelutekniikka  
Opinnäytetyö  
Syksy 2015  
Heli Haikola

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

HAIKOLA, HELI:

Kuusakoski Oy:n murskaimen kevytjakeen seulonta –  
Orgaanisen ja epäorgaanisen aineksen erottaminen ja jatkotutkimus

Ympäristönsuojelutekniikan opinnäytetyö, 29 sivua, 30 liitesivua

Syksy 2015

TIIVISTELMÄ

---

Kuusakoski Oy:llä on neljä murskainta Suomessa, joiden toiminnassa syntyy vuosittain yhteensä 30 000 tonnia kevytjakea. Kevytjakea seulotaan Heinolan Rajavuorella kahteen jakeeseen, joiden partikkelikoot ovat yli ja alle 18 millimetriä. Alle 18 millimetrin jakea (seulan alite) syntyy vuosittain noin 15 000 tonnia, ja se koostuu muoveista, tekstiileistä, kumista, puusta, hiekasta, metalleista ja lasista. Alite luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi sen korkeiden metallipitoisuuksien vuoksi, ja sen loppusijoituskelpoisuuteen vaikuttaa myös sen sisältämä orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko orgaanista materiaalia mahdollista erottaa alitteesta seulonnalla tai upotus-kellutusmenetelmällä. Erotusmenetelmillä erotetuille jakeille toteutettiin kaksivaiheinen ravistelu-testi uuttoliuoksen ja kiinteän jätteen suhteessa 2 l/kg ja 8 l/kg jakeiden analysointia varten. Testitulosten perusteella arvioitiin seulonnan ja upotus-kellutusmenetelmän kannattavuus laajemmassa mittakaavassa ja se, voidaanko erotusmenetelmien lopputuotteita hyötykäyttää.

Asiasanat: kevytjake, kevytjakeen alite, TOC, kaatopaikkakelpoisuus, vaarallinen jäte

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Environmental Technology

HAIKOLA, HELI:

Screening shredder's light fractions at  
Kuusakoski Oy – Separating organic  
and inorganic matter and further re-  
search

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 29 pages, 30 pages of  
appendices

Autumn 2015

ABSTRACT

---

Kuusakoski Oy has four car shredders in Finland. The shredding process produces 30,000 tonnes of light fraction annually. Light fraction is screened at Rajavuori, Heinola into two fraction sizes; over and less than 18 millimetres. Less than 18 millimetre light fraction is produced 15,000 tonnes annually. Light fraction less than 18 millimetres consists of plastics, textiles, rubber, wood, soil, metals and glass and it is classified as hazardous waste due to its high content of some metals. Also the total organic carbon content affects to the landfilling of light fraction under 18 millimetres.

The aim of this thesis was to clarify if it is possible to separate organic matter from light fraction less than 18 millimetres by using screens or a sink-flotation method. A two-stage batch test at a liquid to solid ratio of 2 l/kg and 8 l/kg was implemented to evaluate the end products of screening and the sink-flotation test. Based on the test analyzes it was evaluated whether it is useful to screen or sink-float light fraction under 18 millimetres in larger scale afterwards. Possibilities to utilize the end products were also estimated.

Key words: Light fraction, Light fraction less than 18 millimetres, TOC, waste classification, hazardous waste

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUKSEN TAUSTATIETOJA	3
2.1	Koetoiminta	3
2.2	Vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuus	4
2.3	Murskan kevytjakeen alite	5
2.4	Orgaanisen jätteen loppusijoitus	6
3	TUTKIMUS	8
3.1	Tutkimuksessa käytetyt menetelmät	8
3.2	Näytteenotto	8
3.2.1	Näytteenotto seulalta	9
3.2.2	Näytteenotto upotus-kellutuskokeeseen	10
3.3	Seulonta	10
3.4	Upotus-kellutuskoee	15
3.5	Laboratoriomenetelmät	17
4	TULOKSET	18
4.1	Seulotut jakeet	18
4.2	Upotus-kellutuskokeen jakeet	20
4.3	Menetelmien vertailu	22
4.4	Virhelähteet	23
4.5	Tulosten arviointi ja jatkotutkimus	24
5	YHTEENVETO	26
	LÄHTEET	28
	LIITTEET	30

## **SANASTO**

### **APA**

Autopaloittamo eli autojen ja muun metalliromun murskainprosessi

### **DOC (Dissolved Organic Carbon)**

Liuennut orgaaninen hiili

### **Ilmaerotin/Tuulierotin tai -luokitin**

Erotteliija, joka erottelee kevyen jakeen raskaasta ilman avulla

### **Induktiivinen erotin**

Erotin, joka tunnistaa metalleja ja hyvin sähköä johtavia materiaaleja

### **Kevytjake**

Tuulierottimella eroteltu jake, jota syntyy murskausprosessista

### **Kevytjakeen alite**

Tähtiseulalla seulottu kevytjake, jonka partikkelikoko on keskimäärin alle 18 mm

### **Kevytjakeen ylite**

Tähtiseulalla seulottu kevytjake, jonka partikkelikoko on keskimäärin yli 18 mm

### **NFR-linja**

NFR (Non-Ferrous Residue) -linjalla lajitellaan ei-rautapitoiset jakeet

### **Pyörrevirtaerotin (Eddy current)**

Erotin, jolla voidaan erotella sähköä johtavia ei-rautametalleja

## **Raskas jae**

Murskainprosessissa erottuva raskas jae, kuten metallit

## **Suursäkki (Big bag)**

1000 litran vetoinen muovista valmistettu säkki

## **TOC (Total Organic Carbon)**

Orgaanisen hiilen kokonaismäärä

## **Tähtiseula**

Muun muassa esikäsiteltyjen jätteiden, kompostin ja murskeiden seulontaan tarkoitettu seula, joka erottelee syötteen erikokoisiksi jakeiksi. Seulaosa koostuu tähden mallisista pyörivistä kumiosista, joka mahdollistaa jakeiden erottelun.

## **Täryseula**

Seula, johon asennetaan halutun kokoinen seulaverkko. Materiaali syötetään syöttösuppilon kautta seulatärylle, joka kuljettaa materiaalin täryseulalle. Tärinän avulla jakeet erottuvat valitun seulaverkon koon mukaan.

## **UK-laitos**

Upotus-kellutuslaitos

## 1 JOHDANTO

1.6.2013 voimaan astunut valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (VNA 331/2013) rajoittaa orgaanisen aineksen loppusijoitusta 1.1.2016 alkaen. Edellä mainutusta päivämäärästä alkaen vaarallisen jätteen loppusijoitusalueelle sijoitettavan jätteen orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC) ei saa ylittää kuutta prosenttia. Lupaviranomainen voi kuitenkin myöntää kolminkertaisen raja-arvon, mikäli liunneen orgaanisen hiilen pitoisuus (DOC) jätteessä on enintään 1000 mg/kg uuttosuhteessa L/S = 10 l/kg, joko jätteen omassa pH:ssa tai pH:ssa 7,5 - 8,0. Heinolan Rajavuoren loppusijoitusalueelle sijoitettava jäte ylittää sallitun TOC-pitoisuuden, mutta DOC-pitoisuus jää alle 1000 mg/kg uuttosuhteessa L/S = 10 l/kg. Tämän vuoksi Rajavuoren loppusijoitusalueelle on myönnetty lupa loppusijoittaa 18 prosenttia orgaanista hiiltä sisältävää jätettä. Lupa voidaan myöntää vain yhdeksi vuodeksi kerrallaan. (VNA 331/2013, 32 §; Hiltunen & Ratilainen 2014, 2.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on Kuusakoski Oy:n toimeksiannosta tutkia, onko orgaanisen hiilen kokonaismäärä pienennettävissä loppusijoitettavan kevytjakeen alitteen osalta. Orgaanisen aineksen erottelumenetelmiksi on valittu seulonta seulaverkoilla ja upotus-kellutuskoel. Seulonta on toteutettu pilot-mittakaavan täryseulalla Lahti Ekoparkissa ja kellutuskoel Rajavuorella. Tavoitteena on löytää yksinkertainen ja taloudellisesti kannattava ratkaisu orgaanisen aineen erottelumenetelmäksi, jonka avulla päästäisiin tulevaisuudessa VNA (331/2013) määrittämiin raja-arvoihin loppusijoitettavan jätteen osalta.

Kuusakoski Oy on yli 100 vuotta vanha kierrätysliiketoiminnan yritys, joka panostaa materiaalien tuntemukseen ja kierrätykseen. Ydinosaaminen on painottunut metallien kierrätykseen, mutta yhä enemmän painotetaan palvelujen tarjontaan ja muiden materiaalien kierrätykseen. Yrityksellä on Lahdessa tutkimus- ja kehityskeskus, jossa selvitetään mahdollisuuksia kompleksisten materiaalien erotteluun. Tämä liittyy yhtiön tavoitteeseen hyödyntää kierrätettäviä materiaaleja entistä tehokkaammin. Kuusakoski

Oy:n toiminnan tavoitteena on edistää omalta osaltaan kestäväää kehitystä vähentämällä luonnonvarojen kulutusta sekä metallien ja muiden materiaalien tuotannon energiankulutusta. (Kuusakoski Oy 2015.)

## 2 TUTKIMUKSEN TAUSTATIETOJA

Heinolan Rajavuorella on käsittely- ja loppusijoitusalue Kuusakoski Oy:n teollisuusjätteelle. Alue on ollut teollisuusjätteen loppusijoitusalueena vuodesta 1987 alkaen. (Mäkinen & Vilenius 2001, 9.) Alueelle on toimitettu Heinolan tehtaiden tuotannossa syntyviä jätteitä, Vantaalta, Airakselasta ja Lapualta syntyvää kevytjätettä sekä rakennus- ja purkujätettä. Rajavuorella on koetoimintalupa jakeiden jatkojalostusta varten. (Hiltunen & Ratilainen 2014, 2.)

### 2.1 Koetoiminta

Kuusakoski Oy:lle on myönnetty vuoden 2015 loppuun saakka koetoimintalupa murskauslaitosten keveiden ei-magneettisten ja magneettisten jakeiden sekä ei-rautametallijakeiden, pyörrevirtaerottimen hylkyjakeiden, UK-laitoksen kumi- ja muovijakeen ja rakennusjätteen hylkyjakeiden tuoteistamiselle hyötykäyttöön. Tavoitteena on selvittää edellä mainittujen jakeiden soveltuvuus polttoaineeksi polttolaitoksille ja sementtiuuneille. Koetoiminnalla selvitetään lähtöaineiden talteenotettavat materiaalit ja niiden erottelutekniikat. Tavoitteena on vähentää loppusijoittamista ja orgaanisen hiilen osuutta loppusijoitusalueella. (Hiltunen & Ratilainen 2014, 2.)

Vuosina 2010–2013 on suoritettu murskan kevyen jakeen seulontaa tähtiseulalla. Tavoite orgaanisen osuuden vähentämisestä ei ole täyttynyt, vaan Kuusakoski Oy on saanut luvan loppusijoittaa 18 % orgaanista ainesta sisältävää materiaalia Rajavuoreen. Seulonnasta saatava ylite on tarkoitus hyödyntää polttoaineena ja alite loppusijoittaa sekä hyödyntää loppusijoitusalueen rakenteissa. Rajavuoreen on myös haettu poikkeuslupa hallin rakentamiseen, jotta koetoimintaa voidaan kehittää mm. poistamalla jäännösmetalleja magneetilla ja pyörrevirta-/induktiivisella erottimella. (Hiltunen & Ratilainen 2014, 2.)

## 2.2 Vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuus

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (VNA 331/2013) tarkoituksena on, ettei loppusijoitusalueista aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle pitkänkään ajan kuluessa. Vaarallisen jätteen kaatopaikalle on määritetty raja-arvot haitallisten ja liukenevien aineiden osalta (liite 1) ja alueelle loppusijoitettava jäte arvioidaan 16. pykälässä määrätyllä arviointimenettelyllä. Menettely koostuu kolmesta osasta: jätteen perusmäärittely, jolla osoitetaan standardoiduin menetelmin jätteen ominaisuudet ja jätteen vastaavuustestaus, jolla standardoiduin menetelmin mitataan perusmäärittelyssä tunnistetut ominaisuudet, jotta jäte täyttää lupamääräykset. Kolmas arviointimenettelyn osuus on loppusijoitusalueella tehtävä jätteen tarkastus, jolla varmistetaan jätteen vastaavuus asiakirjoihin perustuen. (VNA 331/2013.)

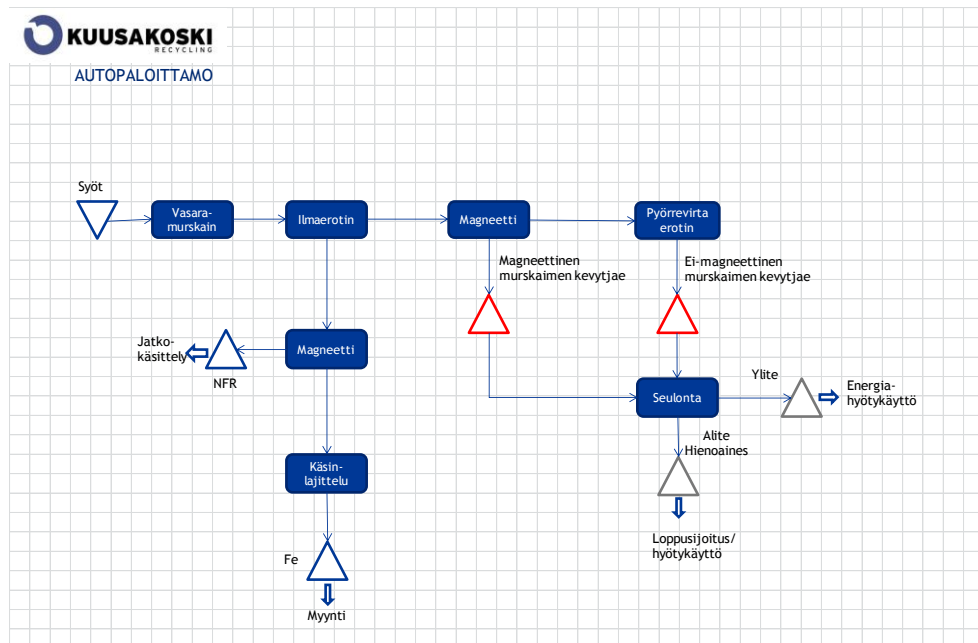
Perusmäärittely tulee toteuttaa jokaisesta jäte-erästä, paitsi silloin, kun jäte syntyy samankaltaisin menetelmin jokaisella kerralla, eikä sen koostumuksessa ole merkittäviä muutoksia. Tällaisessa tilanteessa riittää säännöllisesti toteutettu vastaavuustestaus jätteen laadusta. Testauksessa suoritetaan yksi tai useampi ravistelutesti sekä tarvittaessa muita testejä osoittaakseen jätteen ominaisuuksien vastaavan perusmäärittelyn tietoja. Testauksen voi suorittaa vain riippumaton ja tarpeeksi pätevä henkilö tai laitos. (VNA 331/2013.)

Liitteestä 2 ilmenee, että Rajavuoreen sijoitettavan seulonnan alitteen osalta vastaavuustestaus toteutetaan vuosittain. Kokoomanäyte kerätään noin joka toinen kuukausi. Näytteenotto tehdään sertifioidun ympäristönäytteenottajan ohjeiden mukaisesti joko Kuusakoski Oy:n tai sertifioidun ympäristönäytteenottajan toimesta. Rajavuoreen loppusijoitettaville jakeille tehdään joka viides vuosi perusmäärittelyn vaatimat testaukset. (Oravala 2010.) Tällä hetkellä vastaavuustestauksia kevytjakeen seulan alitteelle on tehty kahdesti vuodessa, johtuen kerran tapahtuneesta TOC-arvon ylityksestä. Viranomaisten kanssa on sovittu tiheämmästä tarkkailuvälistä, jotta tilanne pysyy hallinnassa. (Lahti 2015.)

## 2.3 Murskan kevytjakeen alite

Autopaloittamon toiminta on esitetty kuviossa 1. Murskan syötteenä ovat muun muassa esikäsitellyt autot, kylmäkoneet ja muu sekalainen metalliromu. Vasaramurskain murskaa jakeen pienempään kappalekokoon, minkä jälkeen ilmaerotuksella erotetaan kevytjake raskaasta jakeesta. Raskas jake jatkaa matkaansa magneettisten metallien erotteluun, josta ei-magneettiset metallit menevät NFR-linjan kautta jatkokäsittelyyn. Ei-magneettinen ja magneettinen raskasjake kulkeutuvat käsinlajittelun kautta myyntituotteiksi. (Lipponen 2015.)

Ilmaerotimella eroteltu kevytjake käsitellään magneettiseksi ja ei-magneettiseksi jakeeksi. Magneetin jälkeen on pyörrevirtaerotin, joka erottaa jatkojalostukseen kelpaavia metalleja, kuten alumiinitölkkejä, kevytjakeen seasta. Magneettinen ja ei-magneettinen kevytjake kuljetetaan Heinoilan Rajavuoreen seulontaan, jossa tähtiseula erottelee jakeen ylitteeksi ja alitteeksi. Ylite jalostuu energiahyötykäyttöön ja alite loppusijoitetaan Rajavuoreen tai hyödynnetään loppusijoitusalueen rakenteissa. (Lipponen 2015.)



Kuvio 1. Autopaloittamon yksinkertaistettu prosessikaavio (Tuominen 2011)

Alite koostuu muoveista, tekstiileistä, kumista, puusta, metalleista, lasista ja hiekasta. Alite luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi sen metallipitoisuuksien vuoksi, ja sen loppusijoitukseen vaikuttaa myös sen TOC-pitoisuus. Kevytjajetta syntyy vuositasolla noin 30 000 tonnia, josta noin puolet, 15 000 tonnia, on alitetta. Metallit eivät ole liukoisessa muodossa, joten niiden aiheuttama haitta loppusijoitusalueen ympäristölle on vähäinen. Ongelmana alitteen koostumuksessa on korkea orgaanisen hiilen pitoisuus. (Lahti 2015.) Alite ei sellaisenaan sovellu poltettavaksi energiahyötykäytössä sen korkeiden metallipitoisuuksien ja matalan lämpöarvon vuoksi (Hiltunen & Ratilainen 2014, 2). Alitteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi supistaa sen jatkohyödynnysmahdollisuuksia huomattavasti ja nostaa loppusijoituskustannuksia. Esimerkiksi Ruotsissa kevytjaje luokitellaan tavanomaiseksi jätteeksi, mikä mahdollistaa jätteen paremman hyödynnettävyyden. (Lahti 2015.)

#### 2.4 Orgaanisen jätteen loppusijoitus

Orgaaniseksi jätteeksi määritellään kaikki palava jäte mukaan lukien biologinen ja muu palava jäte. Biohajoava jäte hajoaa hapellisissa tai hapettomissa olosuhteissa biologisin menetelmin ja on näin ollen orgaanista jätettä. Tämä tarkoittaa sitä, että biohajoavat jätteet ovat orgaanista jätettä, mutta kaikki orgaaniset jätteet, kuten muovit, eivät ole biohajoavia. Orgaanisen jätteen loppusijoituskielto Suomessa rajoittaa orgaanisen aineksen loppusijoitusta, mutta esimerkiksi Norjassa on kielletty vain biohajoavan jätteen loppusijoitus. Tämä mahdollistaa sen, että esimerkiksi muoveja sisältäviä vaikeasti hyödynnettäviä jätteitä voidaan yhä sijoittaa loppusijoitusalueelle. (Wahlström, Laine-Ylijoki & Jermakka 2012,10-12,14.)

Autopaloittamoiden kevytjaje sisältää orgaanista jätettä, kuten muovia ja tekstiilejä, mutta sen jatkohyödyntäminen on yhä kehitysasteella. Orgaanisen jätteen loppusijoituskiellolla pyritään ohjaamaan jätteen hyödyntämismahdollisuuksien kehitystä eteenpäin, ja muun muassa Norjassa tutkitaan biohajoavuustestejä, joilla voidaan osoittaa muovijätteiden biohajoamattomuus, jotta orgaanisen jätteen sijoittaminen loppusijoitusalueelle voitai-

siin sallia joissakin tapauksissa, kuten autopaloittamojätteiden osalta.  
(Wahlström ym. 2012,11.)

### 3 TUTKIMUS

Tutkimuksen oletuksena on, että seulan alitteen orgaaninen osuus on raekooltaan suurempaa kuin epäorgaaninen. Tästä johtuen pyritään löytämään menetelmä, jolla alitteen orgaaninen ja epäorgaaninen osuus voidaan erotella toisistaan yksinkertaisesti. Koetoiminnassa käytetty tähtiseula kykenee seulomaan alitteeksi vain keskimäärin alle 18 millimetriä raekooltaan olevan materiaalin, ja koska siinä on todettu olevan orgaanista materiaalia yli sallittujen raja-arvojen, sitä täytyy edelleen jalostaa, jotta alite kelpaisi loppusijoitettavaksi ilman raja-arvon korottamista.

#### 3.1 Tutkimuksessa käytetyt menetelmät

Kuusakoski Oy:n tutkimus- ja kehityslaitoksesta, Lahti Ekoparkista, löytyy pilot-mittakaavan täryseula, johon on vaihdettavissa erikokoisia seulaverkkoja. Tutkimusta varten alite seulotaan kolmeen eri raekokoon. Alitteen koostumuksesta johtuen valitut koot ovat viisi millimetriä ja 10 millimetriä, jotta alite kulkeutuu vaivattomasti seulan läpi. Lisäksi alitetta silmämääräisesti tarkasteltaessa vaikuttaa siltä, että suurimmat muovin ja puun kappaleet ovat kooltaan yli viisi millimetriä. Toisena tutkimusmenetelmänä käytetään upotus-kellutuskoetta vedessä. Koska alitteen sisältämä orgaaninen materiaali koostuu lähinnä muovista ja puusta, sen oletetaan jäävän veden pintaan kellumaan hiekan ja muun epäorgaanisen aineksen vajotessa pohjaan.

#### 3.2 Näytteenotto

Näytteenotossa sovellettiin pilaantuneiden maiden kenttätutkimuksessa esitettyä kokoomanäytteenottoa sen edustavuuden vuoksi (Lepistö, Westerholm, Schultz, Uljas & Björklöf 2014, 15-16, 35). Koska seulottavaa kevytjakea oli noin 1000 tonnia ja kevytjake oli peräisin Heinolan, Airakselan, Lapuan ja Seutulän autopaloittamoilta, seulontaa varten tuli saada kattava otanta koko kevytjakeesta. Näytteenottosuunnitelman (liite 3) laadinnassa hyödynnettiin SFS-EN 14899 (2005) standardin esimerkkiä (liite 4) näyt-

teenottosuunnitelman laatimiseen. Koska tutkimuksessa haluttiin selvittää alitteen TOC-pitoisuus ja raskasmetallipitoisuudet, näytteenotossa ei huomioitu haituvia aineita.

### 3.2.1 Näytteenotto seulalta

Koeseuluntoja varten kerätty näyte koostui 100:sta kahdeksan litran osanäytteestä (kuva 1), joka koottiin noin 1000 tonnista murskan kevytjaetta. Kokoomanäyte kerättiin suursäkkiin. Alkuperäisessä näytteenottosuunnitelmassa oli tarkoitus kerätä osanäyte noin 40 minuutin välein, mutta noin seitsemän osanäytteen jälkeen ilmeni, että näytteet tulee kerätä tiheämpään tahtiin, jotta näytteitä saadaan toivottu määrä. Näytteenottoahti tihennettiin noin 10–15 minuuttiin. Kokonaisuudessaan näytteitä otettiin seitsemän päivän aikana.



Kuva 1. Osanäytteenottoa tähtiseulalta

### 3.2.2 Näytteenotto upotus-kellutuskokeeseen

Kokoomanäyte upotus-kellutuskoetta varten kerättiin kasasta, jossa on tähtiseulan alitetta kaikilta Kuusakoski Oy:n murskilta. Näytteenotossa pyrittiin mahdollisimman edustavaan näytteeseen, ja siitä kerättiin kokoomanäyte 30:stä eri osanäytteestä. Alitetta kasassa oli näytteenottopäivänä arviolta noin 1000 tonnia. Kokoomanäyte kerättiin 45 litran muovisaaviin, ja sitä tuli 27,4 kilogrammaa. Näytteen edustavuuden varmistamiseksi osanäytteet kerättiin pintakerroksen alta, eri puolilta kasaa. Näytteenottoa suunniteltaessa otettiin huomioon Ympäristöoppaan 1/2014 Hyvät käytännöt pilaantuneiden maiden kenttätutkimuksissa – oppaan ohjeistusta näytteenotosta maa-ainekasasta (Lepistö ym. 2014, 35).

### 3.3 Seulonta

Ennen varsinaista seulontaa suoritettiin koeseulonta 16 kilogramman näyte-erälle, jotta voitaisiin havaita mahdollisia seulonnassa syntyviä ongelmia ja saataisiin vertailupohjaa varsinaisen seulonnan tuloksille. Koeseulonnan aikana havaittiin, ettei materiaali kulkeudu vaivattomasti seulan läpi, mutta seulotut jakeet vaikuttivat lupaavilta tutkimuksen kannalta (kuvat 2-4).



Kuva 2. Alle 5 millimetrin jae



**Kuva 3. 5-10 millimetrin jae**



**Kuva 4. Yli 10 millimetrin jae**

Ensimmäinen seulonta suoritettiin Lahti Ekoparkissa pilot-mittakaavan täryseulalla (kuva 5). Täryseulaan pystyy samanaikaisesti lisäämään kaksi seulaverkkoa, tutkimusta varten seulaverkkojen koot olivat 10 ja viisi millimetriä. Koot valittiin sillä perusteella, että näin oletettiin alitteen kulkeutuvan suhteellisen vaivattomasti seulan läpi. Lopputuloksena saatiin kolmea eri jaeetta: yli 10 millimetrin, 5-10 millimetrin ja alle 5 millimetrin jakeet.



**Kuva 5. Pilot-mittakaavan täryseula Lahti Ekoparkissa**

Syöte laskettiin kerralla seulan syöttösuppiloon, josta sen tuli kulkeutua syöttötäryn kautta tasaisesti seulaan. Syötteen kosteuden ja hienojakoisuuden vuoksi se pakkautui syöttösuppiloon ja tukki syöttötäryn. Lisäksi syöte tukki molempia seulaverkkoja (kuva 6), eikä materiaali kulkeutunut seulaverkkojen läpi. Jopa ylimmälle seulaverkolle jäi alle viiden millimetrin ainesta materiaalin koostumuksen ja kosteuden vuoksi. Materiaali pakkautui seulaverkon sivustoille ja keskelle, joten sitä joutui manuaalisesti puhdistamaan ajon aikana. Myös syöttösuppiloa ja seulatäryä jouduttiin manuaalisesti puhdistamaan, jotta syöte saatiin kulkeutumaan seulan läpi. Saaduista jakeista oli selkeästi havaittavissa, että alle 5 mm ainesta oli kaikkien jakeiden seassa. Näin ollen toteutettiin uudelleenseulonnat yli 10 millimetrin ja 5-10 millimetrin jakeille.



**Kuva 6. Syöte pakkautuneena täriseulalle**

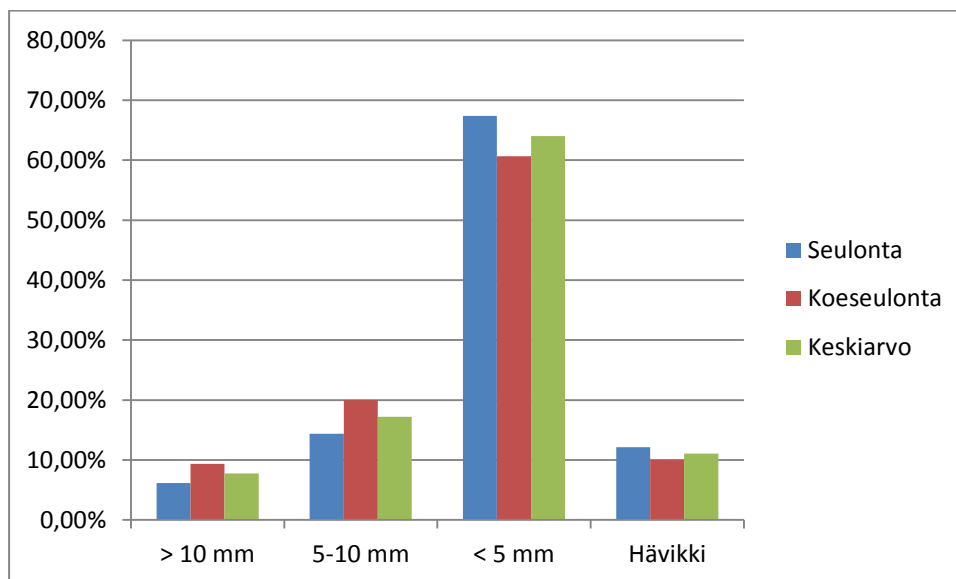
Uudelleenseulonnassa täriseulaan asetettiin vain yksi seula verkko kerrallaan, jotta erottelu olisi yksinkertaisempaa. Seulonta aloitettiin yli 10 millimetrin jakeesta, joka seuloutui suhteellisen helposti ensimmäiseen seulontakertaan nähden. Edelleen seulatäryä ja seula verkkoa jouduttiin puhdistamaan manuaalisesti, mutta kaiken kaikkiaan materiaali kulkeutui nopeammin seulan läpi. Suurin vaikuttava tekijä tähän on luultavasti materiaalin alhaisempi kosteuspitoisuus ja vähäisempi hienoainespitoisuus ensimmäiseen seulontakertaan verrattuna. Aikaeroa ensimmäisen ja toisen seulonnan välillä oli noin seitsemän viikkoa, ja koska seulotut jakeet säilytettiin tuona aikana huoneenlämmössä suursäkeissä, niistä oli haihtunut kosteutta.

Toisen seulonnan alle 10 millimetrin jae lisättiin ensimmäisessä seulonnassa saatuun 5-10 millimetrin jakeeseen, minkä jälkeen koko jae seulottiin 5 millimetrin seula verkolla. Myös 5-10 millimetrin kokoisen jakeen uudelleenseulonta sujui ensimmäistä seulontakertaa paremmin, mutta edel-

leen seulatäryä ja seulaverkkoa jouduttiin manuaalisesti puhdistamaan. 5-10 millimetrin jätettä ei laitettu syöttösuppilon kerralla, vaan suursäkki pidettiin hallinosturilla syöttösuppilon yläpuolella, ja siitä ravisteltiin syöttösuppilon syötettä vähän kerrallaan, jotta välttyttäisiin syöttösuppilon tukkeutumiselta. Kokonaisuudessaan 383,2 kilogramman alitemäärän seulontaan kului aikaa 20 tuntia. Jakeet jakautuivat seuraavasti: yli 10 millimetrin jätettä 23,5 kilogrammaa, 5-10 millimetrin jätettä 55 kilogrammaa ja alle viiden millimetrin jätettä 258,2 kilogrammaa (taulukko 1). Kuviossa 2 on esitetty jakeiden prosentuaaliset osuudet seulomattomasta massasta.

**Taulukko 1. Seulottujen materiaalien painojakauma**

	> 10 mm (kg)	5-10 mm (kg)	< 5 mm (kg)	Hävikki (kg)	Syöte (kg)
<b>Seulonta</b>	23,5	55	258,2	46,5	383,2
<b>Koeseulonta</b>	1,5	3,2	9,7	1,6	16



**Kuvio 2. Prosentuaalinen jakauma seulotuille jakeille**

Kuviossa 2 esitetty keskiarvo on laskettu varsinaisesta seulonnasta ja koeseulonnasta, jotta voidaan todeta, että koeseulonta on vertailukelpoinen varsinaisen seulonnan kanssa. Hävikkiä seulonnan aikana syntyi manuaalisen puhdistamisen vuoksi ja osa materiaalista kulkeutui pölynsuodattimeen.

### 3.4 Upotus-kellutuskoe

Kellutuskokeen tarkoituksena on selvittää, voidaanko orgaaninen ja epäorgaaninen aines erottaa toisistaan veden avulla. Oletuksena on, että alitteen sisältämä orgaaninen aines, kuten puutikut ja muovit, jäävät pintaan ja epäorgaaninen aines, kuten hiekka, lasi ja metallit, painuvat pohjaan.

Koe suoritettiin yhden kuutiometrin säiliössä, josta poistettiin kansi. Säiliön alaosassa oli hana veden poistamista varten. Säiliöön laskettiin 600 litraa vettä, johon vähitellen lisättiin seulan alitetta, yhteensä 27,4 kilogrammaa. Vettä ja alitetta sekoitettiin, jotta partikkelit erkaantuisivat toisistaan ja joko

uppoisivat tai nousisivat pintaan. Kun pinnassa oli selkeästi kelluvaa ainesta, se kerättiin siivilän avulla ämpäriin, pyrkien valuttamaan enimmäkseen vedet takaisin säiliöön.

Koko alitemäärän lisäämisen jälkeen sisältöä sekoitettiin voimakkaasti pohjaa myöten, jotta viimeisetkin kelluvat partikkelit nousisivat pintaan. Tämän jälkeen seoksen annettiin asettua noin kymmenen minuuttia, pinnalta kerättiin kelluva materiaali pois ja vesi laskettiin ulos säiliöstä. Varmistukseksi kaiken materiaalin talteenottaminen, hanan alla pidettiin siivilää (silmäkoko noin yksi millimetriä), joka tarvittaessa tyhjennettiin ämpäriin. Silmäääräisesti tarkasteltuna hanasta tuleva vesi oli melko kirkasta, mutta oletettavasti pienijakoisin materiaali kulkeutui siivilän silmikoiden läpi. Säiliön pohjalle kertynyt uponnut materiaali kerättiin lapion avulla ämpäreihin. Lopuksi säiliö huuhdottiin ja loput materiaalit kerättiin hanasta siivilän avulla (kuva 7).



Kuva 7. Uputus-kellutuskokeen loppusiivilöinti

### 3.5 Laboratoriomenetelmät

Tutkimuksessa seulotuille ja upotus-kellutetuille jakeille suoritettiin kaksivaiheinen ravistelutesti Ramboll Analyticsin toimesta. Testi pohjautuu standardiin SFS-EN 12457-3, ja näin ollen testin tulokset voidaan analyysin pohjalta arvioida luotettaviksi. Testin tarkoituksena on kuvata jätemateriaalin käyttäytymistä loppusijoitusalueen normaaliolosuhteissa. Kaksivaiheinen ravistelutesti soveltuu jätemateriaaleille, joiden kiintoaineksen osuus on suuri ja kuiva-ainepitoisuus vähintään 33 prosenttia. Testillä tutkitaan jätemateriaalista liukenevia aineita nesteen ja kiinteän aineen uuttosuhteissa 2 l/kg kuiva-ainetta ravistelutestin ensimmäisessä vaiheessa ja 8 l/kg kuiva-ainetta testin toisessa vaiheessa. Uttoliuoksena käytettiin tislattua vettä. (SFS-EN 12457-3, 6-7.)

Upotus-kellutuskokeen syötteestä ja jakeista selvitettiin kuiva-ainepitoisuussuhteet, jotta voidaan laskennallisesti osoittaa, kuinka suuri osuus syötteestä on uponnutta ja kelluvaa. Kuiva-ainepitoisuussuhteen selvitystä varten jokaisesta jakeesta otettiin noin 10 gramman näyte, joka kuivattiin 105 asteessa kahden tunnin ajan. Tämän jälkeen näytteet siirrettiin eksikaattoriin vähintään kahdeksi tunniksi, jotta näytteet eivät kerää ilmasta kosteutta jäähtymisen aikana. Lopuksi näytteet punnittiin ja kuiva-ainepitoisuussuhde määriteltiin alla olevan kaavan avulla. Tulokset on esitetty kappaleessa 4.2 olevassa taulukossa 5.

$$DR = 100 * \frac{M_D}{M_W}$$

$DR =$  kuiva – ainepitoisuussuhde (%)

$M_D =$  kuivatun testiannoksen massa (g)

$M_W =$  kuivaamattoman testiannoksen massa (g)

## 4 TULOKSET

Tavoite orgaanisen aineksen osuuden pienentämisestä VNA 331/2013 raja-arvojen mukaiseksi ei onnistunut alle viiden millimetrin jakeen osalta. Suurempien jakeiden osalta TOC-pitoisuus nousi oletetusti, koska lähtötilanteessa oli havaittavissa, että muovit ja puukappaleet olivat pääsääntöisesti yli viiden millimetrin kokoisia. Niin ikään upotus-kellutuskokeessa uponneen materiaalin TOC-pitoisuus oli yli kaksinkertainen verrattuna salpattuun raja-arvoon, mutta menetelmä vaikutti soveltuvan paremmin orgaanisen aineksen erotteluun kuin seulonta.

TOC-pitoisuus alle viiden millimetrin jakeella on 13 massaprosenttia, joka on yli kaksinkertainen raja-arvoon nähden. Ero seulomattoman ja alle viiden millimetrin TOC-pitoisuudella on neljä massaprosenttia. Verratessa seulomattoman jakeen TOC-pitoisuutta Kuusakoski Oy:n teettämiin alitteen kaatopaikkakelpoisuuden vastaavuustesteihin (liitteet 5 ja 6), joiden TOC-pitoisuudet olivat keskimäärin 12 massaprosenttia, heräsi epäily, etteivät tutkimuksen tulokset ole suoraan verrattavissa normaaleihin vastaavuustestien tuloksiin.

### 4.1 Seulotut jakeet

Jakeiden liukoisuustestin tulokset on esitetty taulukossa 2. Vertailukohtena on VNA (331/2013) raja-arvot vaarallisen jätteen kaatopaikalle ja keskiarvo Kuusakoski Oy:n jätetarkkailuun liittyvien kokoomanäytteiden keskiarvoista vuosilta 2014 ja 2015 (liitteet 5 ja 6). Tutkimustodistukset seulottuista jakeista löytyvät kokonaisuudessaan liitteistä 7-12.

Liukoisten pitoisuuksien raja-arvot alittavat jäteasetuksessa määrätyt raja-arvot, mutta DOC-pitoisuus ylittyi lähes kaikkien seulottujen jakeiden osalta. Näytteenotolla tutkimusta varten ja Kuusakoski Oy:n seuranta varten otetuilla kokoomanäytteenotoilla on eroa, ja se vaikuttaa lopputulokseen. Seulottujen jakeiden DOC-pitoisuuksia ei tämän tutkimuksen pohjalta voida pitää luotettavina.

**Taulukko 2. Vaarallisen jätteen kaatopaikan raja-arvot ja seulottujen jakeiden liukoisuustestin tulokset**

Aine/muuttuja	Vaarallisen jätteen raja-arvot, mg/kg kuiva-ainetta (L/S=10l/kg)	Testituloksen arvo, mg/kg kuiva-ainetta (L/S=10l/kg)				Ka seurantanäytteenotosta, mg/kg kuiva-ainetta (L/S=10l/kg)
		Seulomaton jae	>10 mm jae	5-10 mm jae	<5 mm jae	
Antimoni (Sb)	5	0,15	0,33	0,30	0,11	0,04
Arseeni (As)	25	<0,020	0,037	0,022	<0,020	0,033
Barium (Ba)	300	0,74	1,00	0,91	0,94	1,25
Elohopea (Hg)	2	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Kadmium (Cd)	5	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Kromi yhteensä (Cr <sub>kok</sub> )	70	<0,020	0,042	0,064	<0,020	<0,020
Kupari (Cu)	100	2,80	1,20	1,50	2,60	1,55
Lyijy (Pb)	50	0,03	1,60	0,59	0,04	0,09
Molybdeeni (Mo)	30	0,88	0,54	0,66	0,86	0,65
Nikkeli (Ni)	40	3,00	0,82	0,87	1,10	0,59
Seleeni (Se)	7	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Sinkki (Zn)	200	4,00	9,10	4,50	1,90	5,7
Fluoridi (F)	500	6	8,8	5,4	6,4	5,4
Kloridi (Cl)	25000	290	350	360	350	300
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	50000	2000	1100	1300	1900	1550
DOC	1000	1100 <sup>(1)</sup>	1900 <sup>(1)</sup>	1700 <sup>(1)</sup>	880	530

<sup>(1)</sup> Punainen väri tarkoittaa raja-arvon ylittymistä

Aineiden kokonaispitoisuudet on esitetty taulukossa 3, ja niitä on verrattu Suomen Ympäristökeskuksen laatimiin raja-arvoihin vaarallisen jätteen osalta. Kokonaispitoisuudet vaikuttavat jätteen luokitteluun, eli siihen onko jäte pysyvää, tavanomaista vai vaarallista. Liukoisuusominaisuudet määrittävät jätteen kaatopaikkakelpoisuuden. Kokonaispitoisuuksien vertailusta voidaan todeta, että raja-arvot ylittyvät kaikkien jakeiden kohdalla, joten seulonnalla ei voida vaikuttaa alitteen kaatopaikkaluokitukseen.

Orgaanisen hiilen kokonaispitoisuuksista voidaan päätellä (taulukko 4), että orgaanista ainesta saatiin eroteltua seulonnan avulla. Alle viiden millimetrin jakeen osalta TOC-pitoisuus jäi silti korkeaksi, ja se vaatii yhä kolminkertaisen raja-arvon viranomaispäätöksellä. Yli viiden millimetrin jakeiden osuus seulonnassa oli yhteensä noin 20 prosenttia, eli seulomalla tutkimuksessa käytetyin menetelmin saatiin eroteltua materiaalia, joka sisältää lähtötilanteeseen verrattuna enemmän orgaanista ainesta. Jatko-

hyödyntämismahdollisuuksia ajatellen jakeiden analysointia tulisi laajentaa lämpöarvon tutkimiseen, jotta voidaan selvittää, kelpaavatko jakeet polttoon.

**Taulukko 3. Kokonaispitoisuuksia seulottujen jakeiden laboratoriotuloksista**

Aine/ muuttuja	Vaarallisen jätteen kaatopaikan raja-arvot (mg/kg)	Seulottujen jakeiden kokonaispitoisuudet (mg/kg)				Keskiarvot seurantanäytteenotosta (mg/kg)
		Seulomaton jae	>10 mm jae	5-10 mm jae	<5 mm jae	
Antimoni (Sb)	2500	120	180	280	63	38,5
Arseeni (As)	10000	21	16	12	28	53
Barium (Ba)		2000	2600	2400	2600	1350
Elohopea (Hg)	2500	2	1,6	1,3	3,1	1,6
Kadmium (Cd)		38	15	14	22	10,85
Kromi yhteensä (Cr <sub>kok</sub> )	1000	3400 <sup>(1)</sup>	170	360	590	485
Kupari (Cu)	2500	2900 <sup>(1)</sup>	7000 <sup>(1)</sup>	19000 <sup>(1)</sup>	36000 <sup>(1)</sup>	2150
Lyijy (Pb)	2500	1800	670	660	1900	1750
Molybdeeni (Mo)		130	18	24	67	25,5
Nikkeli (Ni)	10000	1500	140	240	440	750
Seleeni (Se)		<1	1,1	2,5	2,6	10,5
Sinkki (Zn)	2500	20000 <sup>(1)</sup>	6000 <sup>(1)</sup>	5300 <sup>(1)</sup>	18000 <sup>(1)</sup>	20000 <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Punainen väri tarkoittaa raja-arvon ylittymistä

**Taulukko 4. Laboratorioanalyseistä saadut TOC-pitoisuudet**

	Raja-arvo	Seulomaton	>10mm	5-10mm	<5mm
TOC m-%	6	17	30	33	13

#### 4.2 Upotus-kellutuskokeen jakeet

Upotus-kellutuskokeella saatiin eroteltua kelluvaa jaeetta noin kymmenen prosenttia (taulukko 5). Upotus-kellutuskokeessa syntynyt hävikki koostui veden mukana siivilän silmikoiden läpi kulkeutuneesta aineksesta. Lisäksi materiaalia jäi jonkin verran säiliön sisäpinnoille tyhjentämisen jälkeen.

Sekä uponneelle että kelluneelle jakeelle suoritettiin samat laboratorioanalyysit kuin seulotuille jakeille, lukuun ottamatta syötettä, eli seulomatonta

alitetta. Tulokset upotus-kellutuskokeen liukoisuuksista on esitetty taulukossa 6. Koska näyte otettiin poikkeavalla tavalla seulontoja varten otettuun näytteeseen verrattuna, vertailuarvoina on käytetty ainoastaan VNA (331/2013) määrittämiä raja-arvoja ja keskiarvoja Kuusakoski Oy:n jäte-tarkkailuun liittyvien kokoomanäytteiden analyysistä. Liukoisuustestien perusteella mitkään raja-arvot eivät ylittyneet. Huomioitavaa on, että DOC-arvo on korkeampi kelluneen osuuden kohdalla, mikä selittyy sillä, että syötteen kelluva osuus sisälsi huomattavasti enemmän orgaanista materiaalia. Uponneen ja kelluneen jakeen osalta DOC-arvo on myös lähempänä Kuusakoski Oy:n jäte-tarkkailussa saatuja tuloksia.

Taulukko 5. Upotus-kellutuskokeen jakauma

	Kellunut	Uponnut	Hävikki
<b>Kuiva-aineosuus syötteestä</b>	10,59 %	68,09 %	21,32 %

Taulukko 6. Vaarallisen jätteen kaatopaikan raja-arvot ja upotus-kellutuskokeen jakeiden liukoisuustestin tulokset

Aine/muuttuja	Vaarallisen jätteen kaatopaikan raja-arvot, mg/kg kuiva-ainetta (L/S=10l/kg)	Testituloksen arvo, mg/kg kuiva-ainetta (L/S=10l/kg)		Keskiarvot seurantanäytteenotosta, mg/kg kuiva-ainetta (L/S=10l/kg)
		Kellunut	Uponnut	
Antimoni (Sb)	5	0,14	0,16	0,04
Arseeni (As)	25	0,023	<0,020	0,033
Barium (Ba)	300	1,10	1,00	1,25
Elohopea (Hg)	2	<0,003	<0,003	<0,003
Kadmium (Cd)	5	<0,020	<0,020	<0,020
Kromi yhteensä (Cr <sub>kok</sub> )	70	<0,020	<0,020	<0,020
Kupari (Cu)	100	1,1	0,8	1,55
Lyijy (Pb)	50	0,18	<0,020	0,09
Molybdeeni (Mo)	30	0,80	0,94	0,65
Nikkeli (Ni)	40	0,53	0,14	0,59
Seleeni (Se)	7	<0,020	<0,020	<0,020
Sinkki (Zn)	200	5,50	0,38	5,7
Fluoridi (F <sup>-</sup> )	500	8,10	13,00	5,4
Kloridi (Cl <sup>-</sup> )	25 000	270	180	300
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	50 000	1500	1300	1550
DOC	1 000	890	370	530

Upotus-kellutuksen jakeista analysoitujen aineiden kokonaispitoisuuksien perusteella (liitteet 10 ja 11) voidaan päätellä, ettei myöskään upotus-kellutusmenetelmällä ole vaikutusta jakeiden kaatopaikkaluokitukseen, joidenkin arvojen ylittäessä sallitut raja-arvot. TOC-pitoisuus uponneessa materiaalissa alitti kolminkertaistetun raja-arvon ja kelluneen jakeen TOC-pitoisuus oli oletetusti korkea (taulukko 7).

**Taulukko 7. Upotus-kellutuskokeen TOC-pitoisuudet**

	Kellunut	Uponnut
TOC m-%	48	14

#### 4.3 Menetelmien vertailu

Orgaanisen aineksen erottelu upotus-kellutuskokeella sujui vaivattomammin kuin seulonta, ja sillä saatiin kohtalaisen hyvin eroteltua orgaanista jaetta. Mikäli upotus-kellutusta kokeiltaisiin laajemmassa mittakaavassa, ongelmaksi muodostuisi käsitellyn jakeen kosteuspitoisuus. Vaikka kellutetun jakeen lämpöarvo olisi kyllin korkea, se ei soveltuisi polttoon ilman kuivaamista. Tämä vaatisi käsittelyn sisätiloissa ja kuivaamiseen soveltuvan tekniikan. Myös uponneen jakeen osalta kuivaaminen olisi tarpeellista ennen loppusijoitusta. Tutkimuksessa tehdystä upotus-kellutuskokeesta ei arvioitu veden haitta-ainepitoisuuksia, ja näin ollen myös ne pitäisi arvioida, ennen kuin tekniikkaa voi soveltaa käytäntöön.

Seulonnalla orgaanisen osuuden erottelu on mahdollista, joskin erityyppinen seula voisi toimia paremmin suurille massoille. Valtaosa seulotuista materiaaleista oli raekooltaan alle viisi millimetriä ja kyseisen jakeen TOC-pitoisuus oli korkeahko, mutta alitti korotetun raja-arvon. Tästä voidaan päätellä, että alle viiden millimetrin jakeen seassa on yhä orgaanista hiiltä sisältävää materiaalia ja pohtia sitä, voisiko sen materiaalin erottaa seulomalla pienemmillä seulaverkoilla. Tosin seulonnassa esiintyneet hanka-

luudet todennäköisesti lisääntyisivät pienempiin seulaverkkoihin siirryttäessä.

#### 4.4 Virhelähteet

Koska koe-erä seulontoihin koostui murskainten kevytjakeesta, joka oli syntynyt noin kuukauden aikana, lopputulokset eivät vastaa täysin todellisuutta. Tavallisesti alitteen kaatopaikkakelpoisuusanalyysi suoritetaan kahdesti vuodessa ja yhteen kuuden kuukauden kokoomanäytteeseen kerätään yksi osanäyte kerran kuukaudessa. Tällöin näyte vastaa paremmin Kuusakoski Oy:n tuottamaa kevytjakeen alitetta vuosittain. On mahdollista, että seulontoja varten kerätyssä alitteessa on ollut enemmän orgaanista ainesta sisältävää materiaalia, mikä selittää DOC-pitoisuuksien ylitykset. Koska näyte tutkimusta varten kerättiin sadasta osanäytteestä, se ei ole verrattavissa vastaavuustestauksessa kerättävään näytteeseen.

Huomioitavaa on, että upotus-kellutuskokeeseen kerätty näyte vastasi enemmän vastaavuustestaukseen kerättäviä näytteitä; näytteet kerättiin alitekasasta, ja kokooma koostui vain 30 osanäytteestä. Upotetun ja kellutetun materiaalin DOC-pitoisuus vastasi paremmin vastaavuustestauksissa saatuja pitoisuuksia. Olisi ollut hyvä, jos upotus-kellutuskokeessa olisi arvioitu myös erottelemattoman näytteen liukoisuusarvot, mutta testiä aloittaessa ei tullut mieleen, että näytteet poikkeavat niin paljon seulottuihin näytteisiin verrattuna.

Hieman jäi myös epäilyttämään seulottujen jakeiden kuparin kokonaispitoisuus, joka oli moninkertainen alle viiden millimetrin ja 5-10 millimetrin jakeissa seulomattomaan jakeeseen verrattuna. Laboratoriolta pyydettiin tarkistusta kuparin pitoisuuksien suhteen, mutta vastaus jäi saamatta. Tosin laboratoriossa analysoitujen näytteiden pitoisuuksiinkin vaikuttaa hyvin paljon näytteenottotekniikka. Yhteen näytteeseen kerätään analysoitavaa ainetta vain joitakin grammoja ja kokonaispitoisuudet riippuvat siitä, mitä analysoitavaan näytteeseen on tullut. Tällä voi olla yhteyttä kuparipitoisuuksien vaihtelevuuteen, vaikkakin ne tässä työssä ovat arveluttavan

suuria. Taulukossa 3 esitetyistä kokonaispitoisuuksista voidaan havaita, että mitä karkeampi jae on kyseessä, sitä pienemmät ovat kokonaispitoisuudet. Tämä selittyy jakeiden koostumuksesta. Esimerkiksi yli 10 millimetrin jae on heterogeenistä, jolloin todennäköisyys sille, että näytteeseen osuu paljon yhtä ainetta, on pieni. Sitä vastoin alle viiden millimetrin jae on homogeenisempää, jolloin on todennäköisempää, että näytteeseen voi tulla mukaan suurempia määriä haitta-aineita.

#### 4.5 Tulosten arviointi ja jatkotutkimus

Sekä seulonnalla että upotus-kelluttamalla on mahdollista erottaa orgaanista ainesta Rajavuoren tähtiseulan alitteesta. Kummallakaan menetelmällä ei silti ole vaikutusta materiaalin kaatopaikkaluokitukseen, koska erottelumenetelmillä ei ole merkittävää vaikutusta raskasmetallien ja muiden haitta-aineiden pitoisuuksiin. Seulonnan jatkotutkimus pienemmillä seulaverkoilla voisi erotella enemmän orgaanista ainesta, mutta eroteltu korkeampi orgaaninen osuus jouduttaisiin edelleen käsittelemään vaarallisen jätteen käsittelylaitoksessa. Sama koskee myös upotus-kellutuksessa eroteltua kelluvaa jaetta. Näin ollen on kustannustehokkaampaa jättää alite käsittelemättä ja jatkaa loppusijoittamista kuten aiemmin. Mikäli kevytjakeen kaatopaikkaluokitus muuttuu tavanomaiseksi jätteeksi, myös alitteen orgaanisen aineksen erottelu voi olla hyödyllistä, edellyttäen, että sille tehdään jatkotutkimukset polttokelpoisuuden selvittämiseksi.

Kuusakoski Oy on teettänyt rakennusjätteen hienoaineksen käsittelylle seulontatutkimukset, joilla pyrittiin selvittämään hienoaineksen mahdollista prosessointia kierrätyspolttoaineeksi. Tutkimuksen perustana oli rakennus- ja purkujätteen orgaanisen aineksen loppusijoituskielto, joka astuu voimaan 1.1.2020. Tällä hetkellä hienoainesta käytetään loppusijoitusalueen peittomateriaalina ja suurin sallittu TOC-pitoisuus voi olla 15 prosenttia. Vuodesta 2020 lähtien TOC-pitoisuus saa olla enintään 10 prosenttia. Jakeille suoritettiin kaatopaikkakelpoisuus- ja polttoaineanalyysi. Näissä tutkimuksissa todettiin, että jotkin raja-arvot ylittyivät polttoaineanalyseissä, joten pelkällä seulonnalla ei ole mahdollista erottaa kierrätyspolttoaineeksi

kelpaavaa osuutta rakennus- ja purkujätteen hienoaineksesta. (Rautiola 2015.)

Vaikuttaa siltä, että vaikka orgaanista osuutta Rajavuoren seulan alitteesta saadaan eroteltua, sille pitäisi olla olemassa vielä jokin tekniikka, jolla kyetään erottelemaan muita haitta-aineita, jotta orgaaninen osuus olisi hyödynnettävissä. Mikäli esimerkiksi seulottua alitetta alettaisiin kemiallisesti pestä, ongelmaksi muodostuisi puhdistusvesien jälkikäsittely. Luultavasti järkevämpää olisi kiinnittää huomiota tuotannon alkupäähän, eli murskausprosessiin ja pohtia, löytyisikö sille tehokkaampia ratkaisuja. Valtaosa murskan syötteestä koostuu autoista, joten yksi vaihtoehto on autojen purkamisen murskaamisen sijaan. Autojen purkuun on jo olemassa valmiita ratkaisuja, joilla tehostetaan auton osien kierrätettävyyttä. Esimerkiksi hollantilainen Car Recycling Systems B.V. (2015) myy autonpurkulinjastoa, jossa autosta poistetaan kaikki osat ennen korin prässäystä, jolloin poistetut osat ovat helposti kierrätettävissä ja ehjät osat jälleenmyytävissä. Kyseinen tekniikka vaatisi suuria investointeja, ja sen kannattavuutta Suomen mittakaavassa tulisi tutkia, jotta voidaan varmistua tekniikan soveltuvuudesta.

## 5 YHTEENVETO

Kuusakoski Oy:n murskausprosessissa syntyy kevytjätettä, joka toimitetaan Kuusakoski Oy:n omassa tuotannossa syntyvän jätteen loppusijoitusalueelle Heinolan Rajavuoreen. Kevytjäte seulotaan tähtiseulalla ylitteeksi ja alitteeksi, joista jälkimmäinen oli tutkimuksen kohteena. Alite luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi sen metallipitoisuuksien vuoksi. Lisäksi sen loppusijoitukseen vaikuttaa VNA 331/2013 asetettu raja-arvo vaarallisen jätteen TOC-pitoisuudesta. Vuoden 2016 alusta lähtien raja-arvo TOC-pitoisuudelle on kuusi prosenttia vaarallisen jätteen loppusijoitusalueella. Viranomaisen voi kolminkertaistaa raja-arvon, mikäli DOC-pitoisuus jää alle 1000 mg/kg uuttosuhteessa L/S = 10 l/kg. Alitteen liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuus on jäänyt alle 1000 mg/kg uuttosuhteessa L/S = 10 l/kg, ja siksi Kuusakoski Oy:llä on lupa loppusijoittaa sitä Rajavuoreen.

Alitteen TOC-pitoisuus on viime vuosien aikana ollut 12–14 prosenttia, ja Kuusakoski Oy on saanut luvan loppusijoittaa jätettä, jonka TOC-pitoisuus on enintään 18 prosenttia. Kuusakoski Oy on kuitenkin kiinnostunut pienentämään TOC-pitoisuutta ja etsimään keinoja alitteen sekä muiden sen tuotannossa syntyvien jätteiden hyödyntämiselle.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, voiko alitteen orgaanista ja epäorgaanista materiaalia erottaa toisistaan seulomalla alitetta pienempään partikkelikokoon tai upotus-kelluttamalla vedessä. Toisena tavoitteena oli selvittää, ovatko erotellut jakeet hyödynnettävissä. Seulonta täryseulalla erotti yli viiden millimetrin jakeisiin enemmän orgaanista materiaalia, mutta alle viiden millimetrin jakeen TOC-pitoisuus jäi 13 prosenttiin. Yli viiden millimetrin jakeiden TOC-pitoisuus oli 30 prosentin tietämällä, mutta seulonnalla ei ollut vaikutusta muihin haitta-aineisiin. Näistä syistä johtuen seulonnan ei katsottu edesauttavan alitteen jatkokäsittelyä, koska pienimmän jakeen osalta loppusijoitus vaatii yhä TOC-pitoisuuden raja-arvon kolminkertaistamista, eivätkä suuremmat jakeet ole hyödynnettävissä niiden muiden haitta-ainepitoisuuksien vuoksi.

Orgaanista materiaalia saatiin tehokkaammin eroteltua upotus-kellutuskokeella, jolloin uponneen TOC-pitoisuus oli 14 prosenttia ja kelluneen 48 prosenttia. Silti uponneen jakeen loppusijoittaminen vaatii raja-arvon kolminkertaistamisen ja kelluneen jakeen haitta-ainepitoisuudet estävät sen jatkohyödyntämisen. Upotus-kellutusmenetelmä on hankala myös siksi, että käsittely vaatisi jakeille myös kuivausmenetelmän ja vesien käsittelyn suuremmassa mittakaavassa toteutettuna, eikä se näin ollen ole taloudellisesti kannattavaa toteuttaa. Näistä tuloksista johtuen Kuusakoski Oy:n on kannattavampaa jatkaa alitteen loppusijoittamista ilman jatkokäsittelyä.

Tutkimuksessa ilmeni poikkeavuutta laboratoriotuloksiin seurantanäytteenoton ja tutkittavien materiaalien kesken. Myös laboratoriotuloksien arvoissa oli kyseenalaistettavaa tietoa. Tämä kertoo siitä, kuinka suuri vaikutus näytteenottomenetelmillä on tämän kaltaisissa tutkimuksissa.

## LÄHTEET

Car Recycling Systems B.V. 2015. The ultimate car dismantling system [viitattu 24.8.2015]. Saatavissa:

<http://www.fransvandenmosselaar.nl/carrecyclingsystems/>.

Dahlbo, H. 2002. Jätteen luokittelu ongelmajätteeksi – Arvioinnin perusteet ja menetelmät. Ympäristöopas 98. Vammala: Vammalan kirjapaino.

Hiltunen, I. & Ratilainen, K. 2014. Etelä-Suomen aluehallintoviraston päätös koeluonteisesta toiminnasta Nro 48/2013/1, 27.2.2013, ESA-VI263/04.08/2012 [viitattu 15.7.2015]. Saatavissa:

[http://www.avi.fi/documents/10191/1001691/esavi\\_paatos\\_54\\_2014\\_1-2014-03-21.pdf/0fa85ccb-5354-40b1-bf6f-38f82fc8f](http://www.avi.fi/documents/10191/1001691/esavi_paatos_54_2014_1-2014-03-21.pdf/0fa85ccb-5354-40b1-bf6f-38f82fc8f).

Kuusakoski Oy. 2015. Kuusakoski Recycling: Yritys [viitattu 3.8.2015]. Saatavissa: <https://www.kuusakoski.com/fi/finland/#/yritys/yritys>.

Lahti, J. 2015. Production Manager. Kuusakoski Oy. Haastattelu 18.2.2015.

Lepistö, J., Westerholm, H., Schultz, E., Uljas, J. & Björklöf, K. 2014. Hyvät käytännöt pilaantuneiden maiden kenttätutkimuksissa. Ympäristöopas 1/2014. Suomen ympäristökeskus [viitattu 4.6.2015]. Saatavissa: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42681/YO\\_2014.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42681/YO_2014.pdf?sequence=1).

Lipponen, J. 2015. Production Manager. Kuusakoski Oy. Haastattelu 22.4.2015.

Mäkinen, P. & Vilenius, P. 2001. Ympäristölupapäätös 11.4.2001. 0398Y0197-114,0399Y0040-114. Hämeen Ympäristökeskus.

Oravala, M. 2010. Environmental Manager, Research & Development. Kuusakoski Oy. Sähköpostiviesti 4.8.2015. ” Kuusakoski Oy:n Heinolan tehtaat, jätetarkkailuohjelma.”

Rautiola, V. 2015. Engineering Manager. Kuusakoski Oy. Sähköpostiviesti 27.8.2015. ”Rakennusjätteen hienoaineksen käsittely -projektiraportti.”

SFS-EN 12457-3. 2002. Jätteiden karakterisointi. Liukoisuus. Rakeisten jätemateriaalien ja lietteiden liukoisuuden laadunvalvontatesti. Osa 3: Kaksivaiheinen ravistelutesti uuttoliuksen ja kiinteän jätteen suhteessa 2 l/kg ja 8 l/kg materiaaleille, joiden kiintoaineksen osuus on suuri ja raekoko alle 4 mm (raekoon pienentäminen tarvittaessa). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN 14899. 2005. Jätteiden karakterisointi. Jätemateriaalien näytteenotto: kehys näytteenottosuunnitelman esivalmisteluun ja sovellukseen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Tuominen, L. 2011. R&D Engineer, Research & Development. Kuusakoski Oy. Sähköpostiviesti 29.7.2015. ”Autopaloittamon yksinkertaistettu prosessikaavio.”

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130331>.

Wahlström, M., Laine-Ylijoki, J. & Jermakka, J. 2012. Taustamuistio kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamista varten. Ympäristöministeriön raportteja 11/2012 [viitattu 31.7.2015]. Saatavissa: <http://www.ymp.fi/download/noname/%7B7B9316F5-9C05-44A7-ACA0-27FE9329D6C9%7D/2722>

## LIITTEET

Liite 1: Vaarallisen jätteen kaatopaikan raja-arvot VNA 331/2013

Liite 2: Otteita Kuusakoski Oy:n jätetarkkailuohjelmasta\*

Liite 3: Näytteenottosuunnitelma

Liite 4: Esimerkki näytteenottosuunnitelmasta SFS-EN 14899:2005

Liite 5: Seurantanäytteenotto Rajavuoren alitteesta 2015\*

Liite 6: Kuusakoski Oy:n teettämä kaatopaikkakelpoisuusanalyysi Rajavuoren alitteesta 2014\*

Liite 7: Kaksivaiheisen ravistelutestin analyysitulokset seulomattomasta alitteesta\*

Liite 8: Kaksivaiheisen ravistelutestin analyysitulokset <5 mm jakeesta\*

Liite 9: Kaksivaiheisen ravistelutestin analyysitulokset 5-10 mm jakeesta\*

Liite 10: Kaksivaiheisen ravistelutestin analyysitulokset >10 mm jakeesta\*

Liite 11: Kaksivaiheisen ravistelutestin analyysitulokset uponneesta jakeesta\*

Liite 12: Kaksivaiheisen ravistelutestin analyysitulokset kelluneesta jakeesta\*

Tähdellä (\*) merkityt liitteet löytyvät vain kirjallisesta versiosta toimeksiantajan toiveesta.

Taulukko 7

Aine/muuttuja	Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta (L/S=10 l/kg)
Arseeni (As)	25
Barium (Ba)	300
Kadmium (Cd)	5
Kromi yhteensä (Cr <sub>kok</sub> )	70
Kupari (Cu)	100
Elohopea (Hg)	2
Molybdeeni (Mo)	30
Nikkeli (Ni)	40
Lyijy (Pb)	50
Antimoni (Sb)	5
Seleeni (Se)	7
Sinkki (Zn)	200
Kloridi (Cl <sup>-</sup> )	25 000
Fluoridi (F <sup>-</sup> )	500
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	50 000
Liennut orgaaninen hiili (DOC) <sup>1)</sup>	1 000
Liuenneiden aineiden kokonaismäärä (TDS) <sup>2)</sup>	100 000

<sup>1)</sup> Jos liuenneen orgaanisen hiilen raja-arvo ylittyy jätteen omassa pH:ssa, voidaan jäte vaihtoehtoisesti testata uutussuhteessa L/S = 10 l/kg pH:ssa 7,5–8,0; jätteen katsotaan täyttävän liuenneen orgaanisen hiilen kelpoisuusvaatimuksen, jos pitoisuus on enintään 1 000 mg/kg.

<sup>2)</sup> Liuenneiden aineiden kokonaismäärän raja-arvoa voidaan soveltaa sulfaatin ja kloridin raja-arvojen sijasta.

Taulukko 8

Muuttuja	Raja-arvo/muu vaatimus
Hehkutushäviö (LOI) <sup>1)</sup>	10 % <sup>2)</sup>
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC) <sup>1)</sup>	6 % <sup>2)</sup>
Haponneutralointikapasiteetti (ANC)	Aina tutkittava ja arvioitava

<sup>1)</sup> On sovellettava joko hehkutushäviön tai orgaanisen hiilen kokonaismäärän raja-arvoa.

<sup>2)</sup> Laskettuna kuiva-ainetta kohti.

#### 4. Poikkeukset eräiden raja-arvojen korottamisesta 34 §:n mukaisesti

Tässä liitteessä oleviin orgaanisen hiilen kokonaismäärän raja-arvoihin sovelletaan seuraavaa:

- 1) taulukossa 3 oleva raja-arvo voidaan korottaa enintään kaksinkertaiseksi; maa-ainesjätteelle voidaan kuitenkin hyväksyä kolminkertainen raja-arvo, jos jätteen liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuus on enintään 500 mg/kg uutussuhteessa L/S = 10 l/kg joko jätteen omassa pH:ssa tai pH:ssa 7,5–8,0;
- 2) taulukoissa 4 ja 6 oleva raja-arvo voidaan korottaa enintään kaksinkertaiseksi vain, jos liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuus on enintään 800 mg/kg uutussuhteessa L/S = 10 l/kg joko jätteen omassa pH:ssa tai pH:ssa 7,5–8,0;

### Liite 3

<b>NÄYTTEENOTTOSUUNNITELMA</b>	
<b>YLEISTÄ TIETOA</b>	
Näytteenottosuunnitelman laatija: Heli Haikola	
Asiakas ja materiaalin tuottaja: Kuusakoski Oy	
Yhteystiedot: Hevosvuorentie, Heinola	
Näytteen ottaja: Rajavuoren kenttähenkilökunta	
Näytteenoton tavoite: Tavoitteena on ottaa kattava kokoomanäyte seulan alitteesta jatkotutkimuksia varten. Jatkotutkimuksissa näyte seulotaan vähintään kolmeen eri partikkelikokoon ja näistä tutkitaan orgaanisen ja epäorgaanisen aineksen osuudet ja niiden haittapitoisuudet mahdollista jatkojalostusta silmällä pitäen.	
<b>KÄSITELTÄVÄ MATERIAALI</b>	
Materiaalin tyyppi: Kuusakoski Oy:n magneettinen ja ei-magneettinen kevytjäte, joka syntyy murskan toiminnassa.	Syntypaikka: Kuusakoski Oy, Airaksela, Heinola, Lapua, Seutu-la
Materiaalin lähde: Metalliromusta eroteltu kevytjäte; mm. autot ja valkoromu.	
Materiaalin tuotantoprosessi: Murskilla syntyvä kevytjäte, joka on eroteltu tuulierottimella ja magneetilla.	
Tuotantoprosessista ja näytteenottotavasta aiheutuvat virhelähteet: Murskan syöte ei ole tasalaatuista, vaan se riippuu siitä kuinka paljon erilaisia tuotteita on murskattu. Näyte otetaan noin 1000 tonnista kevytjätettä ja sen oletetaan antavan riittävän edustava kokonaiskuva kevytjätteen ominaisuuksista.	
<b>NÄYTTEENOTTOMENETELMÄ:</b>	
Näytteenottotapa: Näyte kerätään suoraan seulalta, ennen kuin alite joutuu kosketuksiin maan kanssa. Osanäytteet kerätään ämpäriin ja yhdistetään suursäkkiin.	
Materiaalin määrittely: Kevytjätteen seulan alite.	
Näytteenottoaikan määrittely: Heinolan Rajavuoren loppusijoitusalue. Seula sijaitsee ulkoilmassa kattamattomalla alueella.	
Näytteenottoaika: 11.5.–15.5.2015	
Näytteenottovälineet: Ämpäri, suursäkki	
Näytteenottomäärä: Osa-näytteet ovat kooltaan noin 7 litraa ja niitä kerätään 100 kappaletta. Osanäytteitä otetaan 40 minuutin välein suoraan seulalta. Näytteiden ottomäärässä on sovellettu suosituksia pilaantuneiden maa-ainesten edustavasta näytteenotosta (Ympäristöopas 2014).	
Näytteen koko: Yksi kuutiometri (suursäkillinen)	
Näytteen jättekoodi: 19 12 11 *	
Vaadittavat turvatoimet: Henkilökohtaiset suojavälineet; vaatteet, nahkahanskat, turvakengät, kypärä, kuulosuojaimet, mahdollisesti hengityssuojain (FFP 3) ja suojalasit pölyämisen vuoksi.	
<b>PAKKAAMINEN, SÄILÖNTÄ, SÄILYTYS JA KULJETUSVAATIMUKSET</b>	
Pakkaaminen: Pakataan suursäkkiin	
Säilöntä: Suursäkki pidetään suojassa kastumiselta, jotta näytteen kosteusprosentti vastaisi mahdollisimman hyvin alitteen todellista laatua.	
Säilytys: Suojassa kosteudelta ja kuivumiselta.	
Kuljetus: Autolla suljetussa suursäkissä.	

EN 14899:2005 (E)

**Annex A**  
(informative)

**Example information Sampling Plan**

**Table A.1 — An example of the type of information that should be documented in a Sampling Plan**

<b>SAMPLING PLAN</b>	
<b>GENERAL INFORMATION</b>	
Sampling Plan completed by:	On behalf of:
Client (Company):	Material producer:
Contact:	Contact:
Other involved parties:	
Sampling to be carried out by (Company):	Specify name of sampler:
<b>SAMPLING OBJECTIVE:</b>	
<b>SAMPLING APPROACH (with justification):</b>	
<b>MATERIAL</b>	
Type of material:	Location: (address)
Source and origin of the material (e.g. form and nature of arising):	
Process/activity producing the material:	
Identify access problems that may affect sampling programme:	
<b>SAMPLING METHODOLOGY</b>	
Specify detailed sampling location: (e.g. a specific chute or conveyor or pile)	
Define sub-population or consignment to be sampled:	
Define place and point of sampling:	
Specify date and time(s) of sampling:	
Specify persons to be present (record name and address):	
Identify sampling technique (CEN/TR 15310-2):	
Identify equipment:	
Specify no. of increments/samples to be collected (CEN/TR 15310-1):	
Specify increment size/sample size (CEN/TR 15310-1):	
Detail requirements for on-site determinations:	
Identify sample coding methodology:	
Identify safety precautions:	
<b>SUB-SAMPLING</b>	
Detail procedure: (CEN/TR 15310-3):	
<b>PACKAGING, PRESERVATION, STORAGE AND TRANSPORT REQUIREMENTS (CEN/TR 15310-4)</b>	
Packaging:	
Preservation:	
Storage:	
Transport:	
<b>ANALYTICAL LABORATORY</b>	
Company details:	
Contact:	Delivery date: