

## FERROKROMITEHTAAN SIVUVIRRAT

Case: Outokumpu Chrome Oy

Taru Pirttipерä

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Insinööri (AMK)

2015

Tuotantotalous  
Insinööri

---

|                            |                              |       |      |
|----------------------------|------------------------------|-------|------|
| <b>Tekijä</b>              | Taru Pirttipерä              | Vuosi | 2015 |
| <b>Ohjaaja</b>             | DI Juha Kaarela              |       |      |
| <b>Toimeksiantaja</b>      | Outokumpu Chrome Oy          |       |      |
| <b>Työn nimi</b>           | Ferrokromitehtaan sivuvirrat |       |      |
| <b>Sivu- ja liitemäärä</b> | 49 + 4                       |       |      |

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Outokumpu Chrome Oy:lle Tornioon. Tehtävänä oli selvittää ferrokromitehtaan sivuvirtajakeet ja valita niistä muutama tarkempaan seurantaan ja analysointiin. Lopuksi tuli arvioida seurannassa olevien jakeiden hyötykäyttöpotentiaali.

Työn tavoite oli laatia pohja, josta näkee, missä kohtaa ferrokromitehdasta jakeet sijaitsevat, mitä jae on ja mihin jakeet loppusijoitetaan. Määrityksen jälkeen tuli valita muutama jae taseajoon, missä niitä seurattiin tietty ajanjakso. Seurannassa olevista otettiin näytteet, jotka toimitettiin tehtaan sisäiseen laboratorioon tutkittavaksi.

Tässä työssä käydään läpi yleisesti materiaalitehokkuutta sekä sivutuotteen teoriaa ja teollista tuotteistamista. Työ sisältää myös aihealueen tulosten käsittelyä ja analysointia sekä pohdintaa.

Opinnäytetyöstä syntyi layout, josta näkee, ferrokromitehtaan sivuvirtajakeiden syntypaikan, sisällön ja loppusijoituspaikan. Layoutin jokainen piste on numeroitu. Pohjan liitteenä on taulukko, missä numerot voi fokusoida. Seurannassa olevien jakeiden hyötykäyttömahdollisuuksia on arvioitu ja taseajojen tuloksista on tehty yhteenveto.

Avainsanat

materiaalitehokkuus, luonnonvarat, sivutuotteet

Industrial Management  
Bachelor of Engineering(BEng)

---

|                          |   |      |      |
|--------------------------|---|------|------|
| <b>Author</b>            | Taru Pirttipärä                                       | Year | 2015 |
| <b>Supervisor(s)</b>     | Juha Kaarela M.Sc                                     |      |      |
| <b>Commissioned by</b>   | Outokumpu Chrome Oy                                   |      |      |
| <b>Subject of thesis</b> | By-Product Streams in Ferrochrome Factory Environment |      |      |
| <b>Number of pages</b>   | 49 + 4  |      |      |

---

This thesis work was done for Outokumpu Chrome Ltd. located in city of Tornio, Finland. Main subject was to identify by-product streams of ferrochrome factory and choose couple of the identified streams for more detailed assessment and analysis. The final step of this thesis was to evaluate chosen streams and their utilization/re-use potential.

The starting point of this thesis was to collect information baseline regarding where by-product streams do occur and where by-products are stored inside ferrochrome factory. Next step was to select some specific streams and follow them up during certain specified amount of time. Some samples were collected from followed-up streams and these samples were delivered to factory internal laboratory for investigation and analysis.

In this thesis work material utilization efficiency, theory of by-product and productization in industrial environment are the three major topics. Thesis work includes also results, analysis and improvement ideas on thesis main topics.

As a result for this thesis work a specific layout/blueprint was created to identify where by-product streams occur inside ferrochrome factory, content of streams and where by-products are stored. All identified critical points in the layout were numbered. Specific chart is attached to this work explaining layout numbers and focus areas. Thesis work includes utilization potential estimations and summary of findings regarding followed-up by-product streams.

**Key words**                      Material utilization efficiency, natural resources, by-products

## SISÄLLYS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO.....                              | 8  |
| 2     | OUTOKUMPU TORNIO WORKS .....               | 9  |
| 2.1   | Tornion tehtaat .....                      | 9  |
| 2.2   | Ferrokromitehdas.....                      | 10 |
| 2.2.1 | Tuotantoprosessi.....                      | 11 |
| 2.2.2 | Raaka-aineet.....                          | 12 |
| 2.2.3 | Tuotteet.....                              | 15 |
| 3     | MATERIAALITEHOKKUUS .....                  | 17 |
| 3.1   | Materiaalitehokkuus yleisesti .....        | 17 |
| 3.2   | Materiaalitehokkuus yrityksissä.....       | 18 |
| 3.3   | Materiaalitehokkuuden optimointi.....      | 19 |
| 3.4   | Materiaalitehokkuuden mittaus .....        | 20 |
| 3.5   | Luonnonvarojen käyttö.....                 | 24 |
| 4     | PROSESSISSA SYNTYVÄT SIVUTUOTTEET .....    | 26 |
| 4.1   | Sivutuotteen määritelmä .....              | 26 |
| 4.2   | Jätelaki (646/2011) .....                  | 26 |
| 4.3   | Teollinen tuotteistaminen.....             | 28 |
| 5     | FERROKROMITEHTAAN SIVUVIRTAJAKEET.....     | 33 |
| 5.1   | Määritetyt sivuvirtajakeet .....           | 33 |
| 5.2   | Lähempään tarkasteluun valitut jakeet..... | 34 |
| 5.2.1 | Annostelu 1 .....                          | 35 |
| 5.2.2 | Annostelu 2 .....                          | 36 |
| 5.2.3 | Hienokoksi.....                            | 37 |
| 5.2.4 | Koksipöly.....                             | 38 |
| 5.2.5 | Kanaalin liete.....                        | 39 |
| 6     | TULOSTEN KÄSITTELY .....                   | 41 |
| 6.1   | Annostelu 1 & 2 .....                      | 41 |
| 6.2   | Hienokoksi.....                            | 42 |
| 6.3   | Koksipöly .....                            | 42 |
| 6.4   | Kanaalin liete .....                       | 43 |
| 7     | JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....            | 44 |
|       | LÄHTEET .....                              | 46 |

|                |    |
|----------------|----|
| LIITTEET ..... | 50 |
|----------------|----|

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Outokumpu Chrome Oy:n ferrokromitehdasta opinnäytetyöpai-  
kasta. Erityisesti haluan kiittää FeCr-tehtaan tutkimus- ja kehityspäällikkö DI  
Mika Päätaloa mielenkiintoisesta aiheesta ja ohjauksesta. Lapin ammattikor-  
keakoulun lehtoria DI Juha Kaarelaa kiitän työni valvonnasta ja ohjauksesta.

Suuret kiitokset DI Joni Raiskiolle sekä kaikille niille, jotka ovat edesauttaneet  
työni valmistumista ja olleet mukana opinnäytetyöni eri vaiheissa.

Elämäni ilo Eemeli, haluan omistaa työni sinulle. Kiitos, että olet jaksanut äidin  
kiireistä aikataulua ja antanut opiskelurauhan. Jani, vankkumaton tuki ja kan-  
nustaja, ilman sinua en olisi tässä, kiitos.

Äiti, isä ja muut perheenjäsenet, haluan kiittää teitä kannustuksesta ja tuesta  
koulutuksen aikana.

- *Yes! I did it!*

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | alumiinioksidi                                       |
| ATEX                           | räjähdyskelpoiset ilmaseokset                        |
| °C                             | celsiusaste  |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | kromioksidi  |
| FeCr                           | ferrokromi   |
| GHA                            | globaalihehtaaria                                    |
| H <sub>2</sub> O               | vesi   |
| jae                            | tuote  |
| km                             | kilometri  |
| kWh                            | kilowattitunti                                       |
| layout                         | suunnitelma, pohjapiirustus                          |
| laari 452                      | välivarasto  |
| MgO                            | magnesiumoksidi                                      |
| mm                             | millimetri   |
| OKTO                           | Outokumpu Tornio                                     |
| SiO <sub>2</sub>               | piidioksidi  |
| syöte                          | rikastepöly, koksipöly, pellettien pöly, kvartsipöly |
| §                              | pykälä   |
| %                              | prosentti  |

## 1 JOHDANTO

Teollisuuden prosesseissa syntyy monenlaisia sivuvirtauksia eli jakeita tai tuotteita. Sivuvirtajakeista osa on kiinteitä virtoja ja osa ei. Jos sivuainevirtoja halutaan hyödyntää prosessissa tai muussa toiminnassa, on toiminnassa edettävä sivuainevirtojen hyödyntämistä koskevien säädösten mukaan.

Tämän insinööriyön tarkoituksena on määrittää Outokumpu Chrome Oy:n ferrokromitehtaan koksiaseman, sintraamo 2:n ja 3:n sekä sulatusuunien 1:n, 2:n ja 3:n sivuvirtajakeet, joista valitaan muutama tarkempaan seurantaan ja analysointiin.

Opinnäytetyössä käsitellään ferrokromitehtaan sivuvirtajakeita ja sitä, missä ne sijaitsevat ja mihin ne päätyvät. Jakeista valitaan muutama ns.taseajoon, joita seurataan tietty ajanjakso. Seurannassa oleville jakeille tehdään laboratorioanalyysi sekä selvitys, voidaanko kyseistä jakeita hyötykäyttää tehtaan prosessissa tai muussa innovatiivisessa toiminnassa sellaisenaan tai muunnetun tavanomaisen teollisen käytännön mukaan. Analyysitiedot ovat luottamukselliset, eikä niitä julkaista opinnäytetyössäni.

Pääsääntöisesti ferrokromitehdas pyrkii palauttamaan kaikki prosessissa syntyvät sivuvirrat takaisin tuotantoon tai hyödyntämään ne muuten esim. kääntämällä tuotteet kaupallisiksi hyödykkeiksi. Tuotannossa tulee kuitenkin tilanteita, milloin osa jakeista loppusijoitetaan kaatopaikalle. Tämä johtuu sivuvirtojen suurista määristä ja vähäisistä varastointimahdollisuuksista.

Opinnäytetyön aihe on ollut toimeksiantajan mielessä pidemmän ajan, mutta henkilöresursseja sen tekemiseen ei ole ollut. Työ on rajattu koskemaan ferrokromitehtaan annostelujen, koksiaseman ja sintraamojen pölynpoistoja sekä koksiaseman ja sintraamojen prosessien seulonta-alitteita. Käyn tässä opinnäytetyössä läpi myös materiaalitehokkuutta ja sivutuotetta yleisesti.



## 2 OUTOKUMPU TORNIO WORKS

Outokummun päätuote on ruostumaton teräs, joka tekee yrityksestä globaalin ykkösen. Ruostumaton teräs soveltuu monenlaisiin käyttökohteisiin ruokailuvälineistä kirurgisiin instrumentteihin ja elintarvike-, paperiteollisuuden ja kemianteollisuuden laitteisiin ja sen tuotevalikoima on hyvin laaja. Ruostumattoman teräksen tuotteet ovat saatavina nauhoina ja levyinä, tarkkuusnauhoina, putkina, kierretankoina, palkkeina ja muissa muodoissa. Rosteri, eli ruostumaton teräs, on luja, korroosionkestävä ja hygieeninen sekä lämmönkestävä, kustannustehokas ja mikä parasta, se on sataprosenttisesti kierrätettävä. (Outokumpu 2015a.)

### 2.1 Tornion tehtaat

Tornion tehtaat, jotka näkyvät kuvassa 1, ovat maailman integroiduin ruostumattoman teräksen tuotantolaitos. Tehdasalueella sijaitsee ferrokromitehdas sekä kaikki tuotannon osat: terässulatto, kuumavalssaamo ja kylmävalssaamo. Tehdasalueelta löytyy myös satama, jonka kautta tehtaan tuotteita viedään maailmalle ja raaka-aineita tuodaan tehtaille. (Outokumpu 2015a,b.)

Tornion tehtaisiin kuuluu myös Kemin kaivos, joka takaa ruostumattoman teräksen tärkeimmän raaka-aineen, kromin, saannin pitkälle tulevaisuuteen. Kromi on raaka-aine, joka tekee teräksestä ruostumattoman. Kemin kaivos on Euroopan unionissa ainoa paikka, josta saa kromimalmia. Malmintuotanto on noin 2,4 miljoonaa tonnia vuodessa. Todennettuja malmivaroja on 50 miljoonaa tonnia ja tutkimattomia mineraalivarantoja 98 miljoonaa tonnia. (Outokumpu 2015c.)

Tornion tehtaiden pinta-ala on noin 600 hehtaaria. Tietä alueella on noin 50 km, josta kevyenliikenteen väyliä noin 10 km. Tehdas työllistää arviolta 2 150 henkilöä, minkä lisäksi alueella työskentelee päivittäin palvelutoimittajien työntekijöitä noin 300 henkilöä. (Outokumpu 2015d.)



Kuva 1. Outokummun ilmakekuva. (YBT Oy 2015.)

## 2.2 Ferrokromitehdas

Maailman suurin ferrokromisulatto löytyy Outokumpu Chrome Oy:n ferrokromitehtaalta, joka tuottaa arviolta noin 530 000 tonnia ferrokromia vuodessa. Ferrokromi on metalliseos, joka sisältää pääasiassa rautaa ja kromia sekä epäpuhtauksina mm. hiiltä, piitä ja fosforia. Ferrokromia käytetään ruostumattoman teräksen raaka-aineena, joka parantaa erityisesti teräksen korroosio-ominaisuuksia. (Teknologiateollisuus 2015.)

Ferrokromi valmistetaan kromiittimalmista, joka tulee Tornion tehtaalle Kemin kaivokselta. Louhittu malmi rikastetaan edelleen pala- ja hienorikasteeksi. Rikasteista valmistetaan ferrokromia jatkuvatoimisessa uppokaariuunissa. Hienorikasteinen rikaste pelletoidaan ja sintrataan kappalemuotoon nauhasintraamalla ennen uuniin syöttämistä. (Teknologiateollisuus 2015.)

Outokumpu Chrome Oy:n liikevaihto vuoden 2013 joulukuussa oli 366 112 t/euroa, joka oli edelliseen vuoteen 2012 verrattuna parantunut 138 633 t/euroa. Ferrokromitehtaalla työskentelee noin 450 henkilöä. (Taloussanomat 2015.)

### 2.2.1 Tuotantoprosessi

FeCr-tehtaan tuotantoprosessi on kuvitettuna kaaviossa 1. Tornion ferrokromitehtaalle kuljetetaan Kemin kaivokselta hieno- ja palarikastetta. Hienorikasteen partikkelikoko on liian pieni käytettäväksi sellaisenaan, joten se saadaan suuremmaksi sintraamalla, jossa hienorikasteeseen sekoitetaan bentoniittia ja koksia, jonka jälkeen tavara syötetään pelletointirumpuun. Pelletoinnin jälkeen tavara syötetään sintrausuuniin, jonka jälkeen pelletit ovat käyttövalmiita. (Outokumpu 2014e.)

Annostelujärjestelmän tehtävänä on syöttää sulatusuuneihin kromipellettejä, kvartsiittia, koksia ja palarikastetta. (Outokumpu 2014e.)

Sulatusuunista ferrokromi lasketaan senkkaan ja siitä poistetaan kuona. Prosessissa syntyy häkäkaasua, jota hyödynnetään polttoenergiana ferrokromitehtaalla sekä kylmä- ja kuumavalssaamalla. (Outokumpu 2014e.)

Sula ferrokromi siirretään vihivaunulla kiskoja pitkin terässulatolle käyttöön ja ylimääräinen tavara kaadetaan valukouruihin, jossa se jäähdytetään ja murskaataan. Kiinteä ferrokromi käytetään myöhemmin prosessissa tai se myydään. (Outokumpu 2014e.)



Kaavio 1. Ferrokromitehtaan tuotantoprosessi. (Outokumpu 2014e.)

### 2.2.2 Raaka-aineet

FeCr-tehtaan tärkeimmät raaka-aineet ovat palarikaste ja hienorikaste. Muita panosmateriaaleja ovat koksi ja kvartsi. Lisäksi hienorikasteen pelletoinnissa käytetään sideaineena bentoniittia. (Outokumpu 2015f.)

**Koksi** syntyy kivihiilestä, joka kuivatislataan. Se on kivihiiltä arvokkaampaa ja lämpöominaisuuksiltaan parempaa polttoainetta. Valmistaminen tapahtuu ilmalta suljetussa tilassa 900–1200 °C:n asteen lämpötilassa, jossa hienoksi jauhe- tusta kivihiilestä syntyy koksia. Uunipanoksen jälkeen koksi sammutetaan joko vedellä tai typpikaasulla. FeCr-tehtaalla kumpikin sammutusmuoto on käytössä. (Outokumpu 2015f.)

Tärkein tehtävä koksilla on ferrokromia valmistaessa toimia uppokaariuunissa pelkistiminä, jonka avulla kromiittimalmi saadaan pelkistettyä metalliseksi ferrokromiksi. Koksi on myös mainio energialähde. (Outokumpu 2015f.)

Koksilta vaadittavia ominaisuuksia ovat:

- korkea hiilipitoisuus
- riittävä mekaaninen lujuus iskuja ja hankausta vastaan
- alhainen tuhka- rikki- ja fosforipitoisuus
- haihtuvien aineiden pitoisuus alle 1 %
- hyvä kuumalujuus

(Outokumpu 2015f.)

**Kvartsi** on mineraali, jota käytetään uppokaariuunissa fluksaavana aineena, jonka tarkoituksena on tehdä kuonasta juoksevampaa. Kvartsin tavoiterekoko on 15-80 mm ja sen  $\text{SiO}_2$  on oltava vähintään 91 % ja fosfori- ja rikki- pitoisuuksien alhaiset. (Outokumpu 2015f.)

**Palarikasteen** rikastus tapahtuu kaivoksella ilman kemikaaleja, jossa louhittu, murskattu ja seulottu malmi käsitellään tiheyseroihin perustuvalla upotuskellutus prosessilla. Prosessissa syntyy myös välituotetta ja palakiviä. Laatutavoite palarikasteella on:  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -pitoisuus 35,7 % ja kappalekoko 12–100 mm. (Outokumpu 2015f.)

Palarikaste on hyvin herkkää materiaalia, joka ei kestä kovin hyvin mekaanista kulutusta. Esikuumennuksessa palarikasteeseen tulee halkeamia kromiittien ja sivukivien rajapinnoille, jonka seurauksena malmi murtuu. Murtumisen seurauksena tulee pölyä, joka vaikeuttaa kaasujen kulkeutumista uunin panospatjan läpi sekä lisää panoksen sähkövastusta. (Outokumpu 2015f.)

Hienorikasteeseen verrattuna palarikasteen palakoot ovat erilaiset ja  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -pitoisuus on lähes 10 prosenttiyksikköä matalampi. Siinä on myös huomattavasti korkeampi  $\text{MgO}$ - ja varsinkin  $\text{SiO}_2$ -pitoisuus. (Outokumpu 2015f.)

**Hienorikaste** rikastetaan malmin murskauksen yhteydessä syntyneestä hienoaineksesta ja palarikastuksen yhteydessä syntyneestä välituotteesta. Hienoaines ja välituote jauhetaan, minkä jälkeen malmista erotetaan hienorikaste mineraalien ominaispainoeroihin perustuvilla rikastusmenetelmillä. Hienorikasteen laatutavoite on  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -pitoisuus 44,5 %. (Outokumpu 2015f.)

Ferrokromitehtaalla tätä tuotetta ei suoraan voida käyttää prosessissa, sillä partikkelikoko on liian pieni. Suuremmaksi se saadaan sintraamalla, jossa se pelletoidaan. Huokoisten mutta lujien pellettien koko on noin 12–13 mm. (Outokumpu 2015f.)

Palarikasteeseen verrattuna pelletit tuovat monia etuja kromiraaka-aineena:

- laatu tasaisempaa ja kromikonsentraatio suurempi
- reaktiopinta-ala suurempi
- sähköjohtavuus ei nouse, koska pellettien rakenne estää yhtenäisen sulan muodostumisen pelletin pintaan panoksen pintakerroksessa 600 °C:ssa
- kestää kuumuutta ja mekaanista kulumista
- kaasut kulkeutuvat sujuvasti sulatusuunin syötepatjan läpi

(Outokumpu 2015f.)

**Bentoniittia** käytetään ferrokromitehtaan sintraamalla sideaineena. Tuote on epäorgaanista luonnon savea, jonka pääkomponenttina on vesipitoinen alumiinisilikaattia sisältävä montmorilloniitti. Montmorilloniitin koostumus on 66,7 %  $\text{SiO}_2$ , 28,3 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ja 5 %  $\text{H}_2\text{O}$  ja sillä on poikkeuksellinen ominaisuus: se pysyy viemään vedeltä tilaa pellettien sisimmissä kerroksissa. Tämä liittyy ben-

toniitin kykyyn turvota, mikä taas on tärkeää pelletoitumisen onnistumiselle. (Outokumpu 2015f.)

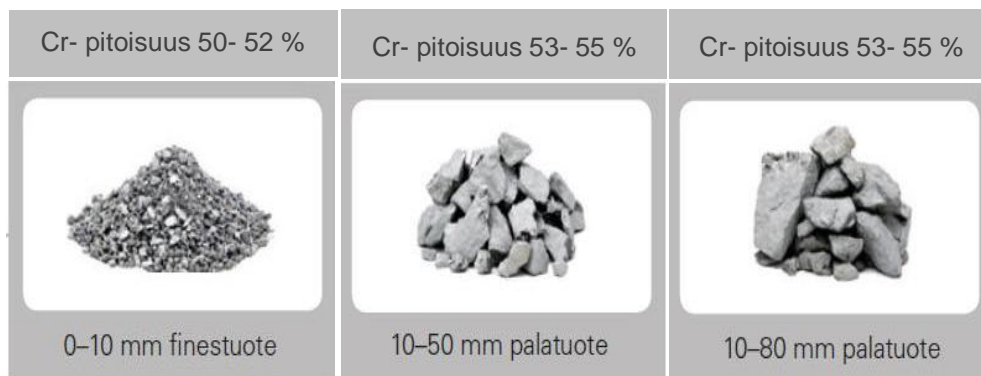
Bentoniitin etuja ovat:

- pelletoinnin helpottaminen
- parantaa märkä- ja kuivapellettien lujutta
- mahdollistaa hyvälaatuisten pellettien sintraamisen alhaisissa lämpötiloissa
- parantaa pellettien ominaisuuksia

(Outokumpu 2015f.)

### 2.2.3 Tuotteet

FeCr-tehtaan päätuote on 10–80 mm:n ja 10–50 mm:n ferrokromi, jotka näkyvät kuvassa 3, sekä sula ferrokromi, joka menee Tornion terässulaton tarpeisiin. Näiden lisäksi hyödynnetään ferrokromin murskauksesta syntyvät fines-materiaalit sekä kuonarikastamolta palautuva 0-4 mm:n ja 4-22 mm:n ferrokromi. Kaikki fines-materiaalit on hyötykäytetty Tornion terässulatolla vuodesta 2014 alkaen. (Outokumpu 2015f.)



Kuva 2. FeCr- standardituotteet. (Outokumpu 2015f.)

FeCr-tehtaan sivutuotteisiin kuuluu CO-kaasu sekä kuona- eli kiviainestuotteet, joiden markkinointinimenä käytetään OKTO-rakennustuotteita. OKTO-tuotteet

ovat 100 %: sti kierrätysmateriaalista tehtyjä tuotteita, joilla korvataan luonnonmateriaalit tie- ja maarakentamisessa. Kuvassa 4 OKTO-eristettä käytetään kadun rakentamisessa. Tuotteet ovat ylivertaiset teknisiltä ominaisuuksilta sekä ympäristökuormituksen kannalta. Kuonatuotteisiin kuuluu: OKTO-eriste ja murske, OKTOa-murske, OKTO-KKA sekä OKTO-filleri ja Croval-runkoaine. (Outokumpu 2015c,f.)



Kuva 3. OKTO-eristeen käyttö kadun rakentamisessa. (Motiva 2015a.)



### 3 MATERIAALITEHOKKUUS

Ihminen kuluttaa nopeammin luonnonvaroja, kuin ne ehtivät uusiutua. Maailman ylikulutuspäivä on joka vuosi aikaistunut. Ylikulutuspäivällä tarkoitetaan hetkeä, jolloin ihmisten tarpeet ylittävät sen vuoden ekosysteemien kyvyn tuottaa luonnonvaroja, käsitellä jätteitä ja päästöjä. Nykyisen kulutustason ylläpitämiseen tarvittaisiin 1,3 maapalloa, ja jos seurataan ainoastaan suomalaisten kulutustottumuksia, niitä ylläpitääkseen maapalloja tulisi olla neljä. Moni ei osaa mieltää kulutusvalintojen yhteyttä luonnonvarojen kulutukseen ja tuotannon synnyttämiin ympäristöhaittoihin ja jätteisiin. Elinkaaren jokaisessa vaiheessa kuluu energiaa ja materiaaleja sekä syntyy jätettä ja erilaisia päästöjä. Keinoja luonnonvarojen ja materiaalien säästämiseen on useita. Kaiken takana on hyvä suunnittelu, jolla on mahdollista saada aikaan myös tuntuvia säästöjä. Tuotteiden elinkaariarvioilla ja tuotannon energiakatselmuksilla yritykset voivat ottaa huomioon luonnonvarojen käytön kokonaiskuvan. (Metla 2011a: Ilmasto-opas 2015.)

#### 3.1 Materiaalitehokkuus yleisesti

Materiaalitehokkuuden pyrkimyksenä on tuottaa vähemmästä enemmän ympäristöä, luonnonvaroja ja rahaa säästäen, ilman että tuotteen tai palvelun laatu huononee. Materiaalien käytön vähentäminen, optimointi ja uudelleen käyttäminen lisäävät materiaalitehokkuutta. Materiaalivirta syntyy siten, että ihminen ottaa käyttöön luonnonvaroja, joita muokataan raaka-aineiksi ja tuotteiksi, jotka sitten kulutetaan ja lopuksi heitetään pois. Mitä pienempi tuotteeseen tai palveluun käytetty materiaalipanokse (MI) on, sitä tehokkaammin luonnonvaroja käytetään. Materiaalipanoksesta kerrotaan enemmän kohdassa 3.4, materiaalitehokkuuden mittaus. (Metla 2011b.)

Tuotannossa materiaalitehokkuus on sitä, että tuotantovaiheessa käytetään tuotteen valmistukseen mahdollisimman vähän raaka-aineita ja ympäristölle haitallisia aineita. Yritetään ehkäistä hävikkiä ja jätteiden syntymistä sekä hyö-

tykäyttämään mahdolliset hävikit takaisin prosessiin. Energiankulutus minimoidaan ja logistiikkaa tehostetaan. (Metla 2011b.)

Kulutuksen materiaalitehokkuudessa kiinnitetään huomio materiaalimäärien ohella tuotteiden laatuun. Valitaan kestäviä, korjaukelpoisia materiaaleja ja hyödynnetään niiden uudelleenkäyttö sekä kierrätysmahdollisuudet. (Metla 2011b.)

### 3.2 Materiaalitehokkuus yrityksissä

Monet yritykset ovat nostaneet materiaalitehokkuuden tärkeäksi tavoitteeksi. Taustalla on huoli luonnonvarojen riittävydestä. Materiaalitehokkuus parantaa yritysten kilpailukykyä ja taloutta sekä vähentää ympäristövaikutuksia ja turvaa luonnonvarojen riittävyyden. (Suomen ympäristökeskus SYKE 2014.)

Yritysten tuotesuunnittelu ja uudet tuote- palvelukonseptit edesauttavat materiaalitehokkaan lisäarvon luomisessa. Materiaali- ja energiavirtojen suljetut kierrot tuovat yritysten lupajärjestelmille uudenlaisia haasteita. Jätteiden ja sivuvirtojen hyötykäyttö ja toiminnan joustavuus sekä toiminnan tarkoituksenmukaisuus ilmaston ja paikallisympäristön kannalta tulee samanaikaisesti varmistaa. (Elinkeinoelämän keskusliiton 2015.)

Teollisuusprosessien optimointi on olennainen osa materiaalitaloutta. Sillä saadaan kustannustehokkuus paremmaksi. Lisäkustannuksia yritykselle tuo jätteiden käsittely ja joskus niiden hyödyntäminenkin. Sivutuotteet ja jätteet on hyvä minimoida yrityksissä, sillä niillä voidaan nostaa tuotannon kannattavuutta huomattavasti. Käytännössä se tarkoittaa tuotantomenetelmien ja prosessien kehittämistä ja raaka-aineiden tehokasta käyttöä. Yritysten on hyvä tehostaa raaka-aineiden, apuaineiden ja kemikaalien käyttöä. Materiaalitehokkuutta voidaan nostaa raaka-aineiden ja sivutuotteiden hukkamateriaalin hyödyntämisellä. (Elinkeinoelämän keskusliitto 2015.)

### 3.3 Materiaalitehokkuuden optimointi

Yrityksistä löytyy runsaasti materiaalinsäästöpotentiaalia. Materiaalihävikin määrään ja materiaalien haitallisuuteen voidaan vaikuttaa yrityksissä teknologisilla muutoksilla sekä hyvillä käytännöillä ja suunnittelu- ja työtavoilla. Ympäristömerkityt raaka-aineet ja raja-arvojen asetus haitallisiin aineisiin ja epäpuhtauksiin sekä materiaalien kierrätettävyys ja kestävyys auttavat yritystä materiaalitehokkuudessa. Mahdollisuuksien mukaan polttoaine tai raaka-aine korvataan sivutuotteilla tai jätemateriaaleilla. (Metla 2011a.)

Haitallisia jätteitä voidaan vähentää siten, että haitalliset aineet korvataan haitattomiin ja vaarallisten kemikaalien käyttöväkevyyks pidetään mahdollisimman alhaisena. Näytteenotosta syntynyt jäte saadaan minimoitua prosessiin asennetuilla mittareilla ja automatiikalla. Tuotantotekniikkaa, prosesseja tai sen osia voidaan korvata materiaalitehokkaammalla tuotantoteknologialla. (Metla 2011a.)

Materiaalitehokkuuteen voidaan kiinnittää huomio myös varastoinnissa ja materiaalin siirroissa esim. estämällä tuotteiden vanhentuminen ja vaurioituminen kuljetuksessa. Käytöstä poistetut materiaalit käytetään uudelleen tai kierrätetään. Prosessissa syntyvät vuodot estetään tai vuotokohdan materiaali otetaan talteen ja hyötykäytetään myöhemmin. (Metla 2011a.)

Veden käyttöä tulee seurata niin prosessi- kuin laitekohtaisesti ja automatiikan käyttö on eduksi. Puhdistuksissa käytetään vedetöntä vaihtoehtoa, mutta jos sitä tarvitaan, suositaan veden kierrätystä sekä suljettuja vesikiertoja. (Metla 2011a.)

Yritysten hylättyjen tuotteiden ja välituotteiden syyt kartoitetaan ja tuotteet palautetaan takaisin prosessiin, jos se on mahdollista. Pakkausmateriaalin hävikki minimoidaan mahdollisuuksien mukaan. (Metla 2011a.)

Materiaalitehokkuuteen voidaan vaikuttaa myös kunnossapidon keinoin. Prosessin vuotokohdat tarkastetaan ja huolletaan säännöllisesti. Vuotokohdissa on

hyvä olla talteenottojärjestelmä, jonka kautta vuodot voidaan palauttaa takaisin järjestelmään. Jotta vuotoja ei syntyisi, käytetään ennaltaehkäisevää kunnossapitojärjestelmää ja vuotojen hälytysjärjestelmää. (Metla 2011a.)

Vedenkäyttö minimoidaan ja jätevettä kierrätetään sekä hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan. Jätevesien sekä poistokaasujen käsittelyssä kemikaalien käyttöä vähennetään. Puhdistusjätteet kierrätetään tai muuten hyödyntää. (Metla 2011a.)

Loppusijoitettavien jätteiden määrään ja haitallisuuteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi siten, että vaaralliset jätteet tiivistetään, veden tai kiintoaineen erotuksella, tislamalla, jähmettämällä tai neutraloimalla syntypaikalla. Jätteet säilytetään huolellisesti sekä ohjeiden mukaisesti kaikissa jätehuollon vaiheissa. Yrityksessä syntyvä jäte voidaan ottaa käyttöön muualla materiaalina tai se voidaan tuotteistaa markkinakelpoiseksi sivutuotteeksi. (Metla 2011a.)

### 3.4 Materiaalitehokkuuden mittaus

Materiaalien käyttöä on järkevää verrata siihen hyötyyn, joka saadaan tuotettua. Nykyään on monenlaisia mittareita, joita voidaan käyttää ympäristövaikutusten arviointiin. Tässä opinnäytetyössä esittelen kolme yleisintä, jotka ovat: MIPS, ekologinen selkäreppu ja ekologinen jalanjälki. (Suomen luonnonsuojeluliitto 2015.)

**MIPS** tulee sanoista Material Input Per Service Unit, materiaalipanoksen palvelusuoritetta kohden. MIPS on ekotehokkuuden mittari, joka kuvaa tuotteen tai palvelun aiheuttamaa materiaali virtaa sen koko elinkaaren ajalta. MIPS:tä saadaan myös käänteisarvo eli luonnonvaratuottavuus, joka kertoo, kuinka paljon hyötyä tietty määrä luonnonvaroja tarjoaa. MIPS eroaa ekologisesta selkäreppusta siten, että siinä on mukana tuotteen oma paino. (Suomen luonnonsuojeluliitto 2015.)

MIPS → 
$$MIPS = \frac{MI}{\text{materiaalipanoksen palvelusuoritetta kohti}}$$

*S palvelusuorite*

MIPS:n  
käänteisarvo →

$$MIPS = \frac{S \text{ palvelusuorite}}{MI \text{ materiaalipanos palvelusuoritetta kohti}}$$

**MI** kertoo, kuinka monta kiloa luonnonvaroja kuluu yhden raaka-ainekilon tuottamiseen. Tuotteen tai palvelun elinkaaren materiaalikulutus mitataan joko kiloissa (kg), grammoissa (g) tai tonneissa (t). (Suomen luonnonsuojeluliitto 2015.)

Painottomia panoksia, kuten energianlähdettä, sähköä tai kuljetuksia laskiessa ilmoitetaan luonnonvarojen kulutus esim. kiloina kilowattituntia, henkilökilometriä tai tonnimetriä kohden. Osoittimessa on aina painoyksikkö (luonnonvarojen kulutus kiloina tai tonneina) ja nimittäjässä tuotteelle ominainen yksikkö, kuten kilo tai kilowattitunti. (Peda 2013.)

**S** ilmoittaa palvelusuoritteiden määrän. Tarkoittaa tuotteen tarjoaman palvelun hyödyn määrää (käyttökertoja, kilometrejä jne.). (Peda 2013.)

**Ekologinen selkäreppu** kertoo kiloina sen luonnonvarojen määrän, jonka tuotteen aikaansaaminen, käyttö ja jätehuolto ovat kuluttaneet jossakin vaiheessa. Jokainen tuote kantaa sisällään näkymätöntä taakkaa, missä ei ole mukana tuotteen omaa painoa. Ekologinen selkäreppu sisältää tuotteen piilo- ja sivuvirrat, esimerkiksi raaka-aineiden hankinnassa syntyneet kaivosjätteet, valmistuksen yhteydessä kuluneet vedet ja kuljettamiseen käytetyt polttoaineet. (Peda 2013.)

Kuvassa 5 on esitelty ekologista selkäreppua, joka yleensä on paljon painavampi kuin mitä itse tuote on. Wuppertal- instituutti on mitannut, että tarvitaan 1,55 kilogrammaa uusiutumattomia luonnonvaroja tuottamaan 1 kWh sähköä. Määrä vastaa noin 10 tunnin TV:n katselua. (Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production 2009.)

”Ekologinen selkäreppu jaetaan viiteen eri ryhmään:

1. *Elottomat eli abioottiset perusmateriaalit*

- *kivi, malmi, hiekka, fossiiliset polttoaineet: hiili, maaöljy ja maakaasu, kivi- ja maamassat, joita joudutaan siirtämään raaka-aineiden louhinnassa ja esim. rakennusten ja liikenneväylien rakentamisen yhteydessä syntyvät ylijäämämaat*

2. *Elolliset perusmateriaalit*

- *kasvien biomassa eli viljeltyt, poimitut, kerätyt tai muuten hyödynnetyt kasvit, myös villieläimet, kalat ja luonnonkasvit*

3. *Maa- ja metsätalouden maamassat*

- *maan siirrot mekaanisen maanmuokkauksen ja eroosion vuoksi. Maa- ja metsätalouteen liittyvät aine- ja energiavirrat aiheuttavat perustavanlaatuisia ekologisia muutoksia*

4. *Vesi*

- *voidaan laskea mukaan silloin, kun sitä otetaan luonnosta teknisin toimenpitein, joita ovat esim. keinokastelu ja patoaminen*

5. *Ilma tai sen ainesosat*

- *voidaan laskea mukaan silloin, kun ihminen käyttää ilmaa aktiivisesti, erottaa siitä kemiallisia osia tai muuttaa ilman kemiallisten osien suhteita. Siirrettyä ilmaa mutta esim. ilmastointia ja paineilman käyttöä ei lasketa mukaan*

*Ilmaa ja vettä ei yleensä lasketa mukaan käytännön tuotekehitystyössä.”*

(Garbagex 2015.)

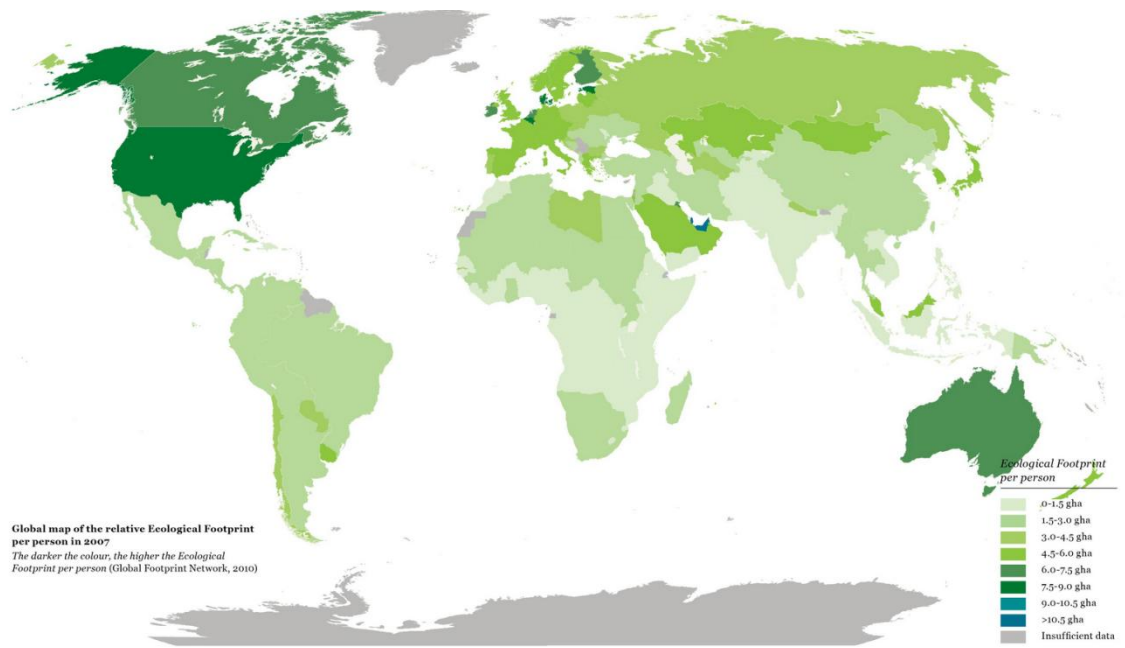


Kuva 4. Ekologinen selkäreppu ja tietokoneen näkymätön taakka kiloina. (Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production 2009.)

**Ekologisella jalanjäljellä** pystytään laskemaan se maa-ala, mitä tarvitaan kulu-  
tustavaroiden- ja palveluiden tuottamiseen sekä jätteiden ja päästöjen käsitte-  
lyyn. Mukaan luetaan hiilidioksidin sitomiseen tarvittava metsäala. Ekologinen  
jalanjälki pyrkii kertomaan, kuinka paljon ihmisen elämäntavat vaikuttavat maa-  
pallon kestävyyskykyyn. Jos resurssien kulutus ja jätteiden määrä ylittää maapallon  
kantavuuden, ihmiskunnan toiminta ei ole ekologisesti kestävä. (Luontoon  
2015.)

Jalanjälki voidaan laskea ihmisen, kotitalouden, tuotteen, organisaation tai jon-  
kin alueellisen yksikön tasolla. Ekologisen jalanjäljen ja luonnon kantavuuden  
suhdetta mitataan yksiköllä globaalihehtaaria henkeä kohti vuodessa eli GHA.  
Yksi GHA vastaa maan keskimääräistä ekologista tuottavuutta per hehtaari.  
(Jalajalg 2015.)

Ekologisen jalanjäljen keskiarvon ei tulisi ylittää 1,8 globaalihehtaaria (GHA)  
vuodessa. Suomessa tämä luku on 6,2 GHA/hlö, joka tarkoittaa sitä, että eläm-  
me vastuuttomasti ja tulevien sukupolven kustannuksella. Kuvassa 6 nähdään  
luonnonvarojen käyttö maittain asukasta kohden. (Jalajalg 2015.)



Kuva 5. Ekologinen jalanjälki eli luonnonvarojen käyttö maittain asukasta kohden vuonna 2010. (Suomen kuvanlehti 2010.)

### 3.5 Luonnonvarojen käyttö

Tilastokeskus kertoo, että materiatalous ei ole hiipunut, vaikka kansantalous on. Vuonna 2013 luonnonvaroja käytettiin suorina panoksina 4,7 prosenttia edellisvuotta enemmän. Esimerkiksi kaivoksista nostettiin metallimalmeja, teollisuusmineraaleja sekä hyötykiveä enemmän kuin koskaan. Maatalouden viljantuotanto kasvoi 11 prosenttia ja metsätalouden hakkuut 9 prosenttia. (Tilastokeskus 2015a.)

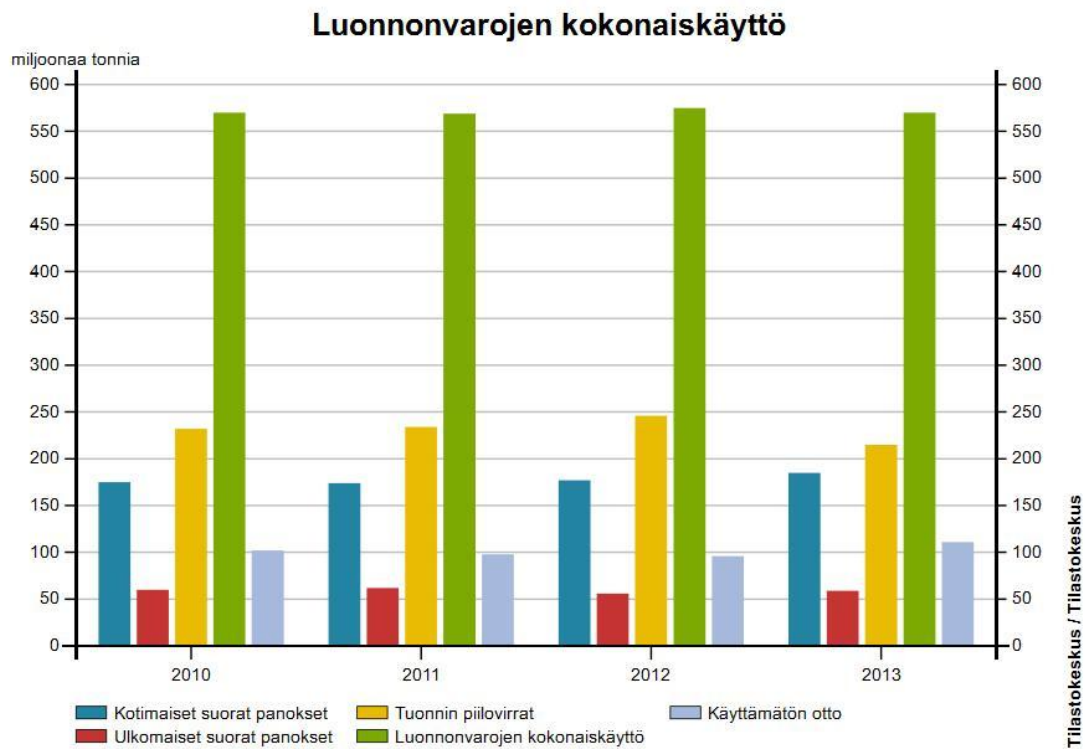
Kuvassa 7 on esitelty luonnonvarojen kokonaiskäyttö vuosina 2010–2013 ja taulukossa 1 on eritelty luonnonvarojen kokonaiskäyttö vuosina 2010–2013. ”Luonnonvarojen kokonaiskäyttö on koti- ja ulkomaisten suorien panosten ja piilovirtojen summa. Suorat panokset muodostavat siinä varsinaisen Suomen talouteen tulevan ainemäärän, ja yhdessä kotimaisten piilovirtojen kanssa kotimaan ympäristökuormituksen pohjana olevan ainemäärän. Lisättäessä näihin tuonnin piilovirrat eli taloutemme globaalin ekologisen ympäristökuormituksen saadaan luonnonvarojen kokonaiskäyttö kansantaloudessamme.” (Tilastokeskus 2015b.)



Taulukko 1. Luonnonvarojen kokonaiskäyttö eriteltynä vuosina 2010–2013. (Tilastokeskus 2015a.)

| Luonnonvarojen kokonaiskäyttö |                            |                            |                     |                               |                  |  |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|--|
|                               | Kotimaiset suorat panokset | Ulkomaiset suorat panokset | Tuonnin piilovirrat | Luonnonvarojen kokonaiskäyttö | Käyttämätön otto |  |
| 2010                          | 175                        | 60                         | 232                 | 570                           | 102              |  |
| 2011                          | 174                        | 62                         | 234                 | 569                           | 98               |  |
| 2012                          | 177                        | 56                         | 246                 | 575                           | 96               |  |
| 2013                          | 185                        | 59                         | 215                 | 570                           | 111              |  |

Yksikkö: miljoonaa tonnia  
Lähde: Tilastokeskus / Tilastokeskus



Kuva 6. Luonnonvarojen kokonaiskäyttö vuosina 2010–2013. (Tilastokeskus 2015a.)

## 4 PROSESSISSA SYNTYVÄT SIVUTUOTTEET

Prosessissa syntyvät sivutuotteet voivat olla aineita tai esineitä, jotka ovat olennainen osa tuotantoprosessia. Jotta sivutuote ei luokiteltaisi jätteeksi, tulee sen käyttö olla jatkossa varmaa. Sivutuote ei myöskään saa aiheuttaa haittaa ympäristölle tai ihmisen terveydelle.

### 4.1 Sivutuotteen määritelmä

Sivutuote on toissijainen tuote, joka syntyy tuotantoprosessissa päätuotteen valmistuksesta, mutta ei tahallisesti. Sivutuote ei ole jätettä, vaan se rinnastetaan tuotteeseen. Esimerkiksi ferrokromin valmistuksessa syntyvää kuonaa hyötykäytetään ja sillä korvataan luonnonvaroja mm. maarakentamisessa. Sivutuotetta koskevat tuotesääntelyn vaatimukset. Normaalisti syntyvien sivutuotteiden lisäksi sivutuotetta voi syntyä myös tuotannon häiriötilanteen aikana tai pitkän varastoinnin aikana, jolloin syntyy hajoamistuotteita. Myös kierrätyksestä kertyy sivutuotetta. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristöministeriö 2015.)

Hyötykäytettäviä sivutuotteita ovat mm. tuhkat, lietteet ja sakat, erilaiset hiekkamateriaalit sekä muut teollisuuden prosessijätteet. (Lassila-Tikanoja 2015.)

### 4.2 Jätelaki (646/2011)

Vuonna 2012 astui voimaan uusi jätelaki (646/2011), jossa jätteen määritelmää on täsmennetty apukäsitteiden avulla. Lain 5 §:n kohdassa jätteellä tarkoitetaan "ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä". (Jätelaki 17.6.2011/646 5 §.)

Laissa on määritelty milloin tietty aine tai esine ei ole jätettä tai milloin jäte tiettyjen toimenpiteiden jälkeen lakkaa olemasta jätettä. Jos jäte syntyy tuotantoprosessissa tahattomasti, jätelain 5 §:n mukaan kyseessä on **sivutuote**, ei jäte. Sivutuotteeksi luokiteltu aine tai esine tulee täyttää seuraavat kriteerit:

- aineen tai esineen jatkokäytöstä on varmuus;
- ainetta tai esinettä voidaan käyttää suoraan sellaisenaan tai sen jälkeen, kun sitä on muunnettu enintään tavanomaisen teollisen käytännön mukaisesti;
- aine tai esine syntyy tuotantoprosessin olennaisena osana; sekä
- aine tai esine täyttää sen suunniteltuun käyttöön liittyvät tuotetta sekä ympäristön- ja terveydensuojelua koskevat vaatimukset eikä sen käyttö kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

(Jätelaki 17.6.2011/646 5 §.)

Jätelain 5.4 §:n nojalla jätelajeista voidaan antaa tarkempia säännöksiä, milloin aine tai esine lakkaa olemasta jätettä ja ne ovat:

- se on läpikäynyt hyödyntämistoimen;
- sillä on käyttötarkoitus, johon sitä käytetään yleisesti;
- sillä on markkinat tai kysyntää;
- se täyttää käyttötarkoituksensa mukaiset tekniset vaatimukset ja on vastaaviin tuotteisiin sovellettavien säännösten mukainen; ja
- sen käyttö ei kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

(Jätelaki 17.6.2011/646 5 §.)

Sivutuote- ja jätelaki kriteeristöt säädetään EU-tasolla. Jätelain nojalla ympäristöluvan hallintopäätöksellä arvioidaan yksittäisiä tapauksia sivutuotteen määrittelyn täyttymisestä. Jätelain 5.4 §:n soveltaminen hallintopäätöksessä edellyttää aina EU:n tason jätelajikohtaisten kriteereiden vahvistamista ennen soveltamista. (Kauppakamari 2011.)

Jätelain 5.2 §:ssä mainitut kriteerit perustuvat Euroopan unionin tuomioistuimen ennakkoratkaisuihin ajalta ennen 1.5.2012. (Kauppakamari 2011.)

### 4.3 Teollinen tuotteistaminen

Jotta jätteitä voisi hyödyntää, tulevat jätteen tekniset ominaisuudet, niiden arvoaineet ja haitta-aineet sekä kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet tietää. Jätteen syntyhistorian tunteminen on myös tärkeää, koska silloin voidaan arvioida, pystytäänkö edellä mainittuihin ominaisuuksiin vaikuttamaan niiden syntyhetkellä tai ennen sitä. (Aalto-yliopisto 2012.)

**Jätteen teollinen tuotteistaminen** edellyttää ympäristölupaa. Jos halutaan laajamittainen hyödyntäminen, tarvitaan silloin ympäristövaikutusten arviointia (YVA). Useasti hyödynnettävät jätteet ovat kemikaaleja, joita koskevat kemikaalilainsäädännön velvoitteet. Jos jätteiden hyödyntämiseen liittyy räjähdysriski, silloin hyödyntämistä koskevat ATEX- säädökset. Kuvassa 8 on esitelty jätteen tuotteistaminen. (Linnunmaa Oy 2015.)

**Ympäristölupa** tarvitaan sellaiselle toiminnalle, josta aiheutuu ympäristölle pilaantumisen vaaraa. Luvan hakemiseen kannattaa varata riittävästi aikaa ja resursseja. Ympäristölupahakuun liittyy myös lupamääräyksiä, jotka toiminnanharjoittaja on otettava huomioon laitoksen suunnittelu- ja prosessi valinnoissa. Keskeisintä ympäristölupahakemuksissa on myös käyttö- ja päästö- sekä ympäristön tilan tarkkailusuunnitelmat. (Linnunmaa Oy 2015.)

**Ympäristövaikutusten arviointi (YVA)** koskee laajaa toimintaa harjoittavia laitoksia, joiden hankkeet ovat ympäristövaikutuksiltaan merkittäviä. Arvioinnin tarkoituksena on vaikuttaa hankkeen suunnitteluun ja päätöksentekoon keräämällä tietoa hankkeen ympäristövaikutuksista, toteuttamisvaihtoehdoista sekä haitallisten vaikutusten lieventämismahdollisuuksista. Myös kansalaisten voivat vaikuttaa osallistua ja vaikuttaa hankkeen suunnitteluun. (Linnunmaa 2015.)

**Laajamittainen käsittely** vie toiminnanharjoittajalta paljon resursseja ja edellyttää YVA-ohjelman ja selostuksen laatimista sekä lausunto- ja kuulemismenettelyä ja tiedottamista. YVA-hankkeen käsitteleminen kestää 6-12 kk. Arviointiohjelman ja arviointiselostuksen tekemiseen käytetään yleensä ulkopuolista apua. Prosessiin kuluu rahaa noin 10 000–100 000 euroa. Viranomaisen ei saa puuttua hankkeen päätöksentekoon ennen arvioinnin päättymistä. Ympäristöarvioinnin tarkoituksena on, että hankkeesta vastaava ja lupia myöntävä viranomaiset ovat ennakkoon selvillä hankkeen ympäristövaikutuksista. (Linnunmaa Oy 2015.)

Ympäristövaikutusten arviointia tarvitaan, jos kyseessä on:

*”muiden jätteiden kuin ongelmajätteiden fysikaalis- kemiallinen käsittelylaitos, jonka mitoitus on enemmän kuin 100 tonnia jätettä vuorokaudessa, sekä biologinen käsittelylaitos, joka on mitoitettu vähintään 20 000 tonnin vuotuiselle jätemäärälle.”* (Linnunmaa Oy 2015.)

Ympäristövaikutusten arvioinnissa ei ole kyse päätöksenteosta tai lupamenettelystä. Hankkeen toteuttamiseksi tulee hakea tarvittavat luvat erikseen, joissa käy ilmi, miten arviointiselostus tai siitä annettu yhteysviranomaisen lausunto on otettu huomioon. (Linnunmaa Oy 2015.)

**Vaarallisia kemikaaleja** tuotteistaessa toiminnanharjoittajalla on useita velvoitteita. Velvoitteet määräytyvät sen mukaan, kuinka isosta toiminnasta on kyse, miten vaarallisia kemikaalit ovat ja kuinka paljon niitä on. Vaarallisuuden määrittelyssä käytetään apuna laskettua suhdelukua. Suhdelukuun huomioidaan erikseen kolmelle eri vaararyhmälle:

1. terveydelle vaaralliset kemikaalit
2. ympäristölle vaaralliset kemikaalit
3. palo- ja räjähdysvaaralliset kemikaalit.

(Linnunmaa Oy 2015.)

Toiminnanharjoittaja tulee olla selvillä kemikaalien vaarallisista ominaisuuksista ja luokituksesta sekä kemikaalien käsittelyyn liittyvistä vaaroista. (Linnunmaa Oy 2015.)

### **Laajamittainen toiminta**

Ennen kuin toimeksiantaja aloittaa tuotantolaitoksen rakennustöitä, tulee haetuna olla laajamittaisentoiminnan lupa Turvallisuus- ja kemikaalivirastolta (TUKES). Kuukautta ennen tuotantolaitoksen käyttöönottoa on toiminnanharjoittajan ilmoitettava TUKESille, joka tekee laitokseen käyttöönotto tarkastuksen. TUKESin lupa tarvitaan myös olemassa olevalle laitokseen, joka rinnastetaan uuden laitoksen rakentamiseen. (Linnunmaa Oy 2015.)

*”Toiminnanharjoittajan velvollisuudet:*

- *laadi toimintaperiaateasiakirja, jos kemikaalimäärien perusteella lasketut suhdeluvut ylittävät annetut rajat (asetus 59/1999, liite 1)*
  - *kootaan laitoksessa noudatettavat periaatteet onnettomuuksien ehkäisemiseksi*
- *nimeä käytönvalvoja*
- *tee turvallisuus selvitys (raja: asetus 59/1999, liite 1 sarake 4)*
- *laadi räjähdyssuoja- asiakirja (ATEX)*
- *laadi pelastussuunnitelma tai suojelusuunnitelma*
- *tee ilmoitus vakavista kemikaalionnettomuuksista TUKESille.”*

(Linnunmaa Oy 2015.)

Lupahakemuksen laadinta vie aikaa muutaman kuukauden ja maksaa 2000–20 000 euroa. Viranomaisen perii maksun sekä luvasta että tarkastuksesta. (Linnunmaa Oy 2015.)

**Vähäisen toiminnan** harjoittajista vain osa on ilmoitusvelvollisia. Ilmoitus tulee tehdä alueen pelastusviranomaiselle, joka valvoo vaarallisten kemikaalien vä-

häistä käsittelyä ja varastointia. Kaikkia toimintaa koskee yleinen valvontavelvollisuus sekä velvollisuus noudattaa yleisiä turvallisuusvaatimuksia. (Linnunmaa Oy 2015.)

### **Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuus (ATEX)**

Jos sivutuotteiden hyödyntämiseen liittyy räjähdysvaara, on toiminnanharjoittajalla tiettyjä velvollisuuksia, jotka ovat:

1. *”räjähdysvaaran olemassaolon selvittäminen*
2. *räjähdysten estäminen ja suojautuminen*
3. *oikean laitteen valinta oikeaan tilaan*
4. *työntekijöiden perehdyttäminen*
5. *räjähdysuoja-asiakirjan laatiminen”*

(Linnunmaa Oy 2015.)

Räjähdyksivaarallisia tiloja ja sen laitteita koskee ATEX- lainsäädäntö. ATEX-säädökset koskevat:

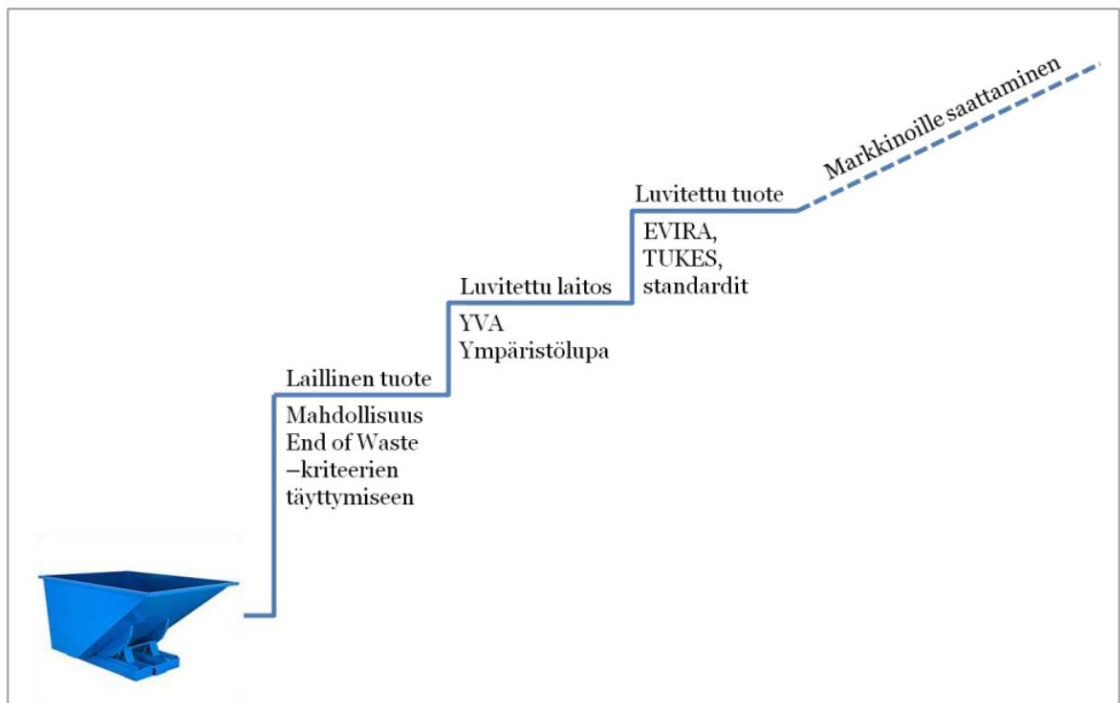
- *”työnantajia, joiden työntekijät voivat joutua alttiiksi palavista nesteistä, kaasuista tai pölyistä aiheutuvalle räjähdysvaaralle*
- *ihmisiä, jotka työskentelevät Ex- tiloissa ja rakentavat tai suunnittelevat Ex-tiloja”*

(Linnunmaa Oy 2015.)

ATEX-säätelyn laitteita ovat niitä, jotka ovat tarkoitettu käytettäväksi Ex-tiloissa. Laitteet on luokiteltu eri laiteluokkiin sen mukaan millaiseen tilaan laitteen voi sijoittaa. Toiminnanharjoittaja on vastuussa laitevalinnoista. (Linnunmaa Oy 2015.)

Ex-tiloilla pitää olla räjähdysuoja-asiakirja ja se tulee olla ajan tasalla. Räjähdysuoja-asiakirjassa esitetään vaaranarvioinnin tulokset sekä suojaustoimenpiteet. Lisäksi asiakirjassa esitetään räjähdys-vaarallisten tilojen luokittelu. Räjähdysuoja-asiakirja tulee laatia ennen toiminnan aloittamista. (Linnunmaa Oy 2015.)

Työsuojeluviranomaiset valvovat räjähdysvaarallisia kohteita osana työturvallisuuslainsäädännön valvontaa. TUKES valvoo räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuutta sekä lainsäädännön noudattamista pölyräjähdysten torjunnan osalta niissä laitoksissa, joissa vaarallisten kemikaalien käsittely on laaja-mittaista. Pelastusviranomaiset valvoo vähäistä käsittelyä. (Linnunmaa Oy 2015.)



Kuva 7. Jätteen tuotteistaminen. (Linnunmaa Oy 2015.)



## 5 FERROKROMITEHTAAN SIVUVIRTAJAKEET

Ferrokromitehtaan tuotantoprosessissa syntyy monenlaisia sivuvirtauksia. Työni käsittelee ja kohdentuu kiinteisiin sivujaevirtoihin, joita ei aiemmin ole koottu yhteen.

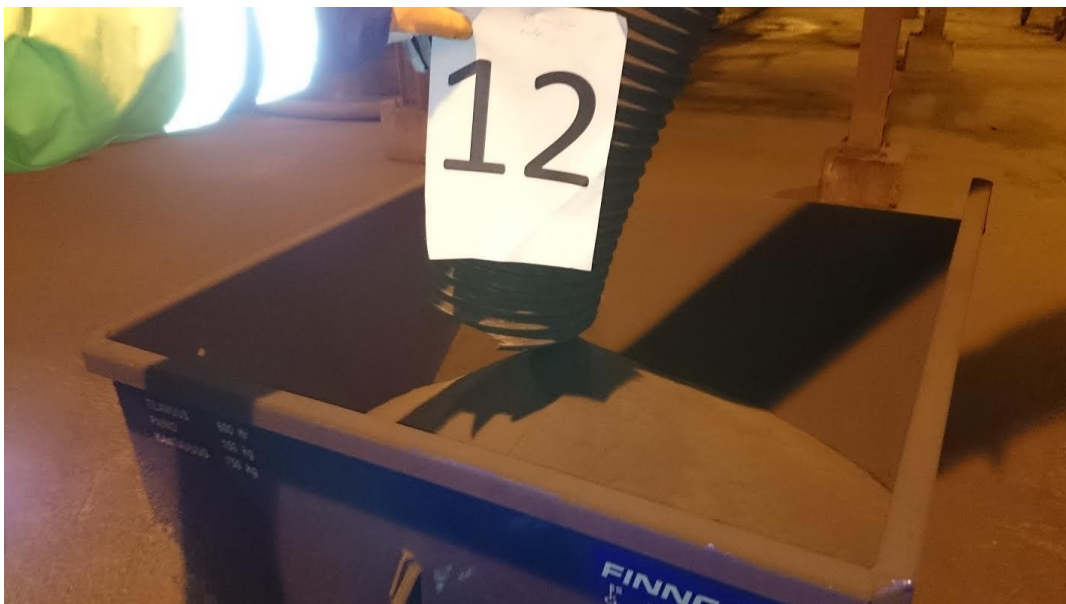
Työn alkuvaiheessa tutustuin ferrokromitehtaan prosessiympäristöön ja samalla selvitin työhöni kuuluvien sivuvirtajakeiden syntyapaikat, niiden sisällön sekä jakeiden loppusijoituspaikat. Työn edetessä osalle sivuvirtajakeista tehtiin tarvittavat taseajot sekä analysointi.

### 5.1 Määritetyt sivuvirtajakeet

Ferrokromitehtaalta löytyi 24 sivuvirtajaepistettä. Osa pisteistä näytti ulkopuolelta katsottuna samanlaisilta. Jotta sain kerättyä tarvittavat tiedot jouhevasti, kuvasin ja numeroin jokaisen jaepisteen. Kuva 8 on esimerkki tällaisesta toiminnasta.

Tämän työn yksi tärkeimmistä tehtävistä oli suunnitella pohja, josta voi paikantaa sivuvirtajaepisteet. Suunnittelemani pohja, eli layout, on liitteessä 1. 1(2). Layoutista näkee, missä kohtaa ferrokromitehdasta on mitään jaetta. Jokainen piste on numeroitu. Pohjaan kuuluu liite 1. 2(2), josta näkee, mitä jaetta layoutin numero sisältää ja mihin tuote loppusijoitetaan.

Jatkoa ajatellen ferrokromitehtaan sivuvirtajakeiden syntyapaikat olisi hyvä esimerkiksi numeroida myös pistekohtaisesti. Se helpottaisi sekä selkeyttäisi uusien henkilöiden sekä ulkopuolisten palveluntarjoajien työtä. Pisteiden numerointi ei kuulunut minun opinnäytetyöni sisältöön, eikä aikakaan olisi riittänyt sen toteuttamiseen.



Kuva 8. FeCr-tehtaan jaepisteiden numerointi ja tallentaminen.

## 5.2 Lähempään tarkasteluun valitut jakeet

Henkilökunnan avustamana valitsin seurantaan annostelu 1:n ja 2:n tilat, joiden lattiatilaan varisi syötettä hihnakuljettimista. Koksiasemalta valikoitu hienokoksi- ja koksipölykipot sekä sintraamolta lava, minne kerättiin kanaaleista kertyvää lietettä. Valitsin ko. jakeet seurantaan siksi, että saadaan todenmukainen tieto siitä, kuinka paljon jakeita kertyy. Aiemmin on vain arvioitu jakeiden määrää, mutta tarkempaa tietoa asiasta ei ole ollut saatavilla.

Koksiaseman hienokoksi- ja koksipölykippojen jakeiden kiertoa halusin seurata myös siksi, koska niillä on kaupallista arvoa. Koksiaseman henkilökunnan kanssa kävin keskusteluja aiheesta, ja valikoin nämä kaksi kippoa niiden perusteella.

Kanaalin lietteen otin mukaan siksi, koska toimeksiantaja ja minä halusimme tietää, mitä tuote sisältää ja voisiko sitä mahdollisesti hyötykäyttää jatkossa. Vuositasolla lietettä kertyy paljon, ja sen hyödyntäminen säästäisi ympäristöä ja toisi tehtaalle taloudellisia säästöjä.

Annostelujen tiloista on paljon ollut puhetta FeCr-tehtaan henkilökunnan keskuudessa. Kuinka paljon tuotetta kertyy ja mihin sitä voisi jatkossa hyödyntää? Nämä kysymykset tukivat päätöstäni ottaa tilat seurantaan.

Taseajot suoritettiin tammi-maaliskuun välisenä aikana. Ajojen aikana jakeita seurattiin kaksi viikkoa ja jokaisesta pisteestä otettiin näytteet, jotka toimitettiin Outokummun sisäiseen laboratorioon. Käytännön työ valmistui kokonaisuudessaan maaliskuun lopulla.

### 5.2.1 Annostelu 1

Annostelu 1:ssä on hihnakuuljetin, joka varistaa syötettä lattiatilaan. Jaetta kertyy henkilökunnan mukaan melkoisesti. Kuva 9 on otettu annostelu 1:n tilassa. Valitsin kohteen taseajoihin siksi, että saadaan realistinen kuva siitä, kuinka paljon tuotetta kertyy, ja voidaanko sitä mahdollisesti hyötykäyttää myöhemmin suoraan tai käsiteltynä. Tuote viedään tällä hetkellä laari 452:een, joka näkyy kuvassa 14.

Taseajo käynnistyi 3.2.2015 ja päättyi 16.2.2015. Yrityksen ulkopuolinen palveluntarjoaja huolehti annostelutilan tuotteen keräyksestä ja punnitsemisesta.

Annostelu 1:stä otettiin keräysnäyte, joka lähetettiin analysoitavaksi 18.2.2015. Analyysitulauksessa haluttiin saada selville seuraavien ainepitoisuudet: rikki (S), hiili (C), magnesiumoksidi (MgO), kvartsi (SiO<sub>2</sub>), alumiinioksidi (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), kalsiumoksidi (CaO), kromioksidi (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ja rautaoksidi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).



Kuva 9. Annostelu 1:n tilat.

#### 5.2.2 Annostelu 2

Annostelu 2:ssa oli sama ongelma kuin annostelu 1:ssä. Hihnakuljettimesta varisee lattiatilaan syötettä, jota syntyy paljon. Valitsin kohteen taseajoihin samoista syistä kuin annostelu 1:n, eli siksi, että saadaan selville, minkä verran tuotetta tulee ja voidaanko sitä jatkossa hyödyntää. Tuote menee tällä hetkellä suoraan annostelutilan lattialta laari nro 452:een, eikä sitä hyödynnetä mitenkään. Annostelu 2:n tila ja syötekasat näkee kuvasta 10.

Taseajo käynnistyi 4.2.2015 ja päättyi 17.2.2015. Yrityksen ulkopuolinen palveluntarjoaja huolehtii tuotteen keräyksestä ja punnitsemisesta.

Annostelu 2:sta otettiin keräysnäyte, joka lähetettiin tehtaan sisäiseen tutkimuskeskukseen analysoitavaksi 18.2.2015. Analyysitulauksessa haluttiin saada selville seuraavien ainepitoisuudet: rikki (S), hiili (C), magnesiumoksidi (MgO), kvartsi ( $\text{SiO}_2$ ), alumiinioksidi ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), kalsiumoksidi (CaO), kromioksidi ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) ja rautaoksidi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).



Kuva 10. Annostelu 2:n tilat.

### 5.2.3 Hienokoksi

Koksiaseman hienokoksi on kuivatun koksen alitetta. Hienokoksi kerätään kippoon, joka näkyy kuvassa 11. Pääsääntöisesti ylimääräinen jae palautetaan takaisin prosessiin, mutta tuotantohäiriöiden aikana jaetta tulee sen verran paljon, ettei sitä tilan puutteen vuoksi saada varastoitua myöhempää käyttöä varten. Tämän vuoksi se toimitetaan laariin nro 452:een, joka näkyy kuvassa 14. Hienokoksi on arvokasta ostettuna, joten sen säilyttäminen myöhempää käyttöä varten toisi FeCr-tehtaalle taloudellisia säästöjä.

Hienokoksin seuranta käynnistyi 12.3.2015 ja päättyi 25.3.2015. Yrityksen ulkopuolinen palveluntarjoaja huolehti hienokoksikipon tyhjennyksestä.

Analysoitavaksi hienokoksinäyte lähetettiin 18.2.2015. Analyysitulauksessa haettiin saada selville seuraavien ainepitoisuudet: hiili (C) sekä rikki (S).



Kuva 11. Koksiaseman hienokoksikippo.

#### 5.2.4 Koksipöly

Koksiaseman tuotantoprosessissa syntyy sivuvirtana koksipölyä, joka on kuivauskaasun kiintoainetta. Kipon vetoisuus on 3–4 tonnia, ja se on kuvattuna kuvassa 12. Tuote palautetaan normaalisti takaisin prosessiin, mutta toisinaan tulee tuotannollisia häiriöitä, jolloin jätettä syntyy tarvetta enemmän. Ylimääräinen jae viedään laari nro 452:een, koska tehdasalueella ei ole sille tarkoitukseenmukaista varastointipaikkaa.

Koksipölyn seuranta käynnistyi 12.3.2015 ja päättyi 25.3.2015. Yrityksen ulkopuolinen palveluntarjoaja huolehti hienokoksikipon tyhjennyksestä.

Koksipölynäyte lähetettiin 18.2.2015 analysoitavaksi. Analyysitulauksessa haluttiin saada selville seuraavien ainepitoisuudet: hiili (C) sekä rikki (S).



Kuva 12. Koksiaseman koksipölykippo.

#### 5.2.5 Kanaalin liete

Kanaalin liete muodostuu sintraamo 2 ja 3 pellettien pölystä ja rikasteesta sekä pesuvesien kiintoaineista. Kuvassa 13 bobcat kerää kanaalista lietettä vaihtolavaan. Vaihtolavalta tuote kuljetetaan tehtaan tunturijärveen, joka toimii tuotteen välivarastona. Välivaraston tarkoituksena on kuivattaa itse tuote. Valitsin kanaalin lietteen taseajoon ja analysointiin siksi, että saadaan tietää, kuinka paljon tuotetta kertyy, mitä se sisältää ja voidaanko sitä jatkossa hyötykäyttää.

Kanaalien tyhjennystä seurattiin kaksi viikkoa, ajalla 7.2.- 20.2.2015. Lavan tyhjennyksen ja punnituksen järjesti ja huolehti sintraamon päivämestari.

Lietteestä otettiin näyte, joka lähetettiin tehtaan sisäiseen tutkimuskeskukseen analysoitavaksi 24.2.2015. Analyysitulauksessa haluttiin saada selville seuraavien ainepitoisuudet: rikki (S), hiili (C), magnesiumoksidi (MgO), kvartsi (SiO<sub>2</sub>), alumiinioksidi (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), kalsiumoksidi (CaO), kromioksidi (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ja rautaoksidi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).



Kuva 13. Bobcat tyhjentämässä kanaalia lietteestä.



Kuva 14. Laari 452, joka siirtyi opinnäytetyöni aikana sintraamo 3 eteläpäähän.



## 6 TULOSTEN KÄSITTELY

Taseajoihin valituista jakeista tuli analyysitulokset 6.3.2015 ja taseajojen painot sain 3.2.–25.3.2015 välisenä aikana. Analyysitulokset ovat liitteenä.

### 6.1 Annostelu 1 & 2

Analyysituloksissa oli oletettavaa, että annostelu 1 ja 2 jakeet olisivat toisensa kaltaiset. Tuloksista kuitenkin selviää, että annostelu 1:ssä on kvartsipölyä enemmän ja annostelu 2:ssa koksipölyä enemmän. Syynä eroavuuteen voi olla näytteenotto eli mistä kohdasta näytteet on kerätty.

Annostelu 1 ja 2 jakeita seurattiin kaksi viikkoa. Taulukossa 2 on annostelu 1 paino ja taulukossa 3 annostelu 2 paino.

Taulukko 2. Annostelu 1 taseajon paino.

| <b><i>Annostelu 1</i></b> | <b><i>aloitus pvm.</i></b> | <b><i>tyhjennys pvm.</i></b> | <b><i>t</i></b>    |
|---------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------|
| Syöte                     | 3.2.2015                   | 16.2.2015                    | 3,22               |
| <b><i>yhteensä</i></b>    |                            |                              | <b><i>3,22</i></b> |

Taulukko 3. Annostelu 2 taseajon paino.

| <b><i>Annostelu 2</i></b> | <b><i>aloitus pvm.</i></b> | <b><i>tyhjennys pvm.</i></b> | <b><i>t</i></b>    |
|---------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------|
| Syöte                     | 4.2.2015                   | 17.2.2015                    | 8,12               |
| <b><i>yhteensä</i></b>    |                            |                              | <b><i>8,12</i></b> |

Vuositasolla syötettä kertyy annostelu 1:ssä arviolta noin 84 t ja annostelu 2:ssa noin 211 tonnia. Jaetta ei hyödynnetä tällä hetkellä mitenkään, vaan tuote loppusijoitetaan tehtaan sisäiselle kaatopaikalle.

Jatkossa tuotteita voisi hyödyntää pienissä määrissä (esim. 0,5 %) märkäjauha- tuksen hienorikasteen seassa. Jatkuva syöttö takaisi sen, ettei tulisi vaihteluja

eikä se näkyisi pelletointien laadussa. Tämä toisi taloudellisia säästöjä raaka-aine- ja jätemaksuissa.

## 6.2 Hienokoksi

Analyysitulokset kertovat, että hienokoksissa on paljon kemiallista energiaa, jota voisi käyttää esim. polttoaineena. Ylimääräinen tuote pystyttäisiin jatkossa käyttämään tuotantoprosessissa, esimerkiksi lisäämällä sitä märkäjauhatukseen.

Kahden viikon taseajon paino löytyy taulukosta 4.

Taulukko 4. Koksiaseman hienokoksin taseajon paino.

| <i>Koksiasema</i> | <i>aloitus pvm.</i> | <i>tyhjennys pvm.</i> | <i>t</i>     |
|-------------------|---------------------|-----------------------|--------------|
| <b>Hienokoksi</b> | 12.3.2015           | 25.3.2015             | 36,25        |
| <b>yhteensä</b>   |                     |                       | <b>36,25</b> |

Vuositasolla tämä merkitsee sitä, että jaetta syntyy arviolta noin 943 tonnia, mikä on suuri määrä. Taseajon aikana tuli tuotantohäiriö, mikä osaltaan vääristää vuosiarviota.

Jos tuote halutaan jatkossa varastoida myöhempää käyttöä varten, esim. kontteja käyttämällä, tulisi niissä olla ilmatiivistetty puhallus, jotta tuote ei pääsisi leviämään ympäristöön. Uskon, että tuotteen varastoiminen toisi ferrokromitehtaalte taloudellisia säästöjä, koska vastaavaa tuotetta joudutaan joka tapauksessa ostamaan ulkopuoliselta palveluntarjoajalta. Myös jätekustannuksissa säästettäisiin.

## 6.3 Koksipöly

Koksipölyn analyysitulokset kertovat samaan kuin hienokoksin näytetulokset. Tuotteessa on paljon energiaa esim. polttoaineeksi.

Tuotetta seurattiin taseajon aikana kaksi viikkoa ja tulokset ovat taulukossa 5.

Taulukko 5. Koksiaseman koksipölyn taseajon paino.

| <i>Koksiasema</i> | <i>aloitus pvm.</i> | <i>tyhjennys pvm.</i> | <i>t</i>    |
|-------------------|---------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Koksipöly</b>  | 12.3.2015           | 25.3.2015             | 3,75        |
| <b>yhteensä</b>   |                     |                       | <b>3,75</b> |

Vuositasolla koksipölyä kertyy noin 98 tonnia, jos tuotanto on tasaista eikä tuotantohäiriöitä tule.

Koksipölyä voisi jatkossa käyttää ferrokromitehtaan prosessissa esim. lisäämällä tuotetta pelletointiseokseen. Jos ylimääräinen tuote halutaan varastoida, tulee tilassa olla ilmatiivistetty puhallus. Tuotteen varastointi toisi FeCr-tehtaalle taloudellisia säästöjä mm. jätekustannuksissa.

#### 6.4 Kanaalin liete

Koostumukseltaan kanaalin liete vastaa hienorikastetta / pelletointiseosta. Taseajon aikana tuotetta seurattiin kaksi viikkoa ja tulokset ovat taulukossa 6.

Taulukko 6. Sintraamo 2 &amp; 3 kanaalin lietteen taseajon paino.

| <i>Sitraamo 2 &amp; 3</i> | <i>aloitus pvm.</i> | <i>tyhjennys pvm.</i> | <i>t</i>     |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|--------------|
| <b>Kanaalin liete</b>     | 7.2.2015            | 11.2.2015             | 14,50        |
|                           | 11.2.2015           | 20.2.2015             | 39,68        |
| <b>yhteensä</b>           |                     |                       | <b>54,18</b> |

Määrä on iso ja vuositasolla se tekisi arviolta noin 1409 tonnia.

Tuotetta ei hyödynnetä tällä hetkellä mitenkään. Jatkossa lietettä voisi käyttää esim. maapohjan sulkumateriaalina ja kaatopaikan rakenteisiin, jos tuotteen karkeus on käyttötarkoitukseen sopiva. Tällä hetkellä tuotteelle ei löydy muuta taloudellisesti järkevää hyödyntämiskohdetta.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön aihe oli hyvin haastava mutta mielenkiintoinen. Minulla ei ollut aiempaa kokemusta tekniseltä alalta. Tornion ferrokromitehdas on levittäytynyt laajalla alueella Outokumpu Tornio Worksia ja sen prosesseja on useita. Aluksi oli hyvin vaikea hahmottaa, missä päin tehdasta ja millä prosessialueella liikuin.

Opinnäytetyön yksi tärkeimmistä töistä oli sivuvirtajaepisteiden syntypaikkojen paikallistaminen. Pisteiden paikallistaminen sekä kirjaaminen tuntuivat välillä ylipääsemättömiltä. Uskon, että syntypaikkojen hajanainen sijainti tekivät työskentelystä vaativampaa. Opinnäytetyöhön liittyen oli paljon asioita, mitä tuli selvittää ennen kuin pääsin itse käytännön työhön kiinni. Halua ja intoa olisi ollut syvempäänkin tutkimiseen ja oppimiseen, mutta aika tuli vastaan. Aihe oli opinnäytetyön laajuuteen verrattuna ehkä liian laaja. Se kostautui siten, että en ehtinyt perehtymään syvällisimmin aiheeni osa-alueisiin vaan moni asia jäi pinta-raapaisu asteelle.

Sain tehtyä sivuvirtajakeista layoutin, jota voi käyttää ferrokromitehtaalla hyödyksi jatkossa. Taseajojen tuloksista tein yhteenvedon. Arvioin myös taseajossa mukana olleiden jakeiden hyötykäyttöpotentiaalia.

Ferrokromitehtaalla on monta sivuvirtajaepistettä, joiden sisältö loppusijoitetaan tehdasalueen kaatopaikalle. Tutkittua asiaa huomasin, että moni näistä tuotteista voitaisiin käyttää suoraan takaisin prosessiin, ilman minkäänlaisia käsittelyjä. Ainoa, mitä tarvittaisiin, olisivat asianmukaiset varastointitilat. Luulen, että tilat järjestyisivät, jos jakeet ja tuotteet organisoitaisiin ja optimoitaisiin uudelleen. Tässä voisi olla kyse isoistakin rahoista, sillä monia näitä tuotteita ostetaan tehtaasta ulkopuolelta. Tavallaan tässä tehdään asioita väärällä tavalla eli toimintamallissa olisi parantamisen varaa.

Jakeet, jotka eivät olleet taseajoissa mukana, olisi hyvä tutkia ja määrittää. Ensimmäkin saataisiin kokonaisvaltainen kuva siitä, kuinka paljon tuotteita menee muualle kuin prosessiin. Tätä kautta voitaisiin miettiä, mitkä tuotteet olisi järke-

vää kierrättää takaisin prosessiin ja mihin ne olisivat sijoitettavissa. Jos prosessissa ei löytyisi hyödyntämiskohdetta, voisiko tuotetta myydä tehtaan ulkopuolelle? Myös taloudellisesta näkökulmasta asiaa kannattaisi tarkastella. Kuinka paljon jakeiden hyödyntäminen toisi säästöä FeCr-tehtaalle? Kaiken tämän takana on ajatus siitä, että saataisiin ferrokromitehtaan materiaalitehokkuus nousemaan entisestään ja luonnonvarojen hyödyntäminen puolestaan laskemaan.

## LÄHTEET

Aalto-yliopisto 2012. Teollisuuden sivuvirrat ja niiden hyödyntäminen symbioosituotteina. Viitattu 10.3.2015.

<[http://www.kainuunetu.fi/UserFiles/d763e312-4069-4815-82bd-f6886b1871ca/Web/Kivi%20ja%20kaivos/Min-Novation/Teollisuuden%20sivuvirrat\\_Olli%20Dahl%20271112.pdf](http://www.kainuunetu.fi/UserFiles/d763e312-4069-4815-82bd-f6886b1871ca/Web/Kivi%20ja%20kaivos/Min-Novation/Teollisuuden%20sivuvirrat_Olli%20Dahl%20271112.pdf)>

Elinkeinoelämän keskusliitto 2008. Materiaalitehokas toiminta säästää luontoa ja rahaa. Viitattu 17.2.2015.

<[http://pda.ek.fi/www/fi/tutkimukset\\_julkaisut/2008/materiaalitehokkuus\\_WEB.pdf](http://pda.ek.fi/www/fi/tutkimukset_julkaisut/2008/materiaalitehokkuus_WEB.pdf)>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristöministeriö 2013. Jätelain muutokset ja tulkinat. Viitattu 18.2.2015.

<[https://www.elykeskus.fi/documents/10191/1933438/hamely\\_jatelain\\_muutokset\\_ja\\_tulkinnat\\_2013-11-27/1418a94a-d785-40b8-b92a-d607703dc4e6](https://www.elykeskus.fi/documents/10191/1933438/hamely_jatelain_muutokset_ja_tulkinnat_2013-11-27/1418a94a-d785-40b8-b92a-d607703dc4e6)>

Garbagex 2011. Jätteiden synnyn ehkäisy. Viitattu 16.2.2015.

<[http://www.garbagex.net/01\\_jatehuollon\\_ohjaus/04\\_00\\_tulostus.html](http://www.garbagex.net/01_jatehuollon_ohjaus/04_00_tulostus.html)>

Ilmasto-opas 2015. Materiaalitehokkuus. Viitattu 28.1.2015.

<<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/38393e35-469e-4b53-8a31-15fbeb897c/materiaalitehokkuus.html>>

Jalajalg 2015. Ekologinen jalanjälki. Viitattu 16.2.2015.

<<http://jalajalg.positium.ee/?lang=FI>>

Jätelaki 646/2011.

<<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>>

Kauppakamari 2011. Jätteen määritelmä uudessa jätelaissa. Viitattu 20.2.2015.

<<http://jasentiedote.chamber.fi/index.php/jasentiedote/Lakiasiat/Jaetteen-maeeritelmae-uudessa-jaetelaissa>>

Lassila ja Tikanoja 2015. Teollisuuden sivutuotteiden ja jätteiden hyötykäyttö. Viitattu 18.2.2015.

<<http://www.lassila-tikanoja.fi/palvelut/ymparistorakentaminen/Sivut/Teollisuuden-sivutuotteiden-ja-jatteiden-hyotykaytto.aspx>>

Linnunmaa Oy 2011. Metsäteollisuuden sivutuote- ja jätevirrat teollisena raaka-aineena – lait ja määräykset. Viitattu 3.3.2015.

<<http://www.linnunmaa.fi/binary/file/-/id/40/fid/200/>>

Luontoon 2015. Ympäristövaikutusten mittarit. Viitattu 16.2.2015.

<<http://www.luontoon.fi/retkeilynabc/ymparistovinkit/ymparistovaikutustenmittarit>>

Metla 2011a. Materiaalitehokkuus. Viitattu 28.1.2015.

<<http://www.metla.fi/hanke/7464/pdf/Materiaalitehokkuus-julkaisu-150312.pdf>>

Metla 2011b. Materiaalitehokkuus. Viitattu 2.2.2015.

<<http://www.metla.fi/hanke/7464/pdf/Materiaalitehokkuus-julkaisu-150312.pdf>>

Motiva 2013a. Terästeollisuuden kuonatuotteet. Viitattu 13.2.2015.

<[http://www.Terastemotiva.fi/files/8207/Terasteollisuuden\\_kuonatuotteet.pdf](http://www.Terastemotiva.fi/files/8207/Terasteollisuuden_kuonatuotteet.pdf)>

Motiva 2013b. Energiakatselmusmallit. Viitattu 13.2.2015.

<[http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem\\_n\\_tukemat\\_energiakatselmukset/energiakatselmusmallit](http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/energiakatselmusmallit)>

Outokumpu 2015a. Ruostumaton teräs. Viitattu 8.1.2015.

<<http://www.outokumpu.com/fi/ruostumaton-teras/Sivut/default.aspx>>

Outokumpu 2015b. Sisäinen julkaisu: Pohjoinen näyttää suuntaa. Viitattu 8.1.2015.

Outokumpu 2015c. Sisäinen O´net. Viitattu 8.1.2015.

Outokumpu 2015d. Outokumpu Tornion tehtaat ja Kemin kaivos. Viitattu 8.1.2015.

< <http://www.outokumpu.com/fi/tyopaikat/tyoskentely-outokummussa%E2%80%8B/tyoskentely-torniossa/Sivut/default.aspx>>

Outokumpu 2014e. Tuotantoprosessi Torniossa ja Kemin kaivoksella. Viitattu 22.12.2014.

<[http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Tornio\\_animaatio\\_printiversio.pdf](http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Tornio_animaatio_printiversio.pdf)>

Outokumpu 2015f. Sisäinen julkaisu: Pohjoinen näyttää suuntaa. Viitattu 8.1.2015.

Peda 2013. Ekologinen jalanjälki. Viitattu 10.2.2015.

<[http://peda.net/veraja/kuopio/kallavedenlukio/keke/ekologinen\\_jalanjalki/2](http://peda.net/veraja/kuopio/kallavedenlukio/keke/ekologinen_jalanjalki/2)>

Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production 2009.

Ekologinen selkäreppu ja kestävä elämäntapa. Viitattu 15.2.2015.

<<http://www.slideshare.net/Onedidit/ekologinen-selkreppu-ja-kestv-elmntapa>>

Suomen kuvalehti 2010. Täällä luonnonvaroja tuhlataan eniten. Viitattu 22.2.2015.

<<http://suomenkuvalehti.fi/jutut/ulkomaat/wwfn-uusin-syntilista-julki-taalla-luonnonvaroja-tuhlataan-eniten/>>



Suomen luonnonsuojeluliitto. Mikä MIPS?. Viitattu 10.2.2015.

<<http://www.sll.fi/mita-me-teemme/tuotanto-ja-kulutus/mips/ekologinen-selkareppu>>

Taloussanommat 2015. Outokumpu Chrome Oy. Viitattu 4.2.2015.

< <http://yritys.taloussanommat.fi/y/outokumpu-chrome-oy/tornio/0772768-3/>>

Teknologiateollisuus 2010. Energiasäästöä energiatehokkaalla tuotantoketjulla. Viitattu 2.2.2015.

<[https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file\\_attachments/elinkeinopoliittika\\_kestava\\_kehitys\\_yritysesimerkit\\_outokumpu2.pdf](https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/elinkeinopoliittika_kestava_kehitys_yritysesimerkit_outokumpu2.pdf)>

Tilastokeskus 2015a. Kansantalouden materiaalivirrat. Viitattu 17.2.2015.

<[http://193.166.171.75/Dialog/varval.asp?ma=010\\_kanma\\_tau\\_101&ti=Luonnonvarojen+kokonaisk%E4ytt%F6&path=../Database/StatFin/ymp/kanma/&lang=3&multilang=fi](http://193.166.171.75/Dialog/varval.asp?ma=010_kanma_tau_101&ti=Luonnonvarojen+kokonaisk%E4ytt%F6&path=../Database/StatFin/ymp/kanma/&lang=3&multilang=fi)>

Tilastokeskus 2015b. Käsitelmät ja määritelmät. Viitattu 17.2.2015.

<<http://tilastokeskus.fi/til/kanma/kas.html>>

YBT Oy 2015. Outokummun kuva. Viitattu 24.4.2015.

<<http://www.ybt.fi/referenssit.php?ref=101>>

Suomen ympäristökeskus SYKE 2014. Materiaalitehokkuus. Viitattu 5.2.2015.

<[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Resurssitehokkuus/Materiaalitehokkuus](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Resurssitehokkuus/Materiaalitehokkuus)>

YBT Oy. Outokumpu. Viitattu 20.4.2015.

< <http://www.ybt.fi/referenssit.php?ref=101>>

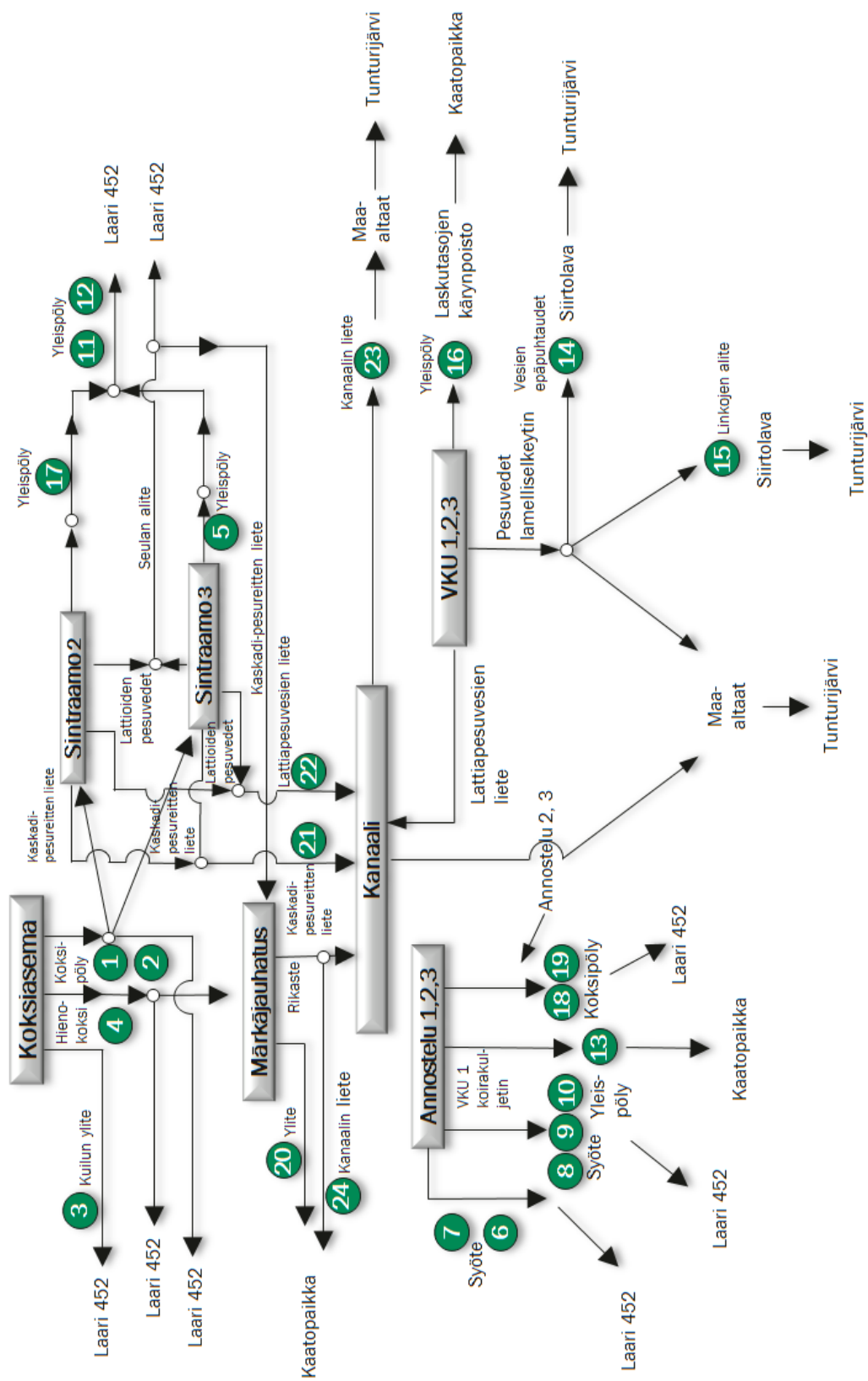
## LIITTEET

Liite 1. 1(2) Ferrokromitehtaan sivujakeiden layout

Liite 1. 2(2) Ferrokromitehtaan layoutin selitteet

Liite 2. 1(2) Sivuvirtajakeiden analyysitulokset (salattu)

Liite 2. 2(2) Sivuvirtajakeiden analyysitulokset (salattu)



| nro | sisältö   | sijainti                                  | loppusijoitus      | nro | sisältö   | sijainti                  | loppusijoitus         |
|-----|---|---|--------------------|-----|---|---------------------------|-----------------------|
| 1   | koksipöly   | ulkona, 3-4 t kippo                       | prosessi           | 13  | pelletti, kvartsi, palarikaste, koksi                                   | ulkotila, 'koirakuljetin' | kaatopaikka           |
| 2   | koksipöly   | ulkona, 3-4 t kippo                       | laari 452          | 14  | vesien epäpuhtaudet   | siirtolava sisätiloissa   | tunturijärvi          |
| 3   | kuilun ylitettä (koksi)                                       | laari ulkona                              | prosessi/laari 452 | 15  | liete   | linkojen alite            | tunturijärvi          |
| 4   | hienokoksia   | sisätila, 3-4 t kippo                     | prosessi/laari 452 | 16  | yleispöly   | kärynpöisto               | kaatopaikka           |
| 5   | sintraamon yleispöly  | ulkona, 3-4 t kippo                       | laari 452          | 17  | pellettien pöly   | sisätila, 1 t kippo       | laari 452             |
| 6   | syöte (rikastepöly, koksipöly, pellettien pöly, kvartsi-pöly) | annostelu 1, hihnakuljettimen alta (3,22) | laari 452          | 18  | koksipöly   | ulkona, 3-4 t kippo       | laari 452             |
| 7   | syöte = rikastepöly, koksipöly, pellettien pöly, kvartsi-pöly | annostelu 2, hihnakuljettimen alta (6,33) | laari 452          | 19  | koksipöly   | ulkona, 3-4 t kippo       | laari 452             |
| 8   | yleispöly   | annostelu 2, ulkotila                     | laari 452          | 20  | ylite   | märkäjauhatus, sisätila   | kaatopaikka           |
| 9   | yleispöly   | pölynpoisto, VKU 1 annostelu,             | laari 452          | 21  | pesureilla tuleva liete   | sisätila                  | kanaali, tunturijärvi |
| 10  | yleispöly + koksipöly   | ulkona 2 kippoa                           | laari 452          | 22  | lattiapesuvesien liete  | sisätila                  | kanaali, tunturijärvi |
| 11  | pellettien yleispöly  | ulkona, 3-4 t kippo                       | laari 452          | 23  | kanaalin liete (pellettien pölyä, rikastetta, pesuvesien kiintoaineita) | sintraamo, vaihtolava     | tunturijärvi          |
| 12  | pellettien yleispöly  | sisätila, 3-4 t kippo                     | laari 452          | 24  | kanaalin liete (rikastetta ja koksia)                                   | märkäjauhatus, vaihtolava | kaatopaikka           |