

Joonas Kämäräinen

**UUDEN VOIMALAITOSMALLIN VALMISTUS- JA  
TUOTANTODOKUMENTAATIO**

# **UUDEN VOIMALAITOSMALLIN VALMISTUS- JA TUOTANTODOKUMENTAATIO**

Joonas Kämäräinen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2019  
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma, koneautomaatio

---

Tekijä: Joonas Kämäräinen

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Uuden voimalaitosmallin valmistus- ja tuotantodokumentaatio

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Production and Manufacturing Documentation for New Power Plant Model

Työn ohjaajat: Esa Kontio (OAMK), Iikka Ylikoski (Volter)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2019

Sivumäärä: 37 + 0 liitettä

---

Puun kaasutuksen kehityksen katsotaan alkaneen jo 1850-luvulta. Suurin puukaasulaitteiden kehityspiikki tapahtui häkäpönttöautojen kehittelystä. Fossiilisten polttoainevarojen ehtymisen vuoksi niiden rinnalle vaihtoehtoiseksi energialähteeksi kehitettyjen tuotteiden kysyntä on edelleen kasvussa. Useiden maiden korkea sähkön hinta mahdollistaa kilpailukykyisen menetelmän sähkön ja lämmön tuottamiseksi hiilidioksidineutraalisti puun kaasutuksena.

Opinnäytetyön tilaaja Volter Oy haluaa uuden pellettiä polttoaineena käyttävän voimalaitosmallin sijoitettavaksi helposti merirahtina kuljetettavaan konttiin. Merikonttiin sijoitettavan CHP-voimalaitoksen suunnittelun apuna oli aiemmin Kanadaan tehty ja kuljetettu ensimmäinen versio kontista. Aiempaa konttia varten oli suoritettu pääpiirteiset valinnat käytettävistä komponenteista. Ensimmäisen konttimallin asentamisen ja käytön avulla oli ennalta selvitetty valittujen ratkaisujen tarvittavat muutostyöt, joita opinnäytetyössä pyrittiin parantamaan.

Opinnäytetyössä suunniteltiin Autodesk Inventor 3D CAD -ohjelmistoa käyttäen voimalaitos 40' HC DD -standardisoidun merikontin sisälle. Merikontin seinille ja kattoon suunniteltiin ääni- ja lämpöeristys. Kontin sisälle suunniteltiin väliseinä, imu- ja poistokotelo, sähkökalustus ja polttoaineen kuljetus voimalaitokselle. Merikonttiin tehtävät muutokset koskivat tuplaovien tankojen poistoa sekä ilmanvaihdon, pakoputkiston ja huolto-oven läpivientien tekoa. Voimalaitoksen vesiputkisto muokattiin merikonttiin sopivaksi ja pakoputkiston alkuperäistä kannaketta muokattiin aiempaa leveämmäksi.

Työn tuloksena saatiin Volter 40 Outdoor -voimalaitosmallista kaikki tuotannossa ja valmistuksessa käytettävä dokumentaatio. Kaikki opinnäytetyön aikana tehty dokumentaatio on vain toimeksiantajan sisäiseen käyttöön. Opinnäytetyön raportissa selostettu työn suoritus on julkiseen käyttöön tarkoitettu pääpiirteinen lopputulos.

---

Asiasanat: suunnittelu, tuotekehitys, puukaasu, ekologisuus, bioenergia, voimalaitos, dokumentaatio

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree programme in Mechanical and Production Engineering, Option of Machine Automation Engineering

---

Author: Joonas Kämäräinen

Title of thesis: Production and Manufacturing Documentation for New Power Plant Model

Supervisors: Esa Kontio (OAMK), Iikka Ylikoski (Volter)

Term and year when the thesis was submitted: spring 2019

Pages: 37 + 0 appendices

---

The development of wood gasification has been considered to have begun in the 1850s. The biggest development of wood gas plant equipment was the development of wood gas vehicles. Due to the depletion of fossil fuel resources, the demand for products developed as an alternative source of energy is still growing.

Volter Oy wants a new pellet-fueled power plant model to be placed in an easily transported sea container. The first version of the CHP power plant which is placed sea container was previously designed, made and transported to Canada. The installation and operation of the first container model had been used to seek the necessary modifications to the selected solutions, which the thesis aims to improve.

In the thesis, power plant was designed inside 40' HC DD sea container using Autodesk Inventor 3D CAD software. Sound and thermal insulation was designed for the walls and roof of the sea container. Partition wall, suction air housing, exhaust air housing, electrical equipment and fuel transportation to the power plant was designed inside the container. The changes to the sea container included the removal of the two bars of the double doors. To the walls of the sea container was made penetrations to the ventilations, exhaust pipe and maintenance door. The power plant's water pipeline was modified to fit the sea container and the original bracket of the exhaust pipe was modified to be wider.

As a result, all the used documentation in production and manufacturing of the Volter 40 Outdoor power plant model were obtained. All documentation that were made during the thesis is for internal use only. The thesis report describes the main features of the thesis. It could not be entirely reported and is made for public use.

---

Keywords: design, product development, wood gas, ecology, bioenergy, power plant, documentation

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	9
1.1 Työn rajaus ja tavoitteet	9
1.2 Volter Oy	9
2 PUUPERÄISET POLTTOAINEET	11
2.1 Puun palaminen	11
2.2 Puupelletti	15
2.3 Hake	15
2.4 Puun polttamisen ekologisuus	16
3 PUUSTA KAASUKSI	18
3.1 Puukaasulaitteiden kehityksen alku	18
3.2 Autokäyttöön tarkoitetut häkäpöntöt	18
3.3 Häkäpöntöistä nykyaikaan	20
4 PIENVOIMALAITOKSEN TOIMINTA	21
4.1 Polttoaineen käsittely ennen kaasutusta	21
4.2 Biomassan kaasutus	22
4.3 Palamisjätteen käsittely	22
4.4 Lämmön talteenotto ja ylijäämälämmön poisto	22
4.5 Puukaasun käsittely	23
4.6 Sähkön tuottaminen ja verkkoyksiköt	23
4.7 Pakokaasun poisto ja soihdpuhallin	24
4.8 Voimalaitoksen valvonta ja hallinta	24
5 VOLTER 40 OUTDOOR	25
5.1 Kontin mallinnus	27
5.1.1 Ääni- ja lämpöeristys	28
5.1.2 Ilmanvaihto	28
5.1.3 Ulkoverhous	30
5.1.4 Huolto-ovi	30

5.1.5 Pakoputkisto	31
5.1.6 Kuljettimet	31
5.1.7 Vesiputkisto	32
5.1.8 Sähkökalustus	33
5.2 Piirustukset	34
5.2.1 Tuotedokumentit	34
5.2.2 Valmistusdokumentit	34
6 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	36

## SANASTO

%	prosentti, suhteellinen yksikkö
40' HC DD	erikoismallinen 40 jalkaa pitkä korotettu kuljetuskontti paripääty-ovilla
CH <sub>4</sub>	metaani, yhdiste
CHP	Combined Heat and Power, yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto
C <sub>n</sub> H <sub>n</sub>	raskaat hiilivedyt
CO	hiilimonoksidi, yhdiste
CO <sub>2</sub>	hiilidioksidi, yhdiste
GSM	Global System for Mobile Communications, maailmanlaajuinen matkapuhelinjärjestelmä
h	tunti, ajan yksikkö
H <sub>2</sub>	vety, alkuaine
irto-m <sup>3</sup>	irtokuutiometri vastaa polttopuumäärää, joka heiteltynä täyttäisi yhden kuutiometrin kokoisen laatikon, tilavuuden yksikkö
JAPP	alumiininen asennusputki
KA	keskiarvo
kg	kilogramma, massan yksikkö
KOPI	korokepidin, putkikiinnike
kW	kilowatti, energian yksikkö
kWh	kilowattitunti, energian yksikkö

m	metri, pituuden yksikkö
m <sup>3</sup>	kuutiometri, tilavuuden yksikkö
mg	milligramma, massan yksikkö
MJ	megajoule, energian yksikkö
mm	millimetri, pituuden yksikkö
MWh	megawattitunti, energian yksikkö
N <sub>2</sub>	typpi, alkuaine
°C	celsiusaste, lämpötilan yksikkö
OSB	Oriented Strand Board, ristiin liimatuista puulastuista koostuva levy, jota käytetään erityisesti rakentamisessa
pino-m <sup>3</sup>	pinokuutiometri vastaa polttopuumäärää, joka pinottuna täyttäisi yhden kuutiometrin kokoisen laatikon, tilavuuden yksikkö
PIV 41	Triotec Osakeyhtiön valmistama pelletti-imurimalli
tn	tonni, tuhat kilogrammaa, massan yksikkö
Volter 40 Outdoor	Volter Osakeyhtiön oma voimalaitosmalli, joka on sijoitettu kuljetuskontin sisälle



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn rajaus ja tavoitteet

Opinnäytetyön tilaaja Volter Oy haluaa uuden pellettiä polttoaineena käyttävän voimalaitosmallin sijoitettavaksi helposti merirahtina kuljetettavaan 40' HC DD -standardin merikonttiin. Uusi voimalaitosmalli tunnetaan nimellä Volter 40 Outdoor, joka poikkeaa aikaisemmasta yhdistetystä lämmön ja sähkön tuotannosta (CHP) käyttämällä polttoaineena pellettiä aikaisemmän käyttäessä polttoaineena haketta. Merikonttiin sijoitettavan CHP-voimalaitoksen suunnittelun lähtökohtana on aiemmin Kanadaan kuljetettu ensimmäinen versio kontista. Aiempaa konttia varten valittujen komponenttien asentamisen ja käytön avulla on selvitetty parantavat muutostyöt, joita opinnäytetyössä toteutetaan.

Opinnäytetyön keskeisimpänä tavoitteena on tuottaa Volter 40 Outdoor -voimalaitosmallista kaikki dokumentaatio, jonka avulla voidaan tilata ja valmistaa tarvittavat osat. Lisäksi tuotetaan asennusdokumentit, joiden avulla voidaan kokoonpanna kaikki merikontin sisään kuuluva. Dokumentaatiosta on nähtävillä kaikki tarvittavat muutokset voimalaitokseen ja konttiin.

Suunnittelutyökaluna käytetään Autodesk Inventor -mallinnusohjelmaa. Voimalaitoksen valmistus- ja tuotantopiirustuksia ei julkaista tässä raportissa, koska ne on tarkoitettu vain toimeksiantajan sisäiseen käyttöön.

## 1.2 Volter Oy

Vuonna 1998 Juha Sipilä halusi kesämökilleen sähköt. Sähköjen vetäminen Pohjois-Suomessa sijaitsevalle mökille osoittautui kalliiksi, joten poiki ajatus omasta muista riippumattomasta sähköä tuottavasta järjestelmästä. Järjestelmässä dieselillä toimiva aggregaatti ja tuulivoimala tuottavat tarvittavan sähkön saarekeverkkoon. Idea dieselin korvaamiseksi puuhakkeella syntyi pian. (1, linkki Our Story.)

Vuonna 2006 tekniikka puun kaasuttamiseksi todistettiin toimivaksi rakentamalla pickup-auton lavalle puukaasutin. Ensimmäinen muista riippumaton energialaitos Volter CHP valmistettiin vuonna 2010 asuinalueelle Kempeleeseen. Ensimmäinen CHP-voimalaitos myytiin vuonna 2011. Vuonna 2012 kehitettiin ja valmistettiin uusi voimalaitos nimeltään

Volter 40 CHP. Voimalaitos sijoitettiin kontin sisään, josta nykyinen voimalaitosmalli on kehitetty vuosien mittaan useiden muutoksien jälkeen. (1, linkki Our Story.)

Vuosien kehitystyön tuloksena Volter CHP on yhä tunnetumpi maailmalla itsenäisenä energian tuottajana ja asiakkaita on yhdeksässä maassa. Vuonna 2017 sadan voimalaitoksen rajapyykki saavutettiin ja Volter Oy palkittiin voittajana Suomen kasvavien yritysten välisessä kilpailussa Kasvu Openissa. (1, linkki Our Story.)

Vuonna 2018 Volter Oy siirsi valmistuksen ja toimistot Tupokselle nykyiseen tehtaaseen. Uusi valmistusprosessi moninkertaisti yhtiön tuotantokapasiteetin. (1, linkki Our Story.)

## 2 PUUPERÄISET POLTTOAINEET

Bioenergia on ympäristöystävällinen ja puhdas uusiutuvan energian lähde, jota hyödynnetään useassa eri olomuodossa. Biomassoista voidaan jalostaa kiinteän polttoaineen lisäksi kaasumaisia ja nestemäisiä polttoaineita. Bioenergiaa tuotetaan ja käytetään laajasti useista eri lähteistä: metsistä, soilta, pelloilta ja maataloudesta, teollisuuden sivuvirroista ja jätteistä. Bioenergiaa ovat (2; 2, linkki Bioenergian käyttö; 3)

- puuperäiset polttoaineet
- biokaasu
- peltobiomassat
- kierrätyspolttoaineiden biohajoava osa
- jättepolttoaineiden biohajoava osa.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään pelkästään puuperäisiin polttoaineisiin kuuluviin pellettiin ja hakkeeseen, joista tuotetaan puukaasua. Puuperäisiä polttoaineita verrataan eri bioenergian vaihtoehtoihin ja fossiiliseen polttoaineeseen, polttoöljyyn.

### 2.1 Puun palaminen

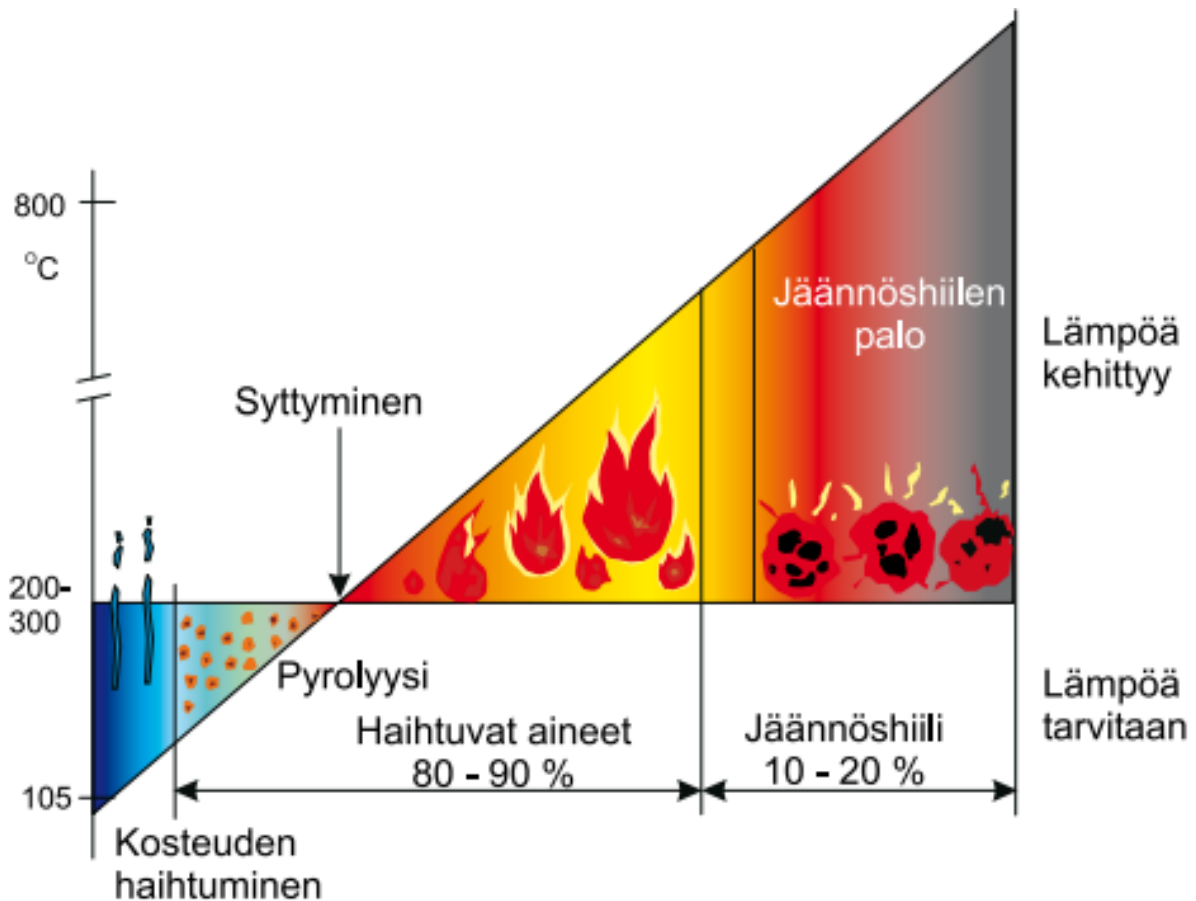
Palamisella tarkoitetaan aineen kemiallista yhtymistä happeen, jolloin samalla vapautuu reaktiolle ominainen energia lämpönä. Kiinteällä polttoaineella on palamisessa useita eri palamisvaiheita. Lämpöä kuluttavat prosessit ovat (4, s. 41)

- alkulämpeneminen noin 100 °C:seen
- kosteuden haihtuminen
- pyrolyysi.

Syttyminen tapahtuu noin 200 - 300 °C:n lämpötilassa, minkä jälkeen puu luovuttaa lämpöä. Lämpöä luovuttavat prosessit ovat (4, s. 41)

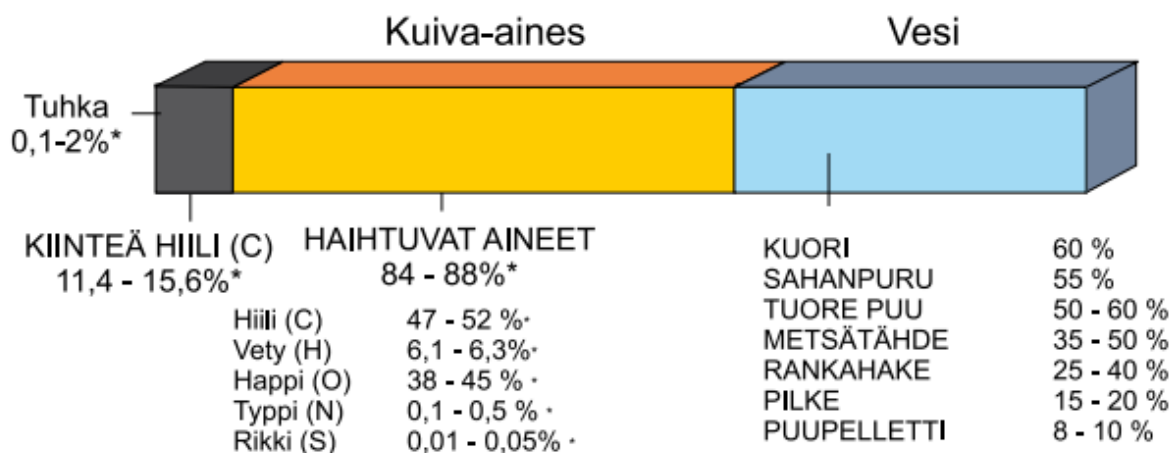
- pyrolyysikaasujen syttyminen
- pyrolyysikaasujen palaminen
- jäännoshiilen palaminen.

Palamiseen vaikuttavat polttoainekappaleen kemialliset, rakenteelliset ja fysikaaliset ominaisuudet (4, s. 41). Kuvassa 1 on nähtävillä eri palamisvaiheet, palamisen lämpötilat ja lämmön kehityksen alkaminen syttymisestä.



KUVA 1. Puun palamisen eri vaiheet (4, s. 42)

Rakenteellisesti kuiva-aineen paino koostuu selluloosasta 40 - 45 %, hemiselluloosasta 20 - 35 % ja ligniinistä 15 - 30 %. Loput polttoainekappaleen painosta on tuhka-aineita 0,1 - 2 % ja uuteaineita 1 - 20 % (4, s. 41). Kuvassa 2 on esitetty puun koostumus, palamisessa vapautuvat alkuaineet, hiilen osuus ja eri polttoaineiden kosteusprosentti.



\* Osuus kuiva-aineen painosta, %

KUVA 2. Polttopuun koostumus (4, s. 41)

Polttoaineen palamisessa palamisnopeutta yleensä rajoittaa lämmönsiirto, aineensiirto tai kemiallinen reaktionopeus. Pyrolyysiin, palamiseen, pyrolyysituotteisiin ja jäännöshii-  
len määrään vaikuttaa polttoaineen kosteus. Kostean puun lämpöarvo on pienempi kuin  
kuivan puun. Kuiva puu palaa puhtaasti ja kuumana tuottaa enemmän lämpöä ympäris-  
töön kuin kostea puu. Kosteus laskee liekin lämpötilaa ja kasvattaa päästöjä 850 °C:seen  
lämpötilaan asti, minkä jälkeen palamisesta tulee vähäpäästöistä. (4, s. 25; 4, s. 41 - 42.)

Lämpöarvo kertoo, kuinka tehokasta lämmitys on. Puun lämpöarvon eroon vaikuttaa  
puun tiheys. Tihein Suomen yleisimmistä polttopuista on koivu (4, s. 25). Taulukossa 1  
on eritelty tavallisimpien Suomen puulajien lämpöarvot ja -määrät 20 %:n kosteudessa.

*TAULUKKO 1. Puulajien lämpöarvot ja -määrät (4, s. 25)*

<b>Puulaji</b>	<b>Lämpöarvo, kWh/kg</b>	<b>Lämpömäärä, kWh/irto-m<sup>3</sup></b>	<b>Lämpömäärä, kWh/pino-m<sup>3</sup></b>
<b>Mänty</b>	4,15	810	1 360
<b>Kuusi</b>	4,10	790	1 320
<b>Koivu</b>	4,15	1 010	1 700
<b>Leppä</b>	4,05	740	1 230
<b>Haapa</b>	4,00	790	1 330

Taulukossa 2 puun palamisominaisuuksia verrataan muihin biopolttoaineisiin. Vertailukohteina on käytetty vehnän olkea, ruokohelpiä ja palaturvetta.

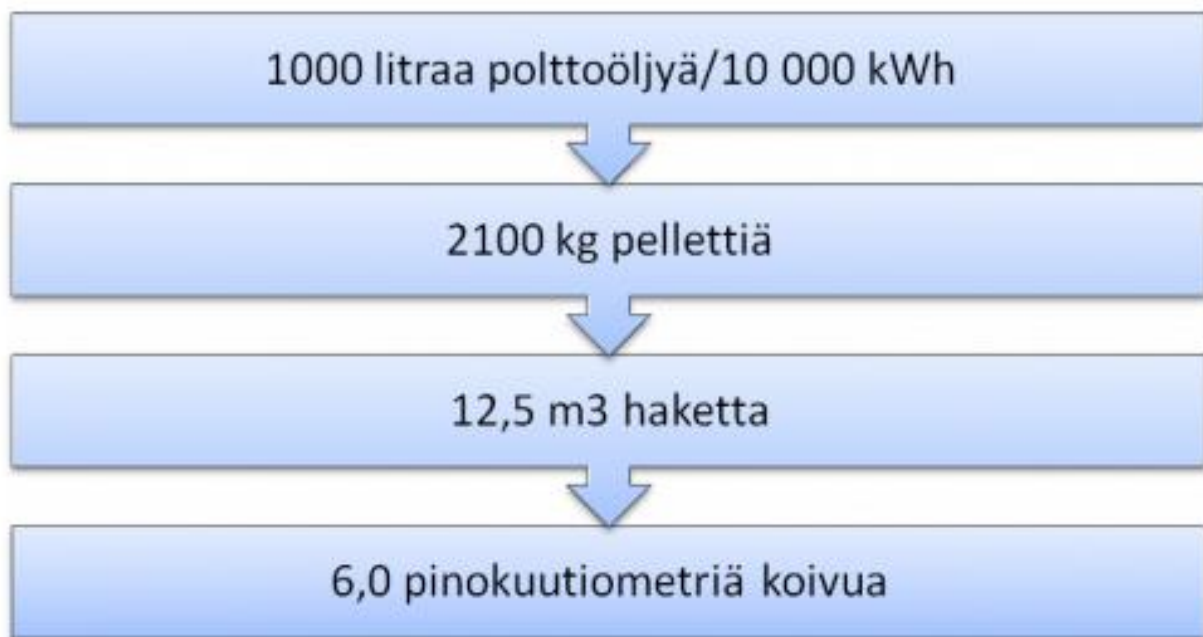
TAULUKKO 2. Puun palamisominaisuudet (5, s. 42)

Palamisominaisuus	Puu	Vehnän olki	Ruokohelpi	Palaturve
Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa, MJ/kg, (MWh/tn)	19,2 (5,3)	17,4 (4,8)	17,6 (4,9)	21,5 (6)
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg, (MWh/tn)	8,5 (2,4)	14,4 (4)	14,6 (4,1)	12 (3,3)
Kosteus, %	50	15	14	40
Tuhkapitoisuus	1,5	7	5,5	4
Hiili, %	50	46	46	55
Typpi, %	0,3	0,5	0,9	1,5
Rikki, %	0,05	0,15	0,1	0,25
Kloori, %	0,02	0,5	0,09	0,05
Kalium, %	0,2	0,8	0,2	0,05
Kalsium, %	0,3	0,4	0,2	0,5
Magnesium, %	0,05	0,1	0,05	0,05
Natrium, %	0,01	0,1	0,01	0,01
Pii, %	0,4	1,8	1,8	0,8
Tuhkan sulamispiste, °C	1 150	930	1 404	1 100
Arseeni, mg/kg KA	0,01	-	0,2	2
Elohopea, mg/kg KA	0,02	0,03	0,03	0,09
Kadmium, mg/kg KA	0,1	0,05	0,06	0,1
Lyijy, mg/kg KA	4	1	2	5

## 2.2 Puupelletti

Pelletti on kuivaa, hajutonta, tasalaatuista, pölytöntä ja helposti käsiteltävää polttoainetta. Puupelletti valmistetaan puristetusta sahanpurusta, kutterinlastusta ja se onkin yleensä saha- ja puusepänteollisuuden sivutuotetta. Sylinterin muotoiseksi rakeeksi pelletin raaka-aine saadaan puristamalla hydraulisesti pakottamalla. Ligniini toimii luonnollisena liimana eli puun omana sidosaineena. Pelletti ei homehdu eikä jäädy, koska sen kosteusprosentti on alle 10 %. (3, linkki Pelletti; 4, s. 61.)

1 kg pellettiä sisältää energiaa 4,75 kWh. Keskimääräisesti kuutio pellettiä painaa 600 kg. Tuossa määrässä on energiaa hieman alle 3 000 kWh. Pellettiä 3,3 irtokuutiota vastaa yhtä kevytöljykuutiota. Pelletin voi suhteuttaa polttoöljyksi, hakkeeksi tai lämpöarvoltaan hyväksi polttopuuksi kuvan 3 mukaisesti. (3, linkit Pelletti -> Energia-arvo ja muuntokertoimet.)



KUVA 3. Pelletin suhteuttaminen keskimääräisten muuntokertoimien mukaan (3, linkit Pelletti -> Energia-arvo ja muuntokertoimet)

## 2.3 Hake

Hake on puhdasta, kotimaista ja uusiutuvaa hakkurilla koneellisesti hakettua raaka-ainetta ja tehdään (3, linkki Hake)

- karsitusta puusta

- karsimattomasta kokopuusta
- hakkuutähteistä
- kannoista
- muusta puujätteestä.

Suurimpia ongelmia hakkeen laadussa ovat iso hajonta palakoossa, tikkuisuus tai liika kosteus. Hakejärjestelmät ovat kehittyneet voimakkaasti, ja niistä on tullut varmatoimimpia. Hakkeen kosteuden on oltava alle 30 %, jotta sen voi määritellä hyvälaatuiseksi eikä se pääse homehtumaan. Mitä kosteampaa hake on, sitä enemmän sitä kuluu. (3, linkit Hake -> Laatu; 6, s. 80.)

Hake on bioenergiaa parhaimmillaan. Valtavan energia-arvon siitä saa valjastettua käyttöön kuivana ja oikein poltettuna, koska se on yksi edullisimmista tavoista esimerkiksi lämmityksessä (3, linkki Hake). Taulukossa 3 verrataan polttoöljyn ja hakkeen ominaisuuksia. Mukana on myös verrattavana biopolttoaineena vilja.

*TAULUKKO 3. Hakkeen ominaisuuksien vertailu (7, s. 21)*

	<b>Polttoöljy</b>	<b>Hake</b>	<b>Vilja</b>
<b>Kosteus, %</b>	0	25 - 45	12 - 15
<b>Tiheys, kg/m<sup>3</sup></b>	840	200	500 - 800
<b>Lämpöarvo, kWh/tn</b>	11 900	3 000 - 3 700	4 000 - 4 400
<b>kWh/m<sup>3</sup></b>	10 000	800 - 900	2 100 - 3 300
<b>Hyötysuhde, %</b>	85 - 90	75 - 80	70 - 80
<b>Tarvittava määrä korvaamaan 1 m<sup>3</sup> öljyä</b>	1	12 - 15	4 - 6

## 2.4 Puun polttamisen ekologisuus

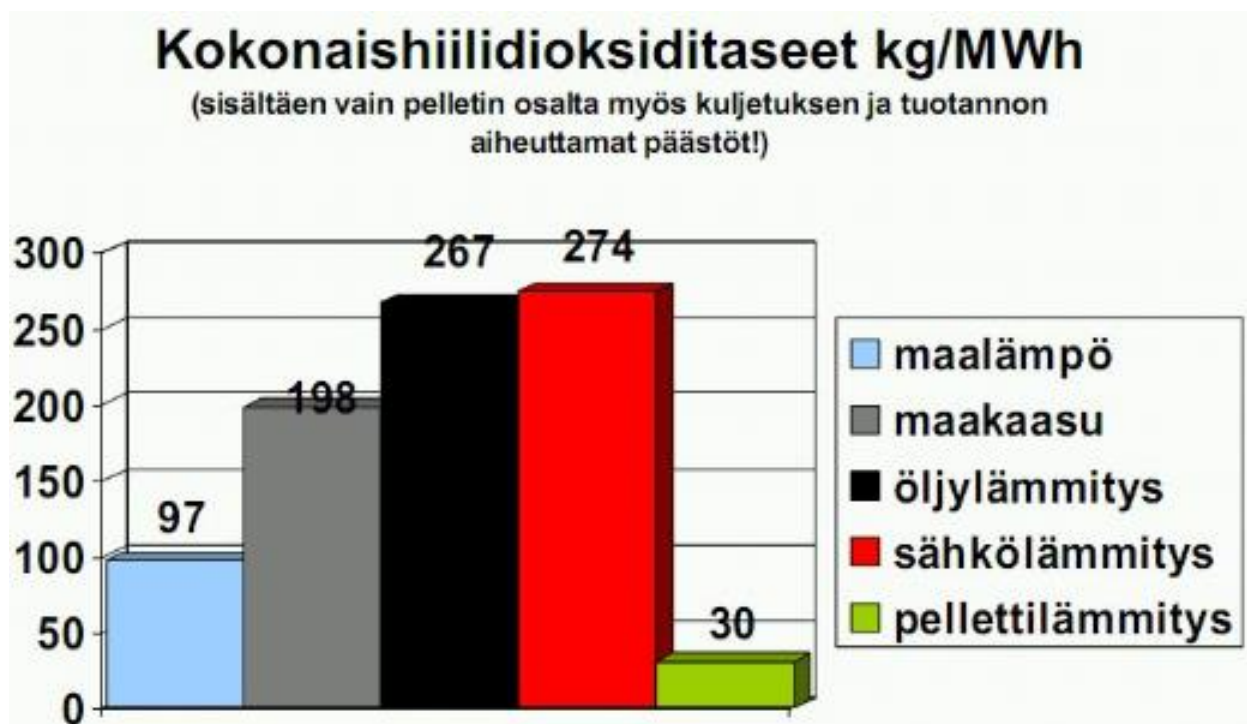
Hiilidioksidi CO<sub>2</sub> on ilmastonmuutoksen merkittävin kaasu. Puuta poltettaessa vapautuu hiilidioksidia, mutta bioenergia on hiilidioksidineutraalia, eli se ei lisää hiilidioksidipäästöjä.



Puuta poltettaessa vapautuva hiilidioksidi sitoutuu takaisin kasvavaan biomassaan pitkällä aikavälillä. (8, linkit Tietoa -> Ympäristö.)

Puulla tuotetun energian merkitys energiantuotannossa on toistaiseksi ollut vähäistä. Fossiilille polttoaineille etsitään jatkuvasti vaihtoehtoja, sillä fossiilisten polttoainevarantojen varma loppuminen ja ilmastonmuutoksen hidastaminen lisäävät kiinnostusta korvaavia energialähteitä kohtaan. Biomassojen käyttö vähentää myös muita energiantuotannon haittavaikutuksia kuten raskasmetalli- ja rikkipäästöjä. Hyödyntämällä kotimaisia biomassoja edistetään myös energiantuotannon omavaraisuutta ja huoltovarmuutta ja luodaan erityisesti maaseutualueille uusia työpaikkoja. (2, linkki Bioenergian käyttö.)

Pientalon lämmityksessä siirryttäessä pellettiin vähentää hiilidioksidipäästöjä 10 000 kg/vuosi tavanomaisessa pientalossa (8). Kuvasta 4 selviää, mitkä ovat eri tuotantomuotojen laskennalliset hiilidioksiditaseet. Muissa kuin pellettilämmityksessä ei huomioida tankkerikuljetuksia, jalostusta, jakeluverkostoa, verkon siirtohäviötä eikä erityisesti ekologista jalanjälkeä tuotannossa. Kaaviossa verrataan hiilidioksiditasetta vuoden ajalle ja 3 000 litran öljyn kulutukseen verraten.



KUVA 4. Kokonaishiilidioksiditaseiden vertailu pientalojen lämmityksessä (8)

## **3 PUUSTA KAASUKSI**

### **3.1 Puukaasulaitteiden kehityksen alku**

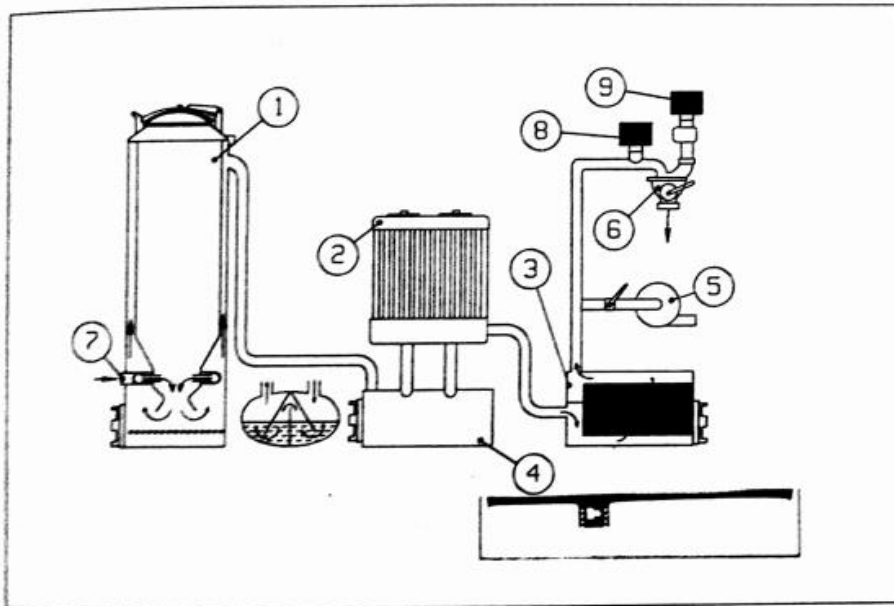
Höyryvoimaa on käytetty jo 1700-luvun lopulla, mutta puukaasun kehityshistoria katsotaan alkaneeksi vasta noin 1850-luvun tienoilla. Ensimmäinen käytännöllinen kaasukone on vuonna 1860 belgialaisen Etienne Lenoirin rakentama kaasumoottori. (9, s. 13.)

Italialainen Garuffa rakensi kaasugeneraattorin, jossa käytettiin polttoaineena puuta. Ensimmäinen puukaasutin syntyi ja bensiinin kalliin hinnan vuoksi alettiin kehittämään autoon soveltuvaa kaasugeneraattoria. Puukaasun oletettiin nousevan vaihtoehtoiseksi polttoaineeksi, hiilivetytisleiden veroiseksi energialähteeksi. Tuohon aikaan autot olivat kevytrakenteisia ja generaattorit autoihin aivan liian painavia. Englantilainen toiminimi Thorny-Croft teki kokeita vuoden 1905 paikkeilla huonoin tuloksin, kunnes Itävallassa esiteltiin toimiva kaasutin ensimmäisen maailmansodan jälkeen 1920. (9, s. 15 - 16.)

Saksalais-ranskalainen kemisti-insinööri Georges Imbert oli merkittävin puukaasulaitteiden kehittäjä. Imbert rakensi ensimmäisen kaasuttimensa vuonna 1920 hiilen varaan, kunnes vuonna 1921 hän käytti koksia, antrasiittia ja hiiltä. Vuonna 1924 Imbert esitteli puupilkkeellä toimivan kaasuttimen. (9, s. 16.)

### **3.2 Autokäyttöön tarkoitetut häkäpöntöt**

Autokäyttöön tarkoitettujen häkäpönttöjen perustyyppit olivat hiili- ja puukaasuttimet. Valtaosa Suomessa käytetyistä hiilikaasuttimista rakennettiin ruotsalaisen Axel Svedlundin alkuperäisen patentin perustalle. Useimmat puukaasuttimet rakennettiin Georges Imbertin kehittämän kaasuttimen perusidean varaan (kuva 5). (9, s. 38.)



*Imbert-laitteiston rakenne.*  
 1. Pilkesäiliö,  
 2. Lauhdutin,  
 3. Hienopuhdistin,  
 4. Karkeapuhdistin,  
 5. Imuri,  
 6. Sekoitusventtiili,  
 7. Ilmasuuttimet,  
 8. Lisäilmaventtiili,  
 9. Bensinikaasutin.  
 (Markku Mäkipirtti)

KUVA 5. Imbert-laitteiston rakenne (9, s. 87)

Kaikissa puukaasuttimissa on yhteisiä oleellisia osia (9, s. 87):

- polttoainesäiliö
- arina
- tulipesä
- tuhkasäiliö.

Generaattorin ja moottorin välissä on erilaisia kaasun puhdistuslaitteita, joilla pyritään seulomaan kaikki kiinteät epäpuhtaudet mahdollisimman tarkasti pois. Lauhduttimilla kaasun lämpötila saadaan laskettua paremman sylinteritäytön aikaansaamiseksi. (9, s. 38.)

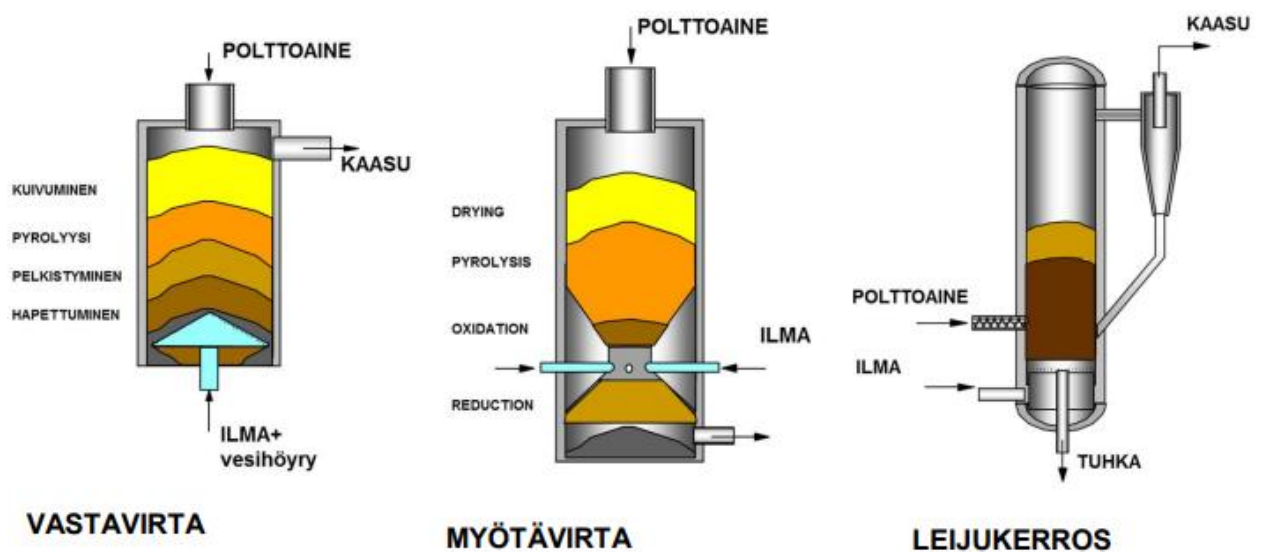
Generaattorissa syntyvä kaasu on monen kaasun seos (9, s. 39). Puukaasun keskimääräinen koostumus nähtävillä taulukossa 4 polttoaineen kosteuden ollessa 12 - 20 %. Suhteet voivat muuttua kaasutintyyppien välisten erojen vuoksi, hiilen laadun, pilkkeen laadun ja kuivuusasteen mukaan (9, s. 39).

TAULUKKO 4. Puukaasun keskimääräinen koostumus (9, s. 39)

Hiilimonoksidi	CO	17 - 22 %
Vety	H <sub>2</sub>	16 - 20 %
Metaani	CH <sub>4</sub>	2 - 3 %
Raskaat hiilivedyt	C <sub>n</sub> H <sub>n</sub>	0,2 - 0,4 %
Hiilidioksidi	CO <sub>2</sub>	10 - 15 %
Typpi	N <sub>2</sub>	45 - 50 %

### 3.3 Häkäpöntöistä nykyaikaan

Biomassalle sopivat kaasuttimet jaetaan leijupeti- ja kiinteäpetikaasuttimiin. Leijupetikaasuttimet ovat eniten käytetty kaasutinmuoto CHP-laitoksissa, sillä tehoalue on megawatteista satoihin megawatteihin. Korkean kaasutuslämpötilan ansiosta aikaisemmin häkäpöntöissä ongelmaksi muodostunut tervan kertyminen on saatu poistettua. Kiinteäpetikaasuttimet sopivat pienempiin sovelluksiin, sillä tehoalue kattaa kilowatteista kymmeniin megawatteihin saakka. Kiinteäpetisiä kaasuttimia ovat myötävirta- ja vastavirtakaasuttimet. Suomen sotien aikana häkäpöntöt olivat myötävirtakaasuttimia. Vastavirtakaasuttimessa polttoaine ja kaasuseos kulkevat vastakkaisiin suuntiin. Myötävirtakaasuttimessa polttoaine ja kaasut kulkevat samaan suuntaan. Kuvassa 6 on esitetty vastavirta-, myötävirta- ja leijupetikaasutin. (10, s. 288; 11, s. 2 - 6.)

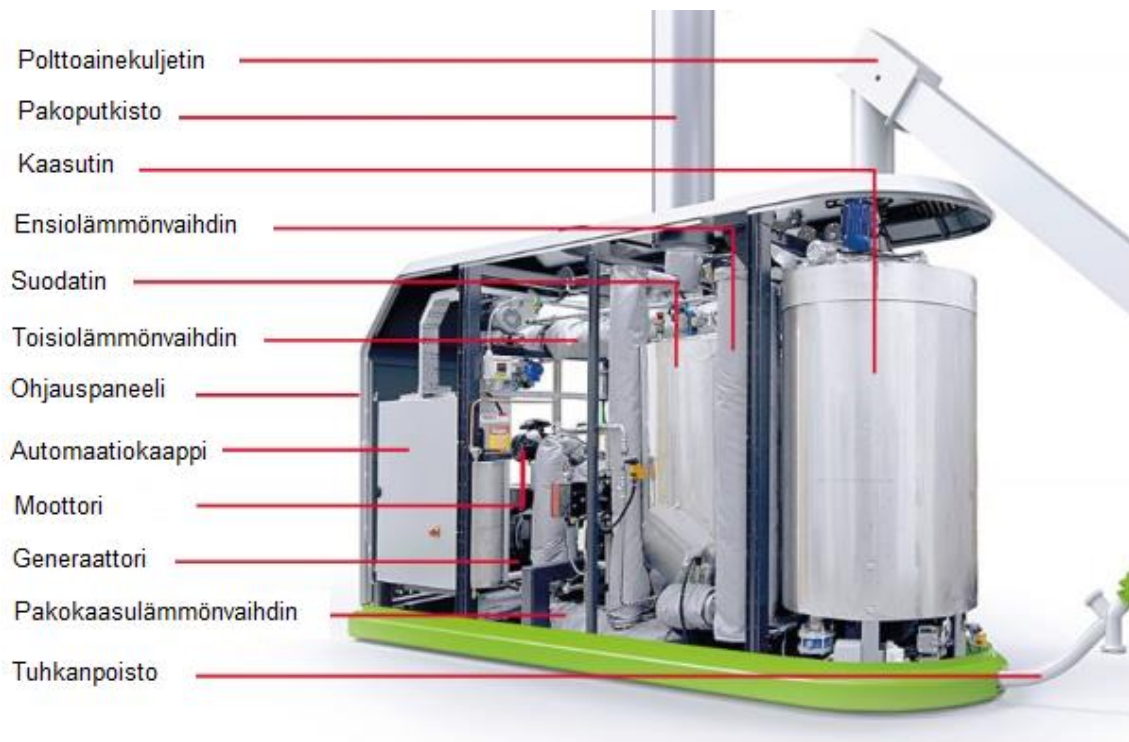


KUVA 6. CHP teknologiat (11, s. 4)

## 4 PIENVOIMALAITOKSEN TOIMINTA

Volterin yhteistoimintovoimalaitoksessa sähköntuotanto on 40 kW ja lämmöntuotanto 100 kW, joka riittää kattaakseen maatilaa, kokonaisen pienen asuinalueen tai pienen yrityksen vuosittaisen energiatarpeen. Voimalaitoksia voidaan yhdistää toisiinsa käyttökohteen mukaan. 25 pienvoimalaitosta muodostaa energiapuiston ja tuottaa 1 MW sähköä. (1, linkki Technology.)

Luvussa kerrotaan CHP-järjestelmän toiminta pääpiirteittäin. Volter Indoor 40 yhteistuotantovoimalaitos käyttää polttoaineenaan puuhaketta. Kuvassa 7 esitellään joidenkin luvussa tarkemmin kerrottujen osien sijainnit.



KUVA 7. CHP-järjestelmän osia (1, linkki Technology)

### 4.1 Polttoaineen käsittely ennen kaasutusta

Lautaspurkain pyörii hakesiilon pohjalla siirtäen ja keräten haketta ruuvikuljettimelle. Ruuvikuljetin siirtää hakkeen siilosta edelleen ketjukuljettimelle, joka siirtää hakkeen polttoainesiilosta voimalaitoksen katolle. Hake putoaa ketjukuljettimen päästä katon läpi sulku-syöttimelle. (12, linkit -> CHP-laitoksen rakenne -> Lautaspurkain.)

Pintavahti tarkkailee hakkeen määrää kaasuttimessa. Hakkeen pinnan laskiessa sulkusyötin annostelee lisää haketta kaasuttimeen pitäen pinnankorkeuden vakiona. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Sulkusyötin ja pintavahti.)

#### **4.2 Biomassan kaasutus**

Kaasuttimessa hake kuivaa ja lämpenee. Polttoaine pyrolysoituu ja osittain palaa ali-ilmalla. Ali-ilmalla polttaessa lämpötila saadaan riittävän korkeaksi puukaasun muodostumiselle. Kurkun kautta puukaasu virtaa kaasuttimen vaipan ulkoreunaa takaisin ylös ensiölämmönvaihtimelle. Käyttötilanteessa kaasuttimen kurkun lämpötila on noin 1 000 °C. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Kaasutin.)

#### **4.3 Palamisjätteen käsittely**

Kaasuttimessa polttoaineen palamisesta ja kaasun suodattamisesta syntyy jätettä. Kaasuttimen tuhka, jäännöshiili ja suodattimella erottunut kiintoaine putoaa suodattimen ja kaasuttimen alla sijaitsevalle tuhkaruuville. Ruuvikuljetinkokoonpanoa pitkin palamisesta ja suodatuksesta jäänyt kiinteä jäte kulkeutuu tuhkasulkusyöttimelle, jonka kautta se päätyy erilliseen metalliseen tuhkatynnyriin. Koko tuhkajärjestelmä on ilmatiivis. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Tuhkajärjestelmä). Tuhkasulkusyöttimessä on kaksi erillistä laippaa, jotka avautuvat ja sulkeutuvat vuorotellen estäen ilman pääsyn tuhkajärjestelmään. Kuuma palamisjäte voi happea saadessaan syttyä tuleen.

#### **4.4 Lämmön talteenotto ja ylijäämälämmön poisto**

Voimalaitoksen tuotantoprosessissa syntyvä lämpö kerätään talteen suljetussa kierrossa lämmönvaihtimilla useilta eri vaiheilta sähköntuottamisprosessia. Kaikkien lämmönvaihtimien jäähdytysnesteet johdetaan päälämmönvaihtimelle, jota kautta ne siirtyvät kiinteistön lämmitysjärjestelmän kiertonesteeseen tai muuhun hyötykäyttökohteeseen. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Päälämmönvaihdin.)

Ensiölämmönvaihtimella jäähdytetään 600 - 650 °C:n puukaasu noin 200 °C:n lämpötilaan. Jäähdyttämällä otetaan puukaasusta lämpöenergia talteen ja estetään lämmöstä johtuvat vauriot suodattimella. Seuraava lämmön talteenotto tapahtuu kaasun suodatuksen jälkeen toisiolämmönvaihtimella. Ennen moottoria kaasua jäähdyttämällä saadaan puukaasusta tiheämpää ja näin ollen sitä suurempi määrä sylintereihin. Moottori toimii

paremmin suurella kaasun määrällä. Pakokaasu sisältää hukkalämpöä, joka otetaan vielä talteen pakokaasulämmönvaihtimella. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Ensiölämmönvaihdin; 12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Pakokaasulämmönvaihdin; 12 linkit -> CHP-laitoksen rakenne -> Toisiolämmönvaihdin.)

Puukaasun jäähdyttäminen aiheuttaa veden kondensaatiota. Tiivistynyt kondenssivesi kerätään ennen moottoria kondenssiveden keräimellä ja johdetaan vesiputkea pitkin kondenssivesisäiliöön. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Kondenssiveden poisto.)

Moottorin jäähdytysnesteen paluuveden lämpötilan ollessa yli 65 °C avautuu kolmitieventtiili. Venttiilin kautta osa jäähdytysnesteestä kulkeutuu lauhduttimelle estäen moottorin yllilämmön. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> CHP-laitoksen rakenne -> Lauhdutin.)

#### **4.5 Puukaasun käsittely**

Ensi- ja toisiolämmönvaihtimien välissä sijaitsevassa pääsuodattimessa puukaasusta erotellaan orgaaninen ja epäorgaaninen kiintoaine pois. Suodattimen puhdistus on automatisoitu. Heti pääsuodattimen jälkeen sijaitsee varmistussuodatin, jossa on näkölasia. Varmistussuodattimen likaantuessa tiedetään pääsuodattimen toiminnassa olevan häiriö. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Suodatin; 12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Varmistussuodatin.)

Ennen moottoria puukaasun sekaan sekoitetaan ilmaa. Ilma suodatetaan, että moottoriin ei pääse sinne kuulumattomia partikkeleita. Puhdistettu ilma johdetaan automatisoituun kaasunsekoittimeen, joka määrää puukaasun ja ilman seossuhteen. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Kaasunsekoitin; 12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Ilmansuodatin.)

#### **4.6 Sähkön tuottaminen ja verkkoyksiköt**

Sähkögeneraattoria pyörittää 8,4 litran, 6-sylinterinen, ahtamaton Agco Sisu Powerin dieselmoottori, joka on muunnettu kaasukäyttöön soveltuvaksi. Generaattori tuottaa sähköenergiaa moottorin tuottamasta liike-energiasta, liike-energian välittyessä generaattorille moottoriin kampiakselin välityksellä. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Polttomoottori; 12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Generaattori.)

CHP-voimalaitoksen tuottama sähkö siirretään valtakunnan verkkoon verkkoonsyöttöyksikön avulla. Valtakunnan verkkoon yhdistäminen vaatii voimalaitoksen kytkemisen kiinteällä kaapelilla verkkoonsyötöllä varustettuun sähkökeskukseen. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Verkkoonsyöttöyksikkö.)

Itsenäinen, muista riippumaton sähköverkko luodaan saarekeverkkoyksikön avulla. Tässä tapauksessa voimalaitos vaatii akuston, jotta voimalaitos voidaan käynnistää ilman ulkoista virtaa ja toimien samalla puskurina tasaten kuormanvaihteluita. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Akusto; 12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Saarekeverkkoyksikkö.)

#### **4.7 Pakokaasun poisto ja soih tupuhallin**

Pakokaasu koostuu hiilidioksidista, vedestä ja typen oksideista. Suurin osa typen oksideista virtaa prosessin läpi inerttinä, reagoimattomana kaasuna. Pakoputken läpi ulkoilmaan johdettu näkyvä kaasu on käytännössä vesihöyryä. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Pakoputki.)

Soih tupuhaltimella puukaasu johdetaan ulkoilmaan polttamatta sitä. Soih tupuhaltimella muodostetaan alipaine kaasun purkukanavaan puhaltamalla ilmaa soih dun suuttimeen. Puhallinta käytetään, kun moottori ei ole käynnissä tai kun kurkun lämpötila hetkellisesti laskee alle raja-arvon. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Soih tupuhallin.)

#### **4.8 Voimalaitoksen valvonta ja hallinta**

Laitoksen valvonta ja hallinta voidaan hoitaa etänä matkapuhelimella ja tabletilla kaikilla missä on datayhteys. Laitoksen ohjauskeskuksessa on kaikki automaatio, ohjauslogiikka ja taajuusmuuntajat, joiden avulla käyttö tapahtuu kosketusnäytön kautta. (12, linkit CHP-laitoksen rakenne -> Ohjauskeskus.)



## 5 VOLTER 40 OUTDOOR

Volter 40 Outdoor on yhdistetty sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitos, joka on suunniteltu ulkotiloihin tai väliaikaiseen asennukseen. CHP-voimalaitos on asennettu standardin 40' HC DD merikonttiin, testataan tehtaalla ja toimitetaan tavallisena merirahtikonttina. Asennus paikoilleen vaatii lämmitysvesiputkiston liittämisen, läpivientien leikkaukset ja pääverkon liittämisen. Ulkoinen polttoaineensyöttöjärjestelmä, ulkoverhoiluelementit ja aurinkopaneelit ovat valinnaisia lisäosia. Aurinkopaneelien sähköteho on enintään 4 kW. Ulkoverhoiltu merikontti aurinkopaneeleilla esitetty kuvassa 8. (2, linkit Products -> Volter 40 Outdoor.)



*KUVA 8. Volter 40 Outdoor ulkopuolelta (2, linkit Products -> Volter 40 Outdoor)*

Opinnäytetyön suorituksen lähtökohtana on aiemmin Kanadaan tehty ja kuljetettu uusi Volter 40 Outdoor -voimalaitosmalli. Voimalaitosmallia on alustavien suunnitelmien mukaisesti tehty yksi kappale. Aiempaa konttia varten on ennalta suoritettu pääpiirteiset valinnat käytettävistä komponenteista. Ensimmäisen konttimallin asentamisen ja käytön avulla on selvitetty valittujen ratkaisujen tarvittavat muutostyöt, joita opinnäytetyössä pyritään parantamaan. Voimalaitoksen sisätilat on esitetty kuvassa 9.



*KUVA 9. Voimalaitos sijoitettuna merikonttiin (2, linkit Products -> Volter 40 Outdoor)*

Volter 40 Outdoor -voimalaitosmallin tuottama sähkö- ja lämpöteho on yhteensä 160 kW. Teho saadaan polttamalla tunnissa 38 kg puuhaketta tai pellettiä. Taulukossa 5 on esitetty Volter 40 Outdoor voimalaitosmallin tarkemmat ominaisuudet.

*TAULUKKO 5. Volter 40 Outdoor ominaisuudet (2, linkit Products -> Volter 40 Outdoor)*

<b>Sähköteho</b>	40 kW
<b>Lämpöteho, lämmin vesi</b>	100 kW
<b>Lämpöteho, lämmin ilma</b>	20 kW
<b>Pituus</b>	12 m
<b>Leveys</b>	2,5 m
<b>Korkeus</b>	2,9 m

*(jatkuu)*

TAULUKKO 5. (jatkuu)

<b>Paino</b>	10 tn
<b>Väri</b>	Harmaa
<b>Rakenne</b>	40' HC DD merikontti lämpö- ja äänieristyksellä
<b>Asennusalusta</b>	Asfaltti, betoni tai pylväät
<b>Polttoaineensyöttö</b>	Päiväsiilo mukana. Erikseen ulkoinen polttoaineensyöttölaitteisto
<b>Polttoaineenkulutus</b>	Noin 38 kg/h
<b>Automaatio</b>	Schneider Electric ohjelmoitava logiikka; GSM-hälytykset, kauko-internet-ohjaus
<b>Yhteydet</b>	Sähkökaapeli, lämpöputkisto (kylmä sisään, lämmin ulos), internetyhteys, GSM-yhteys
<b>Polttoaine</b>	Puuhake tai pelletti

## 5.1 Kontin mallinnus

Voimalaitos sijoitettiin korotettuun merikonttiin, jossa on kaksoisovet kummassakin päädyssä. Merikontti mallinnettiin piirustusten mukaisesti oikeisiin standardia vastaaviin mittoihin. Kontin pohjalle on sijoitettu 2 mm paksu alumiinilevy, joka tulee tilatun ja valmiiksi maalatun kontin mukana. Kontin väri on RAL 9003.

Voimalaitosmallin mallinnus on jaettu kahdeksaan osaan. Nämä osat on jaettu omien osikkojen alle tähän lukuun, joissa on kerrottu työn lopputuloksista mahdollisimman tarkasti toimeksiantajan lupaamissa rajoissa. Työkaluna on käytetty Autodesk Inventor 3D CAD -ohjelmistoa.

### 5.1.1 Ääni- ja lämpöeristys

Eristeeksi on valittu 30 mm paksut Parafon IV-rpg akustiikkalevykasetit. Kasetti soveltuu kohteeseen palamattomuuden, ulkonäön ja mekaanista kulutusta kestävänsä puolesta. Reikäpeltiverhoillun akustiikkalevyn sisällä on palamaton kivivilla. (13)

Kontin pitkille seinille eristelevyt on ladottu vierekkäin pystyasentoon, ja niiden alla ovat alkuperäisestä kontista poiketen 11 mm paksut OSB-levyt vahvikkeena. Eristelevyt tulevat kiinni alhaalta lattiaan kiinnitetyillä kulmalistoilla, ylhäältä merikontin ylärunkopalkkiin kiinnitetyillä kulmalistoilla ja ruuvaamalla akustiikkalevyt OSB-vahvikelevyihin. Kaikki kontissa käytetyt listat ovat elektronisesti galvanoitua terästä. Merikontin rungossa, aaltolevyjen sisäpuolella on kiinnityslenkit kuorman kiinnityksen vuoksi. Näiden lenkkien kohdalle eristeeseen ja OSB-levyyn on tehty halkaisijaltaan 110 mm kokoiset reiät kiinnitysliinoja varten.

Merikontin katon eriste-elementit lepäävät samojen yläkulmalistojen päällä, jotka tukevat eristeitä myös seinässä. Katon eristeet eivät vaadi yläpuolelle OSB-levyä vahvistamaan kiinnitystä.

Merikontin tuplaovien takana on polttoainesilo, joka erotetaan voimalaitoksesta erilliseen tilaan väliseinällä. Pitkä merikontti on kuljetuksen aikana alttiina ulkoisille voimille ja vääntymisen vuoksi väliseinän rakenne on uiva. Väliseinästä tehdään yksi yhtenäinen elementti kiinnittämällä eristeet OSB-levyihin niin, että OSB-levyn puoli tulee polttoainesäiliön puolelle. Väliseinä kiinnitetään kulmalistoilla merikontin seiniin ja lattiaan siten, että seinäelementti pääsee vapaasti liikkumaan listojen välissä 40 - 60 mm vahingoitta.

### 5.1.2 Ilmanvaihto

Imuilmakotelon runko koostuu akustiikkalevykaseteista ja yhdestä OSB-levystä. Yksittäinen OSB-levy tukee ulkoa tulevan ilman sälepellin kiinnitystä. Imuilmakotelon imuaukko on alhaalla ja imuilma poistuu vastakkaiselta puolelta ylhäältä säleiköstä. Kotelon sisällä on neljä välilevyelementtiä, jotka on jaettu tasaisin välein koko eristekotelon korkeudelta, jotta imuilma kiertää sujuvasti mahdollisimman pitkän matkan rungon eristelevyjen vaimentaen voimalaitoksesta ulos tulevan äänen. Kotelon kaikki sivut on listoitettu ja kaikki listojen kulmat on sahattu jiiriin. Kontin seinän akustiikkalevy toimii samalla toisena kotelon pitkänä sivuna.

Ensimmäisenä listojen avulla imuilmakotelosta asennetaan ovien puoleinen seinä kontin seinustaan kiinni, minkä jälkeen kiinnitetään pisin sivu jo kiinnitettyyn elementtiseinään. Välilevyelementtejä asennetaan kotelon sisälle kaksi molemmalle vastakkaisille seinustoille, jonka jälkeen voidaan kiinnittää säleiköllinen seinä ja kaikki kiinnittämättömät listat. Kotelon imuilma-aukon ulkopuolelle kiinnitetään 800x400 mm sälepelti pulteilla kotelon vahvistettuun seinään kiinni. Imuilmakotelon purkaminen tapahtuu päinvastaisessa järjestyksessä.

Poistoilmakotelo tulee väliseinän ja kontin tuplaovien väliin. Oven ja poistoilmakotelon rungon väliin on jätetty tilaa kahdelle kääntyväsiipiselle sälepellille. Kotelo koostuu eristeistä ja tukena käytettävistä OSB-levyistä. Eristeet on sijoitettu kotelon sisäpuolella.

Poistoilmakotelo asennetaan kiinnittämällä ensimmäiseksi kapea seinä listojen avulla merikontin seinään kiinni. Toisena päätyseinustana toimii väliseinä. Päätyseinien väliin nostetaan OSB-levystä tehty katto, johon on kiinnitetty vaimentava väliseinä. Tämän väliseinän molemmilla puolilla sijaitsee välilevyt, jotka tulevat lattiaan kiinni siten, että poistoilman kulutiet ovat jokaisessa välissä yhtä suuret. Väliseinät, päätyseinä ja katto on kiinnitetty merikontin seinään listoilla kiinni. Poistoilmakotelon kahden poistoilma-aukon ulkopuolelle on kiinnitetty pultein kaksi 300x300 mm kääntyväsiipistä sälepeltiä. Viimeisenä on asennettu pitkä seinäelementti. Poistoilmakotelon imu- ja poistoaukot ovat ylhäällä ja vastakkaisilla puolilla toisiaan poistoilmakotelossa. Kuvassa 10 on esitetty ilmanvaihdon rakenteen toteutus.



*KUVA 10. Kuva salattu yrityksen pyynnöstä*

Merikontin oviin on leikattu imu- ja poistoilmakoteloiden säleiköille läpivientiaukot ja poistettu uloimmat oven kiinnitystangot. Säleiköt asennetaan ulkokautta tiiviisti ovea vasten

ja sisäpuolen reunoja kiertää OSB-levyt, joihin kiinnitetään ruuvein teräslevy. Tällä kiinnitustavalla säleikkö on kiinnitetty oveen siten, että säleikön kokoonpano liikkuu oven mukana sen auetessa. Säleikön ja sälepellin väliin tulee tiivistemassa sekä imupuolen säleikön alle suojalevy sadeveden pääsyn estämiseksi kontin sisälle.

### **5.1.3 Ulkoverhous**

Ulkoverhouselementtien tarkoitus on parantaa merikontin ulkonäköä, ja ne sijaitsevat kummankin pitkän seinän ulkopuolella. Elementtejä on molemmilla seinustoilla kuusi pysty- ja vaakariviä siten, että jokaisen elementin väliin jää 15 mm rako. Ulkoverhouksen kokonaispaksuus on 30 mm.

Elementtien asentaminen alkaa aloituslistan asentamisella, johon painetaan kiinni ensimmäinen elementtirivi. Elementit ruuvataan itseporautuvilla ruuveilla kontin aaltopellin alla olevaan OSB-levyyn. Asennus tapahtuu rivi kerrallaan, kunnes ylimmän kerroksen päälle asennetaan yläkulmalista. Kulmalistan tehtävänä on estää sadeveden pääsy ulkoverhouselementtien alle. Kulmalistojen alle laitetaan silikoni ja ruuvataan itseporautuvilla ruuveilla merikontin yläpalkkiin kiinni.

### **5.1.4 Huolto-ovi**

Huolto-ovena on teräksinen kaksoispalo-ovi, jonka paikkana on kolmas ulkoverhouselementtien pystyrivi. Ylimääräinen ovi on tarpeellinen, sillä sen takana sijaitsevat huollettavat kaasutin ja arina. Tukena on kaksi 40x40x3 mm teräspalkkia hitsattuna merikontin lattian sivupalkkiin ja katon pitkään yläpalkkiin kummallakin puolella ovea (kuva 11). Ulkopuolelle palo-oven karmeihin ja aaltopellin välille on asennettu teräslevyt, joiden tehtävänä on estää veden pääsy rakenteisiin. Sisäpuolen listoituksella on peitetty teräksiset tukipalkit, pidetty seinän eristeet tukevasti paikallaan ja peitetty väliin jäävät raot.

# KUVA SALATTU

*KUVA 11. Kuva salattu yrityksen pyynnöstä*

## **5.1.5 Pakoputkisto**

Merikontin sisälle on tuotu voimalaitos, jonka pakoputkistolle ei tarvitse tehdä alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen muutoksia. Pakoputkessa on neljä äänenvaimenninta kontin sisäpuolella, josta putkisto johdetaan ulos ja ylös soihutuputkelle.

Pakoputkiston läpiviennille on kontin seinään porattu 150 mm halkaisijaltaan oleva pyöreä reikä. Paloturvallisuuden vuoksi läpivientiin putken ympärille on asennettu 50 mm paksuinen kerros A1-luokan palovillaa, jonka ympärillä on 0,5 mm paksuinen teräspelti (14). Ulkopuolella läpiviennin reiän ympärillä on elektronisesti galvanoidut teräslevyt, jotka ovat kiinni aaltopellisä ja ehkäisevät sadeveden pääsyn palovillaan ja kontin seinärakenteisiin.

Pakoputken edellistä kolmiosaista kannaketta on levennetty. Levennyksellä varmistetaan veden pääsyn estäminen seinän rakenteisiin ja palovillaan. Kannaketta on pidentetty, että se ylittää ulkoverhouselementtien päälle. Levennyksen vuoksi kannakkeen rungon sisäkulmaan on hitsattu kaksi vahvikepalaa.

## **5.1.6 Kuljettimet**

Kuljettimena toimii PIV 41 -pelletti-imuri. Imuri on kiinni voimalaitoksen rungossa ja sen alla on ruuvikuljetin, joka vie pelletin kaasuttimelle.

Pelletti-imuriin vie imuletku, joka ylittää pelkästään väliseinän läpi, koska polttoainesäiliö ja sen sijainti voi vaihdella asiakkaan tarpeiden mukaan. Väliseinässä on läpivientireikä

imuletkulle ja imuletkun päässä olevalle täryn sähkösuojaputkelle. Imuletku kulkee väli-seinältä seinää pitkin imurille. Letkujen kiinnitys on toteutettu KOPI-kiinnikkeillä.

Pelletti-imurin poistoletku kulkee imuletkun viereltä kattoa pitkin vastakkaiselle seinustalle. Seinän vierellä on 1 700 mm pitkä, 315 mm halkaisijaltaan oleva ilmanvaihtoputki, jonka sisällä on 1 500 mm pitkä suodatinpussi, johon poistoletku kiinnittyy. Ilmanvaihtoputken kummassakin päässä on tulppa. Toisessa tulpassa on reikä poistoletkulle ja toisessa on reikiä poistoilmalle. Kokoonpanosta muodostuu suodatinpussin suojakotelo, joka on kiinnitetty seinän yläkulmalistaan. Kuvassa 12 on esitetty suodatinkotelo kokonaisuudessaan.



*KUVA 12. Kuva salattu yrityksen pyynnöstä*

### **5.1.7 Vesiputkisto**

Voimalaitoksessa on kaksi muutettavaa vesiputkistoa: toisiovesiputket ja hukkalämpöputket. Toisiovesiputkisto on lyhennetty siten, että voimalaitoksen päälle vie suorat putket. Asiakkaan omista tarpeista ja kontin sijoituksesta riippuen toisiovesiputket voi jatkaa voimalaitoksen päältä kohteesta riippuen haluttuun suuntaan.

Hukkalämpöputkia varten on voimalaitoksen vesiputkiston kokoonpanoa muokattu niin, että vesiputket nousevat laitoksen viereltä merikontin kattoa kohti, josta liittyvät KOPI-kiinnikkein kiinni kontin seinustaan. Seinää myöten meno- ja paluuputki menevät väliseinälle, jonka läpi mentyään jatkavat poistoilmakotelon seinälle. Hukkalämpöputkien päässä ovat sulut ja letkunipat. Halkaisijaltaan 38 mm letkunippoihin voi asiakas liittää hukkalämpökennojen letkut ja viedä kennot tarpeiden mukaiseen sijaintiin.



### 5.1.8 Sähkökalustus

Voimalaitosta kiertää merikontin seinustalla levyhylyt. Levyhylyt kiinnittyvät pelletti-imurin suodatinpussikotelon tavoin seinän eristeiden yläkulmapaloihin. Levyhylyjen suorat kappaleet on leikattu tarvittaviin mittoihin, yhdistetty jatkopaloilla ja käännetty kontin nurkista kulmakappaleilla. Levyhylyt eivät kierrä voimalaitosta pakoputkiston kohdalta, vaan ylittävät voimalaitoksen automaatiokaapin päältä. Levyhylyt menevät verkkoosyöttöyksikön viereltä verkkoosyöttöyksikön alle, jossa on myös muuntaja. Verkkoosyöttöyksikön runkoon on tätä varten lisätty ylimääräiset tuet levyhylylle.

Jokaisen oven vierellä on vipukytkimellä toimiva valokatkaisin, sekä voimalaitoksen ympärille on asennettu kolme kappaletta turvakytkimiä. Imu- ja poistoilman sälepeltejä ohjataan peltimoottoreilla. Poistupuolen kaksi sälepeltiä on yhdistetty mekaanisilla lisävarusteilla, jolloin yksi peltimoottori operoi kumpaakin sälepeltiä. Mekaaniset lisävarusteet koostuvat sälepeltien akseleille yhdistetyistä vipunivelistä ja pallonivelistä, jotka on yhdistetty toisiinsa kierretangolla. Väliseinään kiinnitetään poistoilmakotelon aukkoon puhallin.

Valokatkaisimilta, turvakytkimiltä ja peltimoottoreilta sähköjohdot lähtevät muovisten sähkösuojaputkien läpi alumiinisten JAPP-putkien sisään. JAPP-putkien sisällä sähköjohdot nousevat levyhylyjen päälle. (Kuva 13.)



*KUVA 13. Kuva salattu yrityksen pyynnöstä*

Levyhylyjen alla, voimalaitosta kiertää LED-valaistus. Valonlähteenä toimii LED-nauha, joka on sijoitettu muovisen kulmaprofiilin sisään. Valaistus on kiinnitetty seinään erillisillä kannakkeilla.

## **5.2 Piirustukset**

Tuotetuista mallinnuksista tehtiin kaikki piirustukset, joita tarvitaan kontissa käytettyjen osien ostamiseen, valmistukseen ja asennukseen.

### **5.2.1 Tuotedokumentit**

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä

### **5.2.2 Valmistusdokumentit**

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tilaaja Volter Oy halusi uuden pellettiä polttoaineena käyttävän voimalaitosmallin sijoitettavaksi helposti merirahtina kuljetettavaan konttiin. Merikonttiin sijoitettavan CHP-voimalaitoksen suunnittelun lähtökohtana oli aiemmin Kanadaan tehty ja kuljetettu ensimmäinen versio kontista. Aiempaa konttia varten oli pääpiirteisesti valittu käytettävät komponentit. Ensimmäisen konttimallin asentamisen ja käytön avulla oli ennalta selvitetty valittujen ratkaisujen tarvittavat muutostyöt, joita opinnäytetyössä pyrittiin parantamaan.

Opinnäytetyössä suunniteltiin Autodesk Inventor 3D CAD -ohjelmistoa käyttäen voimalaitos 40' HC DD -standardisoidun merikontin sisälle. Merikontin seinille ja kattoon suunniteltiin ääni- ja lämpöeristys. Kontin sisälle suunniteltiin väliseinä, imu- ja poistokotelo, sähkökalustus ja polttoaineen kuljetus voimalaitokselle. Merikonttiin tehtävät muutokset koskivat tuplaovien tankojen poistoa sekä ilmanvaihdon, pakoputkiston ja huolto-oven läpivientien tekoa. Voimalaitoksen vesiputkisto muokattiin merikonttiin sopivaksi ja pakoputkiston alkuperäistä kannaketta muokattiin leveämmäksi.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin Volter 40 Outdoor -voimalaitosmallista kaikki dokumentaatio, jonka avulla voidaan tilata ja valmistaa tarvittavat osat. Lisäksi tuotettiin asennusdokumentit, joiden avulla voidaan kokoonpanna kaikki merikontin sisään kuuluva. Dokumentaatiosta ovat nähtävillä kaikki tarvittavat muutokset voimalaitokseen ja konttiin.

Voimalaitoksen valmistus- ja tuotantopiirustuksia ei julkaistu tässä raportissa, koska ne on tarkoitettu vain toimeksiantajan sisäiseen käyttöön. Opinnäytetyön raportissa selostettu työn suoritus on julkiseen käyttöön tarkoitettu pääpiirteinen lopputulos.

## LÄHTEET

1. Power from wood. 2019. Tupos: Volter Oy. Saatavissa: <https://volter.fi/>. Hakupäivä 13.3.2019.
2. Bioenergia. 2018. Helsinki: Motiva Oy. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia). Hakupäivä 12.3.2019.
3. Bioenergian pikkujättiläinen. 2019. Bioenergianeuvoja. Saatavissa: <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/>. Hakupäivä 22.2.2019.
4. Alakangas, Eija – Erkkilä, Ari – Oravainen, Heikki 2008. Tehokas ja ympäristöä säästävä tulisijalämmitys. Jyväskylä: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/VTT-R-10553-08.pdf>. Hakupäivä 13.3.2019.
5. Alakangas, Eija 2000. Kevätkorjatun ruokohelven palamisominaisuudet verrattuna muihin biopolttoaineisiin. Teoksessa Helin, Jukka – Luoma, Hanna – Peltonen, Teräväinen, Hanne (toim.). Maatilayrityksen bioenergian tuotanto 2006. Keuruu: Otava. S. 42.
6. Enroth, Ari – Lappi, Markku. Lämpökeskuksen suunnittelu. Teoksessa Helin, Jukka – Luoma, Hanna – Peltonen, Teräväinen, Hanne (toim.). Maatilayrityksen bioenergian tuotanto 2006. Keuruu: Otava. S. 80.
7. Mattila, I 2005. Erilaisten polttoaineiden ominaisuuksien vertailu. Teoksessa Helin, Jukka – Luoma, Hanna – Peltonen, Teräväinen, Hanne (toim.). Maatilayrityksen bioenergian tuotanto 2006. Keuruu: Otava. S. 21.
8. Pellettienergia. Helsinki: Bioenergia Ry. Saatavissa: <http://www.pellettienergia.fi/>. Hakupäivä 13.3.2019.
9. Köhler, Stuart 2007. Puukaasun aika. Helsinki: Alfamer Oy

10. Lampinen, A 2009. Uusiutuvan liikenne-energian tiekartta. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Tampere: Juvenes Print Oy.
11. Hiltunen, Ilkka 2013. Pienen kokoluokan kaasutustekniikan kehityspolku. Jyväskylä: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Saatavissa: [https://www.vtt.fi/Documents/01\\_Pienen\\_kokoluokan\\_kasutustekniika.pdf](https://www.vtt.fi/Documents/01_Pienen_kokoluokan_kasutustekniika.pdf). Hakupäivä 10.3.2019.
12. Pietiläinen, Harri 2016. 3D-visualisointi. Joensuu: Karelia-ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://projektit.karelia.fi/energiapuisto/3D/>. Hakupäivä 22.2.2019.
13. Parafon Perforated Steel Cassette. 2019. Helsinki: Paroc Group Oy. Saatavissa: <https://www.paroc.fi/tuotteet/akustiikka/seinaakustiikkalevyt/parafon-iv-rpg>. Hakupäivä 10.3.2019.
14. Piippujen läpiviennit yläpohjassa. 2016. Kuusankoski: Ekovilla. Saatavissa: [https://www.ekovilla.com/fileadmin/user\\_upload/rakenneopas/2016/Ekov\\_RTT\\_piiput.pdf](https://www.ekovilla.com/fileadmin/user_upload/rakenneopas/2016/Ekov_RTT_piiput.pdf). Hakupäivä 11.3.2018.