



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

VALIMOHIEKAN EROTINPÖLYN UUDELLEENKÄYTTÖ-JA KIERRÄTYSKELPOISUUDEN ARVIOINTI LABORATORIO- KOKEILLA

TEKIJÄ:

Mirva Lukkarinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Mirva Lukkarinen	
Työn nimi Valimohiekan erotinpölyn uudelleenkäyttö- ja kierrätyskelpoisuuden arviointi laboratorionkokeilla	
Päiväys 25.5.2020	Sivumäärä/Liitteet 31/6
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Suomivalimo Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoite oli tutkia valimohiekan erotinpölyä ja sen uudelleenkäyttö- ja kierrätyskelpoisuutta laboratorionkokeiden avulla. Ajatus opinnäytetyöhön lähti teollisuuden tarpeesta saada sivuvirrat (tuotteen valmistusprosessissa syntyvä sivutuote) uudelleenkäyttöön tai saada kierrätettyä ne. Suomivalimolla oli tarve saada valimoprosessissa syntyvä erotinpöly uudelleenkäyttöön tai kierrätettyä. Tarkoituksena oli tutkia erotinpölyä ja sen sisältämiä erilaisia aineita ja pitoisuuksia ja näiden pohjalta määritellä onko erotinpölyä mahdollista käyttää uudelleen tai kierrättää.</p> <p>Tutkimusaineistona olivat Suomivalimo Oy:n aikaisemmin tekemät tutkimukset, muu yrityksen antama materiaali ja kokeelliset tutkimukset. Suodatus ja rakeistus olivat menetelmät, jotka valittiin, koska näitä ei ollut aikaisemmin testattu Suomivalimolla. Suodatustestit tehtiin sen takia, jotta pystyttäisiin todentamaan vajoaako kaikki huonolaatuisin materiaali pohjaan. Jos huonolaatuisin materiaali olisi vajonnut pohjalle, sen olisi saanut eroteltua paremmasta materiaalista. Rakeistuskokeet suoritettiin rakeistus demoina LUX:n (Oy Lux Ab) laitteistolla (Eirich-sekoitin). Rakeistuskokeita testattiin, koska haluttiin tietää onko valimohiekan erotinpölyä mahdollista rakeistaa. Rakeistus helpottaisi erotinpölyn kuljettamista, varastointia ja mahdollisesti siitä voisi myös saada energiaa polttamalla.</p> <p>Suodatustesteistä haluttu tulos olisi ollut se, että kaikki materiaali olisi pystytty analysoimaan ja todentamaan vajoaako huonoin materiaali pohjalle. Suodatustestit eivät tuottaneet haluttua tulosta, koska keski- ja pintanäytettä ei saatu analysoitua aineiston vähyyden takia. Suodatustestin pohjanäyte pystyttiin analysoimaan, mutta se oli niin huonolaatuista sen sisältämien haitta-aineiden takia, että sitä ei pysty käyttämään mihinkään ennen kuin sen saa puhdistettua kunnolla. Suodatuskokeiden aikana huomattiin myös, että erotinpöly happamoittaa huomattavasti vettä. Rakeistuskokeiden haluttu tulos olisi ollut se, että erotinpöly saataisiin rakeistumaan hyvin molempien erotinpölykonttien erotinpölyllä ja se saataisiin laboratorionkokeissa palamaan. Rakeistuskokeet eivät onnistuneet täysin erotinpölyn laatuerojen takia. Rakeistetun erotinpölyn laboratorionkokeet eivät tuottaneet haluttua tulosta, koska erotinpölyä ei saatu palamaan rakeistetussa muodossa.</p>	
<p>Avainsanat</p> <p>Valimohiekka, erotinpöly, uudelleenkäyttö, kierrätys, sivuvirrat, suodatus, rakeistus</p>	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology	
Author Mirva Lukkarinen	
Title of Thesis Evaluating the Usage and Recyclability of Foundry Sand Dust with Laboratory Tests	
Date 25 May 2020	Pages/Appendices 31/6
Client Organisation /Partners Suomivalimo Oy	
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to study foundry sand dust and assess its reuse and recyclability with laboratory experiments. The idea for the thesis came from industry with the need to get side streams, i.e. the by-product resulting from the product manufacturing process, reused or recycled. The client, Suomivalimo Oy, had a need to obtain the separator dust generated in the foundry process for reuse or recycling. The purpose was also to study the various substances and concentrations contained therein and on the basis of the results determine whether it is possible to reuse or recycle the separator dust.</p> <p>The research data included previous studies from Suomivalimo Oy. Other material was provided by the company and was received from experimental studies. Filtration and granulation were the methods that were chosen because they had not been tested before at Suomivalimo. The filtering experiments were carried out in order to verify whether all the poorest quality material would sink to the bottom. If the poorest quality material had sunk to the bottom, it would have been separated from the better material. The granulation experiments were performed as granulation demos using LUX's (Oy Lux Ab) hardware (Eirich Mixer) to find out whether it is possible to granulate the separator dust of the foundry sand. Granulation would facilitate the transport, the storage of the separator dust and could possibly get energy from it by burning.</p> <p>From the filtering experiments, the desired result would have been that all the material could have been analyzed and that it could have been verified whether the poorest material will sink to the bottom. The filtering experiments did not produce the desired result because the medium and surface samples were not analyzed due to the lack of material. The base sample of the filtration experiment could be analyzed, but it was of such poor quality because of the detrimental elements contained in it that it cannot be used for anything before proper cleaning. During the filtration experiments, it was also noted that the separator dust significantly acidify water. The desired result of the granulation experiments would have been that the separator dust could be granulated well with the help of separator dust from both separator dust containers and that it could be burned in laboratory experiments. Granulation experiments were not fully successful because of the quality differences in the separator dust. The laboratory experiments of the granulated separator dust did not produce the desired result since the separator dust was not brought to fire in a granulated form.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Foundry sand, separator dust, reuse, recycle, side streams, filtration, granulation</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	SUOMIVALIMO OY	6
2.1	Valimoprosessi	6
3	VALIMOHIEKAN EROTINPÖLY	9
3.1	Erotinpölyn synty ja käyttö tällä hetkellä	9
3.2	Suomivalimon aikaisemmin teettämät tutkimukset erotinpölystä	9
3.2.1	Kaavauspölyn tutkimustodistus	9
3.2.2	Erotinpölyn perusmäärittelytutkimus sekä arvio sijoituskelpoisuudesta	10
3.2.3	Murskatun betoninäytteen tutkimus	13
3.3	Kaavaushiekka	14
4	KOKEELLISET TUTKIMUKSET	16
4.1	Koesuunnitelma–Suodatuskoe	16
4.2	Suodatuskoe	17
4.2.1	Ensimmäinen suodatuskoe	17
4.2.2	Toinen suodatuskoe	22
4.3	Suodatusnäytteiden analysointi	25
4.4	Koesuunnitelma–Rakeistuskoe	25
4.5	Rakeistuskoe	25
4.6	Granuloidun kaavauspölyn analysointi	28
5	TULOSTEN TARKASTELU	30
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	31
	LÄHTEET	32
	LIITE 1: KAAVAUSPÖLYN TUTKIMUSTODISTUS	34
	LIITE 2: EROTINPÖLYN PERUSMÄÄRITTELYTUTKIMUS SEKÄ ARVIO SJOITUSKELPOISUUDESTA	35
	LIITE 3: MURSKATTU BETONINÄYTE	44
	LIITE 4: ALKUPERÄISET SUODATUSNÄYTTEIDEN TAULUKOT	46
	LIITE 5: SUODATUSNÄYTTEIDEN ANALYSOINTI	47
	LIITE 6: GRANULOITU KAAVAUSPÖLY	51

1 JOHDANTO

Työn tarkoitus on kehittää yritysten sivuvirtojen hyödyntämistä, jotta saataisiin mahdollisimman suuri osa sivuvirroista takaisin hyötykäyttöön. Sivuvirtoja ovat tuotteen valmistusprosessissa syntyvät sivutuotteet. Sivuvirtoja tulisi hyödyntää mahdollisuuksien mukaan löytämällä niille uusia käyttötapoja. Opinnäytetyön tarkoitus on selvittää käyttö-, puhdistus- tai polttomahdollisuuksia valuhiekkan puhdistamisessa syntyvälle erotinpölylle. Opinnäytetyön teko sisälsi aikaisempiin tutkimuksiin tutustumisen, vierailut valimolla, palaverit, suodatustestit ja rakeistusedemon. Opinnäytetyön tavoitteena on löytää mahdollisimman kustannustehokas ratkaisu sivuvirtana syntyvälle erotinpölylle ja sen hyötykäyttöön. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Suomivalimo Oy, joka on keskisuurten rautavalujen toimittaja. Suomivalimon tarjonta kattaa valukomponenttien suunnittelun, valamisen, lämpökäsittelyn, koneistuksen, maalaamisen, kokoonpanon ja toimitusketjun hallinnan.

Suomivalimon valimohiekasta erotetun erotinpölyn TOC-pitoisuus (orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus) on korkea, minkä myötä se ei sovellu maanrakennuskäyttöön tai edes kaatopaikalle ilman, että sitä puhdistettaisiin. Erotinpölyä muodostuu hienojakeisesta kvartsihiekasta, jota käytetään muotinvalmistuksessa. Erotinpölyä ei voi nykyisin enää toimittaa lähimmälle jätteenkäsittelyasemalle. Yritys on alustavasti selvittänyt kaavaushiekan puhdistamisessa syntyvälle erotinpölylle käyttömahdollisuuksia betonin seassa jne. Tutkittua betoninäytettä vastaava materiaali olisi hyödynnettävissä maanrakentamisessa peitetyissä ja päällystetyissä rakenteissa. Betoninäytteeseen oli sekoitettu erotinpölyä betonin sekaan. Suomivalimo on myös teettänyt erotinpölyn perusmäärittelytutkimuksen sekä arvion sijoituskelpoisuudesta, josta selvisi, että erotinpölyn hiilen kokonaispitoisuus (TOC) oli 23 % ja hehkutushäviö (LOI) 30 %.

Aihe on ajankohtainen ja tärkeä, koska valimohiekan erotinpölyä tulee paljon ja sille ei ole löytynyt sijoituspaikkaa. Aihe on myös sinällään myös tärkeä ja merkityksellinen, koska valimopölyn erotinpölyllä on paljon laatueroja. Jos löytyisi hyvä kierrätys tai uudelleenkäyttömenetelmä niin sen hyödyt Suomivalimolle olisivat suuret, koska se olisi luultavasti rahallisesti kannattavampaa kuin nykyinen toimintatapa sekä se parantaisi huomattavasti yrityksen imagoa, koska se nähtäisiin ympäristöystävällisempänä valimona.

2 SUOMIVALIMO OY

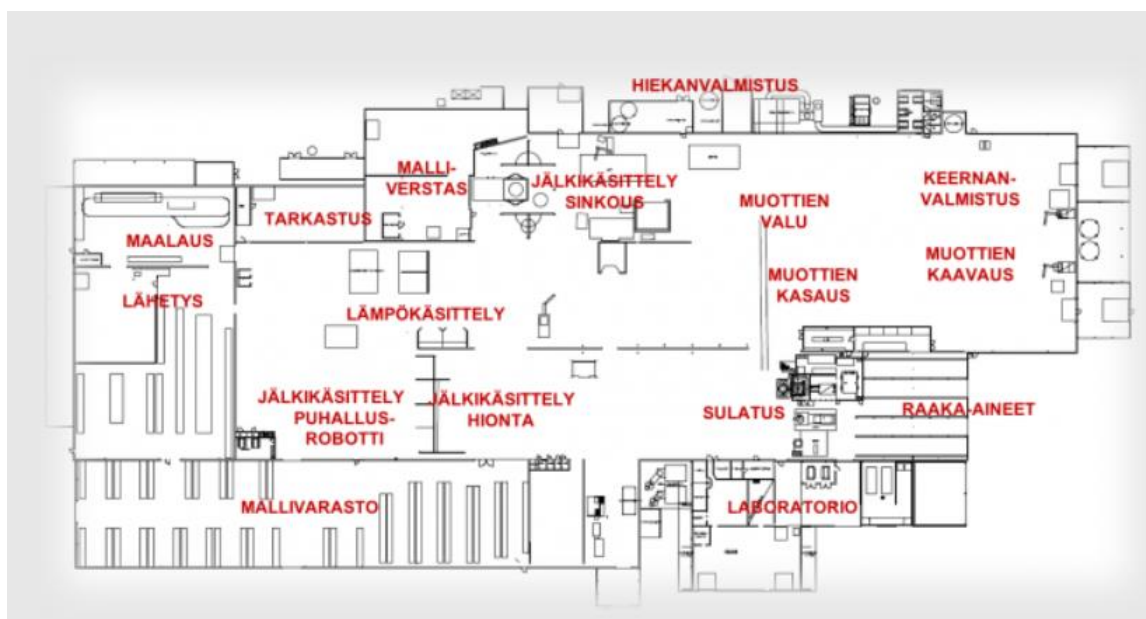
Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Suomivalimo Oy, joka on itsenäinen ja yksityisesti omistettu yritys ja se toimii Iisalmessa Parkatin teollisuusalueella. Suomivalimon tarjonta kattaa valukomponenttien suunnittelun, valamisen, lämpökäsittelyn, koneistuksen, maalaamisen, kokoonpanon ja toimitusketjun hallinnan. ([https://www.suomivalimo.fi/yritys/.](https://www.suomivalimo.fi/yritys/))

Yritys valmistaa 200–5500 kg painavia valurautakomponentteja yksittäiskappaleina, sarjavalmistuksena ja furaanihartsiteknologiaa käyttäen käsikaavauksella. Tehdas työllistää noin 120 valimoalan ammattilaista ja siellä on 15 000 m² tuotantotilaa ja tuotantokapasiteettia 10 000–13 000 tonnia vuodessa, tähän vaikuttaa valimon sen hetkinen tuotevalikoima. ([https://www.suomivalimo.fi/yritys/.](https://www.suomivalimo.fi/yritys/))

2.1 Valimoprosessi

Valimoprosessiin kuuluu monta erilaista osa-alueita (kuva 1). Suomivalimon valujen raaka-aineina käytetään mm. murskattua kierrätysterästä ja harkkorautaa. Sulatuksessa käytetään uudelleen myös kiertometalli, jota syntyy valamisessa. Muottien ja keernojen valmistamiseen käytetään kvartsihiekkää ja sideaineita. Valetun kappaleen muotin hiekkaa kiertää muottien purkamisen jälkeen hiekkalaitoksessa, jossa siitä mm. poistetaan erotinpölyä ja se jäähdytetään. (Suomivalimo Oy.)

Hiekkaa käytetään valamisessa noin 10 kertaa, hiekan kierto esitetty kuviossa 1. Ylijäämähiekkaa, jota ei enää kierrätetä valamisessa, hyödynnetään maanrakentamisessa. Suomivalimolla on laboratorio, jossa analysoidaan mm. valun mikrorakenne, kemiallinen koostumus ja mekaaniset ominaisuudet. Valimolla on myös malliverstas ja mallivarasto. Malliverstaassa tehdään huolto- ja korjaustöitä mallivarusteille (mallit, keernalaatikat). Mallivarasto koostuu valmistettavien tuotteiden keernalaatikoista ja malleista. (Suomivalimo Oy.)



KUVA 1. Pohjakaavio Suomivalimo Oy:n tuotantotiloista (<https://www.suomivalimo.fi/yritys/valimoprosessi/>)

Käsinkaavaus

Valimoprosessi alkaa muottien kaavauksella. Kaavausmuotti muodostuu kovettuvalla kaavaushiekalla täytetyn kaavausmallin luomasta ulkomuodosta. Kaavausmalli on valmiin kappaleen kopio lisättyinä mm. työvaroilla ja jakopinnoilla. Jakopinta on raja, josta kappale on halkaistu valumuottien valmistamisen mahdollistamiseksi. Valmiin kappaleen muoto muodostuu usean valumuotin ja keernojen muodostamasta tilasta. (Suomivalimo Oy.)

Valmis kappale vaatii tyypillisesti vähintään kaksi muottia. Malli varustellaan valukanavistolla, kokiloinnilla, syötöillä ja ohjaustapeilla. Varusteltuun malliin lisätään kaavauskehät, jotka muodostavat kaavausmuotin kehykset, tämän jälkeen aloitetaan hiekantäyttö. Hiekantäytössä mikserin syöttöruuvi sekoittaa kaavaushiekkaan sideaineen (furaanihartsin) sekä kovettimen (happo), jota lasketaan kaavauskehään kerroksittain muotin täyttymiseen asti. Muotin kovettumiseen menee vajaa tunti, jonka jälkeen valmis kaavausmuotti irrotetaan mallista. (Suomivalimo Oy.)

Keernojen valmistus

Keernat ovat valukappaleen sisäpuolisia muotteja, esimerkiksi putken keskiosa, kanavistot ym. Keernat valmistetaan samaan tapaan kuin kaavausmuotti. Keernat valmistetaan keernalaatikoihin, joiden seinämät muodostavat keernojen ulkomuodot. Kovettumisaajan jälkeen valmiit keernat irrotetaan keernalaatikoista. (Suomivalimo Oy.)

Peitostus ja muottien kasaus

Peitostuksessa keernat ja kaavausmuotit valellaan tulenkestävällä peitosteella, joka estää sulan raudan tunkeutumisen kaavaushiekkaan ja parantaa valun pinnanlaatua. Seuraavaksi prosessissa muotit kasataan ja varustellaan keernoilla. Yhdistetyt muotin osat valmistellaan valua varten asettamalla muotin päälle painoja estämään muotin jakotasosta sulan raudan vuotaminen sekä kappaleen muodonmuutokset. (Suomivalimo Oy.)

Sulatus, muottien valu, muottien purku ja jälkikäsittely

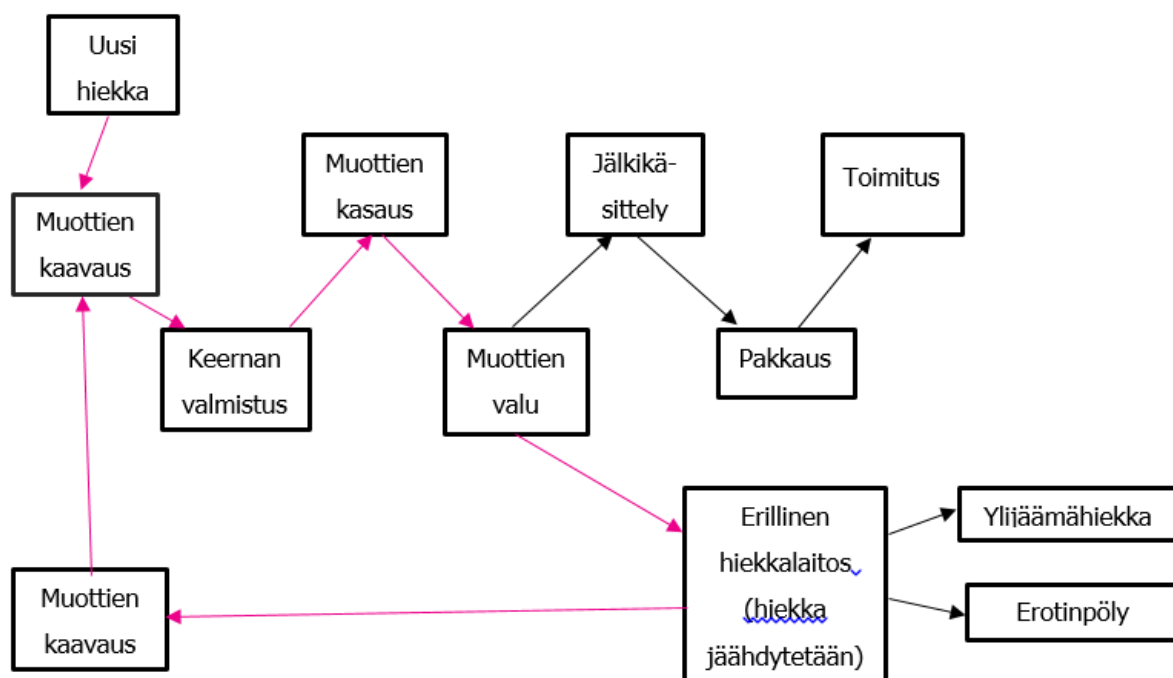
Sulatus alkaa uunin panostamisella ja lisäaineistuksella. Sulasta otetaan materiaalianalyysi, jonka perusteella lisäaineita lisätään halutun valurautalaadun saavuttamiseksi. Rauta sulatetaan keskitäajuusinduktiouuneissa, jotka ovat kooltaan 8 ja 3 tonnia. Yhteenlaskettu maksimiteho uuneissa on 7 MW ja kapasiteetti on noin 7 tonnia sulaa tunnissa. Tämän jälkeen on vuorossa muottien valu. Sulatusuunista kaadetaan valusenkaan sulatettu rauta, josta sula valetaan muotteihin valupaikalla. Valulämpötila on noin 1320–1440 °C. Valukappaleen koosta ja materiaalista riippuen muotit puretaan 8–60 tuntia valun jälkeen. Muotin purku tapahtuu poistamalla kaavauskehät muottien ympäriltä nosturilla. Valettu kappale siirretään tärylle hiekan irrottamiseksi. Täryn jälkeen valukappale siirretään ulos jäähtymään. (Suomivalimo Oy.)

Muottien purkamisen jälkeen prosessissa on vuorossa jälkikäsittely, jossa puhdistetaan valukappaleihin tarttunut valuhiekka sinkopuhalluskoneessa. Sinkopuhalluskoneessa suurella määrällä teräshiekkaa singotaan valukappaleiden pintaa. Jos monimutkaisempien valukappaleiden pinnat ja sisäosat eivät puhdistu riittävästi sinkopuhalluskoneessa niin ne voidaan vielä raepuhaltaa puhallusrobotilla.

Puhdistuksen jälkeen on kappaleiden viimeistely, jossa singottu kappale hiotaan ja singotaan uudestaan hiontajälkien poistamiseksi. (Suomivalimo Oy.)

Lämpökäsittely, maalaus, valukappaleiden mitoituksen ja sisäisen tiiveyden tarkastus ja lähetys

Valukappaleet voidaan tarvittaessa lämpökäsitellä hehkutusuuneissa. Yleisiä lämpökäsittelytekniikoita ovat ferritointi, normalisointi, jännityksenpoistohehkutus ja perlitointi. Valukappaleet voidaan tarpeen mukaan ruiskumaalata epoksipohjamaalilla. Tarvittaessa voidaan tarkastaa myös valukappaleiden mitoitus ja sisäinen tiiveys. Perinteisten menetelmien lisäksi mittaustarkastuksessa voidaan käyttää mittausta, joka perustuu 3D-tekniikkaan. Sisäistä tiiveyttä voidaan tarkastella NDT-menetelmin, joita ovat mm. tunkeumaneste-, ultraääni- ja magneettijauhetarkastus. Kun valukappaleet ovat valmiita, ne pakataan ja suojataan asianmukaisesti lähetystä varten. Valukappaleiden toimitukset tapahtuvat autokuljetuksin. (Suomivalimo Oy.)



KUVIO 1. Valimohiekan kierto laitoksessa

3 VALIMOHIEKAN EROTINPÖLY

3.1 Erotinpölyn synty ja käyttö tällä hetkellä

Erotinpölyä syntyy valimon prosessissa pääasiassa valun jälkeen, kun valumuotit murskataan. Erotinpöly ohjataan letkusuodattimelle. Suodatin erottaa pääosan hienojakeisesta hiekasta, jotta suurempi rakeinen hiekka saadaan takaisin kiertoon valumuottien valmistukseen. Jos erotinpölylle ei löydy mitään järkevää uusiokäyttö- tai kierrätysmahdollisuutta, niin se tulisi toimittaa lähimmälle orgaanista jätettä vastaanottavalle jäteasemalle. Erotinpölyn kuljetuksesta syntyvät päästöt kannattaa myös huomioida sekä erotinpölyn käsittelykustannukset jäteasemalla. (Suomivalimo Oy.)

Muottien murskauksessa hiekan erotinpölyyn kerääntyy enemmän haitallisia aineita (TOC, haihtuvia hiilivetyjä) kuin itse hiekkaan. Tutkittua syytä miksi erotinpölyyn kerääntyy enemmän haitta-aineita kuin hiekkaan ei ole, mutta on olemassa monta eri teoriaa siitä mistä haitta-aineet tulevat erotinpölyyn. Syy miksi haitta-aineita kerääntyy erotinpölyyn enemmän kuin hiekkaan on ehdottomasti asia, joka tulisi selvittää. Yhden teorian mukaan hiekka ja sideaine saavat enemmän kuumuutta lähellä valukappaletta sekä hiiltä pääsee valuraudasta diffundoitumaan hiekkaan. Tämän myötä hiekka ja sideaine haurastuvat ja muodostavat erotinpölyä valumuottien murskauksessa. (Suomivalimo Oy.)

3.2 Suomivalimon aikaisemmin teettämät tutkimukset erotinpölystä

Suomivalimolla on tehty seuraavia tutkimuksia vuosina 2017–2018 ja niitä on tehnyt Savonia-ammattikorkeakoulu (Varkauden kampus), VTT ja SGS Inspection Services Oy. Tutkimukset on yrityksen luvalla liitetty tähän opinnäytetyöhön pohja-aineistona. Tutkimukset on kirjoitettu auki ja alkuperäiset tutkimukset löytyvät opinnäytetyön liitteistä (liitteet 1–3).

3.2.1 Kaavauspölyn tutkimustodistus

Kaavauspölynäyte, joka on erotinpölyä, saapui laboratorioon Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden kampukselle ja tutkimukset toteutettiin elokuussa 2018. Näytteiden partikkelikoko oli < 1mm ja näytteen massa oli 4 625 g.

Määrittämissä selvisi, että näytteen kalometrinen lämpöarvo oli 15,2 MJ/kg. Tehollista lämpöarvoa laskettaessa näytteen vetypitoisuutena on käytetty arvoa 0 %. Ja tämän perusteella teholliseksi lämpöarvoksi on laskettu 15,2 MJ/kg. Tutkimuksissa määritettiin myös tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, joka oli 14,74 MJ/kg. Kokonaiskosteudeksi tutkimuksissa saatiin 2,6 m- % ja kuiva-aineen tuhkapitoisuudeksi 47,1 m- %. Näytteen lämpöarvon laskemisessa menetelmänä oli SFS-EN 14918, kosteuspitoisuuden menetelmänä oli SFS-EN ISO 18134-2, CEN/TS 15414-2 ja kuiva-aineen tuhkapitoisuuden menetelmä oli SFS-EN ISO 18122, jossa tuhkamäärittelyn lämpötilat olivat ISO 1171:n mukaiset (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Kaavauspölyn määritykset (liite 1)

Määrittys	Tulos	Yksikkö
Kalometrinen lämpöarvo	15,2	MJ/kg
Tehollinen lämpöarvo*	15,2	MJ/kg
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa	14,74	MJ/kg
Kokonaiskosteus	2,6	m-%
Kuiva-aineen tuhkapitoisuus	47,1	m-%

Määrittys	Analysointi pvm	Menetelmä
Lämpöarvo	2.8.-6.8.2018	SFS-EN 14918*
Kosteuspitoisuus	2.8.-6.8.2019	SFS-EN ISO 18134-2 , CEN/TS 15414-2
Kuiva-aineen tuhkapitoisuus	2.8.-6.8.2020	SFS-EN ISO 18122**

*Tehollisen lämpöarvon laskemisessa näytteen vetypitoisuutena käytetty arvoa 0 %.

**Tuhkamäärittäyksessä lämpötilat ISO 1171:n mukaiset.

Näytteen partikkelikoko < 1 mm.

3.2.2 Erotinpölyn perusmäärittelytutkimus sekä arvio sijoituskelpoisuudesta

Erotopölyn perusmäärittelytutkimus sekä arvio sijoituskelpoisuudesta tehtiin Espoossa joulukuussa 2017. Tässä tutkimuksessa valmistettiin osanäytteestä kokoomanäyte, jossa määritettiin pitoisuuksia puolikvantitatiivisella röntgenfluoresenssianalyysillä (XRF). Tällä menetelmällä määritetyt pitoisuudet olivat näytteen sisältämiä epäorgaanisten aineiden pitoisuuksia. Eri aineiden pitoisuudet ovat nähtävissä taulukossa 2.

Kokoomanäytteestä tutkittiin määrittämällä orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus (TOC) ja polyaromaattisten hiilivetyjen (PAH, EPA-16) pitoisuudet (nämä pitoisuudet on esitetty taulukossa 3). Akkreditoidulla läpivirtaustestillä (EN 14405) sekä akkreditoidulla kaksivaiheisella CEN-ravistelutestillä (EN 12457-3) tutkittiin ympäristökelpoisuuden kannalta oleellisten aineiden liukoisuuksia.

Liukoisuustestissä pakataan kiinteää näytemateriaalia koloniin, joka on sylinterin muotoinen. Tämän jälkeen näytemateriaalin läpi johdetaan alhaalta ylöspäin ionivaihdettua vettä tietyllä virtausnopeudella. Tästä materiaalin läpi johdetusta vedestä kerätään yhteensä seitsemän fraktiota L/S-suhteen funktiona niin, että kumulatiivinen L/S-suhde eli testissä käytetty vesimäärä (L) suhde kiinteän materiaalin määrään (S) on 10. Seuraavaksi suodatetaan kerätyt vesifraktiot ja suodoksista määritetään pitoisuudet liuenneista aineista. Akkreditoitu kaksivaiheinen ravistelutesti (EN 12457-3) suoritettiin kokoomanäytteelle. Testissä ravistellaan kuusi tuntia kiinteää näytemateriaalia ionivaihdetun veden kanssa niin, että L/S-suhde on 2. Näyte suodatetaan ravistelun jälkeen, jonka jälkeen ravistellaan 18 tuntia kuivaamatonta materiaalia L/S-suhteessa 8. Kumulatiivinen L/S-suhde on kuitenkin 10. Seos suodatetaan ravistelun jälkeen ja määritellään liuenneiden aineiden pitoisuudet suodoksesta.

Panalytical Axios mAX 3 kW röntgenspektrometriä ja puolikvantitatiivista Omnian-ohjelmaa käytettiin näytteen alkuainekoostumuksen määrittämisessä. Näytteistä määritettiin yhteensä 79 alkuainetta mm. fluori (F) ja fluoria raskaammat alkuaineet lukuun ottamatta jalokaasuja. Määritysraja menetelmällä on luokkaa 0,01 %, mutta määritysraja fluorille on kuitenkin korkeampi ja sen pitoisuus on lähinnä suuntaa antava.

TOC-määrittämisessä käytettiin alkuaineanalyysointilaitetta LECO-CNS 2000 ja määrittäminen suoritettiin akkreditoidulla standardin SFS-EN 13137 mukaisella menetelmällä. Tässä menetelmässä kokoomanäyte poltetaan happivirrassa (1400 °C) ja poltossa muodostunut hiilidioksidin pitoisuus määritettiin infrapuna-detektorilla (IR). Näyte hapotettiin fosforihapolla ennen polttoa mahdollisen epäorgaanisen hiilen poistamiseksi. Mittausepävarmuus menetelmällä on tässä tapauksessa ± 30 %.

Kokoomanäytteestä määritettiin PAH-yhdisteet kaasukromatografiassa spektrometrisesti (GC/MS). Yksittäiselle yhdisteelle menetelmän määritysraja on 0,001 mg/kg kuivaa ainetta kohden ja mittausepävarmuus ± 30 %.

Analysoinnit liukoisuustestisuodoksissa tehtiin akkreditoiduin menetelmin. Massaspektrometrisesti (ICP-MS) analysoitiin As-, Ba-, Cd-, Co-, Cr-, Cu-, Mo-, Ni-, Pb-, Sb-, Se-, V- ja Zn-pitoisuudet sekä atomifluoresenssispektrometrisesti (CV-AFS) analysoitiin Hg-pitoisuudet. Ionikromatografialla (IC) määritettiin kloridi-, fluoridi- ja sulfaattipitoisuudet standardin SFS-EN-ISO 10304-1 mukaisesti. Akkreditoidulla menetelmällä infrapuna-detektoria (IR) käyttäen analysoitiin liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuudet standardin SFS-EN 1484:1997 mukaisesti. Lisäksi suodoksista mitattiin pH-, johtokyky- ja redox-potentiaaliarvot. Tutkimustuloksista on esitetty yhteenveto taulukoissa 2 ja 3.

TAULUKKO 2. Puolikvantitatiivisen röntgen–fluoresenssianalyysin (XRF) tulokset erotinpölylle. Alkuaineiden pitoisuudet on ilmoitettu yksikössä % kuivaa ainetta kohden (analyysitulokset tarkemmin liitteessä 2).

Alkuaine, %	Erotinpöly - Kokooma
Natrium, Na	0,13
Magnesium, Mg	0,56
Alumiini, Al	1,6
Pii, Si	24
Fosfori, P	1,6
Rikki, S	2,8
Kloori, Cl	0,02
Kalium, K	0,25
Kalsium, Ca	0,15
Titaani, Ti	0,05
Kromi, Cr	0,01
Mangaani, Mn	0,03
Rauta, Fe	2,1
Nikkeli, Ni	0,01
Kupari, Cu	0,02
Sinkki, Zn	0,03
Zirkonium, Zr	0,02

TAULUKKO 3. Orgaanisten aineiden analyysien tulokset erotinpölylle. Pitoisuudet on ilmoitettu kuivaa ainetta kohden (katso myös liite 2).

Näyte	Erotinpöly - Kokooma
TOC, %	23
Hehkutushäviö, %	30
PAH (EPA-16), mg/kg	1,2

Tutkimuksen yhteydessä on tehty myös arvio sijoituskelpoisuudesta, mutta tulosten arviointi ei kuulu akkreditoinnin piiriin. 1.1.2016 Suomessa astui voimaan orgaanisia ja biojätteitä koskeva kaatopaikkakielto, joka tarkoittaa siitä, että valtioneuvoston asetuksen (VNa 331/2013) mukaan kaatopaikalle saa sijoittaa vain sellaisia jätteitä, joiden orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus (TOC) tai hehkutushäviö (LOI) on alle 10 %. Tämän kyseisen näytteen ”Erotinpöly” TOC-pitoisuus on 23 % ja hehkutushäviö on 30 %, joten pitoisuudet ylittävät em. raja-arvon selvästi. Näin ollen kyseenomaisen näytteen tyyppistä jätettä ei saisi enää sijoittaa kaatopaikalle, vaan sen orgaanisen aineen pitoisuutta tulisi vähentää ennen sijoitusta. Jätteenhuoltoviranomainen päättää jätteen käsittelystä ja sijoittamisesta ja tässä työssä saatuja tuloksia voi soveltuvin osin hyödyntää käsittelyn suunnittelussa.

3.2.3 Murskatun betoninäytteen tutkimus

Murskattu betoninäyte sisältää betonia ja erotinpölyä. Näyte toimitettiin laboratorioon Kotkaan SGS Inspection Services Oy:lle tammikuussa 2017 (akkreditoitu testauslaboratorio T156). Murskatusta näytteestä testattiin kokonaispitoisuudet ja liukoisuudet 2–vaiheisella ravistelutestillä (SFS-EN 12457-3) ja tuloksia verrattiin tämän jälkeen VNa 591/2006 hyötykäyttöasetuksen VNa 403/2009 muutosasetuksen raja-arvoihin. Tulokset on esitetty taulukossa 4 ja 5.

Näytteen kokonaispitoisuudet eivät ylitä enimmäispitoisuuden raja-arvoja, jotka on määritetty muutosasetuksessa VNa 403/2009 mainittuja päällystetylle ja peitetylle rakenteelle. Liukoisuustestin tulokset eivät myöskään ylitä saman asetuksen päällystetyn ja peitetyn rakenteen enimmäispitoisuuksien raja-arvoja. Tutkittua betoninäytettä vastaava materiaali voidaan näiden analyysitulosten perusteella hyödyntää maarakentamisessa päällystetyissä ja peitetyissä rakenteissa. Lopullisen päätöksen siitä, voiko materiaaleja hyödyntää maarakentamisessa tekee kuitenkin paikallinen ympäristöviranomais (liite 3).

Näytteiden kokonaispitoisuudet jäivät selvästi hyötykäyttökelpoisuus VNa 591/2006 ja sen muutosasetuksen VNa 403/2009 määriteltyjen enimmäispitoisuuksien alle. Näytteiden liukoisuudet olivat samoin selvästi määriteltyjen enimmäispitoisuuksien alapuolella.

TAULUKKO 4. Betonimurskenäytteen analyysitulokset (katso myös liite 3)

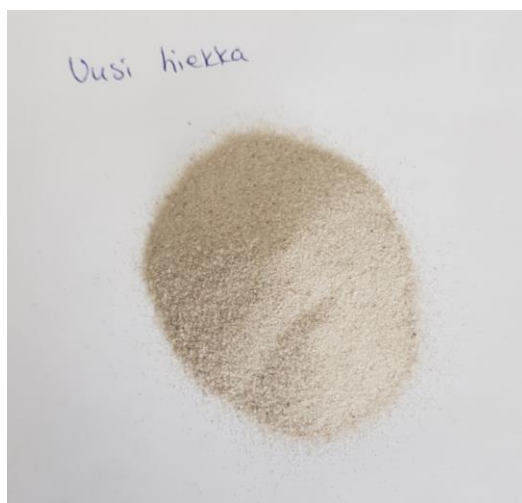
Analyysit	Raja-arvot		Analyytitulokset
	Hyötykäyttökelpoisuus VNa 591/2006 ja sen muutosasetus VNa 403/2009, Betonin perustutkimus		Tutkittu näyte
	Peitetty rakenne	Päällystetty rakenne	KE17-00188.001 YSAO
Kokonaispitoisuudet, mg/kg kuiva-ainetta			
Mineraaliöljyt C10-C40	500	500	< 40
PAH-yhdisteet	20	20	< 3,0
PCB-yhdisteet	1,0	1,0	< 0,07
Arseeni (As)	50	50	< 5
Kadmium (Cd)	10	10	< 0,4
Kromi (Cr)	400	400	16
Kupari (Cu)	400	400	31
Lyijy (Pb)	300	300	< 10
Sinkki (Zn)	700	700	52

TAULUKKO 5. Betonimurskenäytteen liukoisuudet (katso myös liite 3)

Liukoisuudet SFS-EN 12475-3 mukaisesta 2-vaiheisesta ravistelutestistä, (L/S=10 l/kg, kumulatiivinen liukoisuus), mg/kg kuiva-ainetta			
Arseeni (As)	0,5	0,5	< 0,1
Barium (Ba)	20	20	4,5
Kadmium (Cd)	0,02	0,02	< 0,01
Kromi (Cr)	0,5	0,5	0,1
Kupari (Cu)	2,0	2,0	< 0,4
Molybdeeni (Mo)	0,5	0,5	< 0,1
Lyijy (Pb)	0,5	0,5	< 0,1
Nikkeli (Ni)	0,4	0,4	< 0,1
Vanadiini (V)	2,0	2,0	< 0,4
Sinkki (Zn)	4,0	4,0	< 0,8
Elohopea (Hg)	0,01	0,01	< 0,002
Antimoni (Sb)	0,06	0,06	< 0,05
Seleen (Se)	0,1	0,1	< 0,03
DOC	500	500	< 100
Kloridi (Cl ⁻)	800	800	< 160
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻)	1000	6000	< 200
Fluoridi (F ⁻)	10	50	< 2

3.3 Kaavaushiekka

Suomivalimo Oy:n käyttämä valimohiekka (kuva 2) on belgialaista kvartsihiekkaa. Tämän hiekan kuljetuskustannukset ja -päästöt ovat huomattavat. Valimohiekka seulotaan Kuopion Nilsiässä sopivaan raekokoon ja lähetetään sieltä eteenpäin Suomivalimo Oy:lle Iisalmeen. Valimohiekkaa käytetään valimoprosessissa muottien kaavauksessa ja keernan valmistuksessa. Muotit ja keernat valmistetaan kvartsihiekasta. Valun jälkeen valimohiekka kierrätetään muottien purkamisen jälkeen erillisessä hiekkalaitoksessa, jossa se mm. jäähdytetään ja siitä poistetaan hienojakeista erotinpölyä. Suomivalimolla syntyvä ylijäämähiekka menee nykyisin meluvallien täytöksi, koska se ei sisällä niin paljon haitallisia aineita kuin erotinpöly. (Suomivalimo Oy.)



KUVA 2. Valimolle tuleva uusi valimohiekka

KUVA 3. Kierrossa oleva valimohiekka

Hiekka (kuva 3) kiertää ja sitä käytetään uudelleen valamisessa keskimäärin 10 kertaa. Ylijäämähiekkaa syntyy, kun mekaanisesti elvytetty hiekka ei mahdu enää kuumen hiekan siloihin, jolloin osa siitä ohjautuu valimohiekan ylivuotosiloihin. Ylivuotosiloihin siirtynyt valimohiekka käytetään maanrakentamisessa meluvallien rakennusaineena Jordanin alueella (kaupunginosa) Iisalmessa. Valimohiekka voidaan käyttää maanrakentamisessa, koska tällaisessa hiekassa ei ole niin paljon haitta-aineita toisin kuin valimossa syntyvässä erotinpölyssä. Tämän jälkeen hiekka käsitellään Jordanin läjitysalueen ympäristöluvan mukaisesti. (Suomivalimo Oy.)

4 KOKEELLISET TUTKIMUKSET

Seuraavat tutkimukset valittiin toteutettaviksi opinnäytetyön yhteydessä, koska niitä ei ollut käsitelty eikä testattu Suomivalimolla. Suodatus valittiin ajatuksella, että suodattamalla huonoin aines keräytyisi pohjalle ja se saataisiin näin irrotettua erilleen käyttökelpoisesta aineksesta. Suunnitelmissa oli tutkia myös, liukeneeko haitta-aineet veteen vai pysyvätkö ne pääosin kiinteän aineksen mukana, mutta sitä ei pystytty toteuttamaan. Rakeistus valittiin, koska erotinpöly olisi helpompaa varastoida ja kuljettaa rakeistetussa muodossa. Jos rakeistetun erotinpölyn saisi palamaan, siitä saisi energiaa ja sivuvirran saisi sitä kautta hyötykäyttöön.

4.1 Koesuunnitelma–Suodatuskoe

Kokeessa sekoitetaan 2 litraa vettä ja 50 g erotinpölyä keskenään. Seurataan kuinka pöly laskeutuu ja kerrostuu erotinpöly astiassa olevaan veteen. Jos/kun erotinpöly kerrostuu, niin aloitetaan suodatus. Imusuodatuslaitteisto kootaan ennen suodatusta (kuva 4 ja 5), tarvittavat tavarat ja instrumentit varataan pöydälle valmiiksi sekä punnitaan petrimaljat ja suodatinpaperit. Seuraavaksi aloitetaan pintapölyn suodatus, sen jälkeen keskipölyn suodatus ja viimeiseksi suodatetaan pohjapöly. Seuraavaksi aloitetaan kosteiden erotinpölynäytteiden punnitseminen ja siirretään näytteet punnituksen jälkeen lämpöuuniin kuivamaan. Kuivaneet näytteet siirretään eksikaattoriin jäähtymään. Viimeisenä vaiheena on punnita näytteet kuivana.



KUVA 4. Lähes kokonaan koottu imusuodatuslaitteisto



KUVA 5. Kuva suppilon sisäpinnasta

4.2 Suodatuskoe

Suodatuksen ensimmäinen laboratoriokoe toteutettiin Savonia-ammattikorkeakoululla 3.–5.4.2019. Ensimmäisessä suodatuskokeessa tutkittiin, miten erotinpöly kerrostuu veteen ja saadaanko siitä eroteltua pinta-, keski- ja pohjanäytteet. Samalla seurattiin myös eroja näytteiden painossa, värissä ja koostumuksessa. Suodatuksen toinen laboratoriokoe toteutettiin 23.–25.4.2019 samoissa tiloissa kuin edellinen koe. Toisessa laboratoriokokeessa suurennettiin sekä veden että erotinpölyn määriä, mutta niiden suhde pysyi samana. Tässä suodatuksessa havainnoitiin samoja asioita kuin edellisessä kokeessa ja näiden lisäksi seurattiin myös seoksen pH:ta.

4.2.1 Ensimmäinen suodatuskoe

Ensimmäinen suodatuksen laboratoriokoe aloitettiin 3.4.2019 mittaamalla 2 litraa hanavettä kannuun ja tämän jälkeen Suomivalimon erotinpölyä sekoitettiin 50g veden sekaan (kuva 6 a ja b). Tämä tapahtui 3.4.2019 klo 13:00. Tämän jälkeen seos jätettiin tasoittumaan.



KUVA 6 a ja b. Erotinpöly ja vesi sekoitettuna yhteen

Erotingpölyn laskeutumista käytiin katsomassa 3.4.2019 klo 16. Erotingpöly oli kerrostunut veteen hyvin kolmessa tunnissa (kuva 7). Tällöin olisi voitu jo aloittaa erotingpölyn suodattaminen, mutta erotingpölyn annettiin laskeutua rauhassa jolloin myös mahdollisille liukoisille aineille jäi hyvin aikaa liueta veteen.



KUVA 7. Erotingpölykerrostumat vedessä

Erotingpölyn suodattaminen vedestä aloitettiin 4.4.2019 klo 10:30 (kuva 8). Työ aloitettiin imusuodatuslaitteiston kokoamisella ja varaamalla tarpeelliset instrumentit pöydälle valmiiksi. Seuraavaksi punnittiin kolme eri petrimaljaa (jokaiselle näytteelle oma) ja suodatinpaperia sekä merkittiin petrimaljat. Suodatinpaperina käytettiin Whatmanin 41:stä (halkaisija 90 mm). Seuraavaksi jatkettiin pintakerroksen poistamisella. Pintaan kertynyttä erotingpölyä nosteltiin muovilusikalla suodattimeen, josta läpi mennyt vesi valui imupulloon (kuva 9 ja 10). Ajatus oli, että saataisiin erotingpölykerrostumat parhaiten esiin niin, että eritellään niiden suodatusnäytteet (kuva 11). Tällöin olisi parhaiten nähtävissä, jos vaarallisimmat aineet kerrostuisivat pohjaan, keskiosaan tai pintaan.



KUVA 8. Kerrostunut erotinpöly pinnassa ennen suodatusta (21,5 tuntia lähtötilanteesta)



KUVA 9. Imusuodatus



KUVA 10. Pintapölyn imusuodatus



KUVA 11. Pintaan jäänyt vesi pintapölyn poiston jälkeen

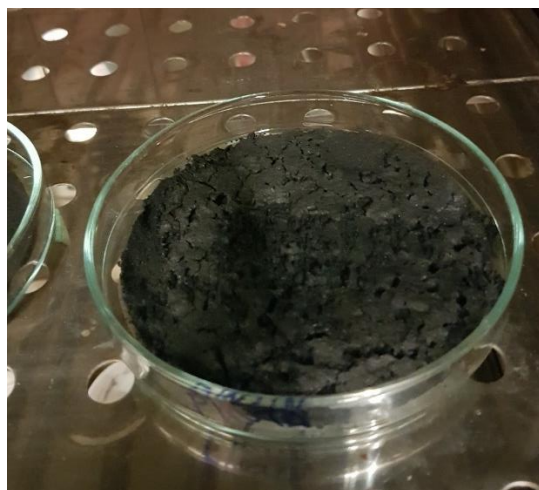
Kun pintapöly oli saatu talteen, suodatin ja erotinpöly siirrettiin petrimaljaan ja punnittiin näytteen paino vaa'alla. Tähän painoon sisältyi petrimalja, suodatinpaperi ja erotinpöly. Seuraavaksi puhdistettiin suppiloa hieman ja laitettiin uusi suodatinpaperin paikoilleen ja aloitettiin suodattamaan astian keskivaiheen vettä. Vettä siirrettiin astiasta suodattimen päälle pipetillä, jottei pohjalla oleva erotinpöly sekoitu keskivaiheilla olevaan veteen. Kun keskivaiheilla oleva erotinpöly oli saatu talteen, näytteen paino mitattiin ja laitettiin näyte odottamaan pöydälle.

Seuraavaksi suodatettiin pohjalla oleva erotinpöly. Astiasta kaadettiin varovasti vettä uuden suodattimen päälle ja välillä pyöriteltiin hieman kannua, jotta kaikki näytemateriaali saataisiin talteen. Kun astia oli tyhjä ja kaikki pohjan erotinpöly oli saatu talteen, nostettiin suodatinpaperi ja erotinpöly petrimaljaan ja punnittiin näyte. Erotinpölynäytteet nostettiin lämpöuuniin kuivamaan ja seuraavana päivänä 5.4.2019 näytteet nostettiin pois lämpöuunista. Tämän jälkeen näytteet siirrettiin eksikaattoriin odottamaan punnitusta, joka suoritettiin maanantaina 8.4.2019. Näytteet nostettiin lämpöuunista eksikaattoriin odottamaan punnitusta sen takia, että ne eivät keräisi itseensä kosteutta.

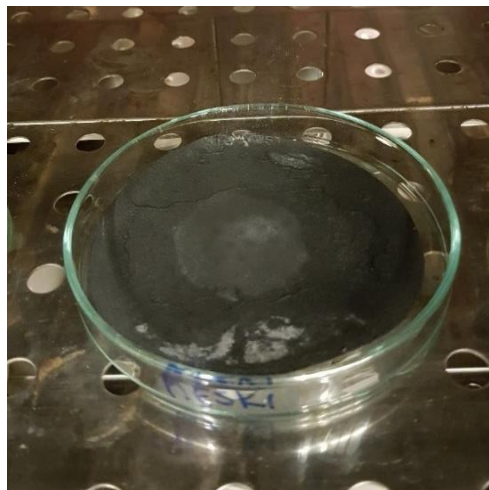
Suodatuskokeesta saaduissa materiaalinäytteissä oli selkeitä eroja painossa (taulukko 6) ja koostumuksessa, mutta värieroja ei juurikaan ollut. Erotinpölyn pinta-näyte oli selkeästi huokoisempaa materiaalia kuin pohjanäyte. Keskinäyte sisälsi vähiten materiaalia sekä se oli pieni partikkelisempaa kuin pinta- tai pohjanäytteiden materiaali. Kuvista 12 a, b ja c näkyy erot näytteiden koostumuksessa, värissä ja määrässä.

TAULUKKO 6. Laskeutuskokeen imusuodatettujen näytteiden kiintoainepitoisuuksia

Imusuodatuk- sen näyte	Pvm	Märkä massa (g)	Kuiva massa (g)	Kuiva massa (% suodate- tusta märestä massasta)
Pintanäyte	3–5.4.2019	3,13	1,93	61,66 %
Keskinäyte	3–5.4.2019	1,23	0,15	12,19 %
Pohjanäyte	3–5.4.2019	56,18	43,98	78,28 %



KUVA 12 a. Pintapöly petrimaljassa



KUVA 12 b. Keskিপöly petrimaljassa



KUVA 12 c. Pohjapöly petrimaljassa

4.2.2 Toinen suodatuskoe

Toisessa suodatuskokeessa mitattiin 8 litraa vettä yhteen sankoon. Kokeessa oli käytössä yhteensä 4 sankoa eli kokeessa käytettiin yhteensä 32 litraa vettä. Seuraavaksi kalibroitiin pH-mittari. Tämän jälkeen jokaisesta vesisangosta mitattiin pH ennen erotinpölyn sekoittamista veteen. Taulukosta 7 näkyy pH:n muutos eri ajankohtina. Jokaiseen sankoon sekoitettiin 200 g erotinpölyä 23.4.2019 klo 15:00 eli yhteensä tähän kokeeseen käytettiin 800 g erotinpölyä. Kun erotinpöly oli sekoitettu vesisankoihin, seoksen annettiin kerrostua rauhassa. Seuraava vaihe oli koota imusuodatinlaitteisto ja varata tarvittavat instrumentit, petrimaljat ja suodatinpaperit pöydälle. Sen jälkeen punnittiin suodatinpaperit ja petrimaljat sekä merkittiin petrimaljat.

TAULUKKO 7. pH:n muutos

	Sanko 1	Sanko 2	Sanko 3	Sanko 4
pH ennen pölyn sekoitusta veteen 23.4.2019	7,70	7,86	7,83	7,79
pH 1 tunti pölyn laiton jälkeen 23.4.2019	5,27	3,86	3,92	4,32
pH ennen suodatusta 24.4.2019	4,21	3,62	3,66	3,79

Erotopölynäytteiden suodatus aloitettiin 24.4.2019 klo 12:00 eli seokset saivat laskeutua ennen suodatusta 21 tuntia. Ennen suodatusta mitattiin pH jokaisesta astiasta. Suodatus aloitettiin sangosta numero 1 ja ensimmäisenä suodatettiin pintapöly. Sen jälkeen punnittiin ja merkittiin näytteet, otettiin vesinäyte ja merkittiin vesinäyte ja laitettiin näytteet pöydälle odottamaan. Suodatetusta vedestä otettiin vesinäyte, jotta voitaisiin testata, onko veteen liuennut jotain metalleja. Vesinäytteitä ei kuitenkaan testattu Savonia-ammattikorkeakoululla, koska epäiltiin, ettei löydy tarpeeksi tarkkoja menetelmiä, joilla saisi vesinäytteiden haitta-aineita tai haitta-aineiden pitoisuuksia selville.

Tämän jälkeen siirryttiin keskipölyn suodattamiseen. Kun erotinpölynäytteet oli suodatettu, keskipölyn näytteet punnittiin ja merkittiin, otettiin vesinäyte ja merkittiin vesinäyte ja laitettiin näytteet pöydälle odottamaan. Viimeisenä suodatettiin pohjapöly, joka punnittiin ja merkittiin, tästäkin otettiin vesinäyte ja merkittiin vesinäyte. Näytteet laitettiin pöydälle odottamaan. Samat toimenpiteet toistettiin kaikille sankoille ja siirrettiin erotinpöly näytteet kuivamaan lämpöuuniin. Seuraavana päivänä 25.4.2019 erotinpölynäytteet nostettiin lämpöuunista pois ja punnittiin kuivat erotinpölynäytteet. Suodatuskokeesta saaduissa materiaalinäytteissä oli samanlaisia eroja kuin edellisen suodatus-

sen erotinpölynäytteissä (paino ja huokoisuus). Taulukoista 8, 9 ja 10 on esitetty suodatettujen erotinpölynäytteiden painot. Alkuperäiset suodatusnäytteiden taulukot löytyvät liitteestä 4. Johtopäätöksenä kokeista voisi mainita, että erotinpöly happamoittaa vettä huomattavasti.

TAULUKKO 8. Imusuodatuksen pintanäyte

Imusuodatuksen pintanäyte	Pvm	Märkä massa (g)	Kuiva massa (g)	Kuiva massa (% suodatetusta märkä massasta)
1	23–25.4.2019	5,28	4,04	76,51
2	23–25.4.2019	4,17	3,25	77,94
3	23–25.4.2019	11,46	9,77	85,25
4	23–25.4.2019	15,13	11,28	77,55
5	23–25.4.2019	22,1	11,33	51,26

TAULUKKO 9. Imusuodatuksen keskinäyte

Imusuodatuksen keskinäyte	Pvm	Märkä massa (g)	Kuiva massa (g)	Kuiva massa (% suodatetusta märkä massasta)
1	23–25.4.2019	0,43	0,3	69,77
2	23–25.4.2019	0,5	0,48	96
3	23–25.4.2019	0,75	0,75	100
4	23–25.4.2019	2,41	1,03	42,74

TAULUKKO 10. Imusuodatuksen pohjanäyte

Imusuodatuksen pohjanäyte	Pvm	Märkä massa (g)	Kuiva massa (g)	Kuiva massa (% suodatetusta märkä massasta)
1	23–25.4.2019	39,18	26,48	67,58
2	23–25.4.2019	41,91	29,19	≈69,65
3	23–25.4.2019	95,46	75,7	79,30
4	23–25.4.2019	58,01	47,5	81,88
5	23–25.4.2019	52,15	33,28	≈63,82
6	23–25.4.2019	69,08	46,17	≈66,84
7	23–25.4.2019	90,04	75,71	84,08
8	23–25.4.2019	29,47	23,04	78,18
9	23–25.4.2019	42,13	30,23	71,75
10	23–25.4.2019	43,3	33,03	76,28
11	23–25.4.2019	76,57	50,79	66,33
12	23–25.4.2019	61,84	34,83	56,32
13	23–25.4.2019	43,89	25,85	≈58,90
14	23–25.4.2019	48,91	34,05	≈69,62
15	23–25.4.2019	47,6	30,22	≈63,49

16	23–25.4.2019	49,45	27,96	56,54
17	23–25.4.2019	112,31	75,65	≈67,36

4.3 Suodatusnäytteiden analysointi

Imusuodatetut erotinpölynäytteet analysoitiin SYNLAB:n laboratoriossa. SYNLAB:n laboratoriossa valittiin komponentit analyysieihin, sillä lähtökohdalla onko näytemateriaali käyttökelpoista maa-aineksena. Tulokset ovat nähtävissä liitteessä 5. Koholla olevia aineita oli useita, esimerkiksi DOC (liuennut orgaaninen hiili), jonka pitoisuus oli 1800 ja sen raja-arvo oli 500. Koholla oli myös TEX (tolueeni-, etyylibentseeni- ja ksyleenipitoisuus) 31; raja-arvo 25, nikkeli (liukoinen) 2,3; raja-arvo 0,4, lyijy (liukoinen) 0,54; raja-arvo 0,5, sinkki (liukoinen) 17; raja-arvo 4 ja fluoridi 37; raja-arvo 10. Näistä aineista suurin osa on selvästi koholla eikä näytemateriaali näin ollen täytä hyötykelpoisuuden vaatimuksia (VNa 843/2017).

4.4 Koesuunnitelma–Rakeistuskoe

Rakeistuskoe oli tarkoitus suorittaa Suomivalimo Oy:n tiloissa Iisalmen tehtaalla käyttäen LUX:n (Oy LUX ab) granulointilaitteistoa. Granulointi oli tarkoitus suorittaa 29.5.2019 käyttäen Eirich-sekoitinta. Rakeistusedossa oli tarkoitus selvittää mikä olisi sopiva erotinpölyn, veden ja bentoniitin suhde, jotta seos saataisiin rakeistumaan mahdollisimman hyvin. Rakeistuskokeilla haluttiin selvittää rakeistuuiko erotinpöly hyvin, koska rakeistuneessa muodossa se olisi helpompi varastoida ja kuljettaa sekä mahdollisesti saada siitä energiaa polttamalla.

4.5 Rakeistuskoe

Rakeistusdemo toteutettiin 28–29.5.2019. Rakeistukseen käytettiin LUX:n laitteistoa (kuva 14). Rakeistus kokeiltiin, koska haluttiin selvittää, pystyykö erotinpölyä rakeistamaan kestäväksi ja rakeistuuiko se kunnolla. Ajatus oli, että erotinpöly olisi helpompi varastoida, kuljettaa tai mahdollisesti polttaa rakeistetussa muodossa. Rakeistusdemoa suoritti 28.5.2019 Suomivalimon ja LUX:n henkilöstö ja 29.5.2019 rakeistusdemoa suorittamaan liittyi myös opinnäytetyön tekijä. Ensimmäisen päivän rakeistusdemoa erotinpölyä oli saatu rakeistettua hyvin (kuva 13 a). Seuraavana päivänä samalla reseptillä loppu päivästä rakeistetut erät eivät onnistuneet (kuva 13 b), koska pöly oli otettu eri kontista kuin aikaisemmin ja siinä näkyi metallijäämiä.

Todennäköisesti eri konteista otetut erotinpölyt olivat niin epätasalaatuisia, että rakeistus samalla reseptillä ei toiminut. Toisen rakeistuskoepäivän aikana kokeiltiin myös, miten hyvin rakeistusmassaa pystyy muotoilemaan käsin (kuva 13 c). Epäselväksi jäi, onnistuuiko rakeistus ollenkaan huonolaatuisella erotinpölyllä, jossa oli metallijäämiä. Konttiin, jossa oli metallijäämiä, tulee myös puhdistamon kuivaerottimen materiaali, joka selittää metallijäämät erotinpölyn seassa.



KUVA 13 a. Rakeistuskoe 28.5



KUVA 13 b. Rakeistuskoe 29.5



KUVA 13 c. Käsien muotoiltu rakeistusmassa



KUVA 14. Rakeistukseen käytetty laitteisto

Rakeistuksen resepti:

1. kuivasekoitus 800 rpm 1 min (sis. pöly ja bentoniitti)
2. Lisää vesi 800 rpm 1 min (kuva 15)
3. nostetaan kierrokset 3000 rpm 1 min
4. kierrokset 500 rpm 2 min
5. kierrokset 300 rpm 1 min



KUVA 15. Kuivasekoituksen jälkeen vesi lisätään sekaan

4.6 Granuloidun kaavauspölyn analysointi

Granuloitu erotinpöly tutkittiin Savonia-ammattikorkeakoululla kesällä 2019. Granuloidun kaavauspölyn tutkimus aloitettiin niin, että granuloitu kaavauspöly jauhettiin leikkaavan myllyn avulla (pala-kokoon < 1 mm). Jauhetusta näytteestä puristettiin tämän jälkeen standardin mukainen (noin gramman painoinen) pelletti. Pelletistä yritettiin kolme kertaa tehdä lämpöarvomääritykset pommikalometrillä 30 baarin happiylipaineessa.

Jokaisella kerralla (kun pelletistä yritettiin tehdä lämpöarvomääritykset) ainoastaan sytytyslanka paloi, mutta pellettiä ei saatu palamaan. Seuraava vaihe oli kokeilla granuloidun kaavauspölyn polttoa suoraan sellaisenaan pommikalometrissä. Tulos oli, ettei granuloitua kaavauspölyä saatu syttymään, vaikka polttoupokkaseen valittiin kaikista pienimmät rakeet. Näyte saatiin palamaan ainoastaan pölypolttona. Pölypoltton tulokset löytyvät taulukosta 11. Pölypoltton jälkeen polttoupokkaisiin jäi suuri määrä tuhkaa, joka oli väriltään tummanruskeaa.

TAULUKKO 11. Pölypoltton tulokset (liite 6)

Määrittäminen	1	2
Massa (g)	0,9633	1,0098
Kalometrin tulos MJ/kg	8,2093	8,4136

Jauhetusta näytteestä tehtyjen kahden pikakosteusanalyysin keskiarvona oli vettä 13,066 % (tulokset on esillä taulukossa 12). Tulokset eivät polttoaineen haastavuuden takia perustu standardien mukaisiin määrittelyihin. Yhteenvetona voidaan todeta, että kaavauspölyn polttaminen granuloidussa muodossa ei ole mahdollista.

TAULUKKO 12. Yhteenveto pölypolttonäytteiden laskennallisista tuloksista (liite 6)

Laskennallinen määrittely	1	2
Tuhka g/%	0,5869/60,926	0,5971/59,131
Vesi g/%	0,1259/13,066	0,1319/13,066
Palava aines g/%	0,2505/26,008	0,2808/27,803
Yhteensä g/%	0,9633/100	1,0098/100

5 TULOSTEN TARKASTELU

Suomivalimo Oy:n aikaisemmin teettämissä tutkimuksissa selvisi, että erotinpölyä ei voi sellaisenaan sijoittaa kaatopaikalle, mutta erotinpölyä voisi käyttää betonin seassa. Erotinpölyä ei saa sijoittaa kaatopaikalle, koska se ylittää VNa 331/2013 asettamat raja-arvot TOC:n (orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus) ja LOI:n (hehkutushäviö) osalta. Erotinpölyä saisi sen sijaan käyttää betonin seassa, koska se ei ylitä VNa 591/2006 ja VNa 403/2009 asettamia raja-arvoja.

Opinnäytetyön aikana tehtiin suodatuskoe ja rakeistuskoe. Suodatuskokeessa tarkoitus oli saada analysoitua kaikki näytteet, jotta saataisiin selville mihin kerrokseen suurimmat haitta-aine pitoisuudet kerääntyisivät ja liukenisiko erotinpölyn haitta-aineet veteen. Pohjanäyte oli ainoa suodatuskokeen materiaali, joka saatiin analysoitua. Suodatuskokeesta saatiin tuloksia, joiden perusteella voidaan todeta, että erotinpöly happamoittaa vettä ja pohjanäyte sisältää paljon haitta-aineita esimerkiksi DOC (liuennut orgaaninen hiili) ja TEX (tolueeni-, etyylibentseeni- ja ksyleenipitoisuus), joten näytemateriaali ei täytä hyötykelpoisuuden vaatimuksia VNa 843/2017 osalta.

Rakeistuskokeen tarkoitus oli helpottaa erotinpölyn kuljetusta, varastointia ja käyttöä. Rakeistamisen myötä erotinpölyn kuljetus ja varastointi helpottuisi, mutta toisen erotinpölykontin pöly ei rakeistu kunnolla kestävään muotoon. Erotinpölyn rakeistamisessa tarkoitus oli, että rakeistetun erotinpölyn saisi hävitettyä polttamalla, mutta erotinpöly ei palanut rakeistuneessa eikä pellettimuodossa. Ainoa tapa, jolla erotinpölyn sai palamaan, oli poltto pölymuodossa.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön aihe valittiin sillä ajatuksella, että se sijoittuisi teollisuuteen ja nimenomaan sen sivuvirtojen hyödyntämiseen. Aiheena tämän työn aihe oli haastava ja mielenkiintoinen. Opinnäytetyön tekeminen ja varsinkin sen aloittaminen vaati paljon luovuutta ja kekseliäisyyttä sekä tutkimustyötä. Opinnäytetyöprosessi lähti etenemään pikkuhiljaa ja sille annettiin paljon aikaa kehittyä. Prosessi aloitettiin taustatutkimuksilla ja suoritettavien kokeiden suunnittelulla. Tämän jälkeen aloitettiin kokeiden suorittaminen ja viimeiseksi kasattiin aineisto sekä koottiin opinnäytetyö yhteen. Muutamia vastoin käymisiä kohdattiin opinnäytetyön aikana. Suodatuskokeen suodatetut erotinpölynäytteet ja niiden analysointi ei onnistunut niin hyvin, kun toivottiin. Myös granuloinnin (rakeistus) rakeiden poltossa kohdattiin ongelmia. Onnistumisia koettiin suodatuskokeessa erotinpölyn laskeutuksessa ja erotinpölyn pohjanäytteen analysoinnissa.

Toimeksiantajana opinnäytetyössä oli Suomivalimo Oy, joka halusi saada opinnäytetyöstä vastauksia siihen mitä kaikkia haitta-aineita erotinpöly sisältää, mitkä haitta-aineiden pitoisuudet ovat, onko erotinpölyä mahdollista puhdistaa tai eritellä huonoa materiaalia mahdollisesta hyvästä materiaalista ja löytyisikö erotinpölylle kierrätys- tai uudelleenkäyttö mahdollisuuksia. Näistä odotuksista ei saatu kaikkia täytettyä, mutta erotinpölyä saatiin tutkittua lisää ja karsittua huonoja erotinpölyn käsittelyvaihtoehtoja pois. Opinnäytetyössä erotinpölylle ei siis löydetty kierrätys- tai uudelleenkäyttö mahdollisuuksia.

Johtopäätöksinä opinnäytetyön aikana tehdyistä kokeista voidaan todeta, että rakeistusta voidaan käyttää helpottamaan erotinpölyn varastointia ja kuljetusta, mutta se ei sovellu pölyn polttoon. Opinnäytetyön aikana tehdyistä kokeista voidaan johtopäätöksenä todeta myös, että suodatuskokeissa ei pystytty todentamaan eri erotinpölykerroksien välisiä haitta-aine eroja. Suodatuskokeista pystyttiin huomaamaan, että erotinpöly sekoitettuna veteen happamoittaa vettä huomattavasti.

Mahdollisia jatkotutkimuksia erotinpölyn käyttöön liittyen voisi olla erotinpölyn jatkotutkimukset betonin seassa. Jos betonin seassa käyttäisi erotinpölyä, niin siitä voisi tutkia mm. erotinpölyn vaikutusta betonin koostumukseen, millaisia ominaisuuksia se tuo betoniin, millaisissa paikoissa tai rakenteissa tätä yhdistelmää voisi käyttää. Tuoko erotinpölyn käyttö betonin seassa jonkinlaisia rajoituksia ja millainen vaikutus yhdistelmällä on ympäristöön tai vesistöihin. Millaisia ympäristövaikutuksia erotinpölyllä seostetun betonin kierrätys aiheuttaa. Erotinpölyn rakeistamiskokeissa oli ongelmia rakeistumisen suhteen, mutta käsin muotoilemalla rakeistusmassaa saavutettiin hyviä tuloksia. Jatkotutkimuksena voitaisiin valaa esimerkiksi muottiin kappaleita betonin, lasihiekan tai bentoniitin avulla.

LÄHTEET

SUOMIVALIMO OY 2020. Yritys.

SUOMIVALIMO 2020. Yritys. [Verkkajulkaisu]. Suomivalimo.fi. Saatavilla: <https://www.suomivalimo.fi/yritys/>

SUOMIVALIMO 2020. Valimoprosessi. [Verkkajulkaisu]. Suomivalimo.fi. Saatavilla: <https://www.suomivalimo.fi/yritys/valimoprosessi/>

SALMINEN, Jani 2017. Uudistuva MARA-asetus. [Verkkajulkaisu]. Life- foundrysand.com. Saatavissa: <https://life-foundrysand.com/dissemination-materials/seminar-presentation-of-jani-salminen-syke>

VALTIONEUVOSTON ASETUS KAAKOPAIKOISTA. VNa 331/2013. [Verkkajulkaisu]. Finlex.fi. Lainsäädäntö. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130331>

VALTIONEUVOSTON ASETUS ERÄIDEN JÄTTEIDEN HYÖDYNTÄMISESTÄ MAARAKENTAMISESSA. VNa 591/2006. [Verkkajulkaisu]. Finlex.fi. Lainsäädäntö. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060591>

VALTIONEUVOSTON ASETUS ERÄIDEN JÄTTEIDEN HYÖDYNTÄMISESTÄ MAARAKENTAMISESSA ANNETUN VALTIONEUVOSTON ASETUKSEN LIITTEIDEN MUUTTAMISESTA. VNa 403/2009. [Verkkajulkaisu]. Finlex.fi. Lainsäädäntö. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090403>

VALTIONEUVOSTON ASETUS ERÄIDEN JÄTTEIDEN HYÖDYNTÄMISESTÄ MAARAKENTAMISESSA. VNa 843/2017. [Verkkajulkaisu]. Finlex.fi. Lainsäädäntö. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>

SFS-EN ISO 18134-2. [Verkkajulkaisu]. Sfs.fi. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID6/1/394661.html.stx>

SFS-EN ISO 18122. [Verkkajulkaisu]. Sfs.fi. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/396581.html.stx>

ISO 1171. [Verkkajulkaisu]. Sfs.fi. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/ISO/ISO/ID9998/1/146913.html.stx>

CEN/TS 15414-2. [Verkkajulkaisu]. Sfs.fi. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID5/1/150824.html.stx>

SFS-EN 14405. [Verkkajulkaisu]. Sfs.fi. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/475933.html.stx>

SFS-EN 12457-3. [Verkkajulkaisu]. Sfs.fi. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/186921.html.stx>

SFS-EN 13137. [Verkkajulkaisu]. Sfs.fi. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/5850.html.stx>

SFS-EN 1484. [Verkkajulkaisu]. Sfs.fi. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/199457.html.stx>

SFS-EN 12457-3. [Verkkajulkaisu]. Sfs.fi. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/186921.html.stx>

SFS-EN ISO 10304-1. [Verkkajulkaisu]. Sfs.fi. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/121832.html.stx>

SFS-EN 14918. [Verkojulkaisu]. Sfs.fi. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID6/1/146510.html.stx>

LIITE 1: KAAVAUSPÖLYN TUTKIMUSTODISTUS


SAVONIA
Tutkimustodistus

Opiskelijankatu 3
78211 Varkaus
Mikko Koljonen
Laatupäällikkö
Suomivallmo OY
Parkkatie 31
74120 Iisalmi
Finland



Asiakas vastaa näytteenotosta, säilytyksestä sekä toimituksesta laboratorioon.

Asiakkaan näytetunnus: Kaavauspöly
Näyte saapui laboratorioon: 18.7.2018
Näytteen analysointi pvm: 2.8.- 6.8.2018
Tutkimusnumero: ENE18-Suomivallmo -1-kosteus_ lämpöarvot_tuhkat
Näytteen kuvaus: Kaavauspöly
Näytteen massa, g: 4625

Määntys	Tulos	Yksikkö
Kalorimetrinen lämpöarvo	15,20	MJ/kg
Tehollinen lämpöarvo*	15,20	MJ/kg
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa	14,74	MJ/kg
Kokonaiskosteus	2,6	m- %
Kulva-aineen tuhkapitoisuus	47,1	m- %

Määntys	Analysointi pvm	Menetelmä
Lämpöarvo	2.8.- 6.8.2018	SFS-EN 14918*
Kosteuspitoisuus	2.8.- 6.8.2018	SFS-EN ISO 18134-2 CENTS 15414-2
Kulva-aineen tuhkapitoisuus	2.8.- 6.8.2018	SFS-EN ISO 18122**

*Tehollisen lämpöarvon laskemisessa näytteen vetypitoisuutena käytetty arvoa 0,00 %.

**Tuhkamäärityksessä lämpötilat ISO 1171:n mukaiset.

Näytteen partikkelikoko < 1 mm.

Savonia-ammattikorkeakoulu Varkaus

Ari Mikkonen ari.mikkonen@savonia.fi

Matemaattisten aineiden lehtori

Puh. 044 785 6780

LIITE 2: EROTINPÖLYN PERUSMÄÄRITTELYTUTKIMUS SEKÄ ARVIO SIOITUSKELPOISUUDESTA



Tehtävä Suomivalimo Oy:n valimolta peräisin olevan erotinpölyn perusmäärittelytutkimus sekä arvio sijoituskelPOisuudesta

EROTINPÖLYN PERUSMÄÄRITTELYTUTKIMUS

Erotopölyn perusmäärittelytutkimuksessa osanäytteistä valmistetusta kokoomanäytteestä määritettiin näytteen sisältämien epäorgaanisten aineiden pitoisuudet puolikvantitatiivisella röntgenfluoresenssianalyysillä (XRF). Orgaanisten aineiden määrää tutkittiin määrittämällä kokoomanäytteestä orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus (TOC) sekä polyaromaattisten hiilivetyjen (PAH, EPA-16) pitoisuudet. Ympäristökelpoisuuden kannalta oleellisten aineiden liukoisuutta tutkittiin akkreditoidulla läpivirtaustestillä (EN 14405) sekä akkreditoidulla kaksivaiheisella CEN-ravistelutestillä (EN 12457-3).

Tilaajan toimittamat osanäytteet (9 kpl) vastaanotettiin VTT:lle 5.6.2017. Taulukossa 1 esitetään yhteenveto näytetiedoista. Kokoomanäytteen alkuaikakoostumustiedot (XRF) on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 1. Näytetiedot

Näyte	Erotopöly
litemäärä t/v (tilaajan arvio)	500
Osanäytteet	1. K2 Pöly, 13.4.17 (590 g) 2. Pöly, 19.4.17 9:00 (214 g) 3. Pöly, 21.4.17 (415 g) 4. Pöly Taka, 25.4.17 (193 g) 5. Etu Pö, 27.4.17 (322 g) 6. Pöly, 27.4.17 (189 g) 7. Kaavauspöly, 10.5.17 (437 g) 8. Kaavauspöly, 25.5.17 (688 g) 9. Kaavaushiekka, 31.5.17 (468 g)
Esikäsittely	<ul style="list-style-type: none"> Kokoomanäytteen valmistus osanäytteistä Kokoomanäytteen jako kahdeksaan osaan
Liukoisuustesti:	
Läpivirtaustesti	10. - 31.7.2017
Kaksivaiheinen ravistelutesti	19. - 20.7.2017
Kemialliset määrittelyt:	
XRF	18.7. - 7.8.2017
TOC	18.7. - 8.8.2017
PAH	21.7. - 21.9.2017
Suodosten pitoisuudet	20.7. - 24.8.2017

Liukoisuustestit

VTT on jäteasetuksessa mainittu asiantuntijalaitos ja FINASin akkreditoima testauslaboratorio T259. Teollisuusjätteiden ja sivutuotteiden liukoisuustestit täyttävät standardien SFS-EN ISO/IEC 17025 -vaatimukset.

Kokoomanäytteelle suoritettiin akkreditoitu läpivirtaustesti (EN 14405) /1, 2/. Testissä kiinteää näytemateriaalia pakataan sylinterin muotoiseen kolonniin, jonka jälkeen materiaalin läpi johdetaan ionivaihdettua vettä alhaalta ylöspäin tietyllä virtausnopeudella. Materiaalin läpi johdettua vedestä kerätään yhteensä seitsemän fraktiota L/S-suhteen funktiona siten, että kumulatiivinen L/S-suhde, eli testissä käytettävän vesi-

sifraktiot suodatetaan ja suodoksista määritetään liuenneiden aineiden pitoisuudet. Testiolosuhteet ja -parametrit on esitetty tarkemmin liitteessä 1.

Kokoomanäytteelle suoritettiin akkreditoitu kaksivaiheinen ravistelutesti (EN 12457-3) /3, 4/. Testissä kiinteää näytemateriaalia ravistellaan kuusi tuntia ionivaihdetun veden kanssa siten, että L/S-suhde, eli testissä käytetävän vesimäärän (L) suhde kiinteän materiaalin määrään (S), on 2. Ravistelun jälkeen näyte suodatetaan, minkä jälkeen kuivaamatonta materiaalia ravistellaan vielä 18 tuntia L/S-suhteessa 8. Kumulatiivinen L/S-suhde on 10. Ravistelun jälkeen seos suodatetaan ja suodoksesta määritetään liuenneiden aineiden pitoisuudet. Testiolosuhteet ja -parametrit on esitetty liitteessä 2.

Analyysimenetelmät

Näytteen alkuainekoostumus määritettiin käyttäen Panalytical Axios mAX 3 kW röntgenspektrometriä ja puolikvantitatiivista Omnian-ohjelmaa. Näytteistä määritettiin fluori (F) ja sitä raskaammat alkuaineet lukuun ottamatta jalokaasuja, yhteensä 79 alkuainetta. Menetelmän määrittämisraja on luokkaa 0,01 %. Fluorille määrittämisraja on kuitenkin korkeampi ja sen mahdollinen pitoisuus lähinnä suuntaa antava. /5/

TOC-määrittäminen suoritettiin akkreditoidulla standardin SFS-EN 13137 mukaisella menetelmällä käyttäen alkuaineanalysaattoria LECO-CNS 2000. Menetelmässä kokoomanäyte poltettiin happivirrassa (1400 °C) ja poltossa muodostuneen hiilidioksidin pitoisuus määritettiin infrapunadektektorilla (IR). Ennen polttoa näyte hapotettiin fosforihapolla mahdollisen epäorgaanisen hiilen poistamiseksi. Menetelmän mittausepävarmuus on tässä tapauksessa $\pm 30\%$. /6/

PAH-yhdisteet määritettiin kokoomanäytteestä kaasukromatografia-massaspektrometrisesti (GC/MS). Menetelmän määrittämisraja on yksittäiselle yhdisteelle 0,001 mg/kg kuivaa ainetta kohden ja mittausepävarmuus $\pm 30\%$. /7/

Liukoisuustestisuodokset analysoitiin akkreditoiduin menetelmin. As-, Ba-, Cd-, Co-, Cr-, Cu-, Mo-, Ni-, Pb-, Sb-, Se-, V- ja Zn-pitoisuudet analysoitiin massaspektrometrisesti (ICP-MS) sekä Hg-pitoisuudet atomifluoresenssispektrometrisesti (CV-AFS). Kloridi-, fluoridi- ja sulfaattipitoisuudet määritettiin ionikromatografilla (IC) standardin SFS-EN-ISO 10304-1 mukaisesti. /8-9/

Liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuudet analysoitiin akkreditoidulla standardin SFS-EN 1484:1997 mukaisella menetelmällä infrapunadektektoria (IR) käyttäen. /10-12/

Suodoksista mitattiin lisäksi pH-, johtokyky- ja redox-potentiaaliarvot.

Tulokset

Yhteenvedo tutkimustuloksista on esitetty taulukoissa 2 ja 3.

Taulukko 2. Puoli-quantitatiivisen röntgen-fluoresenssianalyysin (XRF) tulokset. Alkuaineiden pitoisuudet on ilmoitettu yksikössä % kuivaa ainetta kohden.

Alkuaine, %	Erotingöly - Kokooma
Natrium, Na	0,13
Magnesium, Mg	0,56
Alumiini, Al	1,6
Pi, Si	24
Fosfori, P	1,6
Rikki, S	2,8
Kloori, Cl	0,02
Kalium, K	0,25
Kalsium, Ca	0,15
Tiitani, Ti	0,05
Kromi, Cr	0,01
Mangaani, Mn	0,03
Rauta, Fe	2,1
Nikkeli, Ni	0,01
Kupari, Cu	0,02
Sinkki, Zn	0,03
Zirkonium, Zr	0,02

Taulukko 3. Orgaanisten aineiden analyysien tulokset. Pitoisuudet on ilmoitettu kuivaa ainetta kohden. Yksittäisten PAH- yhdisteiden tulokset on esitetty liitteessä 3.

Näyte	Erotingöly - Kokooma
TOC, %	23
Hekkuhiilihihio, %	30
PAH (EPA-16), mg/kg	1,2

Taulukko 4. Kokoomanäytteen läpivirtaustestin ja kaksivaiheisen ravistelutestin tulokset kumulatiivisessa L/S-suhteessa 10. Liuenneiden aineiden pitoisuudet on ilmoitettu yksikössä mg/kg kuivaa ainetta kohden.

Näyte	Erotuspöly - Kokooma	
	Läpivirtaustesti EN 14405	Ravistelutesti EN 12457-3
Suodoksen pH	3,5 - 4,3 *	5,3 **
Liuenneet aineet, mg/kg		
Arseni, As	<0,01	0,05
Bariumi, Ba	0,02	0,14
Kadmium, Cd	<0,01	<0,01
Koboltti, Co	0,04	0,05
Kromi, Cr	0,02	0,09
Kupari, Cu	<0,01	<0,01
Molybdeeni, Mo	0,02	0,10
Nikkeli, Ni	0,21	0,77
Lyijy, Pb	<0,01	<0,01
Antimoni, Sb	0,02	0,03
Seleni, Se	<0,01	0,01
Vanadiini, V	<0,01	<0,01
Sinkki, Zn	2,1	4,4
Elohopea, Hg	<0,001	<0,001
Kloridi, Cl ⁻	87	47
Fluoridi, F ⁻	87	50
Sulfaatti, SO ₄ ²⁻	4 000	3 000
DOC	11 000	8 500

* Valitelmällä selvitettävän vesifraction pH-arvoissa

** Mitattu L/S 8 -suodoksesta

Epävarmuusarvio

CEN-liukoisuustestien toistettavuuteen vaikuttavat materiaali ja tutkitavat komponentit. Aikaisempien vertailututkimusten perusteella arvioimme testien toistettavuuden olevan luokkaa ± 30 %.

ARVIO SUOITUSKELPOISUUDESTA

Tulosten arviointi ei kuulu akkreditoinnin piiriin.

Suomessa astui 1.1.2016 voimaan orgaanisia ja biojätteitä koskeva kaatopaikkakielto, mikä tarkoittaa, että kaatopaikalle saa sijoittaa valtioneuvoston asetuksen kaatopaikoista (VNa 331/2013) mukaan vain sellaisia jätteitä, joiden orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus (TOC) tai hehkutushäviö (LOI) on alle 10 %. Näytteen "Erotinpöly" TOC-pitoisuus (23 %) ja hehkutushäviö (30 %) ylittivät em. raja-arvon selvästi. Näin ollen ko. näytteen tyyppistä jätettä ei käsityksemme mukaan saa enää sijoittaa kaatopaikalle, vaan sen orgaanisen aineksen pitoisuutta tulee vähentää ennen sijoitusta. Tämän työn yhteydessä saatuja tuloksia voi soveltuvin osin hyödyntää käsittelyn suunnittelussa.

Jätehuoltoviranomainen päättää jätteen käsittelystä ja sijoittamisesta.

Viitteet

1. EN 14405. Characterization of waste. Leaching behaviour test. Up-flow percolation test (under specified conditions), European Committee for Standardization (CEN), 2017.
2. CEN's up-flow percolation test. Granular waste materials. Testimenetelmä KET3600197. VTT, 2.12.2013, 11 s.
3. EN 12457 1-4. Characterization of waste. Leaching. Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges, European Committee for Standardization (CEN), 2002.
4. CEN's compliance leaching test. Granular waste materials. Testimenetelmä KET3600697. VTT, 30.5.2011, 10 s.
5. Tutkimusselostus nro VTT-S-04206-17, VTT Expert Services Oy, Espoo 7.8.2017.
6. Testausseloste 17-15925, Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, Tampere 8.8.2017.
7. Tutkimustodistus 3408-2017, Nab Labs Oy, Oulu 21.9.2017
8. Testausseloste 517-04735, Labtium Oy, Espoo 16.8.2017
9. Testausseloste 517-04849, Labtium Oy, Espoo 24.8.2017
10. Testausseloste 2017-16859, Metropolilab Oy, Helsinki 3.8.2017
11. Testausseloste 2017-17561, Metropolilab Oy, Helsinki 3.8.2017
12. Testausseloste 2017-18591, Metropolilab Oy, Helsinki 16.8.2017

LIITE 1

LÄPIVIRTAUSTESTI

Testimenetelmä EN 14405, akkreditoitu testimenetelmä KET3600197

Testin suoritus

Testissä kiinteässä näytemateriaalia pakataan sylinterin muotoiseen kolonniin, jonka jälkeen materiaalin läpi johdetaan ionivaihdettua vettä alhaalta ylöspäin tietyllä virtausnopeudella. Materiaalin läpi johdetusta vedestä kerätään yhteensä seitsemän fraktiota L/S-suhteen funktiona siten, että kumulatiivinen L/S-suhte, eli testissä käytettävän vesimäärän (L) suhde kiinteän materiaalin määrään (S), on 10. Kerätyt vesifraktiot suodatetaan ja suodoksista määritetään liuenneiden aineiden pitoisuudet.

Testiolosuhteet

Näyte	Erötinpöly - Kokooma
Testin suoritus, pvm	10. - 31.7.2017
Kuha-ainemääritys	6. - 7.7.2017
Kuha-ainepitoisuus (105 °C), %	98,76
Kolonnin halkaisija, cm	5
Näytteen korkeus kolonnissa, cm	30
Kortteen nyllytteen paino, g	574,59
Kuhaa näytettä, g	567,48
Nesteen ja kiinteän aineen erotus	Nylonmembraanisuodin (0,45 µm)

Testisuodoksista mitatut parametrit

Näyte	Erötinpöly - Kokooma						
Fraktio, nro	1	2	3	4	5	6	7
Fraktiota kerätty, ml	57,38	51,30	186,62	272,82	570,40	1693,39	2842,68
Kumulatiivinen L/S-suhte, l/kg kuhaa ainetta	0,10	0,19	0,52	1,00	2,01	4,99	10,00
Keskimääräinen virtausnopeus, m/h	12,85	12,59	12,96	10,72	11,88	11,86	10,63
pH-arvo	3,455	3,900	4,117	3,839	4,113	4,088	4,266
Redox-potentiaali (E _h), mV	261	239	244	314	307	350	365
Johtokyky, mS/m (25 °C)	1943	1197	593	207,3	99,5	46,4	20,74

* Ensimmäisen fraktion aikana (kerätty 16,15 ml) mitattu pH-arvo 3,805

Suodoksista analysoitujen aineiden pitoisuudet, mg/l

Liuenneiden aineiden pitoisuudet, mg/l	Menetelmä	Erötinpöly - Kokooma						
		1	2	3	4	5	6	7
Arseni, As	ICP-MS	<0,00002	<0,00002	<0,00002	0,00455	0,00115	0,0001	<0,00002
Barium, Ba	ICP-MS	0,00485	0,0017	0,0062	0,00505	0,0033	0,0041	0,0001
Kadmium, Cd	ICP-MS	0,00055	0,00025	0,0001	0,00135	0,00075	0,00025	0,00005
Koboltti, Co	ICP-MS	0,16325	0,07755	0,0265	0,0042	0,00215	0,0008	0,0003
Kromi, Cr	ICP-MS	0,06955	0,01995	0,00515	0,0039	0,003	0,00165	0,00075
Kupari, Cu	ICP-MS	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Molybdeeni, Mo	ICP-MS	0,0073	<0,00002	<0,00002	0,01975	0,0033	0,00095	0,0006
Nikkeli, Ni	ICP-MS	0,7511	0,33875	0,1018	0,0119	0,00625	0,0029	0,0102
Lyijy, Pb	ICP-MS	0,00155	0,00155	0,00215	0,0018	0,00085	0,0003	0,0001
Antimoni, Sb	ICP-MS	0,0317	0,00375	<0,002	0,0024	<0,002	<0,002	<0,002
Seleni, Se	ICP-MS	<0,00005	<0,00005	<0,00005	0,01385	0,00025	0,0001	<0,00005
Vanadiini, V	ICP-MS	0,00025	<0,00002	<0,00002	0,00135	0,00055	0,0003	0,0001
Sinkki, Zn	ICP-MS	8,64845	3,9127	1,11965	0,22955	0,1585	0,06715	0,016
Elohopea, Hg	CV-AFS	0,0000503	0,0000293	0,0000213	0,0000217	0,000024	0,0000126	0,000012
Kloridi, Cl	IC	330	350	35	3,7	2,4	1,4	0,52
Fluoridi, F	IC	9,8	7,6	2,7	3,1	5	8,2	30
Sulfaatti, SO ₄ ²⁻	IC	20000	9800	2200	230	100	49	8,2
DOC	IR	36000	20000	7200	2300	850	270	110

Määrityksiin liittyy analyysivirhe ja näytteenästä riippuen mittaus epävarmuutta 10 - 30 %. Analyysikohtainen mittaus epävarmuus ilmoitetaan pyydettyinä.

Polkkaamat	Ei polkkaamia
Nollakoe	12. - 16.12.2016, ei polkkaamia
Tekijä	Sari Jokinen
Tekninen tarkastaja	Tammi Kaartinen

LIITE 2

KAKSIVAIHEINEN CEN-RAVISTELUTESTI

Testimenetelmä EN 12457-3, akkreditoitu testimenetelmä KET3600697

Testin suoritus Testissä kinteässä näytemateriaalia ravistellaan kuusi tuntia ionivaihdetun veden kanssa siten, että L/S-suhte, eli testissä käytettävän vesimäärän (L) suhde kiinteän materiaalin määrään (S), on 2. Ravistelun jälkeen näyte suodatetaan, minkä jälkeen kuivaamatonta materiaalia ravistellaan vielä 18 tuntia L/S-suhteessa 8. Kumulatiivinen L/S-suhte on 10. Ravistelun jälkeen seos suodatetaan ja suodoksesta määritetään liuenneiden aineiden pitoisuudet.

Testiolosuhteet

Näyte	Erötinpöly - Kokooma
Testin suoritus, pvm	19. - 20.7.2017
Kuiva-ainemääritys	6. - 7.7.2017
Kuiva-ainepitoisuus (105 °C), %	98,76
Kosteus näytteen paino, g	177,19
Kuiva näytteen paino, g	175,00
L/S 2, lisätty ionivaihdettua vettä, ml	347,90
L/S 2-ravistelun suodosta kerätty, ml	229,16
L/S 8, lisätty ionivaihdettua vettä, ml	1400,27
Nesteen ja kiinteän aineen erotus	Nylonmembraanisuoitin (0,45 µm)

Testisuodoksista mitatut parametrit

Näyte	Erötinpöly - Kokooma
Toteutunut L/S-suhte, l/kg kuivaa ainetta	2,80
pH-arvo	4,516
Redox-potentiaali (E _h), mV	176
Johtokyky, mS/m (25 °C)	449

Suodoksista analysoitujen aineiden pitoisuudet, mg/l

Liuenneiden aineiden pitoisuudet, mg/l	Menetelmä	Erötinpöly - Kokooma	
		L/S 2	L/S 8
Arseni, As	ICP-MS	0,0375	0,0002
Barium, Ba	ICP-MS	0,00275	0,01515
Kadmium, Cd	ICP-MS	0,00165	0,0003
Koboltti, Co	ICP-MS	0,0305	0,00445
Kromi, Cr	ICP-MS	0,0636	0,00355
Kupari, Cu	ICP-MS	<0,0005	<0,0005
Molybdeeni, Mo	ICP-MS	0,03165	0,0069
Nikkeli, Ni	ICP-MS	0,0514	0,0812
Lyijy, Pb	ICP-MS	0,0031	0,0003
Antimoni, Sb	ICP-MS	0,00705	<0,0002
Seleni, Se	ICP-MS	0,0083	<0,00005
Vanadiini, V	ICP-MS	0,0032	0,00035
Sinkki, Zn	ICP-MS	2,2964	0,1615
Elohopea, Hg	CV-AFS	0,0000252	0,0000261
Kloridi, Cl	IC	21	2,3
Fluoridi, F	IC	3,6	5,2
Sulfatti, SO ₄ ²⁻	IC	1400	130
DOC	IR	3400	460

Määrityksissä liittyä analyysistä ja näytteestä riippuen mittaus epävarmuutta 10 - 30 %. Analyysikohtainen mittaus epävarmuus ilmoitetaan pyydettyinä.

Polkkaamat	El polkkaamis
Notakoe	30.11. - 1.12.2016, el polkkaamis
Tekijä	Savi-Jokinen
Tekninen tarkastaja	Tommi Kaartinen


LIITE 3
PAH-yhdisteiden pitoisuudet

Kokoomanäytteen sisältämien polyaromaattisten hiivivetyjen (PAH, EPA-16) pitoisuudet yksikössä mg/kg kuivaa ainetta kohden.

Yhdiste, mg/kg	Erodingöly - Kokooma
Naftaleeni	0,53
Asenaftyleeni	<0,001
Asenaftteeni	<0,001
Fluoreeni	0,046
Fenantreeni	0,12
Antraeeni	0,11
Fluoranteeni	<0,001
Pyreeni	<0,001
Bentzo(a)antraeeni	<0,001
Krysaeeni	<0,001
Bentzo(b)fluoranteeni	<0,001
Bentzo(k)fluoranteeni	<0,001
Bentzo(a)pyreeni	<0,001
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	<0,001
Dibentzo(a,h)antraeeni	<0,001
Bentzo(g,h,i)perylenei	<0,001
PAH-yhteensä *	1,2

* Määritysmenon ylittävien yhdisteiden summa tai määritysmenon arvo

LIITE 4
Valtioneuvoston asetuksen kaatopaikoista (VNa 331/2013) liitteen 3 kaatopaikkakelpoisuuskriteerit

Yhteenvedo valtioneuvoston asetuksen 331/2013 mukaisista kaatopaikkakelpoisuuskriteereistä on esitetty taulukossa 1. Kansallisella tasolla ei ole voimassa olevia vaatimuksia sekalaiselle tavanomaiselle jätteelle, jossa on sekä orgaanista että epäorgaanista ainesta.

Taulukko 1. Yhteenvedo VNa:n (331/2013) liitteen 3 kaatopaikkakelpoisuuskriteereistä.

Jätelaji	Yksikkö	Pyydyin jätteen kaatopaikka	Tavanomaisen epäorgaanisen jätteen kaatopaikka, johon voidaan sijoittaa käsiteltyä ongelmajätettä	Ongelmajätteen kaatopaikka
Lukoluvuominaisuudet L/S-suhteessa 10				
Testimenetelmät: CEN/TS14405 ja SFS-EN12457				
Arseni	mg/kg	0,5	2	25
Barium	mg/kg	20	100	300
Kadmium	mg/kg	0,04	1	5
Kromi (kok.)	mg/kg	0,5	30	70
Kupari	mg/kg	2	50	100
Eiropia	mg/kg	0,01	0,2	2
Molybdeen	mg/kg	0,5	30	30
Nikkeli	mg/kg	0,4	30	40
Selä	mg/kg	0,5	30	50
Antimoni	mg/kg	0,06	0,7	5
Seleni	mg/kg	0,1	0,5	7
Sinkki	mg/kg	4	50	200
Kloridi, Cl	mg/kg	800	15000	25000
Fluoridi, F	mg/kg	10	150	500
Sulfaatti, SO ₄ ²⁻	mg/kg	1000 ¹⁾	20000	50000
Fenoli-indeksi	mg/kg	1		
Luennot orgaaninen hiili, DOC ²⁾	mg/kg	500	800	1000
Luennot aineiden kokonaismäärä, TDS ³⁾	mg/kg	4000	60000	100000
Kokonaistulokset				
Heikutuslämpö 550°C	%			10 ⁴⁾
TOC	%	3 ⁵⁾	5-7 ⁶⁾	6 ⁷⁾
BTEX	mg/kg	6		
PCB-yhdisteet (7 kongeneeriä ⁸⁾)	mg/kg	1		
Mineraalisy (ClO-C60)	mg/kg	500		
PAH-yhdisteet ⁹⁾	mg/kg	40		
Muut ominaisuudet				
pH			>6	
Hiaponneutralointikapasiteetti (ANC)			Tutkittava ja arvioitava	Tutkittava ja arvioitava

- 1) mitattu säädetyssä (neutraalissa) pH-arvossa
- 2) vaihtoehtoisesti liuotusasteen enimmäismäärän fraktion (L/S 0,1) sulfaattipitoisuus enintään 1500 mg/l ja sulfaatin lukoluvu L/S-suhteessa 10 on enintään 6000 mg/kg
- 3) luennot aineiden kokonaismäärän arvoja voidaan käyttää sulfaatti- ja kloridiarvojen sijasta.
- 4) käytettävä joko heikutuslämpö tai orgaanisen hiilen kokonaistulosta (TOC)
- 5) muaperälle voidaan salli korkeampi raja-arvo, jos lukoluvuustestissä luennot DOC:lle esitetty enimmäispitoisuus täyttyy
- 6) koskee myös jätettä, joka sijoitetaan kierrätyksen jätteen yhteyteen
- 7) jätteelle voidaan salli korkeampi raja-arvo, jos lukoluvuustestissä luennot DOC:lle esitetty enimmäispitoisuus täyttyy
- 8) PCB-kongeneerien 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180 kokonaismäärä
- 9) Polyyaromaattiset hiilivedyt, yhdisteiden (antiseeni, antrafeneeni, antrafeneeni, bentso(a)antiseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(g,h)peryleneeni, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(a,h)antiseeni, fenantreeni, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni, naftaleeni, pyreeni, kryseeni) kokonaismäärä

Viite Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (331/2013), 2.5.2013

LIITE 3: MURSKATTU BETONINÄYTE



LIITE ANALYYSIRAPORTTIIN KE17-00188 R0

1 (2)

Asiakas Maansilto P. Korolainen Ky
 Asiakkaan viite YSAO
 Asiakkaan näyteviite Kokoomanäyte
 Näytteenotto pvm 17.01.2017
 Saapumis pvm 19.01.2017
 Näytetunnus KE17-00188.001

Testauksen kuvaus Maansilto P. Korolainen Ky toimitti laboratorioon betoninäytteen 19.01.2017. Murskatusta näytteestä testattiin kokonaispitoisuudet sekä liukoisuudet 2-vaiheisella ravistelutestillä (SFS-EN 12457-3). Tuloksia verrattiin hyötikäyttö-asetuksen (VNa 591/2006) muutosasetuksen (VNa 403/2009) raja-arvoihin.

VERTAILU RAJA-ARVOIHIN

Analyysit	Raja-arvot		Analyytitulokset
	Hyötikäyttökoetus VNa 591/2006 ja sen muutosasetus VNa 403/2009, Betonin perustutkimus		Tutkittu näyte
	Pelätetty rakenne	Päälystetty rakenne	KE17-00188.001 YSAO
Kokonaispitoisuudet, mg/kg kuiva-ainetta			
Mineraalioylt C10-C40	500	500	< 40
PAH-yhdisteet	20	20	< 3,0
PCB-yhdisteet	1,0	1,0	< 0,07
Arseni (As)	50	50	< 5
Kadmium (Cd)	10	10	< 0,4
Kromi (Cr)	400	400	18
Kupari (Cu)	400	400	31
Lyijy (Pb)	300	300	< 10
Sinkki (Zn)	700	700	52
Liukoisuudet SFS-EN 12475-3 mukaisesta 2-vaiheisesta ravistelutestistä, (LS=10 l/kg, kumulatiivinen liukoisuus), mg/kg kuiva-ainetta			
Arseni (As)	0,5	0,5	< 0,1
Barium (Ba)	20	20	4,5
Kadmium (Cd)	0,02	0,02	< 0,01
Kromi (Cr)	0,5	0,5	0,1
Kupari (Cu)	2,0	2,0	< 0,4
Molybdeeni (Mo)	0,5	0,5	< 0,1
Lyijy (Pb)	0,5	0,5	< 0,1
Nikkeli (Ni)	0,4	0,4	< 0,1
Vanadiini (V)	2,0	2,0	< 0,4
Sinkki (Zn)	4,0	4,0	< 0,8
Elohopea (Hg)	0,01	0,01	< 0,002
Antimoni (Sb)	0,08	0,08	< 0,05
Seleni (Se)	0,1	0,1	< 0,03
DOC	500	500	< 100
Kloridi (Cl ⁻)	800	800	< 180
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻)	1000	6000	< 200
Fluoridi (F ⁻)	10	50	< 2

SGS Inspection Services Oy

 Kotolahdentie 10, FI-48310 Kotka, Finland
 T. +358 5 2106 200, F. +358 5 2106 280

Member of the SGS Group (SGS SA), business ID 0634247-4



LAUSUNTO

Tutkittu näyte: KE17-00188.001; YSAO; Kokoomanäyte

Tutkitun näytteen kokonaispitoisuudet eivät ylitä muutasetuksessa VNa 403/2009 betonin perustutkimukselle asetettuja enimmäispitoisuuksien raja-arvoja päälystetyille ja peitetyille rakenteille.

Tutkitun näytteen liukaiset pitoisuudet eivät ylitä muutasetuksessa VNa 403/2009 betonin perustutkimukselle asetettuja enimmäispitoisuuksien raja-arvoja päälystetyille ja peitetyille rakenteille.

Näiden analyysitulosten perusteella tutkittua betoninäytettä vastaava materiaali on hyödynnettävissä maarakentamisessa peitetyissä ja päälystetyissä rakenteissa.

Lopullisen päätöksen materiaalin hyödynnettävyydestä maarakentamisessa tekee paikallinen ympäristöviranomainen.

Kotkassa 30.01.2017

SGS Inspection Services Oy

Rami Aalto
Laboratoriokemisti, Laboratoriopalvelut

LIITE 4: ALKUPERÄISET SUODATUSNÄYTTEIDEN TAULUKOT

Pintänäyte	Sangon numero	Pvm	Petrimäljan paino (g)	Suodatinpaperin paino (g)	Näytteen paino (g) märkä	Näytteen paino (g) kuiva	Kuivanäyte oikea paino (g)
		4.4-5.4.2019	50,55	0,53	54,23	53,01	1,93
1	1	23.4-25.4.2019	50,64	0,52	56,44	55,2	4,04
2	1	23.4-25.4.2019	36,42	0,52	41,11	40,19	3,25
3	2	23.4-25.4.2019	42,51	0,54	54,51	52,82	9,77
4	3	23.4-25.4.2019	48,18	0,53	63,84	59,99	11,28
5	4	23.4-25.4.2019	42,94	0,12	65,16	54,39	11,33
Näytettä yht.=							41,6

Keskinäyte	Sangon numero	pvm	Petrimäljan paino (g)	Suodatinpaperin paino (g)	Näytteen paino (g) märkä	Näytteen paino (g) kuiva	Kuivanäyte oikea paino (g)
		4.4-5.4.2019	50,56	0,52	52,31	51,23	0,15
1	1	23.4-25.4.2019	50,54	0,53	51,5	51,37	0,3
2	2	23.4-25.4.2019	42,52	0,53	43,55	43,53	0,48
3	3	23.4-25.4.2019	45,04	0,54	46,33	46,33	0,75
4	4	23.4-25.4.2019	42,78	0,54	45,73	44,35	1,03
Näytettä yht.=							2,71

Pohjanayte	Sangon numero	Pvm	Petrimäljanpaino(g)	Suodatinpaperin paino(g)	Näytteen paino (g) märkä	Näytteen paino (g) kuiva	Kuivanäyte oikea paino (g)
		4.4-5.4.2019	56,04	0,54	112,76	100,56	43,98
1	1	23.4-25.4.2019	56,02	0,52	95,72	83,02	26,48
2	1	23.4-25.4.2019	46,65	0,54	89,1	76,38	29,19
3	1	23.4-25.4.2019	47,83	0,53	143,82	124,06	75,7
4	1	23.4-25.4.2019	43,48	0,55	102,04	91,53	47,5
5	2	23.4-25.4.2019	55,7	0,54	108,39	89,52	33,28
6	2	23.4-25.4.2019	44,53	0,53	114,14	91,23	46,17
7	2	23.4-25.4.2019	41,62	0,52	132,18	117,85	75,71
8	2	23.4-25.4.2019	43,14	0,52	73,13	66,7	23,04
9	3	23.4-25.4.2019	44,42	0,12	86,67	74,77	30,23
10	3	23.4-25.4.2019	46,42	0,12	89,84	79,57	33,03
11	3	23.4-25.4.2019	46,64	0,12	123,33	97,55	50,79
12	3	23.4-25.4.2019	44,67	0,12	106,63	79,62	34,83
13	3	23.4-25.4.2019	43,65	0,12	87,66	69,62	25,85
14	4	23.4-25.4.2019	44,84	0,12	93,87	79,01	34,05
15	4	23.4-25.4.2019	43,62	0,12	91,34	73,96	30,22
16	4	23.4-25.4.2019	41,05	0,12	90,62	69,13	27,96
17	4	23.4-25.4.2019	48,56	0,12	160,99	124,33	75,65
Näytettä yht.=							743,66

Vesinäyte	Sangon numero	Pvm	Näytteen suuruus (ml)
Pohja 1	1	23.4-25.4.2019	15
Pohja 2	2	23.4-25.4.2019	15
Pohja 3	3	23.4-25.4.2019	15
Pohja 4	4	23.4-25.4.2019	15
Keski 1	1	23.4-25.4.2019	15
Keski 2	2	23.4-25.4.2019	15
Keski 3	3	23.4-25.4.2019	15
Keski 4	4	23.4-25.4.2019	15
Pinta 1	1	23.4-25.4.2019	15
Pinta 2	2	23.4-25.4.2019	15
Pinta 3	3	23.4-25.4.2019	15
Pinta 4	4	23.4-25.4.2019	15

LIITE 5: SUODATUSNÄYTTEIDEN ANALYSOINTI



TUTKIMUSTODISTUS

1(4)

Tilaus: 1903465

Pvm: 5.7.2019

Suomivalimo Oy
Sami Helkkilä
Parkatintie 31
74120 Iisalmi

Tilauksen nimi: Hyötykäyttökelpoisuus, valimohiekka
Näyte: 19HYD104 POHJA

Näyte saapui: 18.6.2019
Analysointi aloitettu: 28.6.2019

Määrittäminen	Yksikkö	Tutkimustulos	Laatuvaatimus/ Raja-arvo	Laatusuositus/ Ohjearvo	Menetelmä	
Kulva-aine	%	99			Sis. men. 010	
DOC	mg/kg	1800	500		SFS-EN 16192	
TEX	mg/kg	31	25		Laskennallinen	
MTBE	mg/kg	< 0,01			ISO/TC 190/WG6, mod.	
TAME	mg/kg	< 0,01			ISO/TC 190/WG6, mod.	
Bentseeni	mg/kg	1,2	0,02		ISO/TC 190/WG6, mod.	
Tolueni	mg/kg	30			ISO/TC 190/WG6, mod.	
Ksyleeni	mg/kg	0,76			ISO/TC 190/WG6, mod.	
Etyylibentseeni	mg/kg	0,13			ISO/TC 190/WG6, mod.	
Naftaleeni	mg/kg	1,7	5		SFS-EN 15527 mod.	
Asenaftyleeni	mg/kg	< 0,05			SFS-EN 15527 mod.	
Asenafteeni	mg/kg	< 0,05			SFS-EN 15527 mod.	
Fluoreeni	mg/kg	0,05			SFS-EN 15527 mod.	
Fenantreeni	mg/kg	0,20			SFS-EN 15527 mod.	
Antraseeni	mg/kg	< 0,05			SFS-EN 15527 mod.	

Tulokset pätevät vain testetulle näytelle. Raporttia ei saa kopioida osittain ilman testauslaboratorion lupaa. Analyysien mitteusepävarmuudet ovat saatavilla pyydettäessä. Mitteusepävarmuutta ei ole huomioitu lausunnonssa verrattessa tuloksia laatuvaatimuksiin.

SYNLAB Analytica & Services
Finland Oy
www.synlab.fi

puh +358 9 2252 880
Lepolentie 9
FI-03800 Karkkila
Finland

Peräki
Lämsä-Uudenmaan Op
Karkkila
FI-43 5297 2820 0007 18

Y-tunnus 0735227-8
Kotipaikka Karkkila
Alv.rek.



TUTKIMUSTODISTUS

2(4)

Tilaus: 1903465

Pvm: 5.7.2019

Suomivalimo Oy
 Sami Helkkilä
 Parkkatie 31
 74120 Iisalmi

Fluoranteeni	mg/kg	< 0,05			SFS-EN 15527 mod.	
Pyreeni	mg/kg	< 0,05			SFS-EN 15527 mod.	
Bentso(a)antraseeni	mg/kg	< 0,05			SFS-EN 15527 mod.	
Kryseeni	mg/kg	< 0,05			SFS-EN 15527 mod.	
Bentso(b)fluoranteeni	mg/kg	< 0,05			SFS-EN 15527 mod.	
Bentso(k)fluoranteeni	mg/kg	< 0,05			SFS-EN 15527 mod.	
Bentso(a)pyreeni	mg/kg	< 0,05			SFS-EN 15527 mod.	
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	mg/kg	< 0,05			SFS-EN 15527 mod.	
Dibentso(a,h)antraseeni	mg/kg	< 0,05			SFS-EN 15527 mod.	
Bentso(g,h,i)perylene	mg/kg	< 0,05			SFS-EN 15527 mod.	
PAH-yhdisteiden summa	mg/kg	2,0	30		SFS-EN 15527 mod.	
Arseeni, liukoinen (As)	mg/kg	< 0,1	0,5		SFS-EN 12457-3, ICP-MS	
Barium, liukoinen (Ba)	mg/kg	1,8	20		SFS-EN 12457-3, ICP-MS	
Kadmium, liukoinen (Cd)	mg/kg	< 0,02	0,04		SFS-EN 12457-3, ICP-MS	
Kromi, liukoinen (Cr)	mg/kg	0,12	0,5		SFS-EN 12457-3, ICP-MS	
Kupari, liukoinen (Cu)	mg/kg	1,1	2		SFS-EN 12457-3, ICP-MS	
Elohopea, liukoinen (Hg)	mg/kg	< 0,01	0,01		SFS-EN 12457-3, ICP-MS	
Molybdeeni, liukoinen (Mo)	mg/kg	< 0,1	0,5		SFS-EN 12457-3, ICP-MS	

Tulokset pätevät vain testetulle näytteelle. Raporttia ei saa kopioida osittain ilman testuslaboratorion lupaa. Analyysien mitatuspäivämäärät ovat saatavilla pyydettäessä. Mitatuspäivämuutoksia ei ole huomioitu lausunnonssa verratessa tuloksia laatuvaatimuksiin.

SYNLAB Analytics & Services
 Finland Oy
 www.synlab.fi

puh +358 9 2252 880
 Lepolantie 9
 FI-03800 Karkkila
 Finland

Peräkkä
 Länsi-Uudenmaan Op
 Karkkila
 FI43 5297 2820 0007 18

Y-tunnus 0733227-8
 Kotipaikka Karkkila
 Alv.rek.



TUTKIMUSTODISTUS

3(4)

Tilaus: 1903465

Pvm: 5.7.2019

Suomivalimo Oy

Sami Helkkilä

Parkkatie 31

74120 Iisalmi

Nikkeli, liukoinen (Ni)	mg/kg	2,3	0,4		SFS-EN 12457-3, ICP-MS
Lyijy, liukoinen (Pb)	mg/kg	0,54	0,5		SFS-EN 12475-3
Antimoni, liukoinen (Sb)	mg/kg	< 0,06	0,3		SFS-EN 12457-3, ICP-MS
Seleen, liukoinen (Se)	mg/kg	< 0,1	0,4		SFS-EN 12457-3, ICP-MS
Vanadiini, liukoinen (V)	mg/kg	< 0,1	2		SFS-EN 12457-3, ICP-MS
Sinkki, liukoinen (Zn)	mg/kg	17	4		SFS-EN 12457-3, ICP-MS
1-vaiheen uutoliuoksen tiivius		tehty			
2-vaiheinen uutio		tehty			
Kloridi (Cl-)	mg/kg	< 500	800		SFS-EN 12457-3, SFS-EN 16192, IC
Fluoridi (F-)	mg/kg	37	10		SFS-EN 12457-3, SFS-EN 16192, IC
Murskaus		tehty			
Sulfaatti (SO ₄)	mg/kg	930	1200		SFS-EN 12457-3, SFS-EN 16192, IC
Fenoliset yhdisteet, alihankinta	mg/kg	kts. liite	5		

Tulokset pätevät vain testetulle näytelle. Raportti ei saa kopioida osittain ilman testauslaboratorion lupaa. Analyysin mitteusepäilyvarmuudet ovat saatavilla pyydettäessä. Mitteusepäilyvarmuutta ei ole huomioitu lausunnonssa verrattaessa tuloksia laatuvaatimuksiin.

SYNLAB Analytics & Services
Finland Oy
www.synlab.fi

puh +358 9 2252 880
Lepolentie 9
FI-03800 Karkkila
Finland

Pankki
Länsi-Uudenmaan Op
Karkkila
FI43 5297 2820 0007 18

Y-tunnus: 0733227-8
Kotipaikka Karkkila
Alv.rek.



TUTKIMUSTODISTUS

4(4)

Tilaus: 1903465

Pvm: 5.7.2019

Suomivalimo Oy
Sami Helkkilä
Pankkatie 31
74120 Iisalmi

Lausunto Näytemateriaali ei täytä hyötykäyttökelpoisuuden vaatimuksia useiden eri analyttien suurien pitoisuuksien vuoksi (VNa 843/2017).

Raportilla näkyvissä olevat raja-arvot: kenttä, peitetty (VNa 843/2017).

SYNLAB Analytics & Services Finland Oy

Mirva Hirvi
Kemisti

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

Tuloksia koskevat tiedustelut

Ympäristö- ja metallianalytiikka	Matti Mäkelä, Laboratorion johtaja, puh. +358 50 381 2412, matti.makela@synlab.com
Ympäristöanalytiikka	Jarkko Kupari, Kemisti, puh. +358 50 464 7345, jarkko.kupari@synlab.com

Lisätiedot Vähäinen näytemäärä aiheuttaa tavallista suuremman mittausepävarmuuden analyysituloksiin.

Tulokset pätevät vain testetulle näytelle. Raportille ei saa kopioida osittain ilman testuutebonetorian lupaa. Analyysien mittausepävarmuudet ovat esitettävissä pyydettäessä. Mittausepävarmuutta ei ole huomioitu lausunnossa verrattessa tuloksia testuutebonetoriaan.

SYNLAB Analytics & Services
Finland Oy
www.synlab.fi

puh +358 9 2252 880
Lepolentie 9
FI-03600 Karkkila
Finland

Pankki
Länsi-Uudenmaan Op
Karkkila
FI43 5297 2820 0007 18

Y-tunnus 0733227-8
Kotipaikka Karkkila
Alv.rek.

LIITE 6: GRANULOITU KAAVAUSPÖLY

Granuloidun kaavauspölyn tutkimusraportti

Granuloitu kaavauspöly jauhettiin leikkaavan myllyn avulla palakokoon < 1 mm.



Jauhetun näytteen kuva

Jauhetusta näytteestä puristettiin standardin mukaisesti noin gramman painoinen pelletti, josta yritettiin kolme kertaa tehdä lämpöarvo määritykset pommikalorimetriä 30 baarin happiylipaineessa. Jokaisella kerralla ainoastaan sytytyslanka paloi, mutta pellettiä ei saatu palamaan.

Seuraavaksi kokeiltiin granuloidun kaavauspölyn polttoa suoraan pommikalorimetrisä. Tulokset olivat samat kuin edellisessä kokeilussa. Granuloitua kaavauspölyä ei saatu syttymään, vaikka polttoupokkaaseen valittiin kaikista pienimmät rakeet.

Jauhettu näyte saatiin palamaan ainoastaan pölypolttona, jonka tulokset ovat seuraavat;

Määrittäminen	1	2
Massa (g)	0,9633	1,0098
Kalorimetrin tulos MJ/kg	8,2093	8,4136

Polttoupokkaihin jäi suuri määrä tuhkaa.



Polttoupokkaihin jääneen pölypoltton tuhka on tummanruskeaa.

Jauhetussa näytteessä oli kahden pikakosteusanalyysin keskiarvona vettä 13,066 %

Yhteenvetona pölypolttonäytteistä saatiin seuraavat laskennalliset tulokset;

Laskennallinen määrittäminen	1	2
Tuhka g/%	0,5869 / 60,926	0,5971 / 59,131
Vesi g/%	0,1259 / 13,066	0,1319 / 13,066
Palava aines g/%	0,2505 / 26,008	0,2808 / 27,803
Yhteensä g/%	0,9633 / 100	1,0098 / 100

Tulokset eivät perustu standardien mukaisiin määrittämiin polttoaineen haastavuuden takia.

Ari Mikkonen

Matemaattisten aineiden lehtori

Savonia AMK Varkauden kampus

044 785 6780

ari.mikkonen@savonia.fi