

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ala Lappeenranta  
Prosessitekniikan koulutusohjelma

Matti Karppinen

## **Polttoaineen vastaanotto ja sen kehittäminen – Pursialan voimalaitos**

Opinnäytetyö 2014

## **Tiivistelmä**

Matti Karppinen

Polttoaineen vastaanotto ja sen kehittäminen – Pursialan voimalaitos, 50 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikan ala Lappeenranta

Prosessitekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö 2014

Ohjaajat: yliopettaja Pasi Rajala, Saimaan ammattikorkeakoulu, metsäpäällikkö  
Lasse Lahtinen, Etelä-Savon Energia Oy

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin Pursialan voimalaitoksen nykyisen polttoaineen vastaanoton toimivuutta ja vertailtiin sitä kahteen erilaiseen investointivaihtoehtoon. Työssä kuvattiin investointivaihtoehtojen toimintamallit, edut ja haasteet investointina korvaamaan nykyinen vastaanotto sekä tehtiin investoinneille kustannuslaskenta.

Työn lopputuotos oli kustannuslaskentapohja. Työn alussa perehdyttiin biopolttoaineisiin, polttoaineen vastaanottoon, näytteenottoon ja – käsittelyyn sekä investointien teoriaan.

Asiasanat: biopolttoaine, vastaanotto, näytteenotto, näytteenkäsittely, näyte, investointi, kustannus, voimalaitos, kannattavuus

## **Abstract**

Matti Karppinen

Fuel reception and development - Pursiala power plant, 50 pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Process Technology

Bachelor's Thesis 2014

Supervisor: Dr. Pasi Rajala, Principle Lecturer, Saimaa UAS

Instructor: Mr Lasse Lahtinen, Head of Forestry, Etelä-Savon Energia Oy

This thesis explores the functionality of current fuel reception of Pursiala power plant which was compared to two different investment alternatives. It describes operating models of investment alternatives, and benefits and challenges as an investment to replace the current reception. Also investments' calculation of costs is included.

The final result of the thesis is the basis of cost accounting. Biofuel, fuel reception, sampling, treatment of samples and investments theory were familiarized with in the beginning of the study.

Keywords: biofuel, reception, sampling, treatment of samples, sample, investment, cost, power plan, profit

## Sisältö

Termit.....	6
1 Johdanto .....	7
2 Yrityksen esittely .....	8
2.1 Konserni .....	8
2.2 Pursialan voimalaitos.....	9
3 Yleistä biopolttoaineiden käytöstä .....	10
3.1 Biopolttoaine.....	10
3.2 Metsäpolttoaine .....	11
3.3 Teollisuuden puutähdde .....	12
3.4 Jyrsinturve .....	12
3.5 Puupolttoaineiden käyttö Suomessa 2012 .....	13
3.6 Uusiutuvan energian tavoitteet .....	13
3.7 Laatuominaisuuksia.....	14
3.7.1 Kosteus.....	14
3.7.2 Lämpöarvo.....	16
3.7.3 Energiamäärä .....	17
3.7.4 Muut ominaisuudet.....	18
4 Näytteenotto ja käsittely .....	18
4.1 Näytteenotto .....	18
4.1.1 Näytteenoton hyvät periaatteet .....	19
4.1.2 Näytteenottosuunnitelma .....	19
4.1.3 Näytteenottotavat.....	20
4.1.4 Standardit .....	23
4.2 Näytteiden käsittely .....	23
4.3 Yksittäisnäytteiden lukumäärä .....	25
5 Vastaanotto.....	26
6 Investointi.....	27
6.1 Yleistä.....	27
6.2 Investointilaskentamenetelmät .....	28
6.3 Nettonykyarvon ja sisäisen korkokannan vertailu .....	29
7 Vastaanottoprosessi Pursialan voimalaitoksella .....	30
7.1 Polttoainekuorman saapuminen ja purku .....	30
7.2 Näytteidenotto ja käsittely.....	32
7.3 Ongelmakohdat .....	34
8 Vastaanottoprosessi, investointivaihtoehto 1 .....	35
8.1 Yleistä.....	35
8.2 Polttoainekuormien saapuminen ja purku.....	36

8.3 Näytteiden käsittely .....	36
8.4 Näytteenotto .....	37
8.5 Edut ja haasteet .....	38
9 Vastaanottoprosessi, investointivaihtoehto 2 .....	39
9.1 Yleistä.....	39
9.2 Polttoainekuormien saapuminen ja purku.....	39
9.3 Näytteiden käsittely .....	40
9.4 Näytteenotto .....	41
9.5 Edut ja haasteet .....	41
10 Vaihtoehtojen vertailu.....	43
10.1 Yleistä.....	43
10.2 Laskentapohja .....	43
11 Johtopäätökset ja tulokset.....	47
Kuvat.....	49
Taulukot.....	49
Lähteet.....	50

## Termit

Näyte	Polttoainemäärä, joka edustaa suurempaa määrää, jolle laatu on määritettävä.
Laboratorionäyte	Toimituserästä tai sen osasta kootuista kokoomanäytteistä homogenisoidulla ja jakamalla muodostettu osanäyte, joka toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi. Vertailuja varten voidaan samasta kokoomanäytteestä muodostaa useampia rinnakkaisia laboratorionäytteitä esimerkiksi kosteuden määrittystä varten.
Kokoomanäyte	Yleisnimitys näytteelle, joka muodostetaan yhdistämällä samasta polttoaine-erästä otetut yksittäisnäytteet. Kokoomanäyte voidaan muodostaa myös yhdistämällä homogenisoiduista yksittäisnäytteistä jakamalla erotetut osanäytteet yhdeksi näytteeksi.
Toimituserä	Se polttoaine-erä, johon puupolttoainelajien keskeiset, säännöllisesti valvottavat laatuvaatimukset kohdistetaan. Toimituserä voi olla yksittäinen toimituserä, jossa on sovitettu polttoaineen määrä (esim. rekkakuorma) tai jatkuva toimitus, jossa useat kuormat toimitetaan käyttäjälle sovitun ajanjakson sisällä (yleensä 24 tunnin toimitus tai viikkotoimitus).
ESE	Etelä-Savon Energia
Poikkeama	Systemaattinen virhe, joka johtaa siihen, että sarjan tulokset ovat keskiarvoltaan jatkuvasti suuremmat tai pienemmät kuin saataessa käyttämällä vertailunäytteenottomenetelmää.

# 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee aihetta polttoaineen vastaanotto ja sen kehittäminen Etelä-Savon Energian Pursialan voimalaitoksella Mikkelissä. Pursialan voimalaitoksen pääpolttoaineena on puuhake. Puuhakkeen käyttö tulee myös lisääntymään tulevaisuudessa. Voimalaitoksen toinen pääkattiloista, Pursiala 2 modifioitiin vuonna 2013 soveltumaan pelkästään puuhakkeen poltolle soveltuvaksi. Puuhakkeen lisääntyvällä käytöllä ESE toteuttaa ympäristöystävällisen energian hankintaa ja tuotantoa, mikä on yksi yhtiön tehtävistä.

ESE on vuosien varrella satsannut paljon uusiutuvaan puupohjaiseen lähien energiaan. Pursiala 2 kattilan muutostyö oli noin 10 miljoonan euron investointi, ja se on ESE:n kokoiselle yhtiölle merkittävä panostus. Investoinnilla ESE haluaa laajentaa mahdollisuuksiaan valita käytettäviä polttoaineita.

Pursialan voimalaitoksella tullaan lähitulevaisuudessa puupohjaisen polttoaineen lisääntymisen takia tekemään investointeja vastaanoton uusimiseksi. Tässä opinnäytetyössä selvitetään kaksi erilaista vastaanottoratkaisua nykyisin käytössä olevan vastaanoton vertailukohtaksi ja arvioidaan näiden investointien kannattavuutta ja hyötyjä. Vastaanoton, näytteenoton sekä näytteiden käsittelyn merkitys on suuri voimalaitokselle taloudellisesti. Polttoaineiden hinta perustuu toimitetun polttoaineen lämpöarvoon. Lämpöarvon määrittämiseksi toimitetusta polttoaineesta otetaan näyte, jotta voidaan kokeellisesti selvittää toimitetun polttoaineen laatu. Puuperäisten polttoaineiden lämpöarvoon eniten vaikuttava ominaisuus on kosteus.

Työn alussa esitellään ESE konsernina, Pursialan voimalaitos sekä annetaan johdantoa puupohjaisten polttoaineiden käyttöön ja vastaanottoon prosessiin, johon sisältyy vastaanotto, näytteenotto sekä näytteiden käsittely. Työssä käydään läpi myös investoinnin teoriaa.

## 2 Yrityksen esittely

### 2.1 Konserni

Etelä-Savon Energia Oy on kokonaan Mikkelin kaupungin omistama yhtiö, ja sillä on yli 100-vuotinen historia. Mikkelin Sähkölaitos perustettiin 9.10.1900, ja se siirtyi kaupungin omistukseen vuonna 1911 (ESE 2007). Kuvassa 1 on Etelä-Savon Energia Oy:n logo.



Kuva 1. Logo, Etelä-Savon Energia Oy (ESE)

Konserni koostuu liiketoimintayksiköistä ja tytäryhtiöistä, jotka ovat Energialiiketoiminta, Voimaliiketoiminta, ESE-Verkko Oy, ESE-Tekniikka Oy sekä OOO ESE ja Russkij Les (ESE 2014). Konsernissa työskenteli henkilöstöä keskimäärin 99 henkilöä ja liikevaihtoa oli 53,9 miljoonaa euroa vuonna 2012 (ESE 2012).

ESE tuottaa energiaa kolmella eri tuotantomuodolla. Pursialan voimalaitos Mikkelissä tuottaa energiaa puupohjaisilla polttoaineilla ja turpeella. Tuulivoimaa tuotetaan Propel Voima Oy:n tuulivoimaloissa Uudessakaupungissa ja vesivoimaa Koskienergia Oy:n vesivoimalaitoksissa ympäri Suomen. Uusiutuvalla energialla tuotettu sähkö on Ekoteko-sähköä. (ESE 2014.)



## 2.2 Pursialan voimalaitos

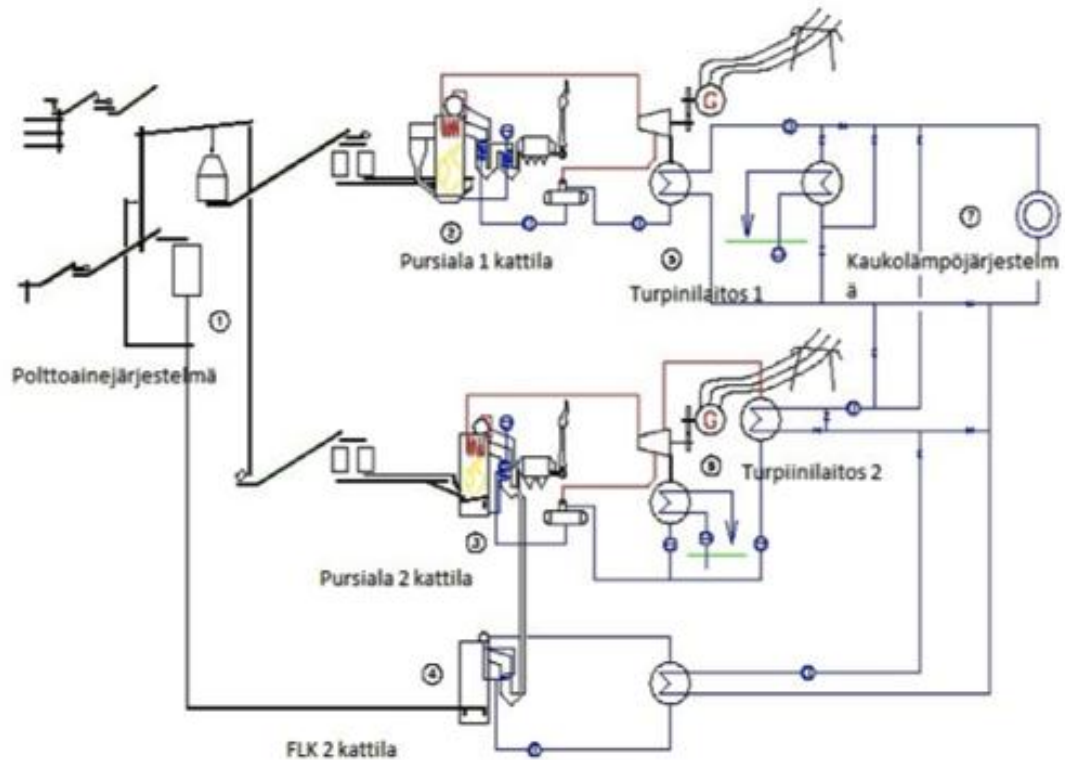
Pursialan voimalaitos tuottaa sähköä ja kaukolämpöä ESE:n jakelualueen käyttöön. Voimalaitoksen sähköteho on 62 MW ja kaukolämpöteho 125 MW. (ESE 2007.) Voimalaitoksen uusiutuvien polttoaineiden osuus vuonna 2012 oli 2/3. Voimalaitos tuottaa vuosittain kaiken yhtiön tarvitseman sähkön ja yli 90 % kaukolämmöstä. Loput kymmenen prosenttia kaukolämmön tarpeesta tuotetaan kaukokäyttölaitoksilla. Kuvassa 2 näkyy Pursialan voimalaitos ilmasta kuvattuna.



Kuva 2. Pursialan voimalaitoksen ilmakekuva (ESE)

Voimalaitoksen käyttö on automatisoitu tehokkaasti. Sen käytössä oleva 220 MW:n kattilateho on rakennettu kolmessa eri vaiheessa seuraavasti:

- Leijukerroskattila eli FLK 2 (27 MW) valmistui vuonna 1984.
- Pursiala 1 (sähköteho 30 MW / kaukolämpöteho 60 MW) valmistui vuonna 1990.
- Pursiala 2 (sähköteho 32 MW / kaukolämpöteho 60MW) valmistui vuonna 2005 ja modifioitu 2013, (ESE 2007.)



Kuva 3. Porsialan voimalaitoksen prosessikuvaus (ESE 2007)

Vuonna 2012 puun osuus polttoaineista oli 67,9 % ja turpeen 31,6 %. Öljyn osuus oli vain 0,5 %. Polttoaineet suuruusjärjestyksessä ovat metsäpolttoaine, teollisuuden puutähte ja jyrshinturpe. (ESE 2012, 24.)

Porsialan voimalaitos tuottaa ympäristöystävällistä energiaa hyvällä hyötysuhteella. Sähkön tuotannossa syntyvä lämpö käytetään kaukolämmön tuotantoon. Voimalaitoksen prosessikuvaus näkyy kuvassa 3.

### 3 Yleistä biopolttoaineiden käytöstä

#### 3.1 Biopolttoaine

Biomassasta saadaan bioenergiaa, joka on hiilidioksidineutraalia eli se ei lisää hiilidioksidipäästöjä. Biomassojen poltossa vapautuvan hiilen oletetaan sitoutuvan uudelleen kasvavaan biomassaan. Korvaamalla fossiilisia polttoaineita biomassoista tehtävillä polttoaineilla, kuten puuhakkeella, voidaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja hidastaa ilmastonmuutosta. Biomassojen käytöllä

vähennetään muitakin energiantuotannon haittavaikutuksia, kuten raskasmetalli- ja rikkipäästöjä. Biomassojen käytöllä edistetään myös energiantuotannon omavaraisuutta ja huoltovarmuutta. (Motiva 2014a.)

Bioenergiaa saadaan tuotettua Suomessa puuperäisistä polttoaineista, pelto-biomassoista, biokaasusta sekä kierrätys- ja jätepolttoaineiden biohajoavista osista. Puuperäisillä polttoaineilla on näistä suurin merkitys. Metsäteollisuuden puunkäytön ja tuotannon yhteydessä syntyy energijakeita, esimerkiksi puun kuorta, kutterilastua ja sahanpurua. Näitä on Suomessa hyödynnettykin melko pitkään energialähteinä, pääosin teollisuuden omissa voimalaitoksissa ja lämpökattiloissa tuottamaan sähköä, prosessihöyryä ja lämpöä. (Motiva 2014a.)

Näiden lisäksi metsästä saadaan energiakäyttöön metsäpolttoainetta. Metsäpolttoaineen käyttö on voimakkaassa kasvussa tällä hetkellä. Suomessa ei kasvateta metsiä varsinaisesti energiapuumetsiksi. Metsäpolttoainetta tuotetaan pääosin päätehakkuiden sivutuotteista, latvuksista, oksista ja kannoista sekä metsänhoidollisten harvennushakkuiden pienpuusta. (Motiva 2014a.)

### 3.2 Metsäpolttoaine

Metsäpolttoaine määritellään sellaiseksi polttoaineeksi, jota ei ole aikaisemmin käytetty muuhun tarkoitukseen ja se on valmistettu mekaanisella prosessilla suoraan puusta. Metsäpolttoaineisiin kuuluu hakkuutähde-, kokopuu- ja runkopuu-hake sekä kantomurske (Kuva 4).



Kuva 4. Kokopuu- ja hakkuutähdehakea (ESE)

Kannoiksi määritellään kaatopinnan alapuolinen osa sekä puun juuristo. Kannot murskataan kantomurskeeksi. Hakkuutähde on runkopuun korjuun yhteydessä metsään jäävä puuaines. Se voi koostua oksista, latvoista sekä hakkuualueelle jäävistä pienemmistä ns. raivauspuista ja hylkypölkyistä.

Kokopuuksi määritellään kaadettu ja karsimaton puu, joka ei sisällä juuria. Se sisältää rungon kuorineen sekä oksat ja neulaset/lehdet. Runkopuuta on puun rungon osat, joista on poistettu oksat ja latva.

Metsähake on metsäbiomassasta valmistettu puuhake. Suomessa metsähaketta käytetään yleisterminä ranka-, kokopuu-, hakkuutähdehakeille tai murskeille. (Bioenergia ry 2013, 9 – 11.)

### **3.3 Teollisuuden puutähde**

Metsä- ja puunjalostusteollisuudessa syntyy paljon erilaisia energiaksi hyödynnettäviä jakeita. Merkittävimpiä ovat mustalipeä, kuori, erilaiset purut ja puutähdehakeet. Mustalipeää syntyy kemiallisen massanvalmistusprosessin yhteydessä, ja se haihdutetaan ja poltetaan sellutehtaiden yhteydessä olevissa soodakattiloissa.

Muut puuperäiset jakeet ovat kemiallisen ja mekaanisen metsäteollisuuden sivutuotteita. Kuori, erilaiset purut ja lastut sekä hiontapöly syntyvät pääasiassa sahoilla. Kuori on yleensä hyödynnetty kokonaan energiantuotannossa, mutta nykyään sitä käytetään myös maanparannusaineena. Puun kuorta voi hävitä useita prosentteja korjuussa, kuljetuksissa ja varastoinnissa. Kaikkea ei siis saada hyödynnettyä bioenergiaksi.

Sahojen sivutuotteista korkein lämpöarvo on purulla, kun taas matalin on kuorella. Näissä sivutuotteissa on tuoreena korkea kosteuspitoisuus. Energiana hyödynnettäviä sivutuotteita syntyy myös sahatavaran jatkojalostuksesta sekä vaneriteollisuudesta. (Motiva 2014c.)

### **3.4 Jyrsinturve**

Jyrsinturve on energiaturvetta, jonka osuus energiaturpeen tuotannosta on yli 90 prosenttia. Sen tuotannon päävaiheet ovat jyrsintä, kääntäminen, karheami-

nen ja kokoaminen. Kuivaus tapahtuu yleensä turvesuolla jyrkimisen jälkeen auringon avulla, jonka jälkeen on kokoamisvaihe, eli se kerätään talteen.

Jyrsinturve on palakooltaan epätasaista ja pääosin pölymäistä turvetta sisältäen erikokoisia turverakeita. Turveaineksen lisäksi se voi sisältää pieniä määriä maatumattomia tai huonosti maatuneita kasvinosia sekä muita epäpuhtauksia pieniä määriä. (Alakangas 2000, 85; Bioenergia Suomessa 2014.)

### **3.5 Puupolttoaineiden käyttö Suomessa 2012**

Suomessa käytettiin vuonna 2012 ennätysellisen paljon puupolttoaineita lämpö- ja voimalaitoksien polttoaineina. Merkittävin polttoaine oli metsähake, jota kului 7,6 miljoonaa kiintokuutiometriä. Kasvua edelliseen vuoteen oli 11 prosenttia.

Kaikkiaan kiinteitä puupolttoaineita käytettiin 17,8 miljoonaa kiintokuutiometriä. Tämä on enemmän kuin koskaan aikaisemmin, ja kasvua edelliseen vuoteen oli 6 prosenttia. Kiinteiden polttoaineiden energiasisältö oli 34 terawattituntia, ja se on 9 prosenttia kaikkien energialähteiden kokonaiskulutuksesta.

Puupolttoaineet ovat Suomessa toiseksi merkittävin energianlähde öljytuotteiden jälkeen. Puupolttoaineisiin kuuluu metsäteollisuuden jäteliemet sekä kiinteät puupolttoaineet, joihin sisältyy lämpö- ja voimalaitosten käyttö ja pientalojen puun pienpoltto. (Ylitalo 2013.)

### **3.6 Uusiutuvan energian tavoitteet**

Suomessa uusiutuvan energian käyttöön vaikuttavat Suomen omat energia- ja ilmastopoliittiset linjaukset sekä EU:ssa tehdyt päätökset ja direktiivit. Hyvä esimerkiksi tästä on kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen pyrkivä päästökauppadirektiivi, joka on otettava huomioon Suomen energiapolitiikassa.

Uusiutuvan energian käyttöä pyritään energia- ja ilmastostrategian sekä Suomen kansallisen toimintasuunnitelman tavoitteiden mukaisesti lisäämään nykyisestä. Suomen tavoite energiantuotannossa on kasvattaa uusiutuvan energian käyttöä 9,5 prosenttia vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Tällöin uusiutuvan energian osuus Suomen energiankulutuksesta olisi 38 prosenttia.

Vuonna 2005 uusiutuvan energian osuus Suomen primäärienergian tuotannosta oli noin 28,5 prosenttia. (Motiva 2014b.)

Suurimmat uusiutuvan energian kasvutavoitteet kohdistuvat metsähakkeen käyttöön. Metsähaketta käytettiin vuonna 2012 noin 7,6 miljoonaa kuutiometriä, mikä on 15 terawattituntia. Vuoteen 2020 mennessä tavoitteena on hakkeen käyttömäärä nostaa 13 miljoonaan kuutiometriin, mikä tekisi 25 terawattituntia. (Motiva 2014a.)

### **3.7 Laatuominaisuuksia**

Polttoaineista maksettava hinta perustuu yleensä polttoaineen energiasisältöön. Tarvittavat tiedot energiasisällön määrittämiseen ovat massa, kosteus saapumistilassa sekä kuiva-aineen alempi tehollinen lämpöarvo.

Jatkuvissa toimituksissa on suositeltavaa, että kosteusarvoja valvotaan sovitusti toimituserien osalta. Muiden sovittujen valvottavien ominaisuuksien määrittäminen ja valvonta voidaan sopia yleensä tehtäväksi kerran kuukaudessa, ellei ole erityistä syytä tehdä sitä useammin. (Bioenergia ry 2013, 22.)

#### **3.7.1 Kosteus**

Kosteuden määrittäminen tehdään kuivatusmenetelmällä. Näytteen koko määräytyy punnitustarkkuuden perusteella. Kun punnitustarkkuus on 0,01 grammaa, punnitaan vähintään kaksi 30 - 100 gramman suuruista näytettä ja 0,1 gramman punnitustarkkuudessa vähintään kaksi 200 - 400 gramman suuruista näytettä.

Punnitut näytteet kuivataan ilmastoidussa lämpökaapissa  $105 \pm 2$  °C:n lämpötilassa vakioaineessa (Kuva 5). Näytettä kuivataan 30 mm:n paksuisena 16 – 24 h. Kuivauksen jälkeen näytteet punnitaan. Tämä kosteuden määrittäminen perustuu pääasiassa ISO 589 – menetelmään.



Kuva 5. Kosteusnäytteet lämpökaapissa (ESE)

Näytteen kosteus saadaan kuivatuksessa tapahtuvasta massanmuutoksesta laskemalla kaavan 1 mukaan:

$$M_{ar} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100 \quad (1)$$

missä  $M_{ar}$  on märkätainoa kohti laskettu kosteus saapumistilassa (%)

$m_1$  on märän näytteen massa (g)

$m_2$  on kuivatun näytteen massa (g).

Kosteuden määrittämisessä voidaan käyttää myös muita kosteudenmittausmenetelmiä. Tällöin pitää voida osoittaa menetelmän vastaavuus standardimenetelmään. Yksi tällainen menetelmä on pikakosteusmittarilla suoritettava mittaus. Pikakosteusmittari on kalibroitava jokaiselle polttoainelaadulle erikseen. (Alakangas 2000, 26 – 27.)



### 3.7.2 Lämpöarvo

Lämpöarvo kertoo kuinka paljon täydellisessä palamisessa kehittyä lämpöä polttoaineen massaa kohti. Lämpöarvo ilmoitetaan tavallisesti megajouleina polttoainekiloa kohti kiinteiden ja nestemäisten polttoaineiden kohdalla. (Motiva 2014c.)

Kalorimetrisessä lämpöarvossa on otettu huomioon palamisen yhteydessä höyrystyvän veden höyrystymisenergia. Kalorimetrisestä lämpöarvosta käytetään nimitystä ylempi lämpöarvo.

Määrittämisessä otetaan 1 grammaa ilma-kuivaa analyysinäytettä, joka poltetaan nesteeseen upotetussa kalorimetripommissa happiatmosfäärissä ja mitataan vapautuva lämpö. Samalla mitataan analyysinäytteen kosteus. Kosteuden avulla ilma-kuivan näytteen lämpöarvo muunnetaan vastaamaan absoluuttisen kuivan näytteen kosteutta. Tuloksena ilmoitetaan kalorimetrinen eli ylempi lämpöarvo absoluuttisen kuivalle näytteelle. Tämä saadaan laskettua kaavan 2 mukaan:

$$Q_{gd,d} = Q_{gr,ad} * \frac{100}{100 - M_{ad}} \quad (2)$$

missä  $Q_{gd,d}$  on kuiva-aineen kalorimetrinen eli ylempi lämpöarvo (MJ/kg)

$Q_{gr,ad}$  on ilmakostean näytteen kalorimetrinen lämpöarvo (MJ/kg)

$M_{ad}$  on ilma-kuivan näytteen analyysikosteus (%).

Suomessa lämpöarvo yleensä ilmoitetaan tehollisena lämpöarvona, jota kutsutaan myös alemmaksi lämpöarvoksi. Se saadaan muutoskaavalla kalorimetrisestä lämpöarvosta huomioimalla vedyn palamisessa syntyvän ja savukaasuisessa poistuvan vesihöyryn haihduttamiseen kuluva lämpömäärä. Tehollinen lämpöarvo lasketaan kaavan 3 mukaan:

$$Q_{net,d} = Q_{gr,d} - 0,02441 * M \quad (3)$$

missä  $Q_{net,d}$  on kuiva-aineen tehollinen eli alempi lämpöarvo (MJ/kg)



$Q_{gr,d}$  on kuiva-aineen kalorimetrinen eli ylempi lämpöarvo (MJ/kg)

0,02441 (MJ/kg) on veden höyrystymislämmöstä johtuva korjaustekijä (+25 °C)

M on polttoaineen kuiva-aineen sisältämän vedyn palaessa syntyvät vesimäärä prosentteina.

Kolmantena lämpöarvona voidaan ilmoittaa tehollinen lämpöarvo saapumistilassa. Tämä on alin lämpöarvo, koska siinä lämpöarvoa laskettaessa vähennetään se energiamäärä, joka menee polttoaineen luontaisesti sisältämän ja palamisessa syntyvän veden haihduttamiseen. Tämä lasketaan kaavan 4 mukaan:

$$Q_{net,ar} = Q_{net,d} * \frac{100 - M_{ar}}{100} - 0,02441 * M_{ar} \quad (4)$$

missä  $Q_{net,ar}$  on polttoaineen tehollinen lämpöarvo saapumistilassa (MJ/kg)

$Q_{net,d}$  on kuiva-aineen tehollinen eli alempi lämpöarvo (MJ/kg)

$M_{ar}$  on vastaavan polttoaine-erän kokonaiskosteus saapumistilassa (%) painotettuna kostean polttoaineen massalla

0,02441 (MJ/kg) on veden höyrystymiseen kuluva lämpömäärä (+25 °C).

(Alakangas 2000, 27 – 29.)

### 3.7.3 Energiamäärä

Toimitettu energiamäärä W (MWh) lasketaan kaavan 5 mukaan:

$$W = \frac{Q}{3,6} * m \quad (5)$$

missä  $Q/3,6$  on saapumistilaisen lämpöarvon (MJ/kg) muunto yksiköihin MWh/t

M on toimitetun polttoaineen paino (tonnia). (Alakangas 2000, 30.)

### **3.7.4 Muut ominaisuudet**

Polttoaineista voidaan määrittää myös muita ominaisuuksia. Tuhkapitoisuus ja tuhkansulamiskäyttäytyminen ovat polton kannalta tärkeitä ominaisuuksia. Rikkipitoisuus määritetään päästölaskentaa varten. Myös muita ominaisuuksia, kuten kloori-, hiili-, ja vetypitoisuudesta sekä pääalkuaineiden ja hivenaineiden pitoisuudesta voidaan olla kiinnostuneita.

Kloorin, natriumin ja kaliumin pitoisuuksilla on vaikutusta tuhkan sulamisominaisuuksiin ja sitä kautta kattilan likaantumiseen sekä korroosioriskin lisääntymiseen. Jos polttoaineiden käyttäjä mittaa polttoaineen polttoaineominaisuuksia, tulisi näiden tulosten olla kaikkien osapuolten saatavilla. (Bioenergia ry 2013, 25.)

## **4 Näytteenotto ja käsittely**

### **4.1 Näytteenotto**

Polttoainekauppaa tehdään yleensä polttoaineen energiasisällön perusteella, joten näytteenotolla on suuri merkitys voimalaitoksen taloudelle. Polttoainetoimituksen energiamäärä määräytyy punnitustietojen ja toimituseristä otettujen näytteiden analyysituloksien perusteella. Näytteidenotto on eniten epävarmuutta aiheuttava työvaihe laadunmääritysketjussa. Suurin ongelma talouden kannalta on näytteenottotavasta johtuva mahdollinen systemaattinen virhe esimerkiksi kosteudessa.

Esimerkiksi polttoaineen saapuessa 50 prosentin kosteudessa, 1 prosentin systemaattinen virhe aiheuttaa noin 2,6 prosentin virheen polttoaineen lämpöarvossa. 40 prosentin kosteudessa lämpöarvon virhe on 2 prosenttia ja 30 prosentin kosteudessa 1,7 prosenttia. Jos MWh:n hinta on 20 euroa, tämä näytteenotosta johtuva systemaattinen virhe aiheuttaa jokaisessa saapuvassa 30 tonnin metsäpolttoainekuormassa noin 1,8 MWh:n virheen. Rahassa tämä on 36 euroa.

Jos toimituksia olisi vuositason tasolla esimerkiksi 10 GWh, 1 prosenttiyksikön systemaattinen virhe kosteudessa aiheuttaa noin 200 MWh:n virheen. Tämä on ra-

hassa 4000 euroa. Suurten laitosten 100 GWh:n toimituksissa virhe on noin 2 GWh vuositasolla, mikä on rahassa 40 000 euroa. Suurempi virheprosentti kosteuden systemaattisessa virheessä kasvattaa taloudellisia tappioita. Esimerkiksi tässä tapauksessa 2 prosentin systemaattinen virhe kaksinkertaistaa virheen energiasisällössä ja sen hinnassa polttoainekaupassa. (Järvinen & Impola 2012, 4.)

Yleisimmin virheet johtuvat väärin valitusta polttoaineen näytteenottopaikasta ja – tavasta. Esimerkiksi, jos näyte otetaan aina lajittuneesta polttoainevirrasta, näytteen kosteus on systemaattisesti joko liian kuivaa tai liian kosteaa. (Järvinen & Impola 2012, 4.)

Näytteenotolla tarkoitetaan analysoitavaksi soveltuvan näytteen ottamista suuremmasta kokonaisuudesta siten, että näyte ja polttoaine-erä ovat ominaisuuksiltaan samanlaisia. Edustavan näytteenoton voidaan sanoa olevan systemaattisen virheen pienentämistä. (Järvinen & Impola 2012, 9.)

#### **4.1.1 Näytteenoton hyvät periaatteet**

Näytteenotossa ja käsittelyssä tulee ottaa seuraavat periaatteet huomioon, että näytteenottopaikka on mahdollisimman lähellä polttoaineen luovutusta ja näytteenotto tapahtuu vapaasta liikkeestä, esimerkiksi putoavasta virrasta. Näytteenoton on myös kohdistuttava koko materiaalivirtaan tai valtaosaan sitä.

Materiaalivirrasta otetaan useampia pienempiä näytteitä ja on pyrittävä välttämään jatkuvaa osavirrasta tapahtuvaa näytteenottoa. Näytekäsittely ja näytteen jakaminen eivät saa muuttaa näytteen tutkittavia ominaisuuksia. (Järvinen & Impola 2012, 9.)

#### **4.1.2 Näytteenottosuunnitelma**

Näytteidenotosta laaditaan yleensä näytteenottosuunnitelma, jonka polttoainekaupan osapuolet hyväksyvät. Näytteenottoon liittyvät muutokset on hyväksyttävä yhdessä polttoainekaupan osapuolten kesken. Jokaiselle laitokselle on hyvä laatia oma yksityiskohtainen näytteenottosuunnitelma. Myös päästökauppa edellyttää omaa näytteenottosuunnitelmaa laitokselta.

Näytteenottosuunnitelman tavoitteena on pienentää näytettä niin, että sen edustavuus ei kärsi näytteen käsittelyn aikana. Tavoitteena on, että toimituserän kaikilla partikkeleilla olisi yhtä suuri todennäköisyys päätyä analysoitavaan näytteeseen. Näytteenottosuunnitelman täytyy olla standardin SFS-EN 14778 mukaan toteutettu.

Näytteenottosuunnitelmassa on otettava huomioon laitoskohtaisesti polttoaineiden toimituslogistiikka, ajoneuvojen purkumenetelmät, laitoksen vastaanoton ja käsittelymenetelmän asettamat vaatimukset niin, että saavutetaan mahdollisimman hyvä ja luotettava vastaanotto- ja käsittelymenetelmä. Tämän lisäksi on tärkeää huomioida turvallisuus.

Suunnitelman pohjalta laaditaan tiivistetty, yksinkertainen näytteenotto-ohje, jonka mukaan yleensä näytteenottajin olevat ajoneuvon kuljettajat toimivat kuormaa purettaessa. Suunnitelmassa sovitaan kunkin laitoksen kanssa vastaanottoon parhaiten soveltuva näytteenottopaikka ja – menetelmä, käytettävät näytteenottolaitteet ja – välineet, yksittäisnäytteiden lukumäärät ja tilavuudet, näytteiden käsittely, säilytys ja merkintä ja näytteenoton dokumentointi sekä poikkeustilanteiden hallinta. (Bioenergia ry 2013, 28.)

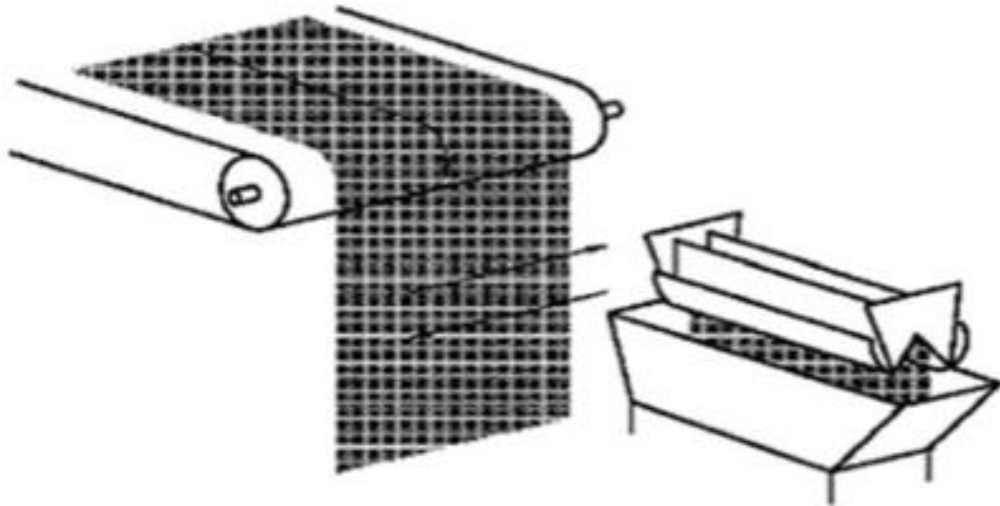
#### **4.1.3 Näytteenottotavat**

Näytteenottoa suoritetaan manuaalisesti käsin tai koneellisesti, jolloin se on automatisoitu. Automatisoidut koneelliset näytteenotot ovat yleistyneet suuremmissa laitoksissa, ja niillä saadaan pienennettyä virheprosenttia sekä hallittua paremmin systemaattista virhettä. (Järvinen & Impola 2012, 4.)

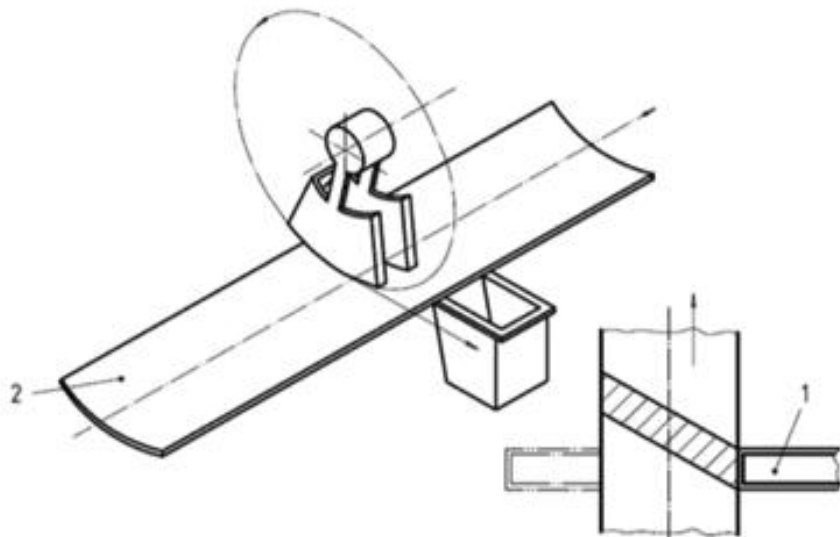
Koneellisessa näytteenotossa peruseriaate on, että yksittäisnäyte otetaan poikkileikkauksena koko polttoainevirrasta. Tämä on helpoiten toteutettavissa siten, että kuljetinhihnalta leikataan koko leveydeltä näytemäärä. Toinen tapa on, että kuljetushihnan päästä otetaan putoavasta materiaalivirrasta näyte kuljettamalla näytteenottolaatikko vakionopeudella materiaalivirran poikki koko leveydeltä. Koneelliseen näytteenottoon on myös muita eri toimintaperiaatteella toimivia ratkaisuja, esimerkiksi kola- ja ruuvikuljettimiin perustuvia ratkaisuja.

Koneellisessa näytteenotossa on varmistuttava, että polttoaine-erät pysyvät

erillään ja suunnitellut näytemäärät saadaan otettua erää kohden. Koneellisessa näytteenotossa yksittäisnäytteiden tilavuudet kasvavat helposti suureksi. Näytteiden käsittelyssä voidaan käyttää näytteiden murskaus-, sekoitus- ja jakolaitteita, jolloin näytekoko jää pienemmäksi ja näytteet ovat myös edustavampia. Laitoksille tulee yleensä polttoaine monelta eri toimittajalta sekä useampaa eri laatua, joten näytteenoton puhtaana pysymisestä on varmistuttava.



Kuva 6. Näytteenottolaitteisto putoavasta polttoainevirrasta (SFS-EN 14778)



**Selite**

- 1 Leikkuri
- 2 Tuettu kouruhihna kaarevuuden ylläpitämiseksi

Kuva 7. Näytteenottolaitteisto poikkileikkauksena hihnalta (SFS-EN 14778)

Kuvissa 6 ja 7 nähdään kaksi erilaista koneellista näytteenottoratkaisua. Kuvassa 6 näyte otetaan putoavasta polttoainevirrasta ja kuvassa 7 näyttemäärä otetaan hihnalta poikkileikkauksena. Materiaalin ollessa liikkeessä näytteenoton suorittaminen on helpompaa. Siksi näytteenotto on pyrittävä tekemään liikkeessä aina kuin mahdollista. On myös säännöllisesti varmistuttava, että näytteenottolaitteisto on asianmukaisesti puhdistettu ja ylläpidetty. Mahdolliset puutteet ja toimimattomuus on korjattava mahdollisimman nopeasti. (Bioenergia ry 2013, 30 – 31.)

Useammalla laitoksella on vielä manuaalinen näytteenotto, eli näytteet otetaan käsin näytteenottolapiolla (Kuva 8). Näyte otetaan heti kuorman purun jälkeen polttoainekentällä, purkutaskussa tai paikasta, mihin polttoaine puretaan. Näyte otetaan näytteenottosuunnitelman mukaan tehdyn ohjeistuksen perusteella siten, että riittävä määrä yksittäisnäytteitä kuormaa kohti saadaan kuorman eri osista.



Kuva 8. Standardin mukainen näytteenottolapio (Haklog)

Manuaalisessa näytteenotossa on tärkeää, että näyte otetaan kuorman eri osis-

ta. Näin saadaan koko kuorma edustetuksi näytteeseen. On myös vältettävä ottamasta näytettä aivan kasan pinnasta, vaan näytteet kaivetaan näytekauhalta vähän syvemmältä. Näytteenottaja ei saa tehdä valintaa esimerkiksi palakoon tai puhtauden suhteen. Näytteeseen on otettava mahdollisia epäpuhtauksia ja suurempia palakokoja myös. (Järvinen & Impola 2012, 15 – 16.)

#### **4.1.4 Standardit**

Vuonna 2012 on valmistunut kiinteiden biopolttoaineiden eurooppalainen standardijärjestelmä ja samalla on uusittu myös näytteenotto- ja näytekäsittelystandardit kahdeksi EN-standardiksi. Standardit ovat

- SFS-EN 14778: 2012 Kiinteät biopolttoaineet. Näytteenotto.
- SFS-EN 14780: 2012 Kiinteät biopolttoaineet. Näytteen esikäsittely.

Jos vastaavia kansallisia standardeja on olemassa, näillä EN-standardeilla korvataan ne. Myös ohjeistukset on suositeltavaa muuttamaan vastaamaan näitä standardeja. (Järvinen & Impola 2012, 2.)

#### **4.2 Näytteiden käsittely**

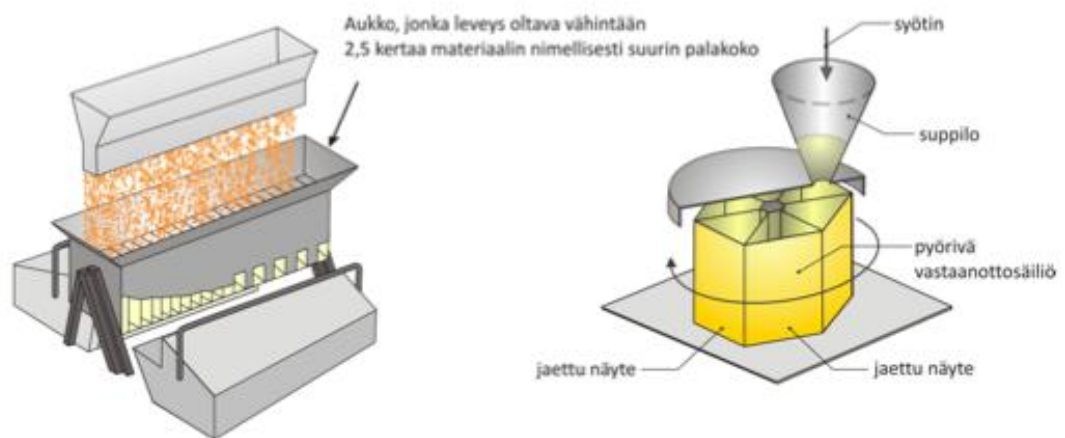
Polttoaine-eristä otetuista yksittäisnäytteistä koostuu kokoomanäytteet, joita pienennetään ohjeistuksen mukaan laboratorionäytteeksi. Kokoomanäytteitä muodostetaan polttoaineen kosteuden sekä kuiva-aineen ominaisuuksien (tuhka, lämpöarvo, yms.) määrittämistä varten. Kokoomanäytteet muodostetaan toimitajakohtaisesti ja tarvittaessa polttoainelaji- tai toimituspaikkakohtaisesti. Kokoomanäytteet voidaan muodostaa kolmella eri tavalla:

- Kaikki yksittäisnäytteet laitetaan yhteen astiaan muodostaen kokoomanäytteen. Tällöin kokoomanäyte on myös laboratorionäyte.
- Sekoitetaan yksittäisnäytteet kokoomanäytteeksi. Tämä jaetaan ja valmistetaan standardin EN 1480 mukaisesti laboratorionäytteeksi.
- Jokainen yksittäisnäyte laitetaan erilliseen astiaan ja toimitetaan laboratorioon, jossa ne sekoitetaan muodostaen laboratorionäytteen. (Bioenergia ry 2013, 36.)

Näytteet tulisi sekoittaa kuivassa ja pölyttömässä tilassa ennen jakamista. Näytteiden käsittelyssä täytyy huomioida tiettyjä periaatteita, joita ovat

- Näytteen koostumus ei saa muuttua alkuperäisestä käsittelyn aikana.
- Näytteen huolellinen sekoittuminen parantaa luotettavuutta.
- Polttoaineiden partikkelikokoa pienennettäessä murskaimella tai vastaavalla, on huomioitava, ettei tapahdu muutoksia kosteudessa tai hienoainehäviötä.
- Näytteet eivät saisi lämmetä eivätkä kuivua.
- Näytteenotto- ja käsittelylaitteet sekä näytteenottomenetelmät on testattava yhteisesti sovittavalla tavalla. (Bioenergia ry 2013, 35.)

Kokoomanäytteen pienentämiseksi laboratorionäytekokoon on erilaisia koneellisia sovelluksia käytössä. Näitä ovat mm. lokerojakajat sekä pyörivä näytteenjakolaite (Kuva 9). Jos näiden käyttö ei ole mahdollista, voidaan jakaminen tehdä manuaalisesti käsin neliöintimenetelmällä (Kuva 10).

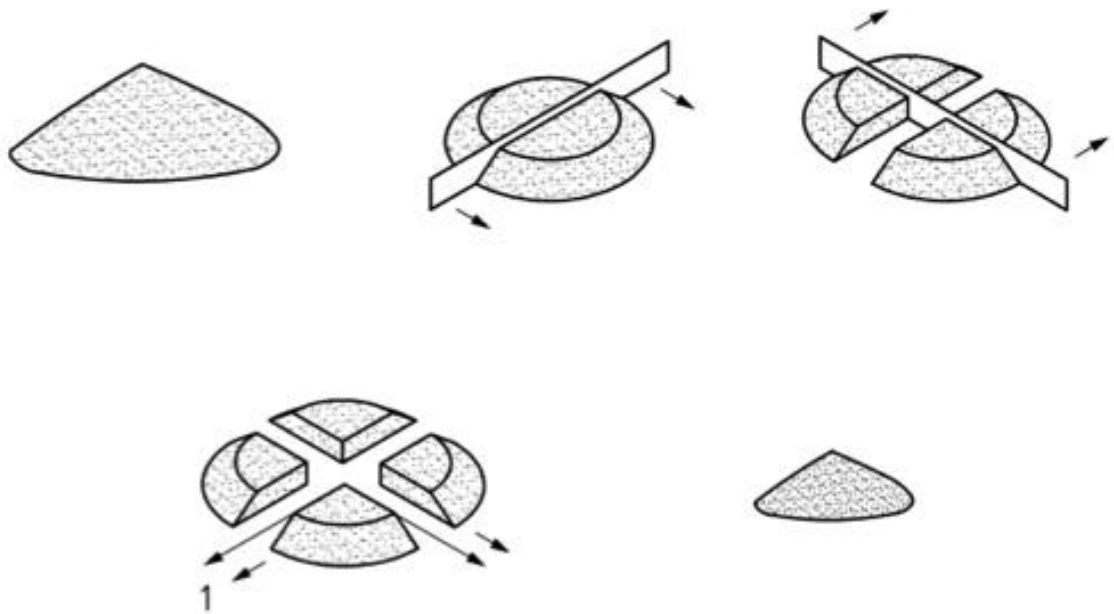


Esimerkki lokeroidusta laatikkojakajasta

Esimerkki pyörivästä jakolaitteesta

Kuva 9. Lokeroitu laatikkojakaja ja pyörivä jakolaite (Bioenergia ry 2013)





Kuva 10. Neliöntimenetelmä (SFS-EN 14780)

Neliöntimenetelmässä koko kokoomanäyte asetetaan puhtaalle ja kovalle pinnalle ja lapioidaan kartionmuotoiseksi kasaksi laittaen jokainen lapiollinen edellisen päälle. Näin biopolttoaine valuu kartion kaikille sivulle tasaisesti, ja näyte sekoittuu hyvin. Menettely toistetaan kolme kertaa muodostaen aina uusi kartiomainen kasa. Kolmas kasa painetaan lapiolla litteäksi kasaksi, joka jaetaan lapiolla neljään osaa. Toinen vastakkain olevista neljäsosa sektoriparista poistetaan. Kartiomaisen kasan muodostaminen ja jakaminen neljään osaan toistetaan, kunnes halutun kokoinen näyte saadaan (Kuva 9). (SFS-EN 14780, 24.)

### 4.3 Yksittäisnäytteiden lukumäärä

Yksittäisnäytteiden lukumäärään vaikuttavat tietyn ominaisuuden esim. kosteuden todellinen hajonta kyseisessä kuormassa, tarkkuusvaatimus ja toimintuserään kuuluvien kuormien lukumäärä. Suuri kosteushajonta suurella tarkkuusvaatimuksella nostaisi yksittäisnäytteiden lukumäärän kohtuuttomaksi.

Jatkuvassa toimituksessa polttoainekuormittain otettavassa näytteenotossa otetaan yksittäisnäytteitä vähintään kaksi yksittäisnäytettä/50 irtokuutiometriä polttoainetta. Erilaisten kuormatilojen vähimmäismäärät ovat

- kuorma-auto nuppi                      vähintään 2 näytettä
- puoliperävaunu < 100 m<sup>3</sup>            vähintään 2 näytettä

- yhdistelmä 100 – 160 m<sup>3</sup> vähintään 6 näytettä (2 nupista + 4 perävaunusta)
- konttilyhdistelmä vähintään 2 näytettä/kontti

Näillä näytemäärillä on mahdollista saavuttaa noin  $\pm 3$  prosenttiyksikön tarkkuusvaatimus kosteudessa, jos toimituseriä on 3 – 5 kuormaa. Yli kuuden kuorman toimituksessa tarkkuus on parempi, noin  $\pm 2$  prosenttiyksikköä. (Bioenergia ry 2013, 33 – 34.)

## 5 Vastaanotto

Polttoaineen vastaanottoprosessi koostuu saapuvan kuorman tulopunnituksesta, polttoainekuorman purusta, näytteen ottamisesta sekä lähtöpunnituksesta. Tulo- ja lähtöpunnituksen painon erotuksesta saadaan tietoon vastaanotetun polttoaineen massa. Punnitusvaaka voi olla laitoksesta riippuen joko yhteen suuntaan ajettava, jolloin saapuville autoille ja lähteville autoille on oma vaaka tai molempiin suuntiin ajettava, jolloin samaa vaakaa käytetään saapuessa ja lähdetessä.

Polttoainekuorman purku tehdään laitoksesta riippuen suoraan vastaanottoasemaan tai polttoainekentälle. Vastaanottoasema voi olla toimintaperiaatteeltaan peruutettava tasku tai läpiajettava purkuasema. Vastaanottoasemilla on erityyppisiä kuljettimia ja niiden käytössä on huomioitava erityisesti laitosten turvallisuusmääräyksiä (Kuva 11).



Kuva 11. Polttoaineen vastaanotto Pursialan voimalaitoksella (ESE)

Näytteenotto kuuluu yleensä polttoainetta toimittavalle kuljettajalle, ja se on tehtävä laitoksen ohjeistuksen mukaan. Näytteenotto voi olla laitoksesta riippuen manuaalinen, jolloin se tehdään käsin tai koneellinen, jolloin se hoidetaan automatisoidusti.

## 6 Investointi

### 6.1 Yleistä

Yrityksen investoinnit ovat rahan sijoittamista kohteisiin, joista yritys odottaa kerryttävän tuloa pidemmällä aikavälillä. Investoinnit ovat yhteydessä yrityksen pitkän aikavälin strategiseen suunnitteluun.

Investoinnit voivat kohdistua aineellisiin tuotantohyödykkeisiin, joihin kuuluu esimerkiksi rakennukset, koneet ja laitteet tai aineettomiin investointeihin, esimerkiksi tutkimukseen ja tuotekehitykseen. (Niskanen & Niskanen 2007, 294–295.)

Investoinnit luokitellaan usein sen mukaan, miksi investointiin ryhdytään. Investoinnit voidaan luokitella kuuteen pääryhmään, jotka ovat korvausinvestoinnit uudistamaan yrityksen vanhentunutta tai vahingoittunutta käyttöomaisuutta, korvausinvestoinnit kustannusten alentamiseen, laajennusinvestoinnit, joilla pyritään lisäämään yrityksen tuotantokapasiteettia sekä laajennusinvestoinnit, joilla suuntaudutaan uusiin tuotteisiin tai uusille markkinoille sekä.

Palkollisilla investoinneilla suojellaan työntekijöitä tai täytetään viranomaisvaatimuksia. Tällaiset investoinnit eivät vaadi varsinaisia investointilaskelmia, vaan ne pyritään toteuttamaan mahdollisimman taloudellisesti. Näiden lisäksi on Investoinnit tutkimukseen ja tuotekehitykseen. (Niskanen & Niskanen 2007, 295–296.)

## **6.2 Investointilaskentamenetelmät**

Investoinnin kannattavuuteen vaikuttaa investoinnin hankintameno ja jäännösarvo, investoinnin vuotuiset kassatulot ja – menot, investoinnin pitoaika sekä laskentakorko. Investoinnin tuottovaatimus, diskonttaus korko ja pääoman kustannus tarkoittavat investointilaskelmien yhteydessä samaa kuin laskentakorko. (Niskanen & Niskanen 2007, 300.)

Investointilaskentamenetelmiä on erilaisia, joista tässä työssä on käytetty nettonykyarvomenetelmää sekä sisäisen korkokannan menetelmää. Nettonykyarvomenetelmä on teoreettisesti suositeltavin laskentamenetelmä. Siinä yrityksen ennakoitujen nettokassavirtojen nykyarvosta vähennetään investoinnin hankintameno, ja tätä erotusta kutsutaan nettonykyarvoksi. Investoinnin mahdollinen jäännösarvo on otettava myös huomioon.

Nettonykyarvomenetelmän mukaan investointi kannattaa suorittaa, jos tulos on positiivinen. Nettonykyarvo voidaan laskea jaksollisten maksujen diskonttaustekijän taulukon avulla, jos vuotuiset nettokassavirrat voidaan arvioida joka vuosi samansuuruisiksi.

Excel-tilukkolaskentaohjelmassa on valmis funktio nettonykyarvon laskentaan, ja se saadaan laskettua seuraavan funktion avulla:

EXCEL: =NNA(korko-%;kassavirta1;kassavirta2; ...kassavirtaN);

Esim. =NNA(6%;C3:C6).

Ensimmäinen kassavirta on negatiivinen, koska se on investoinnin hankintameno. Sitä seuraavat arvot ovat investoinnin juoksevia nettokassavirtoja vuotuisessa järjestyksessä. Viimeiseen kassavirtaan sijoitetaan mahdollinen jäännösarvo. (Niskanen & Niskanen 2007, 301–302.)

Investoinnin sisäinen korkokanta on toinen yleinen laskentamenetelmä, jota käytetään. Investointi on sisäisellä korkokannalla laskettuna kannattava, jos investoinnin sisäinen korko on suurempi kuin pääoman kustannuksia heijastava laskentakorko. Tämä laskentatapa havainnollistaa helposti ymmärrettävässä muodossa investoinnin kannattavuuden prosenttilukua, jota voidaan verrata käytettyyn laskentakorkoon.

Sisäinen korkokanta riippuu pelkästään projektin omista kassavirroista, eikä tähän vaikuta esimerkiksi markkinakorkojen vaihtelu. Tästä syystä sitä on alettu kutsumaan sisäiseksi korkokannaksi. Investoinnin sisäinen korkokanta saadaan laskettua Excel-taulukkolaskentaohjelmalla seuraavaa funktiota käyttäen:

EXCEL: =SISÄINEN.KORKO(kassavirrat;korkoarvaus);

Esim. =SISÄINEN.KORKO(F2:F7;15%).

Ensimmäinen kassavirta on negatiivinen, koska se on investoinnin hankintameno. Sitä seuraavat arvot ovat investoinnin juoksevia nettokassavirtoja vuotuisessa järjestyksessä. Korkoarvaus nopeuttaa laskentaa lähelle osuessaan, mutta se ei vaikuta lopputulokseen. (Niskanen & Niskanen 2007, 303–305.)

### **6.3 Nettonykyarvon ja sisäisen korkokannan vertailu**

Nettonykyarvoa pidetään teoreettisesti parempana laskentamenetelmänä, koska menetelmillä on erilaiset oletukset. Nettonykyarvo olettaa, että investointiprojektista saatavat tulot sijoitetaan uusiin kohteisiin projektin pääomakustannusten suuruisilla tuotoilla. Tästä syystä sisäisen korkokannan menetelmä yliarvioi usein projektien kannattavuutta, joiden sisäinen korko on suuri.

Jos yrityksessä käytetään nettohyötyarvoa ja sisäistä korkokantaa rinnakkain investoinnin kannattavuuslaskelmassa, saattavat nämä tuottaa ristiriitaisia tuloksia investointien keskinäisestä paremmuusjärjestyksestä. Näin voi tapahtua varsinkin, jos vertailtavat investoinnit eroavat suuruudeltaan paljon toisistaan. (Niskanen & Niskanen 2007, 305–306.)

## **7 Vastaanottoprosessi Pursialan voimalaitoksella**

### **7.1 Polttoainekuorman saapuminen ja purku**

Polttoainekuormat saapuvat voimalaitosalueelle Lastaajankatua pitkin, ja liikennevalo ohjaa vihreällä valolla pääsyn laitosalueelle. Pursialassa on käytössä yksi kumpaankin suuntaan ajettava ajovaaka, johon ajetaan saapumisjärjestyksessä. Auton saavuttua vaa`alle, kuljettaja kirjautuu vastaanottoterminaalissa ONCE-tietojärjestelmään auton rekisteritunnuksella sekä omalla henkilökohtaisella tunnoksella (Kuva 12).

Järjestelmä antaa bruttopainon sekä ajoneuvon ja toimittajan tiedot. Kuljettaja syöttää saapuvan kuorman muut pyydettävä tiedot järjestelmään ja valitsee purkupaikan. Järjestelmä tunnistaa automaattisesti ensimmäisen punnituksen tulopunnitukseksi.

## Kuormatietojen määrittäminen

Käyttöpaikka: Ese Pursiala  
LIZ-812 - Häkkinen Veljekset(Tulopunnitus)

» Toimittaja	Stora Enso	» Auma	1 - - Hakkuutähti
» Aine	31130 - Hakkuutähdehake	» Laatu	-
» Purkupaikka	3 - Kenttä (Sek.)	» Lastaaja	-
» Lähtövarasto	0663-13-0001 - Ristiinan Metsiäne	Tilavuus i-m3: 64m3	
» Kuljettaja	Okkonen Jani (jok)	Ajokilometrit	

✕

Vaakalukema kg : 61050

✓

Kuva 12. Kuormatietojen määrittäminen ONCE-tietojärjestelmään (ESE)

Pursialan voimalaitoksella polttoainekuormat voidaan purkaa vastaanotto-asemiin 1 ja 2 suoraan tai polttoainekentille (3-kenttä, 4-kenttä, 5-kenttä). Vastaanottoasema 1 on 3-taskuinen, johon voidaan purkaa peräpurkulaittein varustetut autot peruuttamalla. Vastaanottoasema 1:n varastotilavuus on noin 300 kuutiometriä. Vastaanottoasema 2 on peräpurkulaittein varustetuille autoille, joissa yhdistelmä voidaan purkaa katkaisematta sitä (Kuva 13). Kuvassa 13 vastaanottoasema 1 näkyy vasemmalla puolella ja vastaanottoasema 2 oikealla puolella kuvaa.



Kuva 13. Vastaanottoasemat Pursialan voimalaitos (ESE)

Polttoainekuormia puretaan sekä varastoidaan polttoainekentille. Tällöin purku tehdään mahdollisimman lähelle polttoaineauaman reunaa. Vastaanotossa työskentelevä laitoksenhohtaja työntää pyöräkuormaajalla saapuneet kuormat mahdollisimman korkeaksi ja siistiksi aumaksi. (ESE 2013a.)

## 7.2 Näytteidenotto ja käsittely

Autonkuljettaja ottaa jokaisesta toimittamastaan kuormasta näytteen kosteusmääritystä varten. Näytteitä otetaan aina kaksi vetoautosta ja neljä perävaunusta. Näytettä tulee olla aina vähintään kuusi litraa.

Purettaessa kuorma 1 vastaanottoasemaan tai kentälle, näytteet otetaan käsin käyttäen näytteenottoon tarkoitettuja näytteenottolapioita tai – laatikoita. Kuljettaja kaataa otetun näytteen näytehuoneessa olevaan polttoainelaatu ja – toimittajakohtaiseen saaviin, johon kerätään kokoomanäytettä (Kuva 14). Saaviin kerätään enintään 10 näytettä.



Vastaanottoasemassa 2 purettaessa turvetta käytetään automaattista näytteenotinta. Näytettä otetaan tässä tapauksessa myös vähintään 6 litraa, 2 kertaa vetoautosta ja 4 kertaa perävaunusta, jolloin saadaan tarvittava määrä. Autonkuljettaja kaataa näytteen työmaakohtaiseen saaviin, johon kerätään kokoomanäytettä. Kokoomanäytteeseen tulee enintään 10 näytettä. Automaattista näytteenottoa käytetään ainoastaan jyrshinturpeelle.



Kuva 14. Polttoainetoimittajakohtaiset kokoomanäytesaavit (ESE)

Polttoaineen vastaanotossa työskentelevä laitoksenhoitaja sekoittaa kokoomanäytteen ja ottaa tarvittavan määrän näytettä kosteusmääritystä varten. Kosteusmääritys tehdään polttoainelaboratoriossa luvussa 3.7.1 kerrotun menetelmän mukaan. Saadut kosteustulokset kullekin erälle tallennetaan ONCE-tietojärjestelmään (Kuva12) (Kuva 15).



Kuva 15. Polttoainelaboratorio (ESE)

Kuivatuksesta tulleista polttoainenäytteistä kerätään kalorimetrisen lämpöarvon määrittämistä varten polttoaineen laatu ja – toimittajakohtaiset näytteet, jotka toimitetaan ulkopuoliseen laboratorioon määritettäväksi. (ESE 2013b.)

### 7.3 Ongelmakohdat

Nykyisellä käytännöllä polttoaineen näytteenotto ja – käsittely on hyvin haasteellinen tulosten luotettavuuden kannalta. Näytteenoton suorittavat polttoaineajoneuvojen kuljettajat, jolloin inhimilliset tekijät vaikuttavat paljon lopputulokseen. Näytteenottajien toimintatavoissa on paljon eroavaisuuksia, vaikka kuljettajille annetaan näytteenottoon perehdytys. Näin ollen on mahdollista, että kosteushajontaa tulee kumpaankin suuntaan, eikä sitä voida hallita.

Sama tilanne on myös näytteen käsittelyssä ja kosteusanalyysin teossa. Polttoainevastaanoton laitoksenhoitajat hoitavat nämä työvaiheet, ja inhimilliset tekijät ja työtavat vaikuttavat lopputulokseen.

Kosteuden hajonnassa päästään luvun 4.3 näytemäärien mukaan  $\pm 3$  prosenttiyksikön tarkkuuteen, jos näytteenotto ja käsittely tapahtuisivat ihanteellisesti. Todellisuudessa kosteushajontaa voi tulla enemmän ja tämä voi vaikuttaa negatiivisesti voimalaitoksen talouteen polttoainekaupan virheellisyyden johdosta. Tämä tulee hyvin ilmi luvun 4.1 esimerkissä. Kosteuden hajontaa ei kuitenkaan tunneta.

Nykyiset vastaanotto-asetat voivat ottaa rajallisen määrän polttoainetta vastaan. Polttoaineen varastointia tehdään polttoainekentille aumattuna (Kuva 11). Tämä työllistää vastaanoton laitoksenhoitajan pyöräkoneella aumaamaan polttoaineita kasaan sekä ajamaan polttoainetta jatkuvasti vastaanottoasemiin, jolloin näytteenkäsittelyn huolellisuus kärsii. Voimalaitoksen tehokkaimman käytön aikana polttoaineen ajaminen vastaanottoasemiin on hyvin kiireellistä.

Vastaanoton työturvallisuus on nykyisellään haastava. Ajoneuvojen liikenne purkualueella ja vaa'alle ajettaessa aiheuttaa vilkkaan liikenteen. Samaan aikaan kuljettajat liikkuvat jalkaisin suorittamassa näytteenottoa. Myös vastaanottoasemien mekaanisten laitteiden (murskat, kuljettimet) häiriötilanteet lisäävät tapaturmariskiä.

## **8 Vastaanotto-prosessi, investointivaihtoehto 1**

### **8.1 Yleistä**

Tämän ensimmäisen vaihtoehtoisen vastaanotto-prosessin on ajateltu olevan realistinen investointi ja merkittävä parannus nykyiseen vastaanottoratkaisuun verrattuna. Merkittävät parannukset tulisivat lähinnä polttoainekuormien purkuun, vastaanottoasema 1:een, näytteiden käsittelyyn ja polttoainekuormaliikenteeseen.

Investointi sisältäisi vaaka-aseman ja vastaanottoaseman uusimisen paremmin soveltumaan nykyiselle kuljetuskalustolle. Vastaanottoaseman yhteyteen tulisi myös uudistettu näytteenkäsittelyhuone, jossa olisi jakopöytä (Kuva 16). Näiden lisäksi polttoainelaboratoriota hoitamaan tulisi kokopäiväinen laborantti.

## **8.2 Polttoainekuormien saapuminen ja purku**

Polttoainekuormaliikenteen sujuvuutta nopeutettaisiin uudella vaaka-asemalla, joka olisi molempiin suuntiin ajettava. Vaaka-aseman sijoittaminen tulisi tehdä sujuvuuden kannalta mahdollisimman järkevästi ja niin, ettei se pienennä paljon nykyisiä polttoainekenttiä. Uudella vaaka-asemalla rajattaisiin ajoneuvoliikenne puomeilla tulo- ja lähtösuuntaan kadulle.

Vaakan kapasiteettia nostettaisiin nykyisestä 80 tn:sta 100 tn:iin. Kuljettaja syöttäisi kuormatiedot ajoneuvosta poistumatta ONCE-tietojärjestelmään ajoneuvon hytin kohdalle sijoitettuun kosketusnäyttöön. Kosketusnäyttöjä tulisi näin ollen kaksi, kumpaankin ajosuuntaan hytin kohdalle.

Polttoainekuormien purku tapahtuisi aina ensisijaisesti vastaanottoasemiin suoraan ja sen jälkeen polttoainekentille. Turvekuormat purettaisiin ensisijaisesti vastaanottoasema 2:een, joka pysyisi uudistetun vastaanottoasema 1:n rinnalla. Purku tapahtuisi luvun 7.1 kuvauksen mukaan.

Vastaanottoasema 1 uudistettaisiin paremmin soveltuvaksi nykyiselle kuljetuskalustolle. Uudistettu vastaanottoasema olisi neljätaskuinen ja riittävän korkea, jotta kipattavien konttiautojen purku olisi mahdollinen.

## **8.3 Näytteiden käsittely**

Polttoainevastaanoton laboratoriossa työskentelisi yksi laborantti, jolloin vastaanoton laitoksenhoitajat voisivat keskittyä pyöräkonetyöskentelyyn sekä vastaanottoprosessin toimivuuden seuraamiseen. Toimivuuden seuraamiseen kuuluu olennaisesti polttoaineen laadunvalvonta, kuljettajien työturvallisuuden ja oikeaoppisen näytteenoton valvonta sekä kuormatietojen oikeellisuuden seuranta.

Yhden laborantin työskentely näytteiden käsittelyn ja analyysien suoritusten parissa pienentää inhimillisten virheiden mahdollisuutta ja tulosten yhdenmukaisuus lisääntyisi. Yhden laborantin kouluttaminen tehtävään ja työsuoritteiden valvominen on helpompaa, kuin neljän eri vuoroa tekevän laitoksenhoitajan. Tällöin mahdollista systemaattista virhettä olisi helpompi hallita.

Laborantin toimenkuvaan kuuluisi polttoaineiden käsittely kokoomanäytteen jakamisesta eteenpäin, tulosten dokumentointi ja polttoainelaboratorion ylläpitäminen. Lisäksi laborantti kokoaisi ja lähettäisi lämpöarvonäytteet määritettäväksi. Toimenkuvaan kuuluisi myös lämpöarvojen syöttö tietojärjestelmään ja energiaraporttien laatiminen polttoainetoimittajille. Tämä työ jäisi näin ollen pois voimalaitossihteerin työmäärästä.



Kuva 16. Näytteenjakopöytä (Haklog)

Laborantin lisäyksen jälkeen olisi kokoomanäytteen jakaminen mahdollista tehdä yhdenmukaisesti jokaisella kerralla. Tässä olisi apuna näytteenjakopöytä, jossa jakaminen tehtäisi neliöntimenetelmää hyödyntäen (Kuva 16).

#### **8.4 Näytteenotto**

Näytteenotto tulisi suorittaa edelleen manuaalisesti purettaessa polttoainekentille ja vastaanottoasema 1:een. Tällöin ajoneuvojen kuljettajat suorittavat näytteenoton luvussa 7.2 kerrotun mukaan.

Kuljettajien perehdytys ja osaaminen näytteidenotossa on ensisijaisen tärkeää, jotta saadaan edustavia näytteitä. Näytteenoton tulisi aina tapahtua ohjeistuksen mukaisesti.

## 8.5 Edut ja haasteet

Uuden vaaka-aseman investoinnilla saataisiin parannettua polttoaineliikenteen sujuvuutta ja näin ollen työturvallisuutta. Haasteena on vaaka-aseman sijoittaminen niin, että ajoneuvoliikenne olisi mahdollisimman sujuvaa vastaanottoalueella.

Uusi vastaanottoasema mahdollistaisi monipuolisen käytön ansiosta polttoainekuljetuksissa yleistyneiden kipattavien konttiautojen purun suoraan vastaanottoasemaan. Myös neljällä purkutaskulla asema olisi tehokkaampi, ja pyöräkone työskentely vähentyisi. Uudessa vastaanottoasemassa tulisi työturvallisuus ja ympäristönsuojelu huomioida erityisesti, mm. pölynpoiston ja kuljettimien suojaamisen osalta. Näin saataisiin parannusta nykyiseen vastaanottoasemaan verrattuna.

Vastaanottoaseman oikea sijoittaminen tulisi olemaan haasteellinen tontin rajallisuuden ja nykyisten rakennusten vuoksi. Tässä työssä ei vastaanottoaseman tarkkaan sijoittamiseen oteta kantaa.

Laborantin palkkaamisella saavutettaisiin etua näytteenkäsittelyn yhdenmukaisuuteen ja pienennettäisiin inhimillisten virheiden mahdollisuutta. Kosteustulokset olisivat näin edustavampia, jonka myötä hajonta pienentyisi.

Laborantin lisäyksellä saavutettaisiin myös selkeät roolit laitoksenhoitajille sekä laborantille, jolloin näytteiden käsittely olisi edustavampaa. Voimalaitos voisi hyödyntää polttoainevastaanoton laboranttia vesikemian työtehtävissä. Tällöin tuuraajat vesikemian ja polttoainelaboratorion välillä olisi hyvin selkeät ja laboranttien toimenkuvat monipuoliset.

Kalorimetrinen lämpöarvon määrittäminen omassa polttoainelaboratoriossa laborantin toimesta voisi olla myös mahdollinen lämpöarvon määrittämiseen vaadittavan laitteiston hankinnan jälkeen. Näin jäisi lämpöarvojen määrittäminen ostopalveluna pois.

## **9 Vastaanottoprosessi, investointivaihtoehto 2**

### **9.1 Yleistä**

Tämä toinen investointivaihtoehtoinen on ajateltu olevan mahdollisimman hyvä vastaanoton, näytteenoton ja – käsittelyn sekä polttoaineen varastoinnin kannalta. Investointi sisältäisi vaaka-aseman, vastaanottoaseman automatisoidulla näytteenottolaitteistolla, kuljettimet, murskaimen sekä kaksi varastosiiloa.

Investointivaihtoehto on hypoteettinen. Tekninen toteuttaminen tulisi olemaan haastava eikä siihen ei oteta tässä työssä kantaa.

### **9.2 Polttoainekuormien saapuminen ja purku**

Polttoainekuormien punnitus tapahtuisi vaaka-asemalla, joka olisi molempiin suuntaan ajettava ja kosketusnäyttöpäätteillä varustettu, kuten investointivaihtoehdossa 1. Vaaka-aseman sijoittaminen tulisi tehdä sujuvuuden kannalta mahdollisimman järkevästi. Vaaka-asemalla rajattaisiin ajoneuvoliikenne puomeilla tulo- ja lähtösuuntaan kadulle.

Vaakan punnituskapasiteetti olisi 100 000 kg. Kuljettaja syöttäisi kuormatiedot ajoneuvosta poistumatta ONCE-tietojärjestelmään ajoneuvon hytin kohdalle sijoitettuun kosketusnäyttöön. Näyttöpäätteitä olisi kaksi, kumpaankin suuntaan ajettaessa hytin kohdalla.

Polttoainekuormien purku tapahtuisi vastaanottoasemiin suoraan. Turvekuormat purettaisiin ensisijaisesti vastaanottoasema 2:een, joka pysyisi uuden vastaanottoaseman rinnalla. Uusi vastaanottoasema soveltuisi paremmin nykyiselle kuljetuskalustolle. Vastaanottoasema olisi neljätaskuinen, läpi ajettava ja riittävästi korkea, jotta kipattavien konttiautojen purku olisi mahdollinen.

Uusi vastaanottoasema olisi nykyiseen vastaanottoasemaan verrattuna tehokkaammin vetävä sekä automaattisella näytteenottolaitteistolla varustettu. Vastaanottoasema mahdollistaisivat kipattavien konttiautojen purun sekä perästä purettavien autojen purun. Purkutapahtuma ei saisi kestää liian kauan vastaanoton sujuvuuden varmistamiseksi. Ajoneuvon purun tavoite-aika olisi noin 20 min/auto.

Uusi vastaanottoasema toimittaisi nopeammin polttoainetta eteenpäin investointiin kuuluvaan kahteen varastosiiloon. Uusien siilojen tilavuus olisi 7 000 kuutiometriä /siilo, jolloin siilojen varastointikapasiteetti riittäisi kahden vuorokauden polttotarpeeseen kattiloille.

Voimalaitoksella polttoainetta otetaan vastaan arkisin ma-pe klo 06 - 22. Ajoneuvoja saapuu vuorokaudessa noin 100 autoa, joista saadaan laskettua keskimääräinen kuorman purkuun vaadittava aika seuraavasti:

$$16 \text{ h} / 100 \text{ autoa} = 6,25 \text{ autoa/h}$$

Ajoneuvon purkuun olisi varattava noin puoli tuntia aikaa kolmetaskuisella vastaanottoasemalla. Neljätaskuisella vastaanottoasemalla saadaan enemmän purkuaikaa ja joustavuutta kuormien purkuun. Kaikki vastaanotettava polttoaine purettaisiin vastaanottoaseman kautta, josta polttoaine jatkaisi joko siiloille tai polttoainekentälle varastoitavaksi.

Siilovarastoinnin osuus vastaanotetuista polttoaineista olisi noin 70 prosenttia ja varastointi polttoainekentällä noin 30 prosenttia. Polttoainekentältä polttoaine ajettaisiin pyöräkuormaajalla vastaanottoasemaan.

Suuremmalla siilovarastoinnilla kattilaan syötettävän polttoaineen laatu voidaan pitää tasaisempaa, kuin polttoainekentillä varastoidulla polttoaineella. Varastosiiloon sekoitettaisiin tasaisesti polttoainekentille purettua polttoainetta, jolloin polttoaineiden kierto pysyisi tasaisena.

### **9.3 Näytteiden käsittely**

Polttoainevastaanoton laboratoriossa työskentelisi yksi laborantti, jolloin vastaanoton laitoksenhoitajat voivat keskittyä pyöräkonetyöskentelyyn sekä vastaanottoprosessin toimivuuden seuraamiseen. Toimivuuden seuraamiseen kuuluu olennaisesti polttoaineen laadunvalvonta sekä kuljettajien työturvallisuuden ja oikeaoppisen näytteenoton valvonta.

Yhden laborantin työskentely näytteiden käsittelyn ja analyysien suoritusten parissa pienentää inhimillisten virheiden mahdollisuutta ja tulosten yhdenmukaisuus lisääntyisi. Yhden laborantin kouluttaminen tehtävään ja työsuoritteiden



valvominen on helpompaa, kuin neljän eri vuoroa tekevän laitoksenhoitajan. Tällöin mahdollista systemaattista virhettä olisi helpompi hallita.

Laborantin toimenkuvaan kuuluisi polttoaineiden käsittely analyysinäytteen tekemisestä eteenpäin, tulosten dokumentointi ja polttoainelaboratorion ylläpitäminen. Lisäksi laborantti kokoaisi ja lähettäisi lämpöarvonäytteet määritettäväksi. Toimenkuvaan kuuluisi myös lämpöarvojen syöttö tietojärjestelmään ja energiaraporttien laatiminen polttoainetoimittajille. Tämä työ jäisi näin ollen pois voimalaitossihteerin työmäärästä.

Laborantin ja automaattisen näytteenottimen lisäyksen jälkeen olisi näytteiden käsittely ja analysointi yhdenmukaista jokaisella kerralla. Näytteiden jako tapahtuisi automatisoituun näytteenottoon kuuluvassa jakolaitteistossa ja määrittämisen tekisi sama henkilö.

#### **9.4 Näytteenotto**

Uusi vastaanottoasema sisältäisi automaattisen näytteenotto- ja näytteiden käsittelyjärjestelmän. Kaikki vastaanotettava polttoaine tulisi vastaanottoaseman kautta, jolloin näytteenotto tapahtuisi automaattisesti. Automaattisen näytteenoton rinnalla olisi valmius manuaaliseen näytteenottoon häiriötilanteissa.

Kuljettajat ottaisivat näytteet automatisoidusti ohjeistuksen mukaan, jolloin riittävä näytemäärä tavoitellun kokonaistarkkuuden saavuttamiseksi saadaan. Näytteenottojärjestelmään kuuluisi otetun näytteen jako analyysinäytekokoon, ja ylimääräinen näytemäärä palautuisi takaisin polttoaineen joukkoon. Kuormakohdaisista analyysinäytteistä muodostuisi kokoomanäyte, jonka jakolaitte jakaa laboratorionäytteeksi. Tästä laborantti tekee kosteusmäärittämisen.

#### **9.5 Edut ja haasteet**

Uuden vaaka-aseman investoinnilla saataisiin merkittävää etua polttoaineliikenteen sujuvuuteen ja näin ollen työturvallisuuteen. Haasteena on vaaka-asemien sijoittaminen, kun tilaa vastaanottoalueella on hyvin rajallisesti.

Automaattisella näytteenottolaitteistolla näytteenotto ja käsittely tulisivat edustaviksi ja samankaltaisiksi. Kaikki vastaanotettava polttoaine purettaisiin vastaan-

ottoasemien kautta, jolloin automaattinen näytteenotto olisi mahdollista. Inhimillisten virheiden riski pienentyisi ja näytteenotto sekä käsittely samankaltaistuisivat. Tällöin mahdollista systemaattista virhettä olisi myös helpompi hallita, ja kosteustulosten hajonnassa päästään parempaan tarkkuuteen. Tämä vaikuttaa positiivisesti voimalaitoksen talouteen polttoainekaupassa, mikä tulee hyvin ilmi luvun 4.1 esimerkissä.

Automatisoidussa näytteenotossa pitäisi varmistua siitä, etteivät polttoainelaadut ja – toimituserät mene sekaisin ja näyte tulee juuri halutusta polttoaineesta. Tämä on haasteellinen, koska samaan aikaan pitäisi pystyä purkamaan useampia kuormia. Näytteenottojärjestelmän sisältämät näytteenkäsittelylaitteistot vaativat laitoksen polttoainemäärillä paljon tilaa, mikä on uudessa vastaanottoasemassa otettava huomioon.

Uudella vastaanottoasemalla mahdollistettaisiin polttoainekuormien nopeampi ja sujuvampi purkutapahtuma. Tämän mahdollistaisi kaksi varastosiihoa, joiden yhteistilavuus olisi 14 000 kuutiometriä sekä riittävän tehokas kuljetin sekä murskain. Vastaanottoasemassa olisi myös mahdollista purkaa kipattavat konttiautot, jotka ovat yleistymässä monipuolisesta käytöstä johtuen polttoainekuljetuksissa.

Isomman siilovarastoinnin ansiosta polttoaineen laatu kattilaan syötettäessä olisi parempi pienemmän ulkovarastoinnin ansiosta, jolloin mm. sateet eivät nostaisi polttoaineen kosteutta. Toisaalta polttoainelaatujen sekoittaminen olisi siiloissa hankalampaa, mikä pitäisi ottaa suunnittelussa huomioon.

Laborantin palkkaamisella saavutettaisiin etua näytteenkäsittelyn yhdenmukaisuuteen ja pienennettäisiin inhimillisten virheiden mahdollisuutta. Kosteustulokset olisivat näin edustavampia, minkä myötä hajonta pienentyisi.

Laborantin lisäyksellä saavutettaisiin myös selkeät roolit laitoksenhoitajille sekä laborantille, jolloin näytteiden käsittely olisi edustavampaa. Voimalaitos voisi hyödyntää polttoainevastaanoton laboranttia vesikemian työtehtävissä. Tällöin tuuraajat vesikemian ja polttoainelaboratorion välillä olisi hyvin selkeät ja laboranttien toimenkuvat monipuoliset.

Kalorimetrinen lämpöarvon määrittäminen omassa polttoainelaboratoriossa laborantin toimesta voisi olla myös mahdollinen lämpöarvon määrittämiseen vaadittavan laitteiston hankinnan jälkeen. Näin jäisi lämpöarvojen määrittäminen ostopalveluna pois.

Tässä työssä ei oteta kantaa sillojen, rakennusten ja muiden rakenteiden sijoittamiseen tontilla. Voimalaitoksen nykyisen sijainnin ja olemassa olevien rakennusten vuoksi vastaanottoaseman, kuljettimien ja sillojen sijoittaminen on haasteellista.

Tämä investointivaihtoehto toisi parannusta työturvallisuuteen ja ympäristön suojeluun. Manuaalisen näytteenoton poistuessa jalankulku vastaanottoalueella pienentyisi huomattavasti. Lisäksi uuden vastaanottoaseman suunnittelussa kuljettimien suojaus ja pölynpoisto pitäisi huomioida erityisen hyvin.

Ympäristön kannalta pölyäminen pienentyisi merkittävästi polttoainekenttävarastoinnin pienentyessä. Jäljelle jäävässä polttoainekenttävarastoinnissa mahdollinen pölyäminen on pyrittävä minimoimaan. Lisäksi pyöräkuormaajalla työskentely vähentyisi, mikä aiheuttaa meluhaittaa nykyisellään.

## **10 Vaihtoehtojen vertailu**

### **10.1 Yleistä**

Investointivaihtoehtojen kannattavuuden arvioinnissa käytetään tässä työssä nykyarvo- ja sisäisen korkokannan laskentamenetelmää havainnollistamaan kannattavuutta. Laskenta suoritetaan Excel-taulukkolaskentaohjelmalla.

Laskennassa vuotuiset nettotulot/-menot muutetaan diskonttaamalla investointiajankohdan rahamääräksi eli nykyarvoksi. Näiden nykyarvojen yhteenlaskettua määrää, nykyarvosummaa verrataan investoinnin hankintahintaan. Investointi on kannattava, jos nykyarvosumman ja hankintahinnan erotus on positiivinen.

### **10.2 Laskentapohja**

Jokaisesta investointivaihtoehdosta koostettiin taulukko 1:n mukainen nykyarvo-laskelma, johon syötetään investoinnin kustannukset. Tässä työssä on käytetty täysin kuvitteellisia lukuja havainnollistamaan vain laskennan periaatetta.

	A	B	C	D
1	<b>Kohde</b>	<b>Investointi</b>	<b>Poisto-aika</b>	<b>Vuosipoisto</b>
2	Vastaanottoasema	1 500,00	20,00	75,00
3	Näytteenotin	1 000,00	20,00	50,00
4	Sillot	1 000,00	20,00	50,00
5	Kuljettimet	200,00	20,00	10,00
6	a1	-	20,00	-
7	a2	-	20,00	-
8	yht.	3 700,00		185,00
9				
10	Vaaka-asema	100,00	10,00	10,00
11	Jälkimurska	100,00	10,00	10,00
12	b1	-	10,00	-
13	yht.	200,00		20,00
14				
15	c1	-	5,00	-
16	c2	-	5,00	-
17	yht.	-		-
18				
19	<b>Käyttökustannukset vuodessa</b>			
20	Pyöräkuormaaja	750,00	€	
21	1,5 x polttoainemies	750,00	€	
22	laboratorionhoitaja	500,00	€	
23	Vastaanoton ylläpitokustannukset	100,00	€	
24				
25	Käyttökustannukset/vuosi	2 100,00	€	
26				
27	<b>Nykyarvolaskelma</b>			
28	Hankintameno	3 900,00	€	
29	Taloudellinen käyttöikä (poisto-aika)	20,00	a	
30	Jäännösarvo	-	€	
31	Säästöt polttoainehankinnassa/vuosi	280,00	€/a	
32	Kustannukset yht. vuodessa	1 820,00	€/a	
33				
34	Diskonttaustekijä	14,88		
35				
36	Toiminnallisten kustannusten nykyarvo	27 077,00	€	
37	Investointikustannus	3 900,00	€	
38	<b>Kokonaiskustannus</b>	<b>30 977,00</b>	<b>€</b>	

Taulukko 1. Nykyarvolaskelma

Laskentapohja on tehty niin, että investointikohteita lisäämällä ja/tai arvoja muuttamalla taulukon laskentakohdat päivittyvät automaattisesti. Näin laskentapohjaa voidaan käyttää kannattavuuden tarkistamiseen, jos kustannukset ja säästöt voidaan olettaa valmiiksi tai kannattavuuden simulointiin kokeilemalla eri arvoilla kannattavuutta.

	A	B	C	D
1	Kohde	Investointi	Poistoaika	Vuosipoisto
2	Vastaanottoasema	1500	20	=B2/C2
3	Näytteenotin	1000	20	=B3/C3
4	Sillot	1000	20	=B4/C4
5	Kuljettimet	200	20	=B5/C5
6	a1	0	20	=B6/C6
7	a2	0	20	=B7/C7
8	yht.	=SUMMA(B2:B7)		=SUMMA(D2:D7)
9				
10	Vaaka-asema	100	10	=B10/C10
11	Jälkimurska	100	10	=B11/C11
12	b1	0	10	=B12/C12
13	yht.	=SUMMA(B10:B12)		=SUMMA(D10:D12)
14				
15	c1	0	5	=B15/C15
16	c2	0	5	=B16/C16
17	yht.	=SUMMA(B15:B16)		=SUMMA(D15:D16)
18				
19	Käyttökustannukset vuodessa			
20	Pyöräkuormaaja	=15*50	€	
21	1,5 x polttoainemies	=500*1,5	€	
22	laboratorionhoitaja	=500*1	€	
23	Vastaanoton ylläpitokustannukset	100	€	
24				
25	Käyttökustannukset/vuosi	=SUMMA(B20:B23)	€	
26				
27	Nykyarvolaskelma			
28	Hankintameno	=B8+B13+B17	€	
29	Taloudellinen käyttöikä (poistoaika)	20	a	
30	Jäännösarvo	0	€	
31	Säästöt polttoainehankinnassa/vuosi	280	€/a	
32	Kustannukset yht. vuodessa	=B25-B31	€/a	
33				
34	Diskonttaustekijä	=Diskonttaustaulukko B21		
35				
36	Toiminnallisten kustannusten nykyarvo	=B32*B34	€	
37	Investointikustannus	=B28	€	
38	Kokonaiskustannus	=B36+B37	€	

Taulukko 2. Nykyarvolaskelma kaavoilla

Taulukossa 2 nähdään laskentapohjan kaavat. Diskonttaustekijän kohdalla on viittaus diskonttaustaulukkoon, joka on kuvattu taulukossa 3. Eripituisille investoinneille voidaan diskonttaustekijä valita suoraan taulukosta korkokannan ja investoinnin pituuden perusteella. Tämän työn laskentapohjassa on käytetty laskentakorkona 3 prosenttia ja 20 vuotta.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	nil	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %	15 %	20 %	25 %
2	1	0,9709	0,9615	0,9524	0,9434	0,9346	0,9259	0,9174	0,9091	0,8696	0,8333	0,8000
3	2	1,9135	1,8861	1,8594	1,8334	1,8080	1,7833	1,7591	1,7355	1,6257	1,5278	1,4400
4	3	2,8286	2,7751	2,7232	2,6730	2,6243	2,5771	2,5313	2,4869	2,2832	2,1065	1,9520
5	4	3,7171	3,6299	3,5460	3,4651	3,3872	3,3121	3,2397	3,1699	2,8550	2,5887	2,3616
6	5	4,5797	4,4518	4,3295	4,2124	4,1002	3,9927	3,8897	3,7908	3,3522	2,9906	2,6893
7	6	5,4172	5,2421	5,0757	4,9173	4,7665	4,6229	4,4859	4,3553	3,7845	3,3255	2,9514
8	7	6,2303	6,0021	5,7864	5,5824	5,3893	5,2064	5,0330	4,8684	4,1604	3,6046	3,1611
9	8	7,0197	6,7327	6,4632	6,2098	5,9713	5,7466	5,5348	5,3349	4,4873	3,8372	3,3289
10	9	7,7861	7,4353	7,1078	6,8017	6,5152	6,2469	5,9952	5,7590	4,7716	4,0310	3,4631
11	10	8,5302	8,1109	7,7217	7,3601	7,0236	6,7101	6,4177	6,1446	5,0188	4,1925	3,5705
12	11	9,2526	8,7605	8,3064	7,8869	7,4987	7,1390	6,8052	6,4951	5,2337	4,3271	3,6564
13	12	9,9540	9,3851	8,8633	8,3838	7,9427	7,5361	7,1607	6,8137	5,4206	4,4392	3,7251
14	13	10,6350	9,9856	9,3936	8,8527	8,3577	7,9038	7,4869	7,1034	5,5831	4,5327	3,7801
15	14	11,2961	10,5631	9,8986	9,2950	8,7455	8,2442	7,7862	7,3667	5,7245	4,6106	3,8241
16	15	11,9379	11,1184	10,3797	9,7122	9,1079	8,5595	8,0607	7,6061	5,8474	4,6755	3,8593
17	16	12,5611	11,6523	10,8378	10,1059	9,4466	8,8514	8,3126	7,8237	5,9542	4,7296	3,8874
18	17	13,1661	12,1657	11,2741	10,4773	9,7632	9,1216	8,5436	8,0216	6,0472	4,7746	3,9099
19	18	13,7535	12,6593	11,6896	10,8276	10,0591	9,3719	8,7556	8,2014	6,1280	4,8122	3,9279
20	19	14,3238	13,1339	12,0853	11,1581	10,3356	9,6036	8,9501	8,3649	6,1982	4,8435	3,9424
21	20	14,8775	13,5903	12,4622	11,4699	10,5940	9,8181	9,1285	8,5136	6,2593	4,8696	3,9539

Taulukko 3. Taulukko diskonttaustekijöistä (Diskonttaustaulukko)

Nettonykyarvolaskelmassa nettokassavirta diskontataan investointiajalla ja miinustetaan siitä investointimeno. Jos tulos on positiivinen, investointi on kannattava. Nettonykyarvon ja sisäisen korkokannan laskennassa hyödynnetään Excel-taulukkolastaohjelman funktioita:

- EXCEL: =NNA(korko-%;kassavirta1;kassavirta2; ...kassavirtaN);
- SISÄINEN.KORKO(kassavirrat;korkoarvaus);.

Nettonykyarvomenetelmällä laskettuna investointi on kannattava, jos nettonykyarvo on positiivinen. Sisäisen korkokannan mukaan investointi on kannattava, kun sisäinen korkokanta on suurempi kuin laskentakorko. Tuottovaatimuksena pidetään vähintään laskentakoron suuruutta. Taulukoiden 5 ja 6 laskenta on tehty kuvitteellisilla arvoilla havainnollistamaan laskennan periaatetta.

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Investointi</b>	<b>Hankintahinta</b>	<b>Vuotuiset säästöt</b>				
2			1	2	3	4	5
3	abc	1 000,00	250,00	250,00	250,00	200,00	200,00
4							
5	<b>Nettokassavirta</b>						
6	Lisätuotot (säästöt)		250,00	250,00	250,00	200,00	200,00
7	Poistot		200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
8	Verot 20 %		50,00	50,00	50,00	40,00	40,00
9	Poistojen verohyöty 15 v		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
10	<b>Nettokassavirta</b>	<b>- 1 000,00</b>	<b>240,00</b>	<b>240,00</b>	<b>240,00</b>	<b>200,00</b>	<b>200,00</b>
11							
12	Tuottovaatimus		3 %				
13	Nettonykyarvo		29,09				
14	IRR (sisäinen korkokanta)		4 %				

Taulukko 4. Nettonykyarvon ja sisäisen korkokannan laskenta

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Investointi</b>	<b>Hankintahinta</b>	<b>Vuotuiset säästöt</b>				
2		1	250	250	250	200	200
3	abc	=1000	250	250	250	200	200
4							
5	<b>Nettokassavirta</b>						
6	Lisätuotot (säästöt)		=C3	=D3	=E3	=F3	=G3
7	Poistot		=B3/5	=B3/5	=B3/5	=B3/5	=B3/5
8	Verot 20 %		=C6*0,2	=D6*0,2	=E6*0,2	=F6*0,2	=G6*0,2
9	Poistojen verohyöty 15 v		=C7*0,2	=D7*0,2	=E7*0,2	=F7*0,2	=G7*0,2
10	<b>Nettokassavirta</b>	<b>=-B3</b>	<b>=C6-C8+C9</b>	<b>=D6-D8+D9</b>	<b>=E6-E8+E9</b>	<b>=F6-F8+F9</b>	<b>=G6-G8+G9</b>
11							
12	Tuottovaatimus		0,03				
13	Nettonykyarvo		=NNA(3%;C10:G10)+B10				
14	IRR (sisäinen korkokanta)		=SISÄINEN.KORKO(B10:G10)				

Taulukko 5. Nettonykyarvon ja sisäisen korkokannan laskenta kaavoilla

Pidemmän ajan investoinnissa vuotuisten poistojen määrä voi vaihdella riippuen kokonaisinvestoinnin sisältämien kohteiden poistoajoista. Esimerkiksi rakennuksilla ja laitteilla on yleensä eripituiset poistoajat. Myös vuotuiset säästöt voivat joissain investoinneissa muuttua, esimerkiksi säästöä tulee alkuaikoina enemmän ja poistoajan loppua kohden vuotuiset säästöt pienenevät.

## 11 Johtopäätökset ja tulokset

Tämän työn investointivaihtoehdot sekä nykytila ovat hyvin erilaisia toisistaan. Työssä on haluttu havainnollistaa erilaisia vastaanottomalleja hypoteettisesti, eikä niiden tarkempaan suunnitteluun ole otettu kantaa.

Nykytilanteessa vastaanoton toiminnalliset ylläpitokustannukset ovat korkeammat verrattuna investointivaihtoehtoihin ja investointien poistoja taseesta ei ole juuri jäljellä. Investointivaihtoehdoilla vastaanoton ylläpitokustannusten voitaisiin olettaa laskevan sekä saatavan merkittävää säästöä polttoainehankinnassa.

Suurin säästöpotentiaali olisi näytteenoton ja näytteen käsittelyn parannuksilla saatava säästö polttoainehankinnasta. Polttoaineet ovat suuri kuluerä voimalaitokselle, ja niiden hinta määräytyy polttoaineen energiasisällön perusteella.

Kosteusmäärittämisessä tiedetään kokemukspäisesti olevan hajontaa kumpaankin suuntaan, mutta tarkkaa hajontaa ei tiedetä. Tämä vaatisi oman tutkimustyön pidemmällä aikavälillä. Kuitenkin jo esimerkiksi 1 prosentin säästö polttoainehankinnassa vuodessa olisi merkittävä säästö suurelle voimalaitokselle ja mahdollistaisi mittavan investoinnin.



## **Kuvat**

Kuva 1. Logo, Etelä-Savon Energia Oy, s. 8

Kuva 2. Pursialan voimalaitoksen ilmakekuva, s. 9

Kuva 3. Pursialan voimalaitoksen prosessikuvaus, s. 10

Kuva 4. Kokopuu- ja hakutähdehaketta, s. 11

Kuva 5. Kosteusnäytteen lämpökaapissa, s. 15

Kuva 6. Näytteenottolaitteisto putoavasta polttoainevirrasta, s. 21

Kuva 7. Näytteenottolaitteisto poikkileikkauksena hihnalta, s. 21

Kuva 8. Standardin mukainen näytteenottolapio, s. 22

Kuva 9. Lokeroitu laatikkojakaja sekä pyörivä jakolaite, s. 24

Kuva 10. Neliöintimenetelmä, s. 25

Kuva 11. Polttoaineen vastaanotto Pursilan voimalaitoksella, s. 27

Kuva 12. Kuormatietojen määrittäminen ONCE-tietojärjestelmään, s. 31

Kuva 13. Vastaanottoasemat Pursialan voimalaitos, s. 32

Kuva 14. Polttoainetoimittajakohtaiset kokoomanäyttesaavit, s. 33

Kuva 15. Polttoainelaboratorio, s. 34

Kuva 16. Näytteenjakopöytä, s. 37

## **Taulukot**

Taulukko 1. Nykyarvolaskelma, s. 44

Taulukko 2. Nykyarvolaskelma kaavoilla, s. 45

Taulukko3. Taulukko diskonttaustekijöistä, s. 46

Taulukko 4. Nettonykyarvon ja sisäisen korkokannan laskenta, s. 47

Taulukko 5. Nettonykyarvon ja sisäisen korkokannan laskenta kaavoilla, s. 47

## Lähteet

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT.

Bioenergia Suomessa 2014, Jyrsinturve,  
<http://www.finbioenergy.fi/default.asp?action=NaytaValikko&SivuID=9202&paavalikkoID=&alivalikkoID=9202>. Luettu 29.4.2014

Bioenergia ry 2013. Polttoaineiden laatuohje.  
<http://www.bioenergia.fi/Tietoa%20puuenergiasta>. Luettu 27.1.2014.

Diskonttaustaulukko.  
[users.metropolia.fi/~mikalem/investointilaskenta/Diskonttaustaulukot.xlsx](http://users.metropolia.fi/~mikalem/investointilaskenta/Diskonttaustaulukot.xlsx). Luettu 24.4.2014.

ESE. Etelä-Savon Energia Oy.

ESE 2014. Etelä-Savon Energia Oy,. ESE konserni. <http://www.es.fi/fi/ese-konserni>. Luettu 27.1.2014.

ESE 2013a. Etelä-Savon Energia Oy, Polttoaineen vastaanotto ja varastointi, versio 3.

ESE 2013b. Etelä-Savon Energia Oy, Polttoaineen näytteenotto, versio 2.

ESE 2012. Etelä-Savon Energia Oy, Vuosikertomus 2012.

ESE 2007. Etelä-Savon Energia Oy, Pursialan voimalaitoksen esite.

Järvinen, T. & Impola, R. 2012. Näytteenottostandardin soveltamisohje. VTT.

Haklog. Haklog Oy, Jukka Lahti. Sähköpostikeskustelu 22.4.2014.

Motiva Oy 2014a. Bioenergia, <http://www.motiva.fi/bioenergia>. Luettu 27.1.2014.

Motiva Oy 2014b. [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia). Luettu 19.3.2014.

Motiva Oy 2014c,  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/bioenergia/tietolahteita/biopolttoaineiden\\_lampoarvoja](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/tietolahteita/biopolttoaineiden_lampoarvoja). Luettu 29.4.2014.

Niskanen, E. & Niskanen, N. 2007. Yritysrahoitus. Helsinki. Edita.

SFS-EN 14778: Kiinteät biopolttoaineet 2012. Näytteenotto.

SFS-EN 14780: Kiinteät biopolttoaineet 2012. Näytteen esikäsittely.

Ylitalo, E. 2013. Puun energiakäyttö 2012. Metsätilastotiedote. Metsäntutkimuslaitos.