



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# TEOLLISUUDEN SIVUVIRTOJEN HYÖTYKÄYTTÖ

Murskaininvestoinnin kannattavuus

TEKIJÄ: Pilvi Konttila

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Pilvi Konttila			
Työn nimi Teollisuuden sivuvirtojen hyötykäyttö: investoinnin kannattavuus			
Päiväys	25.1.2018	Sivumäärä/Liitteet	41/2
Ohjaaja(t) Pertti Varis, lehtori, Savonia-ammattikorkeakoulu			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Erkki Salminen Oy			
Tiivistelmä <p>Tässä insinöörityössä tavoitteena oli määrittää ympäristöhuoltoyritykselle vaihtoehdot, jotka mahdollistavat paperikonekudoksen käsittelyn laitoksella. Investointilaskelmien kautta pyrittiin selvittämään, onko yrityksen kannattavaa investoida murskaimeen, jolla paperikonekudosta voidaan pienentää, vai osoittautuuko investointi vain nykyisen kierrätyspolttoaineen valmistukseen edullisemmaksi.</p> <p>Käsittelymahdollisuuksia kartoitettiin tutkimalla materiaalin ominaisuuksia ja arvioimalla laitoksen nykyisen laitteiston kykyä käsitellä tuotetta. Materiaalin käsittelyyn pyrittiin löytämään ratkaisuja ottaen huomioon laitoksen asettamat haasteet sekä vaihtoehtojen kannattavuus.</p> <p>Murskaininvestoinnin tutkinnan ohella työssä analysoitiin paperikonekudoksen uusiokäyttömahdollisuuksia liittyen yrityksen tavoitteisiin sekä tuotannon lähtökohtiin.</p> <p>Työn perusteella löydettiin ja rajattiin parhaita hankintavaihtoehtoja, joiden pohjalta suoritettiin kannattavuuteen ja hankintaan liittyvien riskien arviointi, jossa todettiin lopputarkasteluun otettujen murskaimien hankinnan olevan kannattavaa. Selvitys toimii päätöksenteon apuvälineenä yrityksen johtoportaalle.</p>			
Avainsanat Kestävä kehitys, paperikonekudos, teollisuuden sivuvirta, uusiokäyttö, murskain, investoinnin kannattavuus, kierrätyspolttoaine			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Pilvi Konttila			
Title of Thesis Benefit utilization of industrial branch currents: Feasibility Study of Industrial shredder Investment			
Date	25 January 2018	Pages/Appendices	41/2
Supervisor(s) Mr Pertti Varis, Lector, Savonia University of applied sciences			
Client Organisation /Partners Erkki Salminen Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis is to identify investment alternatives for the environmental management company, which enable the processing of plastic screen at the company facilities. The investment calculations are used to determine whether the company should invest in an industrial shredder that can be used for size reduction of the plastic screen or whether the investment should only be made to renew the current machinery for recovered fuel handling.</p> <p>The processing possibilities were mapped by examining the properties of the material and by evaluating the current equipment's ability to handle the product. Solutions for handling the material were formed and developed further, taking into account the challenges posed by the plant and the profitability of the alternatives. In addition to the shredder investment, the reuse possibilities of the material related to the goals of the company and the starting points of production were searched and analysed.</p> <p>The best purchasing options were discovered and narrowed down based on the assessment of the profitability and procurement risks, which concluded that the purchase of the shredders taken for consideration was profitable. This report serves as a decision-making tool for the company's management.</p>			
<p>Keywords Sustainable development, plastic screen, industrial branch current, reuse, shredder, investment profitability, Recovered fuel</p>			

## SISÄLTÖ

KÄSITE- JA LYHENNELUETTELO .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 YRITYS.....	8
2.1 Arvot.....	8
2.2 Tavoitteet.....	8
2.3 Laatujärjestelmä ja standardit.....	8
3 MURSKAUS .....	10
3.1 Toimintaperiaate.....	10
3.2 Murskaintyytit .....	11
3.2.1 Vasaramurskain .....	11
3.2.2 Kaksiakselinen ja neliakselinen murskain .....	11
3.2.3 Yksiakselinen murskain.....	12
4 KIERRÄTYSPOLTTOAINE .....	14
4.1 Muovilaadut.....	15
4.1.1 Polyamidit (PA) .....	15
4.1.2 Polyeteeni (PE) .....	15
4.1.3 Polyeteenitereftelaatti (PET) .....	15
4.1.4 Polyvinyylikloridi (PVC) .....	15
4.1.5 Polypropeeni (PP) .....	16
4.1.6 Polystyreeni (PS).....	16
4.2 Käsittelymahdollisuudet.....	16
5 PAPERIKONEKUDOKSET.....	17
5.1 Kuivaviira .....	17
5.2 Märkäviira .....	18
5.3 Puristinhuopa .....	18
6 SOPIVAN INVESTOINTIVAIHTOEHDON VALINTA YRITYKSELLE.....	19
6.1 Nykytilanne .....	19
6.2 Valintakriteerit ja vaatimukset.....	19
6.3 Haasteet .....	19
6.3.1 Murskain .....	19
6.3.2 Materiaali .....	20

6.4	Analysointi.....	21
6.4.1	Viirakankaan jatkosijoitus .....	21
6.4.2	Puristinhuopa.....	22
6.4.3	Vain REF käsittely .....	22
6.4.4	Pienitehoinen murskain .....	22
6.5	Ratkaisut.....	23
6.6	käsittelyvertailu.....	24
7	INVESTOINTILASKELMAT.....	26
7.1	Lähtöarvot.....	27
7.2	Kustannusten määrittely.....	28
8	INVESTOINNIN KANNATTAVUUS .....	29
8.1	Lähtöarvojen määrittäminen .....	29
8.2	Nykyarvo.....	31
8.3	Investoinnin takaisinmaksuaika.....	31
8.4	Sisäinen korko .....	32
8.5	Herkkyysanalyysi .....	32
9	MURSKAINVERTAILU .....	34
10	RISKIANALYYSI.....	35
11	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	37
12	LÄHTEET .....	38
	LIITE 1: DISKONTTAUSTAULUKKO .....	39
	LIITE 2: YLEISTEN MUOVILAATUJEN MERKINTÄTAULUKKO.....	40

## KÄSITE- JA LYHENNELUETTELO

BAT (Paras käyttökelpoinen tekniikka) = ympäristölle ystävällisimmät tekniikat ja työskentelytavat, joita on mahdollista käyttää tiettyyn toimintaan.

REF (Recovered fuel) = jätteestä valmistettu kierrätyspolttoaine. Valmistuksessa energiaksi sopiva jäte murskataan polttotekniikalle soveltuvaan palakokoon.

IRR (Internal rate of return) = Sisäinen korko

Energiapoltto = Jätteen käsittely polttolaitoksessa, jolloin esimerkiksi kierrätyspolttoaineesta saatava energia kerätään ja hyödynnetään. Kts. hyötykäyttö

Hyötykäyttö = Kierrätyksen muoto, jossa muovijätteet poltetaan, jolloin muovien sisältämä sidosenergia saadaan käytettyä hyväksi. Käyttökohteita ovat muun muassa talojen lämmitys tai sähkön tekeminen.

Hävityspoltto = Jätteen poltto ilman energian talteenottoa (Tilastokeskus, 2017)

Kestomuovi = Paineen ja lämmön avulla kierrätettävissä ja muovattavissa oleva suurimolekyylinen polymeeri

Paperikonekudos = Paperiteollisuudessa paperin valmistuksessa käytettävän kuljetinkankaan yleisnimitys

Polymeeri = Orgaaninen toistuvien rakenneyksiköiden muodostama makromolekyyli.

PA =	Polyamidi
PE =	Polyeteeni
PEEK =	Polyeetterieetteriketoni
PET =	Polyeteenitereftelaatti
PP =	Polypropeeni
PPS =	Polyfenyleenisulfidi
PVC =	Polyvinyylikloridi

Teollisuuden sivuvirta = Teollisuuden tuotannosta aiheutuvat sivutuotteet, jotka usein aiheuttavat kustannuksia.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään Erkki Salminen Oy:lle, joka on keskisuomalainen ympäristöhuoltoyritys. Yritys harkitsee murskaininvestointia, joka mahdollistaisi laitostoiminnan laajentamisen hankalasti käsiteltäviin jätemateriaaleihin ja teollisuuden sivuvirtojen hyötykäytön. Näistä materiaaleista yksi tärkeä kohde on paperiteollisuudessa käytettävä muovikangas, johon viitataan nimellä viira. Kyky pystyä murskaamaan materiaali pienempään palakokoon voisi mahdollistaa jätteen uudelleenkäytön tai hyödyntämisen energiana.

Tässä työssä viiran käsittelyn rinnalla tarkastellaan keskeistä jätehuollon tuotetta, kierrätyspolttoainetta, sekä sen valmistusta. Työn teoriaosio sisältää tietoa jätteenmurskauksen perusteista sekä Suomessa käytettävästä kierrätyspolttoaineesta.

Viiramateriaali on tämän opinnäytetyön keskeinen tutkimuskohde, ja tavoitteena onkin selvittää mahdollisia uudelleenkäyttökohteita viiramateriaalille, ennen polttolaitokselle päätymistä. Toinen työn tavoite on löytää ja vertailla yrityksen tarpeeseen parhaiten sopivia murskainvaihtoehtoja investointilaskelmien avulla. Lisäksi työssä pyritään löytämään ratkaisuja viiran käsittelyyn laitoksella alueen rajoitukset huomioon ottaen.

## 2 YRITYS

Erkki Salminen Oy on vuodesta 1956 asti jätehuoltopalveluja Jämsän alueella Keski-Suomessa toimittava yritys, joka kerää ja kuljettaa, vastaanottaa sekä käsittelee jätettä. Käsitelyosuus sisältää lajittelun sekä palakoon pienennyksen murskaamalla. Lisäksi toimintaan kuuluvat viemäri- ja lokapalvelut, sekä pihojen harjaus- ja pesupalvelut.

### 2.1 Arvot

Yrityksen toiminta noudattaa kestävän kehityksen periaatteita, ja pyrkii ennaltaehkäisemään jätteen syntyä ja hyödyntämään syntyvät jätteet parhaalla mahdollisella tavalla. Euroopan Unionin asettamaan jätehierarkiaan viitaten yritys pyrkii näin ollen ensin vähentämään, sitten toimittamaan materiaaleja uudelleenkäyttöön, kierrätykseen tai lopuksi hyötykäyttöön. Teollisuuden sivuvirroissa syntyvät jätemateriaalit ovat aina vain hankalampia hyödyntää, jonka vuoksi yritys tutkii mahdollisuuksia paperikonekudoksen uudelleenkäyttömahdollisuuksista.

### 2.2 Tavoitteet

Yrityksen tavoitteisiin lukeutuu ympäristöratkaisujen löytäminen kaikille asiakkaille, sekä ympäristönhuollon jatkuva kehittäminen. Tämän lisäksi yritys pyrkii laajentamaan toimintaansa jätteenkäsittelylaitoksena, joka mahdollistaisi useampien vaikeasti käsiteltävien materiaalien, kuten teollisuuden sivuvirtoihin lukeutuvan paperikonekudoksen käsittelyn.

Erkki Salminen Oy on yksityisen sektorin jätehuollon tarjoaja Jämsän alueella, missä jätehuolto on järjestetty nykyhetkellä sopimusperusteisesti. Kunnallisen puolen muutokset voivat vaikuttaa yrityksen tulevaisuuteen, jonka vuoksi laitostoiminnan laajentaminen vahvistaa yrityksen asemaa.

### 2.3 Laatujärjestelmä ja standardit

Yritys soveltaa toiminnassaan parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT) ja parhaita käytäntöjä (BEP). Opinnäytetyössä keskeisessä asemassa olevaa paperikonekudosta koskeva BAT ilmenee mahdollisuutena hyödyntää kierrätyspolttoaine energiana sellaisissa voimalaitoksissa, joissa sähköntuotannon teho on korkea. Jätteen murskauksessa ja seulonnassa syntyvä pöly pyritään myös imemään talteen kuitukangassuodattimiin.

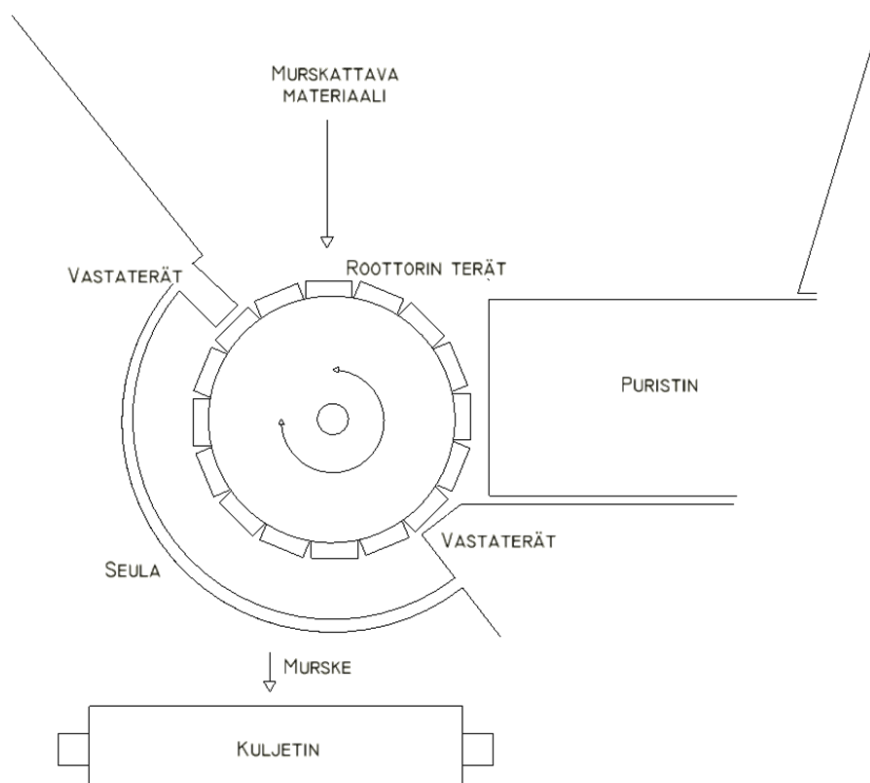


Yritys noudattaa standardin ISO14001 mukaista laatu- ja ympäristöjärjestelmää, jonka mukaan jätteen määrää pyritään aktiivisesti vähentämään. Määrää ja haitallisuutta vähennetään jätteen käsittelyllä ennen loppusijoitukseen ohjaamista, sekä hyötykäyttöön kelpaavan jätteen erottelulla. Jättemateriaalit pyritään ensisijaisesti hyödyntämään materiaalina ja toissijaisesti energiana. Näin ollen myös paperikonekudokselle pyritään löytämään käyttökohde ja vastaanottaja, jotta tämä teollisuuden jäte voitaisiin käsitellä ympäristöä vähiten kuormittavalla tavalla.

### 3 MURSKAUS

#### 3.1 Toimintaperiaate

Murskaus on osa jätteenkäsittelyprosessia, jossa materiaali pilkotaan pienempään, polttolaitokselle soveltuvaan muotoon. Palakoko on yleisesti 80mm X 80mm. Prosesseissa materiaali syötetään murskaimeen, jossa pyörivä roottori (1 tai useampi riippuen laitteen tyypistä) pilkkoo terillään jätteen pienemmäksi käyttäen apuna vastateriä ja seula. Kun palakoko on pienentynyt riittävästi, se siirtyy seulan läpi ulos murskaimen rummusta. Tarvittaessa roottori pyörittää murskainta taaksepäin irrottaakseen jumiutuneen aineen.



KUVA 1. Yksiakselisen murskaimen toimintaperiaate

## 3.2 Murskaintyytit

Erilaisten materiaalien käsittelyyn on olemassa toiminnaltaan erityyppisiä murskaimia. Tämä teoriaosa keskittyy jätteen käsittelyyn soveltuviin laitteisiin, joihin kuuluvat vasaramurskain, yksiakselinen, kaksiakselinen ja neliakselinen murskain.

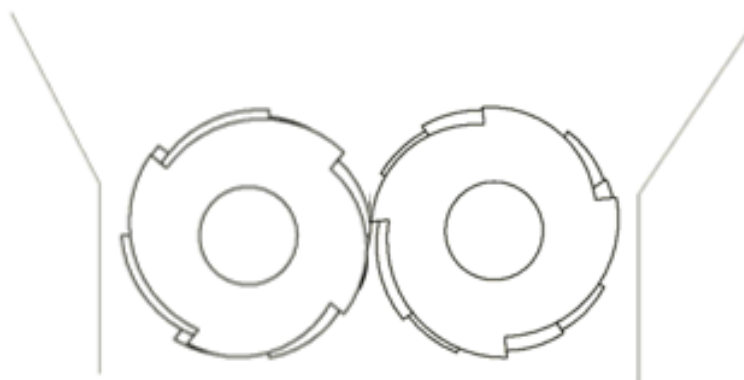
### 3.2.1 Vasaramurskain

Vasaramurskaimen toiminta perustuu massaan ja pyörimisnopeuteen. Roottorin ympärille kiinnitetyt terät pyörivät suurella nopeudella rummussa vastaterien välistä aiheuttaen murskattavan materiaalin rikkoontumisen. Kyseinen murskain soveltuu suurille kappaleille, kuten esimerkiksi puumateriaalille.

### 3.2.2 Kaksiakselinen ja neliakselinen murskain

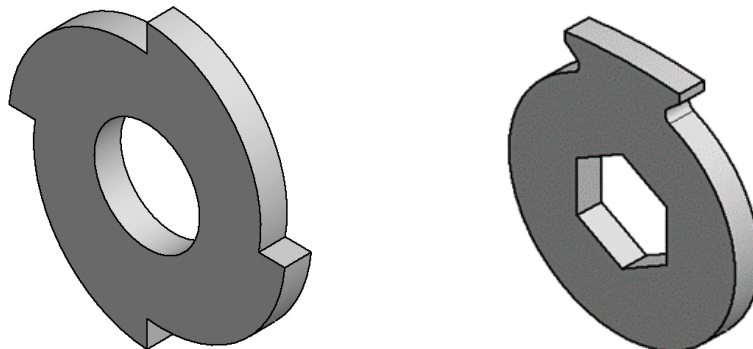
Moniakselisissa murskaimissa ympyränmalliset terät pyörivät limittäin toisiaan vasten, vetäen materiaalin murskaimeen ja pilkkoen sen. Pilkkomistapahtuma voi olla leikaava tai repivä. Murskaintyyppi soveltuu suuren, palamaisen materiaalin, kuten esimerkiksi elektroniikkaromun tai autonrenkaiden käsittelyyn. (Tchobanoglous, 1993)

Suurikokoisen, sekä vahvan kankaan käsittely voi olla ongelmallista, etenkin mikäli murskeen palakoon tulisi olla kontrolloidun tai pienen kokoista (Niessen, 2010).



KUVA 2. Sivuprofiilipiirros kaksiakselisen laitteen teristä murskaimen sisällä.

Murskaimet ovat, riippuen valmistajasta, usein hidasnopeuksisia, pyörimisnopeudeltaan noin 20–40 kierrosta minuutissa. Roottorien pyöreissä levyissä on yhdestä kuuteen leikkaavaa hammasta, joskin kaksi- tai kolmehampaiset levyt ovat yleisimmin käytössä. (Niessen, 2010)

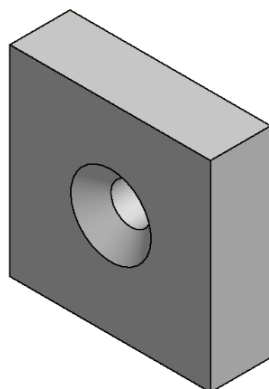


KUVA 3. Esimerkkejä pääosin moniakselisissa murskaimissa käytettävistä teristä. Vasemmalla nelihampainen terä ja oikealla yksihampainen.

### 3.2.3 Yksiakselinen murskain

Yhdellä akselilla toimiva murskain on varustettu hydraulisella puristimella, joka työntää materiaalia teriä kohti. Yksi-, ja moniakseliset murskaimet voivat olla joko leikkaavalla tai repivällä periaatteella silppuavia, riippuen teristä.

Yksiakselisen murskaimen toiminta perustuu usein suureen pyörimisnopeuteen, mikä tekee laitteesta sopivan suuren ja pitkäsäikeisen materiaalin käsittelyyn. Vahvan materiaalin käsittelyyn vaaditaan leikkaavat terät. Leikkuuterät on kiinnitetty usein roottoria kiertävään muodostelmaan. Esimerkki leikkaavasta terästä on nähtävissä alla.



KUVA 4. Yksiakselisen murskaimen leikkaava terä.

Sekä yksi, että moniakselisien murskainten toiminnalle tyypillistä on mahdollisuus roottorin automaattiselle pysähtymiselle ja roottorin pyörimissuunnan vaihtumiselle hetkeksi aikaa, jonka jälkeen roottori kääntyy taas normaaliin pyörimissuuntaansa. Peruutusvaihte irrottaa mahdollisen juuttuneen sekä teriä väistävän materiaalin.



KUVA 5. Sisäkuva yksiakselisesta murskaimesta, joka on varustettu leikkaavilla terillä. © Pilvi Konttila 2017. Kuvassa nykyinen REF-jakeen käsittelyyn käytetty laite Erkki Salminen Oy:n laitokselta.

## 4 KIERRÄTYSPOLTTOAINE

Kierrätyspolttoaine, johon voidaan viitata käyttäen termiä REF (= recovered fuel), on polttolaitoksissa energiantuotannossa käytettävää jätettä, joka on käsitelty polttoon soveltuvaan muotoon.

REF valmistetaan hyvälaatuisista ja polttokelpoisista, sekä kuivista ja kiinteistä jätteistä. Näihin kuuluvat kuitupakkaukset, puut ja muovit, jotka tulevat teollisuuden, palvelualojen ja kotitalouksien jätteistä. REF:iksi voidaan määrittellä standardin SFS-EN 15359, aiempaan SFS 5875 standardiin perustuvan ehdot täyttävää jätettä. (Suomen ympäristökeskus, 2008)

REF:in valmistukseen käytetään puumurskettä sekä arkikielessä energiajätteenä tunnettua jaetta. Energiajätteen keräysastiaan kelpaava jätteeseen kuuluvat muun muassa:

- muoviastiat ja -esineet
- muovikelmut, kääre- ja pehmopaperit, vaha- ja muovipintaiset paperit
- muovikannet ja -korakit
- pienehköt puutavarat ja esineet
- pölynimuripussit ja tupakantumpit
- kierrätykseen kelpaamattomat tekstiilit
- styroksit, lelut (Erkki Salminen Oy, 2017)

Energiajätteen keräykseen eivät kelpaa:

- PVC-muovista valmistetut esineet (muovitunnus 03)
- kumi, nahka, vaipat ja siteet
- painekyllästetty puu
- alumiinipaperit
- huonekalut, sähkö- ja elektroniikkaromu
- lajittelematon rakennus- ja purkujäte (Erkki Salminen Oy, 2017)

## 4.1 Muovilaadut

Monet muovit soveltuvat nykypäivänä polttoon tai kierrätykseen. Päämuovilaadut sekä tässä työssä keskeisessä osassa olevat lajit luokitellaan seuraavissa kappaleissa.

### 4.1.1 Polyamidit (PA)

Polyamidit ovat laajalti käytettyjä teknisiä muoveja, jotka ovat lujia ja omaavat hyvän kulutuksenkestävyyden. Tietyillä polyamideilla on myös hyvä kemiallinen kestävyys. Käyttökohteina ovat muun muassa kuidut ja autojen osat. (Dominghaus, 1993)

### 4.1.2 Polyeteeni (PE)

PE on polymeerisistä muoveista yksi halvin, yksinkertaisin ja käytetyin muovilaatu. Polyeteeni voidaan luokitella pääasiassa pienitiheyksiseen (PE-LD) ja suuritiheyksiseen (PE-HD) muoviin. PE-HD on kovaa ja kestävää laatua. PE-LD on kirkasta, pehmeää ja joustavaa. Molempia tyyppisiä käytetään pääasiallisesti elintarviketeollisuuden pakkauksissa. (Muoviteollisuus Ry, 2017)

### 4.1.3 Polyeteenitereftelaatti (PET)

Polyeteenitereftelaatti on osittain kiteinen kestumuovi sekä yksi eniten käytetyistä termoplastisista polyestereistä. Muovin ominaisuuksiin kuuluvat korkea lujuus ja jäykkyys, hyvät virumis- ja kulumisominaisuudet, sekä hyvä kemiallinen kestävyys. PET-muovi soveltuu esimerkiksi kuiduiksi ja pulloiksi. (Dominghaus, 1993)

### 4.1.4 Polyvinyylikloridi (PVC)

Polyvinyylikloridi on rakennusteollisuudessa laajalti käytetty muovi, sillä se on helppo ja halpa koota. Muovin ominaisuuksista yksi tärkeimpiä on vedenpitävyys. Muovia käytetään usein putkien valmistukseen, sekä sähköeristeenä. (Muoviteollisuus Ry, 2017)

PVC-muovi ei kelpaa kierrätyspolttamiseen valmistukseen, minkä vuoksi se on eroteltava muusta muovista ennen kierrätystä. (Erkki Salminen Oy, 2017)

#### 4.1.5 Polypropeeni (PP)

Polypropeeni on termoplastinen polymeeri, jota käytetään esimerkiksi kuduissa, kalvoissa ja levyissä. Muovilla on hyvä emäksien, happojen ja liuottimien kestävyys. (Muoviteollisuus Ry, 2017)

#### 4.1.6 Polystyreeni (PS)

PS on polymeeri, joka valmistetaan styreenistä. Muovia voidaan valmistaa eri lujuuksina käyttökohteesta riippuen. Lajista valmistetaan esimerkiksi pakkaustukia ja säilytyskotelaita (Muoviteollisuus Ry, 2017)

### 4.2 Käsittelymahdollisuudet

Kotitalouden ja teollisuuden energiajätteestä, joka koostuu pääasiassa muoveista, voidaan valmistaa kierrätyspolttoainetta. Lisäksi monet muovilajit voidaan kierrättää ja näin vähentää ympäristöä kuluttavaa uuden muovin valmistusta.

Kierrätyspolttoaine voidaan hyödyntää energiantuotannossa, jolloin luonnonvaroja säästyy. Tietyt materiaalit, joista polttoainetta ei voi valmistaa, voidaan myös polttaa tarkoitukseen sopivissa laitoksissa, joskin toiminnasta ei saada samanlaista hyötyä kuin energiapoltoissa. Yllä esitellyistä muovilajeista ainoastaan PVC-muovi ei sovellu kierrätyspolttoaineen materiaaliksi, sillä se sisältää haitallisia aineita.

Taulukosta 1 voidaan nähdä lähivuosien muovijätteen käsittelytapoja Suomessa. Hävityspolton osuus on melko suuri, jonka vuoksi muovien päätyminen kyseiseen käsittelyyn tulisi ehkäistä.

Jätteen Käsittely, tonnia						
Muovi-jätteet	Hyödyntäminen energiana	Hävityspoltt	Materiaalin hyödyntäminen	Kaatopaikkasijoitus	Muu loppukäsittely	Yhteensä
2013	49 476	51	12 440	2 967	0	64 934
2014	56 205	17 975	7 948	1 142	0	83 270
2015	53 181	21 533	12 185	916	0	87 815

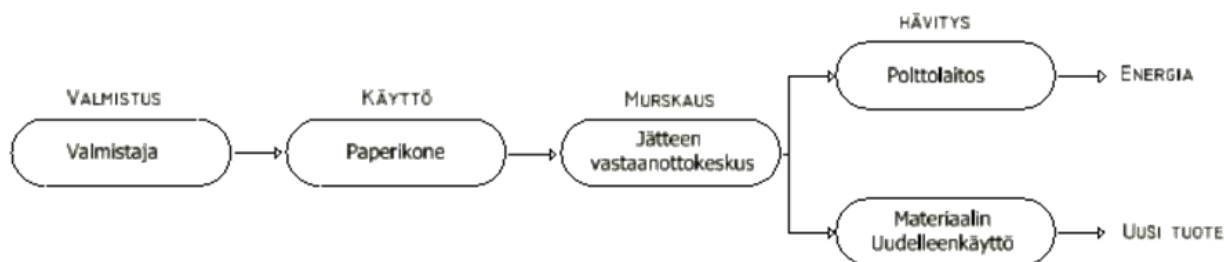
TAULUKKO 1. Muovijätteen käsittely Suomessa vuosina 2013–2015. (Tilastokeskus, 2017)



## 5 PAPERIKONEKUDOKSET

Paperikonekudokset ovat erityyppisiä muovimattoja, joita kutsutaan kuivaviiraksi märkäviiriksi sekä puristinhuovaksi. Kaikki kolme ovat kovan kankaan tyyppisiä kudoksia, mutta ne eriävät toisistaan käyttötarkoitusten mukaan. Kaikki kudokset ovat suuria, noin 10m x10m kokoisia tai suurempia.

Muoviviirat voivat kestää käytössä noin 2000 vuorokautta, mutta usein kudoksien elinikä on lyhempi. Täyteaineet vaikuttavat merkittävästi viiran kulumiseen. Epäpuhtaudet sekä kovan kiderakenteen omaavat aineet, samoin kuin vialliset paperikoneen telat kuluttavat viiraa nopeasti. Viiraja onkin vaihdettava uusiin tukkeutumisen ja hankauskulumisen vuoksi. (Häggerblom-Ahnger, 2001)



KAAVIO 1. Paperikonekudoksen kiertokulkukaavio

### 5.1 Kuivaviira

Kuivatusviira on luja ja verkkomainen muovimatto, joka on paperikoneen kuivatusosan keskeinen komponentti. Viira kulkee paperikoneen kuivatusosalla kuumien höyryjen avulla lämmitettyjen terässylintereiden välissä puristuen telojen ylitse ja alitse, jolloin paperiraina kuivaa. (Häggerblom-Ahnger, 2001)

Kankaan tulee kestää kuumuutta ja kosteutta ja sen kestävyydelle on suuret vaatimukset. Kudokset koostuvat pitkistä synteettisistä langoista, joiden pääasiallinen raaka-aine on kestopuovi polyesteri. Polyetyleenitereftalaatti (PET) on yleisesti käytössä normaaleissa paperikoneolosuhteissa. Erikoismateriaaleja, kuten polyeetterieetteriketonia (PEEK) tai polyfenyyli-sulfidia (PPS) voidaan käyttää erittäin kuumissa ja kosteissa olosuhteissa. (Häggerblom-Ahnger, 2001)

## 5.2 Märkäviira

Märkäviira on hieman kuivaviiraa kevyempää ja ohuempaa kudosta. Sen tehtävä on poistaa paperirainasta vettä mahdollisimman tehokkaasti ennen kuivatusosaan siirtymistä. Lankojen raaka-aineena käytetään polyesteriä ja viiran kulutuspuolella vedenpoistoelimiä vastaan polyamidia (PA). (Häggerblom-Ahnger, 2001)

## 5.3 Puristinhuopa

Puristinhuopa on paksua mattoa, joka toimii paperikoneen puristinosassa. Puristinosassa poistaa vettä paperirainasta puristinhuopaan, ja huopa kuljettaa rainan kuivatusosastolle. Huopa on yleensä valmistettu polyamidimonofilamentti peruskudoksesta, jonka seassa on pieniä määriä uretaania. (Häggerblom-Ahnger, 2001)

Kaikki kolme kudosta soveltuvat energian tuotantoon polttamalla. Polttolaitosta varten palakoon on kuitenkin oltava noin 80mm x 80mm, mikä tarkoittaa että materiaali on pienennettävä sopivaan kokoon energiantuotantoa varten.



KUVA 6. Testierä, murskattua paperikonekudosta. Vasemmalla puristinhuopa ja oikealla kuivaviiramurske. © Pilvi Konttila 2017

## 6 SOPIVAN INVESTOINTIVAIHTOEHDON VALINTA YRITYKSELLE

### 6.1 Nykytilanne

Yrityksen laitosalueella on käytössä neljä murskainta jätteen käsittelyä varten, joista yksikään ei sovellu joko tehoiltaan tai rakenteeltaan paperikonekudoksen käsittelyyn. Nykyinen REF-murskain on kulunut ja lähivuosina korvattava uudella. Kyseisen laitteen tehot ovat 1x200kW ja kapasiteetti keskimäärin 2 tonnia jätettä tunnissa. Uusi korvaava murskain pystyisi käsittelemään noin 7-12t/h riippuen materiaalin koostumuksesta ja murskaimen ominaisuuksista.

Yritys voi vastaanottaa paperikonekudosta noin 2000 tonnia vuodessa, ja nykyisellä hetkellä materiaalia on noin 120 tonnia varastoituna odottamassa käsittelyä. Testiajojen perusteella on todettu, että kangas pystytään käsittelemään sellaisenaan murskaimella, jossa tehoa on 2x160kW. Mikäli paperikonekudos pystytään pienentämään polttolaitokselle soveltuvaan palakokoon, voitaisiin se lisätä REF-jakeeseen ja toimittaa hyödynnettäväksi energiana.

### 6.2 Valintakriteerit ja vaatimukset

Murskaimen valinta perustui seuraaviin kriteereihin:

1. Murskain on riittävän tehokas käsittelemään REF-jätteen lisäksi suurta viiraa, mikä näin ollen tarkoittaa 2x160kW tehoa.
2. Murskain soveltuu asennettavaksi laitoksen sähköverkkoon
3. Murskain on yksiakselinen ja leikkaavilla terillä varustettu

### 6.3 Haasteet

Investointiprojektissa on haasteita pääasiassa liittyen murskaimen tehoihin, sekä materiaalin uudelleenkäyttökohteen löytämisessä.

#### 6.3.1 Murskain

Laitoksen sähköverkko rajoittaa uuden murskaimen tehon 2x110 kW:tiin. Testiajojen mukaan viirakangas vaatii kuitenkin 2x160kW murskaimen. Jotta viiran käsittely olisi laitoksella mahdollista, nousisi sähkön kulutus liian suureksi, mikä tuottaisi yritykselle suuret kulut.

### 6.3.2 Materiaali

Paperikonekudokset ovat pitkäsäkeisiä ja lujia mattoja, mikä hankaloittaa jälkikäsitteilyä murskaamalla. Suuri koko tuottaa ongelmia murskaimeen syötössä.

Materiaaliselvityksen ja näytepalojen analysoinnin mukaan kangas (kuivaviira) on 100 % PET-muovia ja märkäviira sisältää lisäksi polyamidia. Tämä tarkoittaa, että murskattuna materiaali voidaan lisätä osaksi kierrätyspolttoainetta. Selvityksen perusteella todettiin, että polyesteri on hankalampi uudelleenkäyttökohde kuin polyeteeni. Muovien uudelleenkäytössä yksi ratkaisevista tekijöistä on materiaalin puhtaus. Viiran kohdalla tämä voi tuottaa ongelmia, sillä paperirainan täyteaineet ja kemialliset pesuaineet ovat voineet jättää jämiä kankaaseen.



KUVA 7. Kuivatusviiraa (punainen), märkäviiraa (sininen/vihreä) ja puristinhupaa (ruskea) kokonaisena kudoksena. © Pilvi Konttila 2017

## 6.4 Analysointi

Viirakankaan käsittelyn ongelmat huomioon ottaen voidaan ensin tutkia viiran käsittelyvaihtoehtot ennen murskausta, sekä mikäli käytössä on 2x110kW tehoilla varustettu murskain. Viirakankaan jatkosijoituskohteita kartoitettiin näytepalojen avulla. Näytepalat valittiin märkä- ja kuivaviirakankaista. Puristinhuovan uudelleenkäyttömahdollisuudet tulkittiin vähäiseksi, joten materiaalia ei otettu huomioon käyttökohteiden haussa.

### 6.4.1 Viirakankaan jatkosijoitus

Sekä kuivaviiran että märkäviiran uudelleenkäyttömahdollisuuksia tutkittiin. Mikäli kudoksille ei löydy käyttökohdetta, on mahdollista hyödyntää ne energiana.

Tutkimuksessa materiaaliselvityksen pohjalta tarkasteltiin PET-muovin heikkouksia ja vahvuuksia uudelleenkäyttötarkoitukseen. Selvitystä laajennettiin ja tutkimusta varten suoritettiin kysely Suomen uusiokäyttömahdollisuuksista. Kyselyn tuloksena määritettiin seuraavat tiedot:

- Tekstiili-PET on jätteenä hyvä energianlähde, sillä materiaali koostuu pääasiassa vedystä (H), hiilestä (C) ja hapesta (O). Näinollen tuote soveltuu lisättäväksi kierrätyspolttoaineen raaka-aineeksi.
- Kokonaisena vyyhtinä kangas ei sovellu energiapolttoon, sillä muun muassa suuri koko aiheuttaa ongelmia syötössä polttoon. Murskattuna materiaali voidaan kuitenkin käyttää leijupeti- ja arinakattiloissa
- PET-muovi on kestomuovi, sekä polykondensaatiomuovi, mikä tarkoittaa materiaalin olevan kierrätettävissä mekaanisesti sekä teoriassa kemiallisesti purkamalla ja kokoamalla. Kemialliseen käsittelyyn ei kuitenkaan ole nykyhetkellä kaupallista laitosta.
- Mekaaninen kierrätys vaatii enemmän materiaalin työstöä kuin esimerkiksi polypropeeni (PP), mutta hyötynä muokkauksessa on materiaalin kyky muodostaa entistä pidempiä polymeeriketjuja, jolloin muovin lopputulosta voidaan säädellä paremmaksi. (Muoviteollisuus Ry, 2017)

Kyselyn avulla, kuten myös muun tutkimuksen kautta löydettiin yksi Suomessa toimiva muovin kierrättäjälaitos. Tutkimuksessa käytettiin myös apuna muovien uusiokäytön hallitsevien yritysten näytteiden analysointimahdollisuuksia.

#### 6.4.2 Puristinhuopa

Puristinhuovan uudelleenkäyttömahdollisuudet todettiin epäedullisiksi, jonka vuoksi huovan sijoituskohteiden selvitykseen ei perehdytä tässä työssä. Materiaali voidaan kuitenkin toimittaa murskeena polttolaitokselle. Mikäli murskausmahdollisuutta ei ole, sijoituskohde huovalle on hävityspoltto.

#### 6.4.3 Vain REF käsittely

Yritys voi valita murskaininvestoinnin kohteeksi myös matalatehoisen laitteen, jolla nykyinen kulunut murskain korvattaisiin tulevaisuudessa. Tällöin viiran käsittely ei olisi mahdollista, ja se päättyisi hävityspolttoon.

#### 6.4.4 Pienitehoinen murskain

Mikäli yritys pyrkii eliminoimaan investoinnin sähköverkkomuutoksiin, on tutkittava materiaalin käsittelymahdollisuuksia muulla tavoin kuin suoraan päätoimiseen murskaimeen syötön kautta. Vähempitehoisen (2x110kW) murskaimen viirankäsittelymahdollisuuksia analysoitiin ja ongelman ratkaisemiseksi kartoitettiin seuraavat vaihtoehdot:

1. Viirakangas leikataan pienempiin, helpommin käsiteltäviin paloihin ennen murskaimeen syöttöä
2. Kangas syötetään varovasti murskaimeen sekoitettuna kevyempään REF-jakeeseen
3. Selvitetään investointimahdollisuus esimurskaimeen, jolla viira voitaisiin käsitellä ennen päätoimista murskainta

Viiran leikkaus pienempiin osiin ennen murskausta poistaisi suuren sähkönkulutuksen ongelman. Ratkaisu todettiin yrityksen puolesta kiinnostavaksi, joten vaihtoehto päätettiin säilyttää harkintaprosessissa. Mikäli materiaalin leikkaamiseksi pienempiin paloihin ennen murskausta löydettäisiin vaivaton ja kohtuullisen nopeasti toiminnan hoitava ratkaisu, voisi yritys tällöin investoida edellä mainittuun murskainvalintaan.

Leikkausvaihtoehtoa tarkastellaan myös siten, että yritys voisi investoida REF-jätteen kanalta parhaimman kapasiteetin tarjoavaan 1x200kW murskaimeen. Tämä vaatisi kuitenkin kudoksen alkuleikkauksen melko pieniin osioihin, mikä tekisi ratkaisusta liian epävarman ja työlään.

Leikkaustapaa ei tutkita tämän projektin aikana.

Kankaan sekoittaminen kevyempään jätteeseen läpiajoa varten on toiminnaltaan epävarma vaihtoehto. Lisäksi tämä todennäköisesti kuormittaisi murskainta ja hidastaisi merkittävästi kevyen jätteen läpimenoa. Esimurskaus voisi poistaa ongelman, mutta vaatisi investoinnin myös toiseen murskaimeen, mikä nostaisi perushankintakustannukset todennäköisesti suuremmiksi kuin sähköverkon muutokset.

Vaihtoehtojen pohjalta ryhdyttiin tutkimaan kuinka viiralle soveltuva murskain (2x160kW) saataisiin soveltumaan laitokselle.

## 6.5 Ratkaisut

Teoriaosuudessa selvitettyjen periaatteiden mukaisesti murskaintyyppin valintaan vaikuttaa laitteen kyky käsitellä pitkäsaieista ja vahvaa materiaalia. Tämän vuoksi työhön valitaan yksiakselinen päämurskaintyyppi, sillä se tarjoaa parhaimman käsittelykyvyn materiaalille.

Yritys voi halutessaan investoida joko vain REF:in käsittelyyn sopivan murskaimeen, tai viiran läpiajoon pystyvään laitteeseen. Vain konekannan uusimisen tapauksessa voidaan tarkastelukohteeksi valita laite, jonka teho on 1x200kW. Tarkastelun tuloksena voidaan todeta kyseisen murskaimen soveltuvan parhaiten REF:in käsittelyyn, sillä se tarjoaa parhaimman kapasiteetin. Murskeen tuotto on havainnollistettu kaaviossa 2.

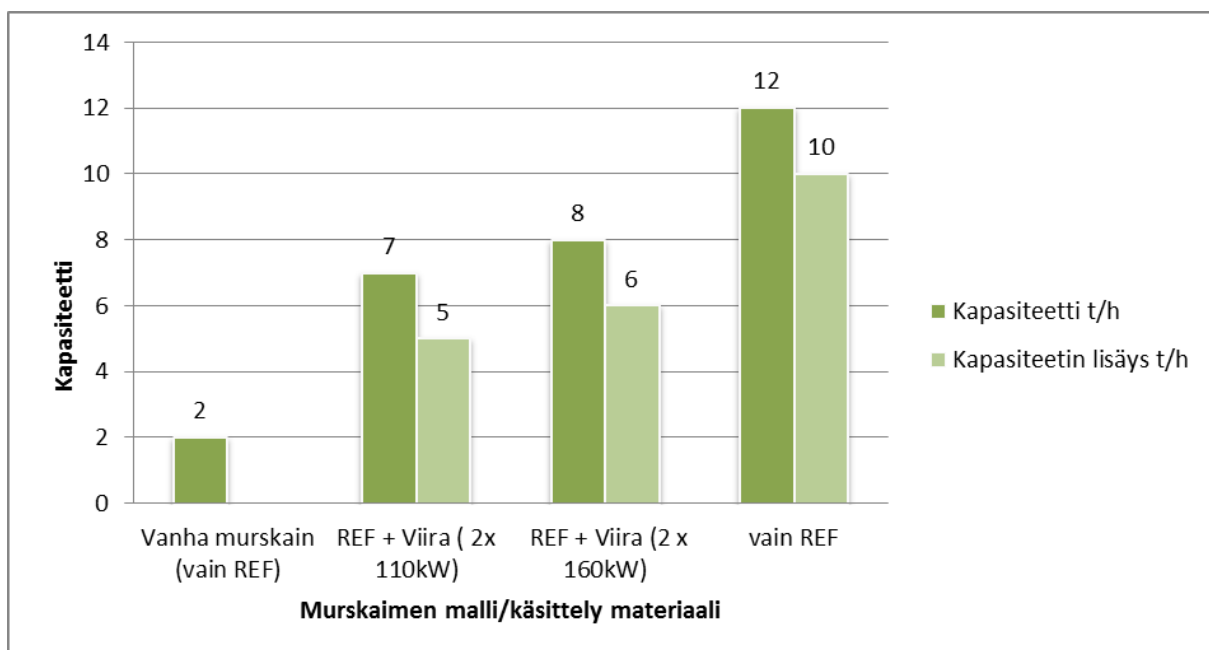
Mikäli lähtöasetukseksi investoinnille asetetaan murskain, jolla pystytään käsittelemään viirakangasta alkuperäisessä koossaan, ja joka voidaan asentaa laitokselle, on löydettävä keino estää sähkönkulutuksen suuri nousu. Tämä pohjalta kehitettiin ratkaisuksi huipunleikkaus, jolloin laitoksen sähkön tehorajan ylitys estetään käyttämällä varavoimaa. Tällöin viiralle soveltuva murskain voidaan asentaa laitokselle, mikäli yritys tekee lisäinvestoinnin varavoimakoneeseen. Kone voidaan ottaa käyttöön viiran läpiajoa varten, ja käsiteltäessä kevyempää materiaalia kone on poissa käytöstä. Vaikkakin tässä tapauksessa murskainhankinnasta muodostuu kaksiosainen, tarjoaa käytettyyn varavoimakoneeseen investointi huokeamman perushankintakustannuksen kuin sähköverkkomuutokset.

Kankaan leikkaus sopivan tavan löytyessä olisi helpoin tapa toteuttaa viiran käsittely. Tällöin 2 x 110kW murskain riittäisi. Leikattu viira voidaan annostella optimoimalla tapahtuma ajallisesti ja yhteydessä muun materiaalin murskaamisen kanssa. Laitoksella olevien kudospalojen murskaus pystytään toteuttamaan esimerkiksi murskaamalla materiaali heti ensimmäiseksi terähuollon jälkeen, jolloin leikkauspinta on uusissa terissä parhaimmillaan.

Mitä viirakankaan uudelleenkäyttömahdollisuuksiin tulee, voitiin viiran tämänhetkiset sijoituskohteet rajata PET-muovin kierrättäjään ja uusiomuovista vanteita muodostavaan Pramia Plastic Oy:hyn. Näytteiden perusteella materiaali soveltuu uusiomuovin valmistukseen, mikäli muovi on pienennetty palakokoon 10mm. Koska yrityksen laitteistolla valmistetaan pääosin kierrätyspolttoainetta palakokoon 80, tuottaa tämä hankaluuksia. Pienenpää palakokoa varten murskainlaitteisto vaatisi erilaisen seulan, jolloin muun kierrätyspolttoaineen valmistus muodostuisi työlääksi.

Vaihtoehtoisesti voitaisiin viiran murskausta varten harkita toisenlaisen seulan vaihtoa tälle materiaalille, mutta tämä vaatisi lisäinvestoinnin uuteen seulaan ja olisi aikaa vievää saatavaa tuottoa ajatellen.

## 6.6 käsittelyvertailu



KAAVIO 2. Kolmen murskaimen kapasiteetin arviointi verrattuna laitoksen nykyiseen murskaimeen. Vertailu koskee murskainten kykyä käsitellä kierrätyspolttoaineen raaka-ainetta, ja perustuu Erkki Salminen Oy:n käsittelykokemukseen sekä murskaintarjojusten tietoihin. Määriä tulkitaan suuntaa antavina arvioina, jotka vaihtelevat käsiteltävän materiaalin ominaisuuksien mukaan.



Viiran käsittelymahdollisuuksia vertailtaessa todettiin, että mikäli viiran käsittely osoittautuu liian hankalaksi yritykselle, on yrityksellä mahdollisuus investoida tulevaisuudessa pienempi-tehoisempaan murskaimeen, joka korvaisi vanhan kuluneen laitteen ja nostaisi käsittelykapasiteettia.

Yrityksen nykyinen murskain (kaaviossa vanha murskain, 1x200kW) murskeen tuottokyvyn perusteella kapasiteetti on laskenut keskiarviolta 2000 kiloon tunnissa. Investoinnin myötä, oli se sitten vain korvaava murskain tai myös viiran käsittelyyn soveltuva laitteisto, nousee yrityksen energiajätteen käsittelynopeus merkittävästi.

## 7 INVESTOINTILASKELMAT

Investointeja harkittaessa on otettava huomioon rahan aika-arvo, joka tarkoittaa rahan arvon olevan erilainen tulevaisuudessa kuin nykyhetkessä. Tämä johtuu kolmesta syystä:

- Sijoitettu raha on sidottuna investointiin, eikä yritys voi sijoittaa sitä toiseen tarpeeseen
- Inflaatio vaikuttaa saataviin seuraavien vuosien aikana
- Investoinneissa on aina olemassa riski, ettei investoinnille saada vastinetta investointiajanjakson kuluttua. (McLaney, 2009)

Investointien kannattavuutta voidaan tarkastella erilaisilla laskentamenetelmillä. Arviointiin voidaan valita nykyarvo-, annuiteetti-, sisäisen korkokannan-, pääoman tuottoaste- tai takaisinmaksuajan menetelmä (Hankasalmi, 2015).

Näistä menetelmistä nykyarvo antaa melko kokonaisvaltaisen kuvan investoinnista. Tämän vuoksi kyseistä laskentatapaa käytetään apuna myös tässä työssä, vertaillaessa viiralle sekä kierrätyspolttoaine-materiaalille soveltuvaa murskainta, sekä pienempitehoista pelkälle kierrätyspolttoaineen valmistukseen soveltuvaa murskainta.

Nykyarvomenetelmä on laajasti käytetty työkalu päätöksentekoon. Menetelmän avulla saadaan muutettua nykyarvoon tulevaisuudessa maksettava tai saatava raha-summa (Kotro, 2007). Perusideana on maksujen saattaminen vertailukelpoisiksi diskonttaamalla ne laskentahetkeen. Investointi tulkitaan kannattavaksi, mikäli tulojen nykyarvo on suurempi kuin investoinnin perushankintakustannus. (Pellinen, 2006)

Tässä opinnäytetyössä nykyarvolaskelmat suoritetaan Microsoft Excel-ohjelmalla, mutta nykyarvon laskentakaava voidaan esittää myös alla nähtävässä muodossa:

$$NA = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} + \frac{JA}{(1+i)^n} - H$$

Jossa kaavan lyhenteet tulkitaan seuraavasti:

H = Investointikustannus

S = Nettotuotto

JA = Jäännösarvo

i = Laskentakorkokanta

t = Vuosi

n = Investoinnin pitoaika

S<sub>t</sub> = Nettotuotto vuosittain

## 7.1 Lähtöarvot

Jotta investointia voidaan tarkastella, on määritettävä laskennalliset lähtötiedot. Näihin kuuluvat

- Perushankintakustannus
- Juoksevasti syntyvät tuotot
- Juoksevasti syntyvät kustannukset
- Laskentakorkokanta
- Investointiajanjakso
- Jäännösarvo.

Perushankintakustannus tarkoittaa suurehkoa kertamaksua, joka on investoinnin hintana. Perushankintakustannus voi olla esimerkiksi laitteen hankintahinta. (Jyrkkiö, 1997)

Juoksevasti syntyvät tuotot ja kustannukset tarkoittavat vuotuisia tuloja ja menoja, jotka aiheutuvat investoinnista. Erotusta, joka saadaan kun kustannukset vähennetään tuotoista, kutsutaan nettotuotoksi. (Jyrkkiö, 1997)

Investoidessa pääomaa joudutaan sitomaan yrityksen toimintaan, jolloin investointiajanjakson kuluessa pääoma saadaan takaisin tuloina. Yrityksen kannattavuuden säilyvyyden vuoksi on hankinnasta saatava vähintäänkin sama tuotto kuin tehdystä investoinnista. Tämän vuoksi laskelmissa voidaan käyttää korkokantaa, joka määritellään tuottovaatimukseksi investoinnin toteutumiselle. Laskentakorkokanta saattaa ajallisesti erilaiset suoritukset vertailukelpoisiksi, jolloin tämän päivän euron suurempi arvo tulevaisuuden euroon verrattuna voidaan määrittellä. Tämä tapahtuu käyttämällä diskonttaustekijää, joka kertoo sellaisen euron nykyarvon, joka saadaan tietyn ajan kuluttua valittuna tarvittavan korkokannan mukaan. (Jyrkkiö, 1997) Diskonttaustekijäntaulukko on esitetty liitteessä 1.

Investoinnin diskonttaustekijä voidaan myös laskea yleisesti alla olevan kaavan mukaisesti

$$\frac{1}{(1+i)^n}$$

Investointiajanjaksolla tarkoitetaan investoinnin arvioitua käyttöikää, jona hankinta on käytökelpoinen alkuperäiseen tarkoitukseensa. Esimerkiksi koneinvestoinnissa ajanjakson määrävää tekijää ovat fyysinen kestoikä ja taloudellinen ikä. Fyysistä ikää voidaan parantaa

korjauksilla, kun taas taloudellinen ikä tarkoittaa aikaa, jonka kuluttua kone osoittautuu epä-taloudelliseksi ja on korvattava paremmalla laitteella. Investointiajanjakso saattaa kytkeytyä investoinnin avulla saataviin tuotteisiin. (Jyrkkiö, 1997)

Investoinnin jäännösarvo tarkoittaa myyntituloa, joka saadaan perusinvestoinnista sen pitoajan päättyessä. Jäännösarvo voidaan usein jättää pois laskelmista, sillä se saadaan yleensä usean vuoden kuluttua ja on vaikea arvioida. (Jyrkkiö, 1997)

## 7.2 Kustannusten määrittely

Murskauksen kustannukset koostuvat laitteiden sähkönkulutuksesta, murskaimen käyttäjän palkasta, Huoltokustannuksista ja rahdista. Viiran käsittely huomioon ottaen kulut on laskettu vastaamaan materiaalin kuluttavaa vaikutusta.

Murskaimen käytön vaatimukset:

- 1 Koneenkäyttäjä
- Terähuolto 3-4kk välein
  - 1 Huoltomies
  - Varaosat/terät
- Sähkökustannukset

Lisäksi murskaustoimintaan lisätään jättemateriaalin kuljetuskustannukset:

- Rahti/tonnia

Murskaimen  
arvioidut kustannukset

	€/kk	REF €/vuosi	Viira + REF
Murskain sähkönkulutus	740	9 000 €	10 000 €
Käyttäjä/1 murskain		20 000 €	30 000 €
		29 000 €	40 000 €
Terähuolto			
Huoltomies palkkakustannukset		7 000 €	8 000 €
Varaosat/terät		6 000 €	7 000 €
		13 000 €	14 000 €
Yhteensä		42 000 €	54 000 €
Kuljetuskustannukset			
Rahti		€/tonni 20 €	€/tonni 20 €

## 8 INVESTOINNIN KANNATTAVUUS

Investointilaskelmat suoritetaan kolmelle murskainvaihtoehdolle, jotta hankintojen kannattavuus saadaan selvitettyksi. Lisäksi voidaan määritellä, onko viiran käsittely yritykselle sopiva ratkaisu, vai onko yrityksen järkevämpää pitäytyä vain kevyemmän energijakeen käsittelyssä. Tällöin yritys voisi tehdä investoinnin vanhan kaluston uusimiseen.

Kannattavuuden selvittämiseen valitaan siis kolme investointivaihtoehtoa:

Murskain 1 – 1 x 200kW

Korvaava murskain REF:in käsittelyyn. Laite on valittu tarkasteluun, sillä se tarjoaa pelkälle kevyelle jakeelle parhaimman kapasiteetin.

Murskain 2 – 2 x 160kW

Laite mahdollistaa viiran käsittelyn REF:in lisäksi. Vaatii lisälaitteistoa, jotta saadaan asennetuksi laitokselle.

Murskain 3 – 2 x 110kW

Viiran ja REF:in käsittely. Vaatii kankaan leikkaamisen pienempiin osioihin.

Laskelmien tarkastelun helpottamiseksi, viitataan tässä työn osiossa nykyisen murskaimen korvaavaan laitteeseen Investointi 1:senä, viiran käsittelyyn soveltuvaan suuritehoiseen hankintaan Investointi 2:sena ja pienempitehoiseen laitteeseen Investointi 3:sena.

Hankintoja tarkastellaan nykyarvon, takaisinmaksuajan ja sisäisen korkokannan osalta.

### 8.1 Lähtöarvojen määrittäminen

Perushankintahinta

Peruskustannuksen suuruus määräytyy tiedustelujen pohjalta saatuihin laitetarjouksiin.

Murskain 2:sen tapauksessa viiralle soveltuva murskaininvestointi todettiin kaksiosaiseksi. Koska viiran käsittely vaatii laitteelta suuren tehon, on yrityksen investoitava murskaimen yhteydessä varavoimalaitteeseen.

Kaikkiin hankintahintoihin lisättiin myös yritykselle koituvat asennuspaikan muokkauskustannukset, jotka määriteltiin 5 000€ suuruisiksi.

### Pitoaika

Yrityksen historiaa tarkastellen voidaan murskainten eliniäksi arvioida 10 vuotta. Laite voi olla käytössä tätä kauemmin, mutta ottaen huomioon lisääntyvät kunnostuskustannukset ja viiran kuluttavan käsittelyn jätetään tämä pois laskuista.

### Jäännösarvo

Vaikkakin laskentakohteissa pitoaika on rajattu 10 vuoteen, on murskain todennäköisesti käytössä paljon kauemmin, jonka jälkeen jälleenmyynti ei tuota tulosta. Murskaimet koostuvat kuitenkin pääosin metallista, joten jäännösarvo voidaan ennustaa metallin nykyisellä romuhinnalla (noin 150 €/tonni). Tämän perusteella jäännösarvioksi määritettiin 4 950 €.

### Laskentakorkokanta

Korkokantaa määrittäessä tutkittiin investoinnin luonnetta, jonka kuvaus voidaan jakaa kahteen osaan:

- koneen uusinta (tuottovaatimus yleensä 10 % -12 %)
- Tuottojen lisääminen investoinnilla (tuottovaatimus 15 % -20 %) (Hankasalmi, 2015)

Koska viiran käsittely luokitellaan tuottojen ja toiminnan lisäämiseksi, vaalittiin korkokannaksi 20 %.

Nettotuotto investointi 1:selle määritettiin yrityksen energiajätteen vastaanottohinnan perusteella. Tuoton arvioidaan pysyvän melko lailla vakiona. Investointi 2:sen ja 3:sen tapauksessa arvioitu tuotto määritettiin arvioidun sopimusperusteisen vastaanottohinnan perusteella, yhdistettynä energiajätteen hintaan. Nettotuoton oletetaan kuitenkin vähenevän viidennen vuoden jälkeen, sillä viiran käsittelyn arvioidaan kuluttavan murskainta enemmän, kuin pelkän kevyen energiajätteen murskaus. Vähennyksen arvioidaan olevan noin 5 % edellisen vuoden tuotosta.

## 8.2 Nykyarvo

Investoinnin nykyarvo lasketaan ensin kierrätyspolttoaineen käsittelyyn soveltuvasta murskaimesta.

Seuraavaksi laskelmat suoritettiin vastaavasti viiran käsittelyyn sopivalle 2 x 160kW murskaimelle.

Nykyarvo lasketaan myös 2 x 110kW:in murskaimelle.

Diskontatu kumulatiivinen kassavirta on esitetty taulukkona ja havainnollistettu kaaviona. Taulukot laskelmista kuuluvat työn liitteisiin, jotka ovat yrityksen käytössä.

Nykyarvosta voidaan todeta, että jokainen investointi on kannattava. Huomioitavaa on, että perushankintakustannus voi muuttua murskaimien kohdalla, riippuen lopulliseen hankintaan valitun laitteen iästä. Tässä tapauksessa kaikki laskentakohteet ovat uusia murskaimia.

## 8.3 Investoinnin takaisinmaksuaika

Aika, jonka jälkeen investointi on maksanut itsensä takaisin, määritellään seuraavalla kaavalla:

$$\textit{Takaisinmaksuaika} = \frac{\textit{Perusinvestointi}}{\textit{Nettotuotto}}$$

Takaisinmaksuaikaa tarkastellessa voidaan todeta, että viiran käsittely takaisi nopeamman takaisinmaksun hankinnalle, vaikkakin kaikki investoinnit osoittautuvat nopeasti tuottaviksi.

Laskelmien tulokset kuuluvat työn liitteisiin, jotka ovat yrityksen käytössä.

## 8.4 Sisäinen korko

Sisäinen korko (IRR) investoinnille määritetään tutkimalla, millä luvulla nykyarvo investoinnille on 0€. Laskelma suoritetaan käyttäen Microsoft Excel-ohjelmaa.

Investointi voidaan pitää tuottavana, kun korkoprosentti on suuri. Arvoja tarkastelemalla huomataan, että viiran käsittelyyn soveltuvaan murskaimeen investoiminen on kannattavampaa kuin pelkkään REF-murskaimeen sijoittaminen. Viiran käsittely leikkaamalla pienempiin paloihin ennen murskausta osoittautuu parhaimmaksi vaihtoehdoksi, kun tarkastellaan sisäistä korkoa sekä investoinnin takaisinmaksuaikaa.

Laskelmien tulokset kuuluvat työn liitteisiin, jotka ovat yrityksen käytössä.

## 8.5 Herkkyysanalyysi

Herkkyysanalyysin avulla selvitetään miten hankinnan kannattavuus vaihtelee, mikäli investoinnin laskennalliset lähtöarvot muuttuvat. Investoinnin herkkyysanalyysi suoritettiin muuttamalla lähtöoletuksia seuraavasti:

- Investoinnin lähtökustannus poikkeaa  $\pm 15$  % suunnitellusta
- Investoinnin pitoaika poikkeaa  $\pm 1$  vuosi
- Tuotot poikkeavat odotetusta  $\pm 15$  % Per kausi
- Romuarvo on 0 tai negatiivinen (tässä työssä = - 4 950 €)
- Laskentakorkokanta muuttuu  $\pm 5$  % (Hankasalmi, 2015)

Herkkyysanalyysi suoritettiin kolmesta murskainvaihtoehdosta. Edellä mainituilla arvoilla tehtynä analyysi osoitti kaikkien investointien pysyvän kannattavina mahdollisista muutoksista huolimatta.

Herkkyysanalyysin nettonykyarvon tulokset ovat havainnollistettu taulukossa. Taulukko kuuluu työn liitteisiin, jotka ovat yrityksen käytössä.



Nykyarvon muutoksia tarkastellessa voidaan nähdä, että tuoton määrä pysyy kannattavan tason yläpuolella jokaisen tarkastelualueen kohdalla. Alimmillaan kannattavuus käy tarkastellessa investointi 1 nettotuoton vähenemistä. Parhaimmillaan tuotto on suurin investointi 2 laskentakorkokannan ollessa 15 %.

Myös sisäistä korkoa tarkasteltaessa todetaan investointien pysyvän kannattavina muutoksista huolimatta. Investointi 3 perushankintahinnan ollessa 15 % alhaisempi kuin arvioitu, on kannattavuus korkein lähtöarvoista. Tuoton vähentyminen tuottaa alimman tuloksen investointi 1 osalta.

Herkkyysanalyysin sisäisen koron tulokset ovat havainnollistettu taulukossa. Taulukko kuuluu työn liitteisiin, jotka ovat yrityksen käytössä.

## 9 MURSKAINVERTAILU

Laskelmien tiedot kustakin investoinnista koottiin yhteen vertailua varten.

Taulukosta nähdään, että vaikka viiralle soveltuvan laiteinvestoinnin peruskustannus on suurempi kuin vain kevyelle jätteelle soveltuvalla murskaimella, on myös tuotto korkeampi. Tuottoa, nykyarvoa, sisäistä korkoa ja takaisinmaksuaikaa verratessa voidaan todeta viiran käsittelymahdollisuuden hankkimisen olevan hyvä vaihtoehto.

Murskainvertailu kuuluu työn liitteisiin, jotka ovat yrityksen käytössä.

## 10 RISKIANALYYSI

Molempien murskainhankintojen tapauksessa kyseessä on suuren rahasumman sitoutuminen pitkäksi aikaa, mikä lisää investoinnin riskiä. Tästä johtuen herkkyysoanalyysin lisäksi tarkastellaan hankintojen vahvuuksia, heikkouksia, uhkia ja mahdollisuuksia, eli suoritetaan SWOT-analyysi. Tässä tapauksessa keskitytään tarkastelemaan viiran käsittelyn mahdollistavan murskaimen hankintaa sen sijaan, että investoitaisiin murskaimeen joka ei pysty käsittelemään viiraa ja sallisi vain korvaavan käsittelyn energiapolttoaineelle.

	+	-
	Vahvuudet	Heikkoudet
Sisäinen Ympäristö	<p>Yrityksen toiminta laajenee</p> <p>Mahdollisuus käsitellä teollisuuden sivuvirtoja ja muuta vaikeasti käsiteltävää materiaalia</p> <p>Palvelun tuottajana toimiminen ainoana yrityksenä lähiympäristössä</p>	<p>Perushankintahinta suurempi</p> <p>Varavoimakonejärjestelmä vaatii aluksi ylimääräistä experttitaitoa</p>
	Mahdollisuudet	Uhat
Ulkoisen ympäristö	<p>Käsittelylaitoksen aseman strateginen vahvistuminen</p> <p>Palvelutarjonnan laajentuminen ja kehittyminen yrityksenä</p>	<p>Materiaalivirran väheneminen</p> <p>Sopimuksiin liittyvät hankaluudet</p>

KAAVIO 8. SWOT-analyysi viiramurskaimen hankinnasta

SWOT-kaavion avulla voidaan todeta, että yrityksen keskeistä sijaintia voidaan käyttää hyväksi investointia harkittaessa. Yrityksen asema vahvistuu sen erikoistuesssa materiaalin käsittelyyn, jota lähiympäristön muut yritykset eivät tarjoa. Materiaalin tulon väheneminen on vartenotettava uhka, mutta mikäli murskaininvestoinnilla voidaan laajentaa toimintaa teollisuuden sivutuotteiden käsittelyyn, voi yritys etsiä uusia kohteita.

Ulkoinen ympäristö asettaa myös uhan jätehuoltopalvelujen kunnallistumisvaarasta, jonka vuoksi asema käsittelylaitoksena tulee tärkeäksi. Tätä uhkaa ei ole merkitty kyseiseen SWOT-analyysiin, sillä se ei suoranaisesti liity projektin murskaimen tehojen valintaan.

Tehokkaamman murskan mahdollisuuksien toteuttamiseksi voidaan käyttää hyväksi projektin vahvuuksia. Vaikeasti käsiteltävän materiaalin murskaaminen tulevaisuudessa antaa mahdollisuuden yritykselle palvelutarjonnan laajenemiselle, jolloin voidaan muokata yrityksen strategiaa ja painottaa laitoksen tuotantoa yksityistalouksien jätteenkeräyksen sijaan, jolloin uhka kunnallistumisesta jää pienemmäksi.

Projektin heikkouksia voidaan vähentää valitsemalla käytetty murskain, jolloin investointihinta ja riski vähenevät. Experttitaidon puute voidaan ratkaista kouluttautumisella ja käyttää laajaa verkostoa taidon hankkimiseksi. Perusinvestointihintaa voidaan alentaa myös käyttämällä tämän kaltaisiin kehittämisprojekteihin myönnettyä tukirahaa, joka haetaan takautuvasti projektin jälkeen.

Materiaalivirran väheneminen tulevaisuudessa on varteenotettava riski kyseisessä investoinnissa. On otettava kuitenkin huomioon, että paperikoneen kudokset ovat vain yksi teollisuuden sivuvirroista joita voidaan ottaa käsittelyyn laitoksella, mikäli koneessa on riittävät tehot. Teollisuudessa syntyy valtavia määriä yhä hankalammin käsiteltävää ja sijoitettavaa materiaalia, jonka vastaanottoon yritys voi laajentaa toimintaansa.

## 11 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kannattavuuslaskelmien ja materiaaliselvityksen yhteydessä viiramateriaalin käsittelyhanketta tarkasteltiin yrityksen kehitysstrategian kannalta, jonka pohjalta se todettiin kannattavaksi alan uhat huomioon ottaen. Yrityksellä on mahdollisuus laajentaa laitostoimintaansa ja vähentää omalta osaltaan hävityspolton määrää suomessa. Tutkimuksen seurauksena yrityksellä on myös vahvempi tuntemus materiaalista.

Työssä löydettiin vaihtoehtoja viiran käsittelyn mahdollistamiseksi, ja yritys voi tehdä investointipäätöksen tukeutuen ratkaisuihin. Viiran käsittely laitoksella todettiin kannattavaksi. Myös pelkkään nykyiseen kierrätyspolttoaineen valmistukseen soveltuva murskaininvestointi on kannattava, joskin mahdollisuus käsitellä paperikonekudosta osoittautui tuottavammaksi ratkaisuksi.

Investoinnin ohella voitiin viiramateriaalille löytää sopiva uusiokäyttökohde, joskin tällä hetkellä hyödyntämiseen tarvittava palakoko on yritykselle liian työlästä saavuttaa. Mikäli investointi tehdään pitäen silmällä viiran käsittelyä, voidaan materiaalista kuitenkin hyötyä energianäkökulmasta, jolloin viira voidaan lisätä osaksi kierrätyspolttoainetta.

## 12 LÄHTEET

DOMINGHAUS, Hans 1993. *Plastics for Engineers*. Hanser Gardner Publications, Inc

ERKKI SALMINEN OY 2017. [Viitattu 28-11-2017 ] Saatavissa: [<http://www.erkkisalminen.fi/lajitteluohjeet-2/>]

HÄGGBLUM-AHNGER, Ulla, KOMULAINEN, Pekka & SEPPÄLÄ, Markku J. 2001. *Paperin ja kartongin valmistus*. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy

JYRKKIÖ, Esa ja RIISTAMA, Veijo 1997. *Laskentatoimi päätöksenteon apuna*. Porvoo: WSOY

KOTRO, Mikko 2007. *Yrityksen kannattavuus ja rahoitus*, Helsinki: Edita Prima

MCLANEY, Eddie 2008 (1986). *Business Finance*, 8. Painos. Pearson Education Ltd.

MUOVITEOLLISUUS RY, Kyselyselvitys PET-muovista, suoritettu 22-06-2017. [Viitattu 25-11-2017] Saatavissa: [[http://www.plastics.fi/fin/muovitieto/kysy\\_muovista/?yleinen](http://www.plastics.fi/fin/muovitieto/kysy_muovista/?yleinen)]

NIESSEN, Walter R. 2010 (1938). *Combustion and Incineration Processes, Application in environmental engineering*, 4. Painos. CRC Press, Taylor & Francis Group

PELLINEN, Jukka 2006. *Economica, Kustannuslaskenta ja kannattavuusajattelu*. Alma Talent

SUOMEN UUSIOMUOVI OY 2017 [Viitattu 30-11-2017] Saatavissa: [[http://www.uusiomuovi.fi/fin/muovi\\_kiertaa/muovien\\_kierratys/muovien\\_materiaalimerkit/](http://www.uusiomuovi.fi/fin/muovi_kiertaa/muovien_kierratys/muovien_materiaalimerkit/)]

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS 2008. *Jätteiden kierrätyksen ja polton ympäristövaikutukset ja kustannukset – jätehuollon vaihtoehtojen tarkastelu alueellisesta näkökulmasta*. Julkaisu 39, MYLLYMAA, Tuuli, MOLIIS, Katja, TOHKA, Antti, ISOAHO, Simo, ZEVENHOVEN, Maria, OLLIKAINEN, Markku ja DAHLBO, Helena. Saatavana: [[www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)]

TCHOBANOGLIOUS, George, THEISEN, Hilary ja VIGIL, Samuel A 1993. *Integrated Solid Waste Management*. McGraw-Hill Book Co.

TILASTOKESKUS 2017, *Jätteiden käsittely* [Viitattu 25-10-2017] Saatavissa: [<http://www.stat.fi/index.html> 2017]

TOMPERI, Soile 2016 *Yrityksen taloushallinto 3, Kannattavuus- ja kustannuslaskenta*. Helsinki: Edita Publishing Oy








## LIITE 1: DISKONTTAUSTAULUKKO

$$1 \text{ euron nykyarvo} \quad \frac{1}{(1+i)^n}$$

n/1	5 %	6 %	7 %	8 %	10 %	12 %	15 %	20 %
1	0,9524	0,9434	0,9346	0,9259	0,9091	0,8929	0,8696	0,8333
2	0,9070	0,8900	0,8734	0,8573	0,8264	0,7972	0,7561	0,6944
3	0,8638	0,8396	0,8163	0,7938	0,7513	0,7118	0,6575	0,5787
4	0,8227	0,7921	0,7629	0,7350	0,6830	0,6355	0,5718	0,4823
5	0,7835	0,7473	0,7130	0,6806	0,6209	0,5674	0,4972	0,4019
6	0,7462	0,7050	0,6663	0,6302	0,5645	0,5066	0,4323	0,3349
7	0,7107	0,6651	0,6227	0,5835	0,5132	0,4523	0,3759	0,2791
8	0,6768	0,6274	0,5820	0,5403	0,4665	0,4039	0,3269	0,2326
9	0,6446	0,5919	0,5439	0,5002	0,4241	0,3606	0,2843	0,1938
10	0,6139	0,5584	0,5083	0,4632	0,3855	0,3220	0,2472	0,1615
11	0,5847	0,5268	0,4751	0,4289	0,3505	0,2875	0,2149	0,1346
12	0,5568	0,4970	0,4440	0,3971	0,3186	0,2567	0,1869	0,1122
13	0,5303	0,4688	0,4150	0,3677	0,2897	0,2292	0,1625	0,0935
14	0,5051	0,4423	0,3878	0,3405	0,2633	0,2046	0,1413	0,0779
15	0,4810	0,4173	0,3624	0,3152	0,2394	0,1827	0,1229	0,0649
20	0,3769	0,3118	0,2584	0,2145	0,1486	0,1037	0,0611	0,0261
30	0,2314	0,1741	0,1314	0,0994	0,0573	0,0334	0,0151	0,0042
40	0,1420	0,0972	0,0668	0,0460	0,0221	0,0107	0,0037	0,0007
50	0,0872	0,0543	0,0339	0,0213	0,0085	0,0035	0,0009	0,0001

(Tomperi, 2016)

## LIITE 2: YLEISTEN MUOVILAATUJEN MERKINTÄTAULUKKO

MATERIAALI-MERKINTÄ	NIMI	YLEISET OMINAISUUDET	ESIMERKKEJÄ KÄYTTÖKOHTEISTA JA LAJITTELUSTA
 01 PET	Polyeteeni- tereftalaatti	Kirkas, kova, kemikaaleja kestävä	Virvoitusjuoma- ym. pullot. Pantilliset pullot kauppojen automaatteihin. Muut muovipakkauskeräykseen.
 02 PE-HD	Polyeteeni high- density	Samea tai värillinen, joustava, vahamainen pinta	Mehupullot, virvoitusjuomakorit.
 03 PVC	Polyvinyyli- kloridi	Erittäin monimuotoinen ja -piirteinen	Putket, letkut, rakennusmateriaalit. Harvoin pakkausmateriaalia
 04 PE-LD	Polyeteeni low-density	Pehmeä, joustava, vahamainen pinta	Muovikassit, pussit, kalvot. Muovipakkauskeräykseen
 05 PP	Poly- propeeni	Jäykkä, sitkeä, hyvin monikäyttöinen	Narut, rasiat, kalvot, pehmusteet. Muovipakkauskeräykseen
 06 PS	Poly- styreeni	Lasin kirkas tai värjätty, hauras, vaahdotettu (EPS)	Rasiat, purkit, pehmusteet Muovipakkauskeräykseen
 07 O	Muut	Kaikkien ylläolevien yhdistelmät ja muut materiaalit	Kahvipussit, sipsipussit jne. Muovipakkauskeräykseen

(Suomen Käyttömuovi Oy, 2017)