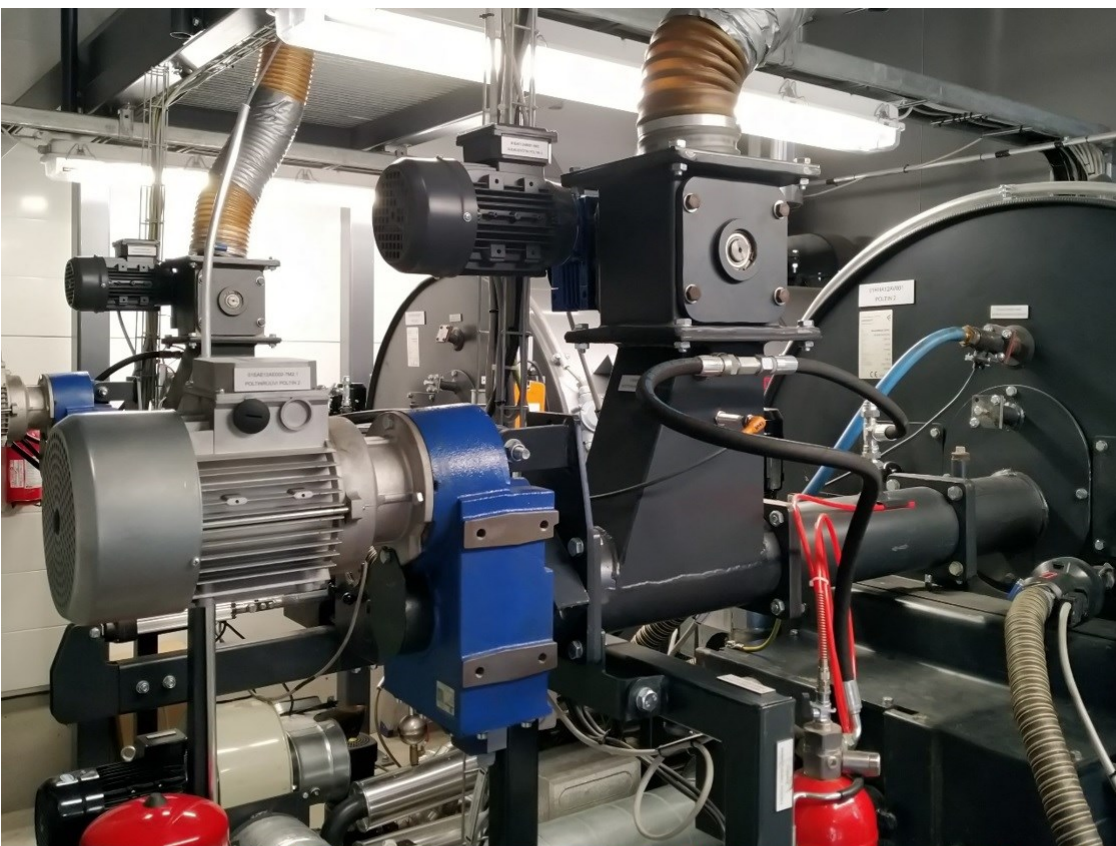


Matti Remes

# Kriittisyysanalyysi ja huoltovarmuuden parantaminen kaukolämpölaitoksissa



Insinööri  
Konetekniikka  
Syksy 2024



KAMK • University  
of Applied Sciences

## Tiivistelmä

**Tekijä(t):** Remes Matti

**Työn nimi:** Kriittisyysanalyysi ja huoltovarmuuden parantaminen kaukolämpölaitoksissa

**Tutkintonimike:** Insinööri (AMK), konetekniikka

**Asiasanat:** Kunnossapito, kriittisyysluokittelu, huoltovarmuus

Tämä opinnäytetyö tehtiin Kalajoen Lämpö Oy:n toimeksiannosta. Kalajoen Lämpö on Kalajoen Kaupungin omistama kaukolämpöyhtiö. Yhtiön toimiala on kaukolämmön myynti, tuotanto, kaukolämpöverkon sekä -laitosten hallinta. Yhtiö tuottaa kaukolämpöpalveluita Kalajoen kunnan alueella kolmen eri kaukolämpöverkon sekä lämpölaitoksen voimin. Yhtiö tuottaa kaukolämpöä vuodessa noin 24 000 MWh, jota hyödynnetään yli 600 asiakasta. Yhtiön liikevaihto oli vuonna 2021 2,8 miljoonaa euroa ja tilikauden tulos 202 000 euroa.

Kaukolämpö on yksi energiansiirron menetelmistä. Siinä hyödynnetään usein energian- tai teollisuudentuotannossa syntyvää ylimääräistä lämpöenergiaa kiinteistöjen sekä käyttöveden lämmitykseen. Kalajoen Lämpö tuottaa laitoksissaan ainoastaan kaukolämpöä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia yhtiön hallinnoimille laitoksille kriittisyysanalyysi ja tämän pohjalta tehdä huoltovarmuuden kehittämistä varten varaosien saatavuusselvitys sekä mahdollisia toiminnan kehitysehdotuksia. Työn toteuttamisen aikana tehdyt havainnot sekä työstä itsestään saatuja tuloksia voidaan käyttää yhtiön toiminnan sekä huoltovarmuuden kehityksessä.

Työssä vaadittiin perehtymistä yhtiön sekä erilaisten kaukolämpölaitosten toimintaan. Perehdyin työtä varten myös eri kriittisyysanalyysiin, mutta varsinaisessa työssä toimeksiantaja ei halunnut näitä hyödynnettävien. Työstä teki haastavan sekä mielenkiintoisen erityisesti uusimmassa laitoksessa käytetty pelletti-tekniikka sekä laitoksen eroavaisuudet vanhempiin KPA-laitoksiin (kiinteän polttoaineen). Kaikki yhtiön laitokset toimivat pääsääntöisesti arinapolttoisilla KPA-kattiloilla ja vara-/huipputehon tuotannossa apuna toimii POK-kattilat (kevyenpolttoöljyn).

Työn lopullisena tuloksena syntyi enemmän alkuperäisen työn vaatimien pohjatietojen kartoitus sekä näiden myötä yhtiön toiminnan kannalta kehityssuunnitelmien laatiminen. Suurimmat syyt alkuperäisestä suunnitelmasta poikkeamiseen olivat pohjatietojen puutteellisuus sekä tilaajan toiveet kriittisyysanalyysin toteutuksesta taloudellisten näkökulmien pohjalta. Työn tuotoksena luotiin oma työkalu, jonka avulla tuotantolaitteiden kriittisyyden voidaan arvioida taloudellisesta näkökulmasta. Lisäksi loin laitehierarkian Pirkonson lämpölaitoksen toimilaitteista sekä huoltovarmuuden kehityssuunnitelman tehtyjen havaintojen pohjalta.

## **Abstract**

**Author(s):** Remes Matti

**Title of the Publication:** Criticality Analysis and Service Reliability Improvement in District Heating Plants

**Degree Title:** Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

**Keywords:** reliability, criticality classification, maintenance

The commissioner of this thesis was Kalajoen Lämpö Oy. Kalajoen Lämpö is a district heating company owned by the City of Kalajoki. The businesses of the company are the sale and production of district heating and the management of the district heating network and plants. The company provides district heating services in the municipality of Kalajoki through three different district heating networks. The company also manages three heating plants one on each network. The company produces approximately 24 000 MWh of district heating annually, used for over 600 clients. The turnover in 2021 was 2.8 million euros and the result for the financial year was 202,000 euros.

District heating is one of the methods of energy transfer using excess thermal energy generated in electricity or production industry to heat buildings and domestic water. Kalajoki Lämpö produces exclusively district heating.

The aim of this thesis was firstly to conduct a criticality analysis for the plants under the company's management. Secondly, based on the analysis, an availability study for spare parts was carried out to enhance maintenance reliability. Thirdly the aim was to identify suggestions for potential operational improvements. The observations during the process and the results obtained can be used in the development of the company operations and maintenance.

Familiarization with the company operations, various district heating plants as well as different criticality analysis techniques were performed. The thesis process was challenging and interesting especially the pellet technology used in the newest plant and the differences compared to the older solid fuel plants. The company plants mainly operate on grate-fired solid fuel boilers and light oil boilers function as auxiliary power for peak power or backup power production.

The main accomplishment from the thesis became gathering the required information for the original thesis topic. The information formed the development plan. The lack of basic data required to form the criticality analysis caused a deviation from the original topic. Also, the client requested for the criticality analysis of more financial perspective. As a result of the thesis, a tool for assessing the criticality of production equipment from financial perspective was created. Furthermore, both the equipment hierarchy for Pirkonsuo heating plant and the development plan based on observations was designed.

## **Alkusanat**

Tämä opinnäytetyö on toteutettu Kalajoen Lämpö Oy:n toimeksiannosta. Haluankin kiittää koko Kalajoen Lämmön henkilökuntaa tästä mahdollisuudesta toteuttaa kyseinen opinnäytetyö sekä erityisesti iso kiitos saamastani tuesta opinnäytetyöprosessin eri vaiheissa. Suuri kiitos erityisesti mahdollisuudesta toteuttaa opinnäytetyö valtaosin etänä kuuluu työn ohjaajalle sekä Kalajoen Lämmön toimitusjohtajalle Juha Puraselle.

Lisäksi haluan kiittää Kajaanin ammattikorkeakoulun opettajia Sami Räsästä, avusta opinnäytetyön aloituksessa sekä toimeksiannon mahdollistamisesta, sekä Riikka Korhosta, opinnäytetyön ohjauksesta sekä saamastani tuesta. Kiitos myös ystäväilleni sekä perheelleni tuesta projektin toteutuksessa sekä mahdollistamisesta.

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Kalajoen Lämpö Oy .....	3
2.1	Keskustan kaukolämpöverkko ja Pirkonsuon kaukolämpölaitos .....	8
2.1.1	Keskustan kaukolämpöverkko .....	8
2.1.2	Pirkonsuon kaukolämpölaitos.....	9
2.1.3	Junnikkalan saha ja lämpölaitos .....	10
2.2	Hiekkasärkkien kaukolämpöverkko ja kaukolämpölaitos .....	10
2.2.1	Hiekkasärkkien verkko .....	11
2.2.2	Hiekkasärkkien lämpölaitos .....	11
2.3	Himangan kaukolämpöverkko ja kaukolämpölaitos .....	12
2.3.1	Himangan kaukolämpöverkko .....	12
2.3.2	Himangan kaukolämpölaitos .....	12
3	Kaukolämpö.....	13
3.1	Kaukolämpöverkko.....	17
3.2	Kaukolämpölaitokset.....	18
3.2.1	Kiinteän polttoaineen kattilat .....	19
3.2.2	Energiamarkkinoiden muutos.....	20
4	Pellettiteknikka .....	23
4.1	Pellettien valmistus ja ominaisuudet .....	24
4.2	Pellettipoltin ja -kattila .....	25
5	Laitoksiin perehtyminen ja kriittisten kohteiden kartoitus .....	26
6	Pirkonsuonlaitoksen kriittisyyskartoitus.....	27
6.1	Polttoaineen syöttö.....	28
6.2	Pellettipoltin .....	29
6.3	Kattila .....	31
6.4	Savukaasujen sekä tuhkanpoisto .....	32
6.5	Pirkonsuon lämpölaitoksen kriittisten kohteiden kartoitus.....	33
7	Hiekkasärkkien ja Himangan laitosten kriittisyyskartoitus sekä eri KPA-laitosten vertailu.	35
8	Laitehierarkia .....	37

9	Kriittisyysanalyysi.....	39
9.1	SFS 5438 -järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät eli vika- vaikutusanalyysi.....	39
9.2	PSK – 6800 .....	40
9.3	Soveltavan analyysin luominen .....	40
10	Huoltovarmuuden kehittäminen.....	43
11	Yhteenveto .....	45
	Lähteet .....	46
	Liitteet	

## Käsite-/lyhenneluettelo

<b>GWh</b>	Gigawattitunti (miljardiwattituntia). Tietyn ajan sisällä tuotetun tehon keskiarvo
<b>KPA</b>	Kiinteä polttoaine
<b>Laitos</b>	Kaukolämpölaitos
<b>MW</b>	Megawatti (miljoonawattia). Tehon yksikkö
<b>MWh</b>	Megawattitunti (miljoonawattituntia)
<b>Pelletti</b>	Painepuristamalla valmistettu sylinterimäinen biopolttoaine, jonka halkaisija on yleensä 6–12 mm ja pituus 10–40 mm
<b>POK</b>	Kevytpolttoöljy
<b>POPU</b>	Metsäpolttoaine, puu
<b>POR</b>	Raskaspolttoöljy
<b>PTU</b>	Palaturve
<b>TEPT</b>	Teollisuuden puutähde
<b>Verkko</b>	Kaukolämpöverkko

## 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty Kalajoen Lämpö Oy:n toimeksiannosta. Kalajoen Lämpö on Kalajoen kaupungin omistama kaukolämmön tuotantoon sekä jakeluun erikoistunut yhtiö. Yhtiöllä on kolme toisistaan erillään olevaa kaukolämpövoimalaa, jotka toimivat omissa toisistaan erillään olevissa verkoissa. Jokaisessa laitoksessa on omat ominaisuutensa niin verkon kuin myös käytön osalta. Kaikki laitokset toimivat päätoimisesti KPA-kattiloilla (kiinteänpolttoaineen kattila) ja vara-/lisätuotannosta vastaa POK-kattilat (kevyenpolttoöljyn kattila).

Tavoitteena työssä on suorittaa kriittisyysanalyysi ja tämän pohjalta suositella ennakoivia toimia huoltovarmuuden parantamiseksi kaukolämpölaitoksissa. Mielenkiintoni aiheeseen herätti se, että pystyin hyödyntämään siinä aiempaa LVI-alan työkokemusta sekä insinööriopinnoissa hankittuja tietoja sekä oppeja. Työympäristönä lämpölaitokset olivat minulle entuudestaan tuntemattomia, vaikka olin aikaisemmin ollut mukana pienkohteiden lämmitysratkaisujen suunnittelussa sekä toteutuksessa. Mittaluokan kasvaessa järjestelmien monimutkaisuus lisääntyy ja tämä tuo oman haasteensa järjestelmiin perehtyessä.

Alustavana suunnitelmana työntoteuttamiseksi oli käyttää pääasiallisena työkaluna PSK – Standardisoinnin standardia PSK 6800, joka käsittelee laitteiden kriittisyysluokittelua teollisuudessa. PSK – 6800 antaa selkeät ohjeet tietojen käsittelyyn, mutta valitettavasti tämä kuitenkin vesittyi nopeasti, sillä toimeksiantaja halusi, että aihetta käsiteltäisiin enemmän tuotannollisen ja taloudellisen merkityksen näkökulmasta. Tämän myötä lähdimme muokkaamaan PSK 6800 -standardin tarjoamaa työkalua toimeksiantajan määrittelemien kriteereiden mukaiseksi.

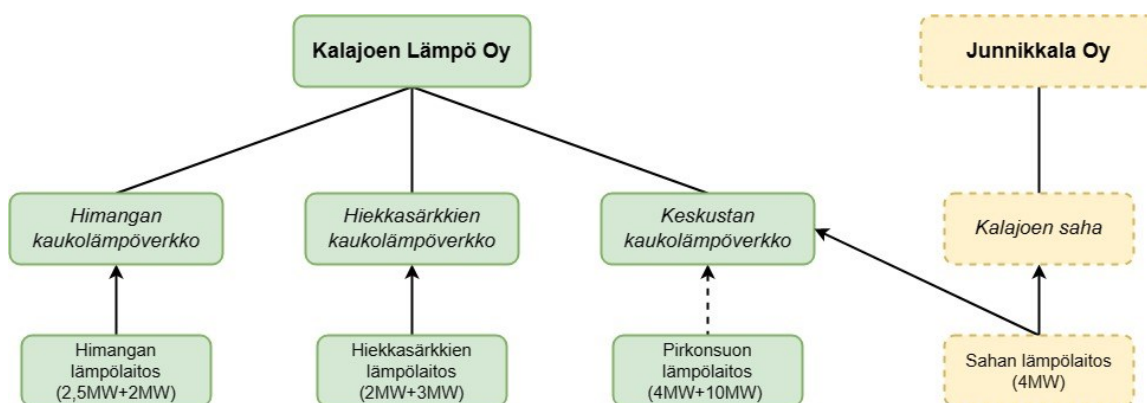
Alkuperäisenä suunnitelmana oli toteuttaa kriittisyysanalyysi kaikille kolmelle lämpölaitokselle, mutta tästä jouduttiin luopumaan pian varsinaisen työn alettua. Laitoksista ei ollut riittävästi pohjatietoja, jolloin työmäärä yhden henkilön toteutukseksi olisi ollut liian laaja. Laitoksista ei ollut saatavilla esimerkiksi laitehierarkiaa taikka huoltohistoriaa. Nämä ovat normaalisti pohjatietoina kriittisyysanalyysia aloittaessa, joten tämä muutti suunnitelmaa sekä toteutuksen suuntaa merkittävästi kesken toteutuksen. Puutteellisten pohjatietojen myötä toteutuksessa lähdin keskittymään tarkemmin Pirkonsuon lämpölaitokseen, joka on uusiin laitos ja josta löytyi parhaiten aineistoa työn toteuttamiseksi.

Opinnäytetyön aluksi perehdyn Kalajoen Lämmön historiaan, toimintaan sekä sen hallinnoimiin verkkoihin sekä laitoisiin. Tämän jälkeen lähdin selvittämään kaukolämmöntuotannon nykytilan

sekä tulevaisuuden näkymiin. Pysin perehtymään tarkemmin myös siihen, minkälaisia vaikutuksia paikalliseen energiantuotantoon on ollut viimeaikaisilla geopoliittisilla tapahtumilla sekä miten ne vaikuttavat Euroopan energiantuotantoon. Työssä kuvataan Kalajoen Lämmön laitosten nykytila sekä prosessin mahdolliset haasteet. Työn edetessä näihin haasteisiin etsitään vastaukset ja lopuksi tarkastellaan tuloksia sekä määritellään, mikäli työssä päästiin asetettuihin tavoitteisiin.

## 2 Kalajoen Lämpö Oy

Kalajoen kaupunki omistaa kokonaan Kalajoen Lämpö Oy:n, joka vastaa kunnan alueen kaukolämpötoiminnasta. Yhtiöllä on alueellaan kolme erillistä kaukolämpöverkkoa sekä kolme kaukolämpölaitosta. Näistä laitoksista kaksi on omien verkkojensa pääasiallisia lämmöntuottajia (Himanka ja Hiekkasärkät), kun taas Pirkonsuon kaukolämpölaitos on vara- ja huipputehon tuotantoa varten. Keskustan verkon päätoimisena lämmöntuottajana toimii Junnikkala Oy, joka tuottaa lämpöä pääasiallisesti oman sahateollisuuden tarpeisiin sekä myy lämpöä sivutoimisena Kalajoen Lämmön keskustan kaukolämpöverkkoon. Verkkojen päätoimiset lämpölaitokset sekä toimijat on kuvattu selkeämmin kuvassa 1. [1.]



Kuva 1. Kalajoen Lämmön hallinnoimat verkot sekä verkkojen lämmöntuottajat (Remes 2023)

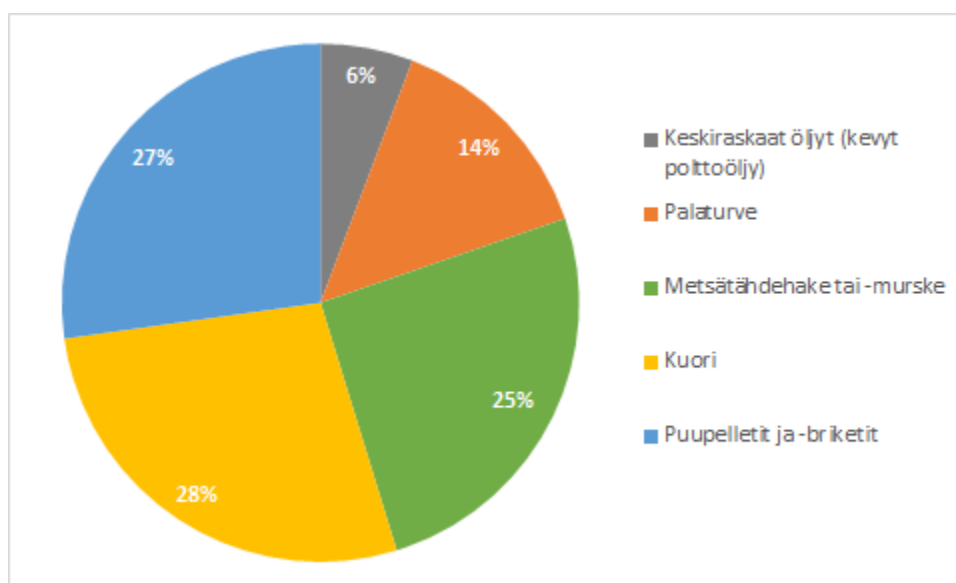
Kalajoen Lämpö Oy on perustettu 1975 ja se työllisti vuonna 2021 neljä henkilöä. Yhtiön liikevaihto oli vuonna 2021 2,85 miljoonaa ja tilikauden tulos 202 tuhatta euroa. Yrityksen henkilökunta vastaa laitosten operatiivisten toimintojen ylläpidosta sekä kaukolämpöpalveluiden myynti- sekä ostopalveluista. Varsinaisiin verkon sekä laitosten kunnossapito-/muutostoiimiin käytetään tarvittaessa apuna alihankintana ostettuja ulkoisia palveluntarjoajia. [1.]

Kaukolämpöverkkoihin liittyneiden kulutuskohteiden määrä on ollut viime aikoina kasvussa ja oli vuoden 2019 loppuun mennessä 592. Näiden yhteenlaskettu lämmitettävä rakennustilavuus oli n. 1,05 milj. m<sup>3</sup>. Verkkojen yhteenlaskettu kokonaispituus on 59,3 km. [1.]

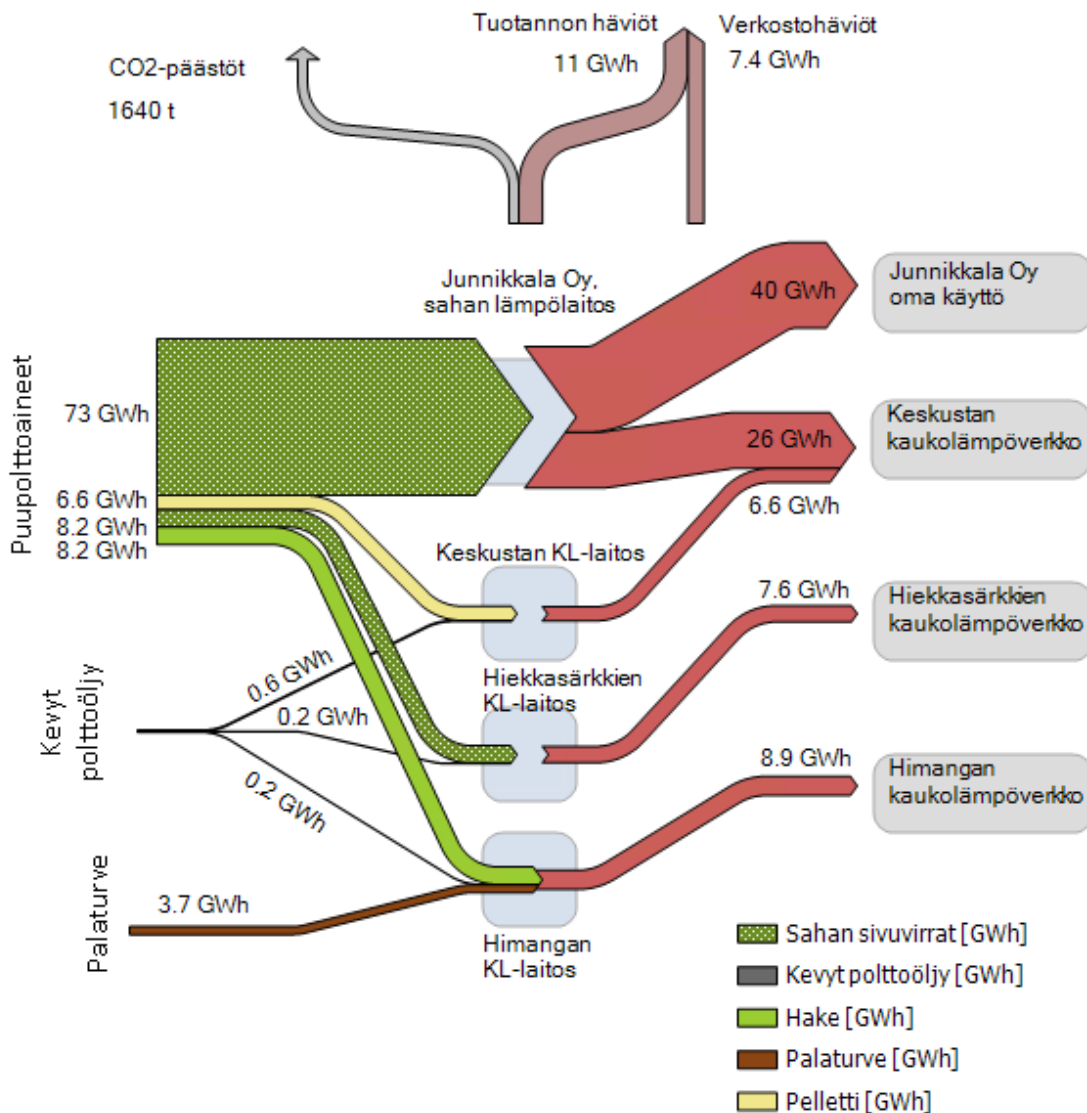
Yhtiö on tehnyt merkittäviä hankintoja sekä muutoksia laitoksien osalta viimeisen 30 vuoden aikana. Valtaosa laitteistoista on päivitetty 2000-luvun alussa ja tällöin on tehty myös suurimmat investoinnit KPA-kattiloihin jättäen vanhemmat POK-kattilat vara-/huipputuotannon tarpeisiin.

Yhtiö on hankinnoissaan panostanut uusiutuvien biopolttoaineiden käyttöön ja samankaltainen toiminta on havaittavissa muissakin kunnan toiminnoissa. [1.]

Energiateollisuus ry:n tilastoista saatavilla tiedoilla voidaan muodostaa kuvaaja Kalajoen Lämmön käyttämistä polttoaineista. Kuvaajaa vääristää jonkin verran se, että energiateollisuuden tilastoissa kaukolämmön erillistuotantoon käytettyjen polttoaineiden osalta tilastointi on tehty alemman lämpöarvon mukaisesti. Tämä on eduksi kevyelle polttoöljylle, jonka lämpöarvo ei vaihtele, mutta haitaksi biopolttoaineille, joiden lämpöarvoissa voi olla suuriakin heittoja käytettyjen materiaalien sekä niiden kosteuden mukaan. Tästä huolimatta Kalajoen Lämmön käyttämistä polttoaineista uusiutuvien biopolttoaineiden osuus kaukolämmöntuotannosta oli vuonna 2021 yhteensä 80 %. Kaikkien käytettyjen polttoaineiden erittely on esitetty kuvan 2 diagrammissa. Varaja huippuvoiman tuotantoon käytettävää kevyttä polttoöljyä poltettiin 6:n % edestä koko energiantuotannosta ja fossiiliseksi luokiteltavaa turvetta paloi 14:n % edestä [2]. Kun vertaa öljynkulutusta vuoden 2019 vastaavaan kulutukseen (4 %), niin kulutus on kasvanut jonkin verran, mutta täyteen nollakulutukseen pyrkiminen ei ole kannattavaa, mikäli öljypoltinjärjestelmiä halutaan pitää jatkossakin varalla. Ajoittaisella käytöllä varmistetaan POK-kattiloiden sekä järjestelmien toiminta ja tällöin on varauduttu paremmin KPA-kattiloiden mahdollisiin huoltoseisokkeihin tai mahdollisiin häiriötilanteisiin. Kalajoen kaupunki on teettänyt ”Uusiutuvan energian kuntakatselmuksen”, jossa on käsitelty kattavasti alueen energian käyttöä ja tuotantoa. Katselmusraportissa on käsitelty myös laajemmin alueen kaukolämmön tuotantoa, kuten kuvassa 3 käsiteltyä energiatasetta. [1.]



Kuva 2. Kalajoen Lämmön kaukolämmön tuotantoon käyttämät polttoaineet vuonna 2021. [2.]



Kuva 3. Kalajoen alueen lämmöntuotannon tase. [1.]

Yhtiön taloudellinen järjestely sekä toiminnanoptimointi on toiminut taloudellisesta näkökulmasta tarkasteltuna hyvin. Vuosien 2018–2021 aikana yhtiö on pystynyt saavuttamaan keskimäärin 4,8 % tuloksen suhteessa yhtiön liikevaihtoon. Lisäksi yhtiö on pystynyt tarjoamaan kaukolämpöpalveluita koko Suomen tasolla verrattuna kilpailukykyiseen hintaan, kuten Taulukosta 1 ilmenee. Energimaksun osalta yksistään yhtiö on pystynyt tarjoamaan kuluttajille Suomen muihin yhtiöihin verrattuna 9,6 % edullisempaa kaukolämpöä, kun hintoja verrataan asiakaslukumäärillä painotettuun keskiarvoon, joka suosii tiheään asutettuja alueita sekä isoja yhtiöitä, niin siihenkin suhteutettuna ovat asiakkaat saaneet 3,8 % edullisempaa kaukolämpöä. [3.]

Taulukko 1. Kaukolämmön hinta sekä liittymismaksu 1.1.2023 [2.]

	Energiamaksu €/MWh	Tehomaksu €/MWh	Liittymismaksu, talo 10kW €
Kalajoen Lämpö Oy, Hiekkasärkät	71,19	19,98	3,300
Kalajoen Lämpö Oy, Himanka	71,19	19,98	3,300
Kalajoen Lämpö Oy, Keskusta	68,45	19,98	3,300
<b>Kaikkien yhtiöiden - keskiarvo, aritmeettinen</b>	<b>78,78</b>	<b>28,34</b>	<b>3,944</b>
<b>Kaikkien yhtiöiden - Asiakkaiden lukumäärillä painotettu keskiarvo</b>	<b>73,97</b>	<b>27,47</b>	<b>3,772</b>
<i>Kalleimman hinnan erotus aritmeettiseen keskiarvoon prosentteina</i>	<i>- 9,6 %</i>	<i>- 29,5 %</i>	<i>- 16,3 %</i>
<i>Kalleimman hinnan erotus asiakkaiden lukumäärillä painotettuun keskiarvoon prosentteina</i>	<i>- 3,8 %</i>	<i>- 27,3 %</i>	<i>- 12,5 %</i>

Suurimpia haasteita yhtiön huoltovarmuuden kehittämisen kannalta ovat kolme toisistaan erillään olevaa verkkoa ja näiden etäisyys toisiinsa, kuten kuvasta 4 käy ilmi. Lisäksi haasteena ovat jokaisen verkon vaatimat omat lämpölaitokset, jotka samankaltaisista toimintaperiaatteista huolimatta eroavat toisistaan laitteiston sekä käytön puolesta. Suurimpana erottavana tekijänä joukosta toimii Pirkonsuon lämpölaitos, jonka KPA-kattila toimii Aritermin toimittamalla pellettiteknikalla ja on samalla tekniikaltaan paljon monimutkaisempi vanhempiin laitoksiin verrattuna. Kaksi muuta laitosta Himangalla sekä Hiekkasärkillä muistuttavat toiminnaltaan sekä käytöltään toisiaan, joskin laitosten valmistajat ja näin ollen osa komponenteista sisältävät eroavaisuuksia. Laitosten toiminnan kannalta kriittisiä varaosia voidaan säilyttää lähtökohtaisesti laitosten omissa tiloissa taikka yhtiön toiminnan kannalta keskeisellä sijainnilla, kuten Kalajoen keskustan ja Hiekkasärkkien välisellä alueella. Jokaisen kaukolämpöverkon ja -laitoksen ominaistietoja mm.

polttoaineiden sekä nimellistehojen suhteen on käsitelty tarkemmin taulukoissa 2–5. Junnikkalan sahan osalta tietoja ei ole pystynyt varmistamaan useammasta lähteestä. Käytetyt Energiateollisuus ry:n tiedot pitäisi kuitenkin olla tarkat, sillä yhdistys edustaa kaikkia energiatekniikan yrityksiä. [2.]



Kuva 4. Kalajoen Lämmön toimialueet kartalla. [4.]

## 2.1 Keskustan kaukolämpöverkko ja Pirkonsuon kaukolämpölaitos

Kuten jo aiemmin mainittiin, niin keskustan verkko on ainoa, jossa Kalajoen Lämpö ei ole päätoiminen kaukolämmön tuottaja, vaan tuottaa kyseiseen verkkoon vara- ja huipputehoa. Tämä aiheuttaa verkon operoinnille omat haasteensa erityisesti niissä tilanteissa, kun päätoiminen lämmöntuottaja ei pystykään operoimaan tavoitearvojen mukaisesti. Tällaisia tilanteita voivat olla esimerkiksi huoltokatkos lämpölaitoksen toiminnassa, polttoaineesta tai prosessin häiriöstä johtuva tehonlasku sekä yksityisomisteisen yhtiön taloudelliset intressit. Yleensä suurimmat haasteet ovat yhteisen automatiikkajärjestelmän puute ja osittain tästä aiheutuvat häiriöt Pirkonsuon laitoksen ohjausautomatiikassa. Nämä häiriöt eivät ole laitosisoimattorin mukaan järjestelmää pysäyttäviä, mutta vaativat manuaalista ohjausta, joka on usein varmintä suorittaa paikallisohjauksella.

Alueen ja verkon kannalta Junnikkalan saha ja sen lämpölaitos sijaitsevan noin kilometrin päässä keskustasta Ylivieskantiien varrella. Pirkonsuon laitos sen sijaan asettuu verkon ja Kalajoen kaupungin keskelle. Keskustan verkon alueella sijaitsee valtaosa kunnan palveluista, kuten kaupungintalo, kouluja, seniorikeskus sekä jäähalli.

Kokonaisuudessaan keskustan verkko sekä Pirkonsuon lämpölaitos ovat mielenkiintoinen kohde, sillä vaikka laitos on kohtalaisen uusi, niin tästä huolimatta se vaatii normaalia enemmän huolto- toimenpiteitä yhtiön vanhempiin laitoksiin verrattuna.

### 2.1.1 Keskustan kaukolämpöverkko

Keskustan verkko on selkeästi Kalajoen Lämmön hallinnoimista verkoista pisin sekä käyttäjämääriltään suurin. Vuoden 2019 lopussa verkon pituus oli 43,4 km ja verkossa oli 410 kuluttajaa. Kyseisessä verkossa on myös suurin lämpöhäviö verrattuna muihin Kalajoen Lämmön verkkoihin ja tämän myötä verkostohyötysuhde on myös heikoin, mutta tämä johtuu todennäköisesti laajasta verkosta, jossa käyttäjiä on vähän verkon kokoon nähden. Tämä heijastuu myös verkon kulutuksessa, sillä keskustan verkon kulutus on 630 MWh/km, kun taas muissa n. 40 km:n verkoissa se on keskimäärin 1 300 MWh/km. [1.]

Keskustan verkon lämpöhäviöön on esitetty useita parannuksia kunnan teettämän ”Uusiutuvan energian kuntakatselmuksen” myötä ja samassa katselmuksessa arvioitiin parannusten

mahdollistavan 500 MWh vuotuiset säästöt. Tämä mahdollistaisi Pirkonsuon lämpölaitoksen käytön alentamisen ja tarkoittaisi potentiaalisia 20 000 € vuosisäästöjä. [1.]

### 2.1.2 Pirkonsuon kaukolämpölaitos

Pirkonsuon lämpölaitos on uusiin Kalajoen Lämmön hallinnoimista laitoksista. Vuonna 2014 Planora Oy aloitti pellettilämpökeskuksen suunnittelun entisen POR-lämpökeskuksen viereen (raskaanpolttoöljyn keskus) ja lopullinen laitos valmistui 2015 syksyllä. Myös POR-kattilat on muutettu tämän jälkeen toimimaan kevyellä polttoöljyllä KPA-kattilan valmistumisen myötä. Pirkonsuon tuotantolaitoksen tiedot on poimittu Energiategollisuuden ry:n tilastoista helpommin tarkasteltavaksi taulukkoon 2. [2.]

Taulukko 2. Pirkonsuon tuotantolaitokset. [2.]

Laitoksen nimi	Pirkonsuo KPA	Pirkonsuo POK
Käyttöönottovuosi	2015	1988/2010
Kattiloiden lukumäärä	1	3
Suoraan kattiloista MW	4	10
Yhteensä MW	4	10
Pääpolttoaine	pell	kpö

KPA-tekniikan toimittajaksi valikoitui tuolloin Ariterm Oy, joka oli kotimainen lämmitysjärjestelmien valmistukseen, myyntiin sekä huoltoon erikoistunut yritys. Yritys ajautui konkurssiin 2019, mutta liiketoiminta jatkuu nykyisin Ariterm Service Oy:n omistuksessa. [5.]

Pirkonsuon KPA-laitos sisältää yhden Ariterm Bio 4000 kW:n kattilan sekä kaksi Biojet Multi 2 000 kW:n poltinta. Pelletin varastoinnista vastaa tällä hetkellä kaksi 74 m<sup>3</sup> pellettisiiloa, joiden kapasiteetti riittää maksimikuormalla toimittaessa polttoaineen laadun mukaan noin neljäksi-viideksi päiväksi. Pirkonsuon laitos on toiseksi suurin Aritermin toimittamista pellettilaitoksista, ja yhtiö on toimittanut neljän ja kuuden megawatin laitoksia yhteensä vain kolme kappaletta. [5.]

### 2.1.3 Junnikalan saha ja lämpölaitos

Junnikkalan saha on alueen merkittävin lämmönkuluttaja, mutta myös tuottaja kuten kuvasta 3 selviää. Sahan arvioitu lämmöntarve on ollut noin 40 GWh/a samalla, kun se on tuottanut ja myynyt tukkulämpöä Kalajoen Lämmön keskustan verkkoon noin 26 GWh/a. Sahan lämpölaitoksella on käytössään savukaasupesuri, joka optimitilanteessa parantaa laitoshyötysuhdetta sekä alentaa täten kustannuksia. Optimitilanteeseen päästäkseen sahan lämpölaitokselle palaavan kaukolämpönesteen tulisi olla noin 45-asteista sekä polttoaineen hieman kosteaa. [1.]

Junnikkalan sahan päätoimisena polttoaineena toimii teollisuuden puutähde, jota saha itse tuottaa sen verran hyvin, että oman lämpötuotannon tarpeiden lisäksi saha voi myydä polttoainetta myös yrityksen ulkopuolelle. Sahan lämpölaitoksesta ei ole erikseen Junnikalan sivuilla tietoja, mutta lämpölaitoksen tietoja löytyy Energiateollisuuden tilastoista (Taulukko 3). [2.]

Taulukko 3. Junnikkala Oy:n tuotantolaitokset. [2.]

Laitoksen nimi	Sermet
Käyttöönottovuosi	2002
Kattiloiden lukumäärä	3
Suoraan kattiloista MW	4
Yhteensä MW	4
Pääpolttoaine	tept

### 2.2 Hiekkasärkkien kaukolämpöverkko ja kaukolämpölaitos

Hiekkasärkät sijaitsevat noin seitsemän kilometrin päässä Kalajoen keskustasta lähdetessä ajamaan E8-tietä lounaaseen. Meren rannalla sijaitseva alue on tunnettu hiekkasärkistä, huvi-/vesipuistosta sekä kylpylästä. Alueella sijaitsee myös paljon hotelli-, ravitsemus- sekä majoituspalveluita, jotka päivittyvät ja laajenevat vuosittain.

### 2.2.1 Hiekkasärkkien verkko

Hiekkasärkkien verkkoon valmistui 2022 Marinan alueen laajennus, joka kasvatti verkon mittaa merkittävästi. Tämä mahdollistaa verkon palvelujen tarjoamisen uusille käyttäjille ja parantaa Hiekkasärkkien alueen laajentumispotentiaalia. Aiemmin verkon pituus oli vain 3,5 km ja asiakkaita siinä oli vain 22 (2019). Asiakkaiden määrä on kuitenkin hämäävä, sillä verkossa on myös energian kulutukseltaan suurin asiakas kylpyläuimahalli, jonka 2019 kaukolämmönkulutus oli yli kolmannes Hiekkasärkkien lämpölaitoksen tuotannosta. [1.]

### 2.2.2 Hiekkasärkkien lämpölaitos

Hiekkasärkkien lämpölaitos on kapasiteetiltaan pienin Kalajoen Lämmön laitoksista ja siinä on pääkattilana 1,5 MW:n KPA-kattila. Polttoaineena laitoksessa toimii pääsääntöisesti teollisuuden puutähte, jota lähes naapurissa oleva Junnikkalan saha tuottaa. Hiekkasärkkien laitoksen tiedot selkeämmin taulukossa 4. [2.]

Laitos on valmistunut nykyiselle paikalleen 2006 ja on tällä hetkellä henkilöstön sekä viimeisen vuoden huoltohistorian perusteella parhaiten toimiva. Toki tässäkin laitoksessa on viime aikoina tehty parannustoimia laitoksen toiminnan kehittämiseksi, kuten verkon lisäveden tuotannon mitauspisteiden lisääminen sekä itse kattilan arinaraudoituksen parantaminen.

Taulukko 4. Hiekkasärkkien tuotantolaitokset. [2.]

Laitoksen nimi	Hiekkasärkkien KPA	Hiekkasärkkien POK
Käyttöönottovuosi	2006	1990
Kattiloiden lukumäärä	1	2
Suoraan kattiloista MW	1,5	3
Yhteensä MW	1,5	3
Pääpolttoaine	tept	kpö

## 2.3 Himangan kaukolämpöverkko ja kaukolämpölaitos

Himanka liittyi Kalajokeen kuntaliitoksella 2010 vuoden alusta. Tämän myötä Kalajoen Lämmölle tuli myös hallinnoitavakseen Himangan kaukolämpöverkko sekä lämpölaitos. Himanka sijaitsee noin 28 km:n päässä Kalajoen keskustasta lähdetessä ajamaan lounaaseen E8-tietä pitkin. Himangan verkon alueella sijaitsee mm. palvelukeskus, koulu sekä terveyskeskus. [1.]

### 2.3.1 Himangan kaukolämpöverkko

Himangan verkko on toiseksi suurin Kalajoen Lämmön hallinnoimista verkoista. Sen pituus oli 2019 12,3 km ja asiakkaita siinä oli noin 160. Verkossa on päätoimisen kaukolämpölaitoksen lisäksi useampia alle yhden MW:n tehoisia varavoimaloita. [1.]

### 2.3.2 Himangan kaukolämpölaitos

Himangan kaukolämpölaitos tuottaa kaukolämpöä Himangan kaukolämpöverkkoon 2,5 MW:n KPA-kattilalla, jonka on valmistanut Putkimaa Oy. Polttoaineena tässä laitoksessa toimii metsätähdehake sekä palaturve, joiden laatu saattaa vaikuttaa merkittävästi laitoksen hyötysuhteeseen. Erityisesti metsätähdehakkeen huonon erän lämpöarvo voi olla jopa puolet pienempi hyvälaatuisen polttoaineeseen verrattuna. Normaalisti laitos tuottaa Himangan prosessin energiasta noin 30 % palaturpeella ja loput 70 % metsähakkeella, mutta mikäli metsähakkeen laatu on heikkoa, niin joutuu tuolloin palaturpeen osuutta kasvattamaan. Himangan lämpölaitoksen tarkemmat tiedot taulukossa 5. [1.]

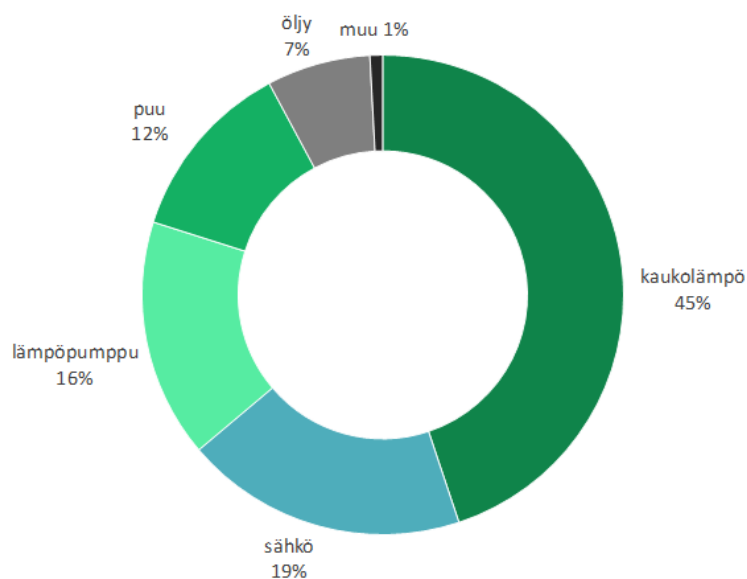
Taulukko 5. Himangan tuotantolaitokset. [2.]

Laitoksen nimi	Himangan KPA	Himangan POK
Käyttöönottovuosi	2004	2000
Kattiloiden lukumäärä	1	1
Suoraan kattiloista MW	2,5	5
Yhteensä MW	2,5	5
Pääpolttoaine	popu	kpö

### 3 Kaukolämpö

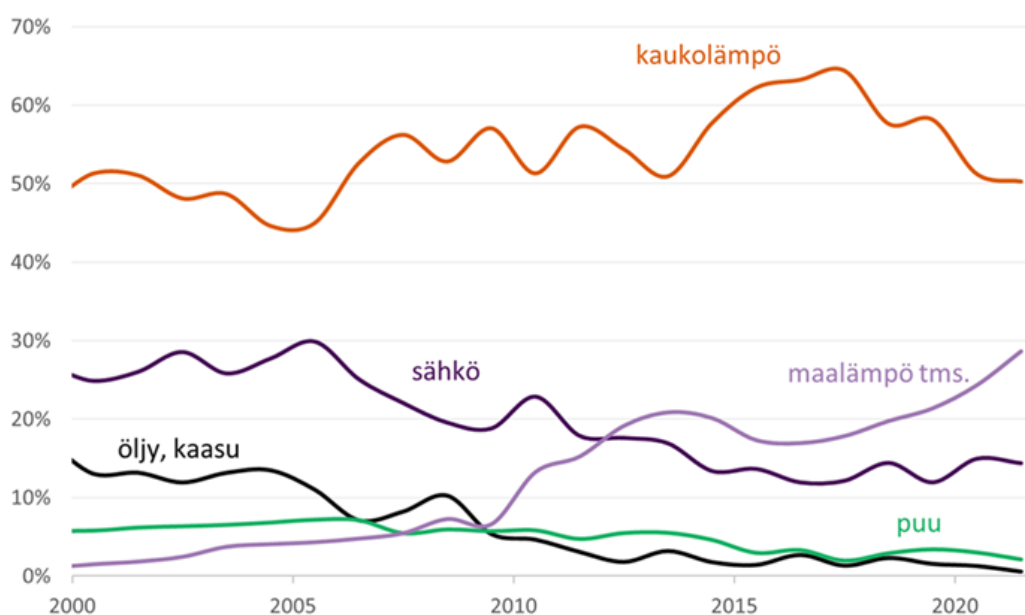
Kaukolämpö on kaukolämpöverkolla toimitettua lämpöenergiaa, jota kuluttajat pystyvät käyttämään erillisten lämmönvaihdinten avulla. Kaukolämpöverkossa kiertävän nesteen lämpötila vaihtelee 65–115 asteen välillä vuodenajan mukaan ja käyttäjät ottavat tästä lämpöä omiin tarpeisiinsa kaukolämpövaihtimen avulla. Normaalisti asumiskiinteistöjen lämmitysjärjestelmien lämpötila vaihtelee 30–80 asteen välillä riippuen, onko lämmitys toteutettu lattialämmityksellä taikka patterilämmityksellä. Kaukolämpövaihtimen avulla lämpöä siirretään kaukolämpöverkon ja asunnon lämmitysverkon välillä haluttu määrä. Kaukolämpöverkossa kiertävä neste ei siis kierrä asunnon omissa putkissa taikka pattereissa. Kaukolämpöverkon neste palaa jäähtyneenä paluujohdossa tuotantolaitokseen uudelleen lämmitettäväksi. [6.]

Suomi on kaukolämmön tuotannon sekä käytön edelläkävijä. Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto, kuten kuvasta 5 on havaittavissa. Yleisimpiä syitä kaukolämmön käytölle on ollut sen saatavuus sekä kaukolämpöjärjestelmien edullinen hankintahinta. Kaukolämpöverkot ovat levittäytyneet sinne, missä on ollut paljon käyttäjiä eli kaupunkeihin sekä teollisuuden läheisyyteen. Mikäli teollisuus on tarvinnut tai tuottanut paljon lämpöä esimerkiksi energia-, paperi- ja metalliteollisuuden tarpeisiin, niin tästä on hyötynyt myös verkossa olleet kuluttajat. Yhtiöt ovat pystyneet hyödyntämään prosessissa syntyvää hukka- tai hulelämpöä myymällä sitä kuluttajille toimien samalla energian tuottajina. Tämä on tietenkin hyödyttänyt lämmöntuottajia taloudellisesti, mutta myös kuluttajien on kannattanut hyödyntää mahdollisuuksien mukaan alueella olevaa infraa sekä edullista energiaa. Vasta viime vuosina kaukolämmön suosio on lähtenyt pieneniseen laskuun, kun suuret lämmöntuottajat esimerkiksi Helsingissä, Espoossa ja Lahdessa ovat joutuneet nostamaan hintoja päästörajoitteiden sekä käyttämiensä polttoaineiden myötä [8]. Eniten hintapaineessa ovat olleet yhtiöt, jotka ovat olleet riippuvaisia ulkomailta tuotavista fossiilisista polttoaineista, kuten kivihielestä tai maakaasusta, ja varsinkin viimeaikaiset ilmastolinjaukset ovat muuttaneet myös biolämpölaitosten kannattavuutta merkittävästi, kun rakennusten energiatehokkuuteen on alkanut vaikuttaa entistä enemmän tuotetun lämmitysenergian lähde sekä sen aiheuttamat päästöt. [9.]

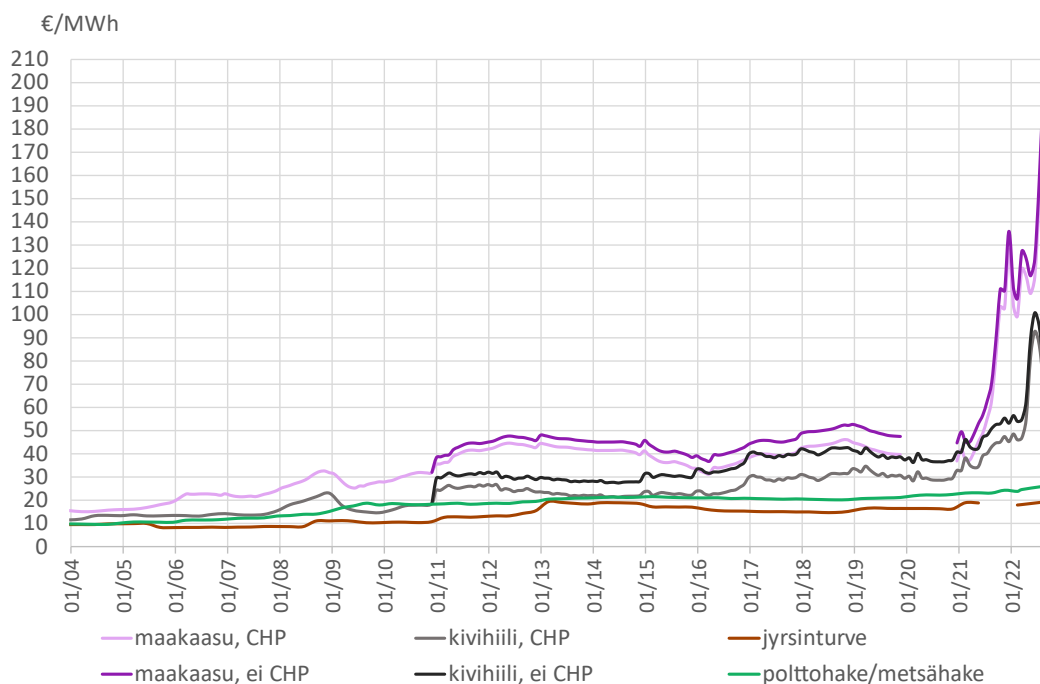


Kuva 5. Lämmitysmuotojen markkinaosuudet 2020 asuin- ja palvelurakennuksissa. [7.]

Kaukolämmön houkuttelevuudessa on ollut havaittavissa pientä laskua uusien kohteiden lupahakemuksissa (kuva 6). Suurena syynä tähän on ollut erityisesti EU:n sekä muiden ETA-maiden pyrkimykset vähentää energiantuotannon hiilidioksidipäästöjä. Päästöjen vähentämiseksi on esimerkiksi nostettu paljon hiilidioksidipäästöjä aiheuttavien polttoaineiden verotusta, jolloin tämä on näkynyt myös energiantuotannon kustannuksissa (kuva 7). Erityisesti Suomessa tämä on vaikuttanut uudisrakennusten sekä saneerauskohteiden lämmitysratkaisuissa, kun kuluttajat ovat alkaneet olemaan entistä kriittisempiä käytettyjen polttoaineiden suhteen. [7.]

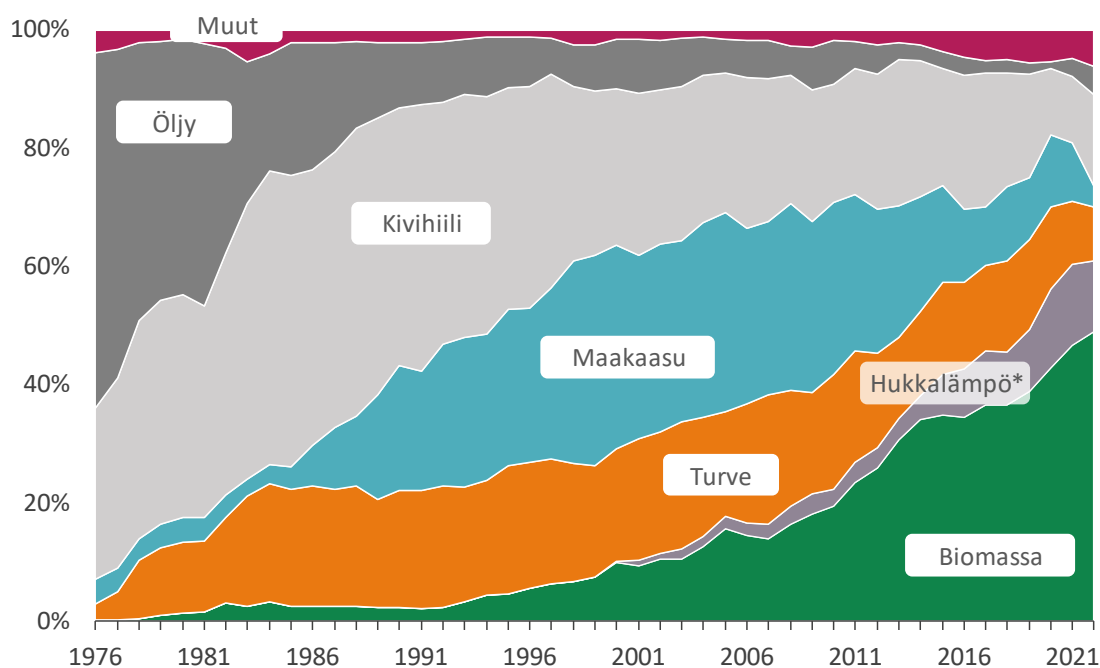


Kuva 6. Uudiskohteiden päälämmitysmuoto - myönnettyt rakennusluvut. [7.]



Kuva 7. Voimalaitospolttoaineiden hintojen kehitys. [7.]

Aiemmin kaukolämmön polttoaineet valikoituivat lähinnä energiasisällön sekä hinnan perusteella. Tämä tarkoitti sitä, että helposti saatavat sekä paljon käytössä olevat polttoaineet olivat suosittumia. Kivihiili sekä öljy olivat suosittuja polttoaineita, sillä niitä oli alettu käyttää teollisuuden polttoaineena jo 1800-luvulla (kuva 8). Näiden saatavuus sekä hintakehitys maailmalla on vaikuttanut vaihtoehtoisten energiaratkaisuiden etsintään, jolloin mm. kotimaisten biopolttoaineiden sekä turpeen kysyntä polttoaineina on lisääntynyt. Nyt viimeisimpänä kaukolämmön polttoaineen murroksena on ollut jo aiemmin mainittu päästöjen vähentämisen tavoitteet. Tämä vaikuttaa erityisesti fossiilisten polttoaineiden käyttöön energialähteenä, mutta myös uusiutuvien biopolttoaineiden käyttöön tulevaisuudessa (taulukko 6.). [7.]



Kuva 8. Polttoaineiden ja hukkalämpöjen osuus lämmön tuotannossa. [7.]

Taulukko 6. Kaukolämmön markkinaosuus 2021. [7.]

Asuinrakennukset	54 %
- kerrostalot	83 %
- pientalot	15 %
Toimistorakennukset	84 %
Julkiset palvelurakennukset	69 %
Liikerakennukset	58 %
Teollisuus ja kaivannaistoiminnot	48 %
Varastorakennukset	38 %
Kaikki rakennukset	50 %

Vaikka kaukolämpö on toimintavarmuudeltaan luotettava ja hankintakustannukseltaan edullinen energiaratkaisu, niin tästä huolimatta energiainvestoinnin erityisesti maalämpöön sekä hybridi-ratkaisuihin ovat lisääntyneet. Osasyynä tähän ovat epävarmuus energiamarkkinoilla ja varsinkin pelko siitä, miten kaukolämpöä tuotetaan tulevaisuudessa, mikäli kaikki nykyisetkin

polttotekniikat joudutaan poistamaan käytöstä. Uusia ratkaisuja kaukolämmönkin tuotantoon on kaavailtu jo käytössä olevista tekniikoista. Pidemmän aikaan on esimerkiksi yritetty valjastaa maa- lämpötekniikkaa kaukolämmön tuotantoon, mutta tässä on vielä omat haasteensa [10]. Uuden sukupolven energiantuotantona nähdään myös pienydinvoimalat, jotka tuottaisivat sähkön sijaan kaukolämpöä nykyistä huomattavasti pienempinä yksikköinä [11]. Nykyisin jo hyödynnettävä tekniikkaa sen sijaan on muuttaa sähköä suoraan lämmöksi. Tämä on tekniikaltaan yksinkertaisin ratkaisu ja siinä voidaan hyödyntää tulevaisuuden potentiaalista sähkön ylituotantoa siirtämällä ylimääräinen sähkön energia varastoon kaukolämpöverkkoon. Tämän päästöttömyys kuitenkin edellyttää sitä, että tuotettu sähkö on valmistettu uusiutuvista lähteistä, kuten tuuli-/vesivoimasta. [12.]

### 3.1 Kaukolämpöverkko

Kaukolämpöverkot muodostavat yhteyden kuluttajien sekä tuottajien välille ja ovat koko toiminnan perusta. Verkko muodostuu suljetusta kaksiputkisesta (meno- ja paluuputki) eristetystä runkolinjasta, joka siirtää lämpöenergiaa nesteen avulla. Nykyisin kaukolämpöverkkojen rakenne koostuu teräsputkesta, jonka ympärillä on uretaanieristys, jonka päällä on muovinen suojaputki. Pienemmissä sekä keskisuurissa verkon osissa meno- ja paluulinjat voivat olla saman suojaputken sisässä, mutta tällöin linjojen virtauskoko rajoittuu pienemmäksi. Menoputkessa nesteen lämpötila vaihtelee vuodenajan sekä tarpeen mukaan 65–115 asteen välillä ja paluuputkessa 40–60 asteen välillä. Kaukolämpöjohdot asennetaan yleensä 0,5–1 m syvyyteen katujen tai jalkakäytävien alle ja niiden koko vaihtelee pientalojen liittymisjohtojen 20 mm:stä aina isoimpien laitosten 1 000 mm:n putkiin. Kaukolämpöverkkojen pituus Suomessa oli vuoden 2018 lopussa noin 15 100 km ja verkon pituus kasvaa vuosittain noin 250–500 km. Lisäksi vanhoja johtoja saneerataan vuosittain noin 50–70 km. [13.]

Suomessa kuluu energiaa jakeluverkon lämpöhäviöihin noin 8–9 % kaukolämpöjohtojen siirtämisestä energiasta, joskin häviöt voivat vaihdella yleisesti 5–15 % välillä riippuen asutustiheydestä [9]. Tämä häviö on kuitenkin pientä verrattuna lauhdevoimalaitoksilla tuotettuun energiaan, joissa hyötysuhde on usein noin 40:n % luokkaa. Sen sijaan lämmön ja sähkön yhteistuotannolla voidaan saavuttaa jopa yli 90:n % hyötysuhde.

Kaukolämpöverkoissa kiertävä neste on mekaanisesti käsiteltyä vettä, josta on poistettu epäpuhtauksia sekä happea. Tämä estää kaukolämpöjohtojen putken sisäpuolisen korroosion ja vaikka

kaukolämpöjohtojen elinikä voi olla jopa 100 vuotta, niin usein veteen on lisätty varalle myös väriainetta mahdollisten vuotojen paikallistamiseksi. [13.]

Kaukolämpöverkkojen toimintavarmuus on ollut tilastollisesti erinomainen ainakin Energiategollisuuden keräämien tietojen mukaan. Keskeytysten määrä on ollut keskimäärin alle kaksi tuntia vuodessa [14.]

Kaukolämpöverkot ovat mukana vähentämässä tulevaisuuden hiilipäästöjä. Tavoitteena on laskea kaukolämpöveden menolämpötilaa 30 astetta vuoteen 2030 mennessä. Tämän pitäisi mahdollistaa hiilineutraalin kaukolämmön tuottaminen sekä parantaa erilaisten polttoon perustuvien sekä hajautettujen tuotantomuotojen hyödyntämisen kaukolämmössä. Samalla uskotaan järjestelmien energiatehokkuus ja joustavuus paranee sekä lämpöhäviöiden pitäisi pienentyä. Kuluttajalta tämä ei vaadi kovinkaan suuria toimia, vaan lähinnä lämmönvaihtimen automatiikan uudelleen ohjelmoinnin. Kaukolämpöverkoissa sekä -laitoksissa muutos on sen sijaan isompi ja vaatii jonkin verran investointeja. Investointien pitäisi kuitenkin maksaa itsensä takaisin lämpötilan alenemisen sekä sitä mm. seuranneiden polttoaine- sekä laitteistovaatimusten lievennyttyä. [15.]

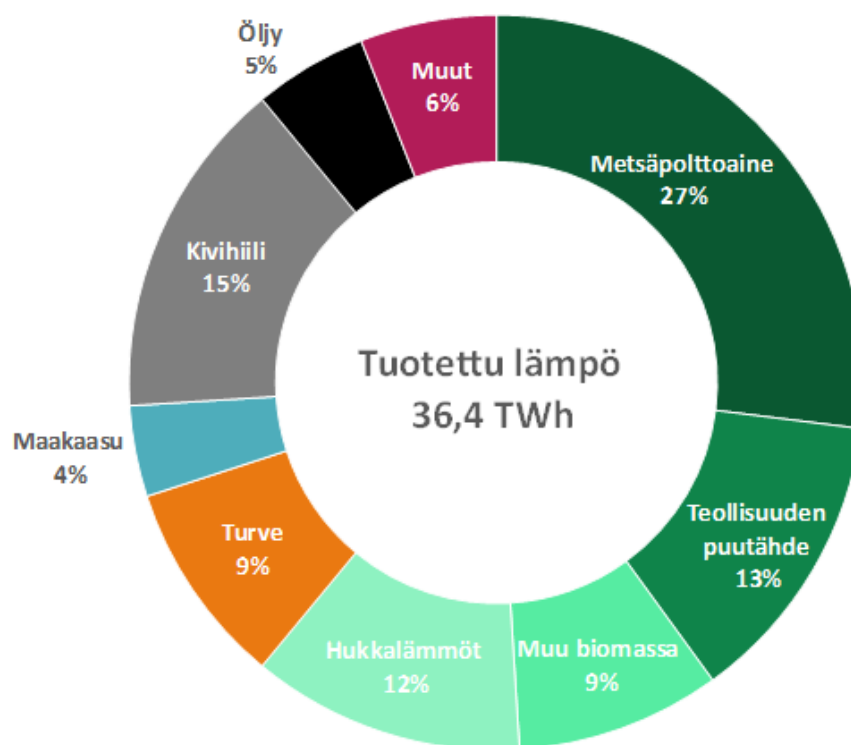
### 3.2 Kaukolämpölaitokset

Siinä missä kaukolämpöverkko muodostaa rungon ja siirtomahdollisuuden energialle, on kaukolämpölaitos sen sijaan toiminnan ydin. Kaukolämpöä tuotetaan yleensä yhdessä isossa laitoksessa koko verkon tarpeisiin ja tämän tukena on yleensä useita pienempiä laitoksia vara-/huipputuotannon tarpeisiin. Toki verkon pituuden kasvaessa sekä toimitusvarmuutta tai tekniikkaa kehitettäessä saattaa verkossa olevien päätoimisten lämmöntuottajien määrä kasvaa.

Yksi syy miksi verkossa saattaa olla useampi päätoiminen lämmöntuottaja, voi olla uusien lämmöntuotantoratkaisujen aloittaminen vanhempien menetelmien rinnalle ilman, että jo toimivia ratkaisuja ajetaan välittömästi alas, vaan siirto vanhasta uuteen toteutetaan vaiheittain. Tämä voi vaikuttaa aluksi taloudellisesta näkökulmasta tarkasteltuna huonolta ratkaisulta, mutta se on välttämätöntä, mikäli yhtiö haluaa seurata alan normeja, jotka seuraavat yhteisöjen asettamia tavoitteita. Näin on toimittu muun muassa Kalajoen Lämmön laitosmuutosten osalta.

Tällä hetkellä yleisin menetelmä kaukolämmön tuotannossa on kiinteän polttoaineen polttaminen. Tämä on helposti havaittavissa kuvasta 9. Noin 73 % koko maassa tuotetusta kaukolämmöstä

on tuotettu KPA-laitoksissa ja tämän jälkeen suurimmaksi muodostuu teollisuuden hukkalämpö n. 12:n % osuudella (kuva 9). Muut tuotanto, kuten seka-/muovi-/ongelmajätteet; sähkö sekä maalämmöllä tuotettu kaukolämpö kattoi noin 6 %, jonka perässä seurasivat öljy 5 % ja maakaasu 4 %. [7.]

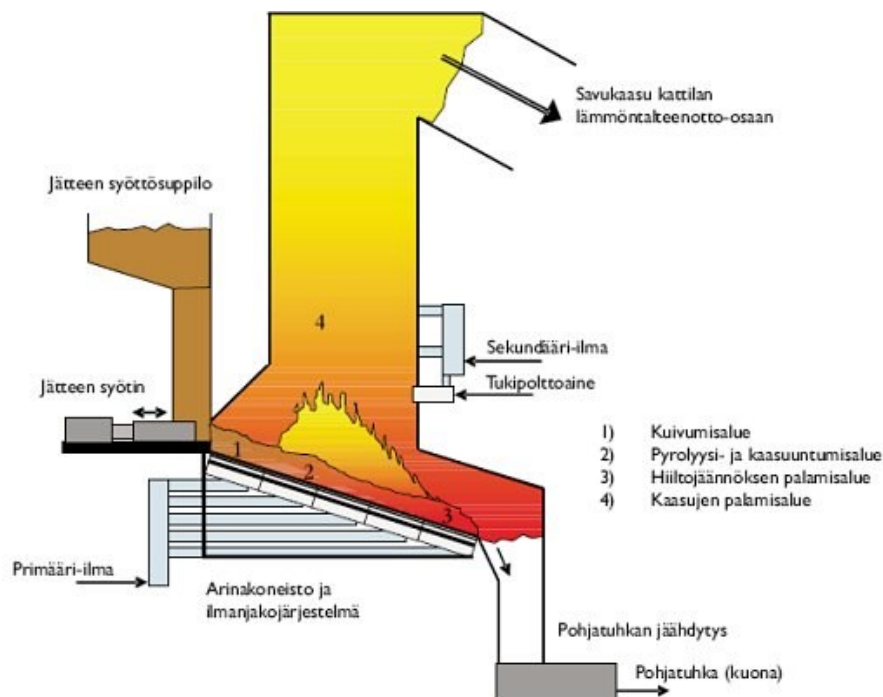


Kuva 9. Kaukolämmön tuotantoon käytetyt energialähteet 2022. [7.]

### 3.2.1 Kiinteän polttoaineen kattilat

Kiinteän polttoaineen kattilat toimivat yleensä arina- tai leijupolttotekniikoilla. Näistä kahdesta arinapolttua voidaan verrata enemmän ”perinteiseen” polttotekniikkaan, sillä siinä kiinteä polttoaine syötetään yleensä ilman erillistä esikäsittelyä palotilaan arinan päälle, jossa se kuivuu sekä palaa kulkiessaan arinalla eteenpäin (kuva 10) [16]. Arinapolton haittoja ovat alhaisempi hyötysuhde sekä korkeammat päästöt leijupolttoon verrattuna, jotka pääosin johtuvat palamisilman ja polttoaineen huonommasta sekoittumisesta. Leijupoltossa polttoaine sen sijaan tulee esikäsitellä ennakkoon murskaamalla polttoaine riittävän pieneksi sekä poistamalla siitä ylimääräinen kosteus. Tällöin palamisesta saadaan tehokkaampaa ja samalla palamisen lämpötila saadaan

alhaisemmaksi arinapolttoon verrattuna. Nykyään arinapolttua käytetään lähinnä vanhemmissa tai pienemmissä laitoksissa, joiden teho on yleensä alle 10 MW.

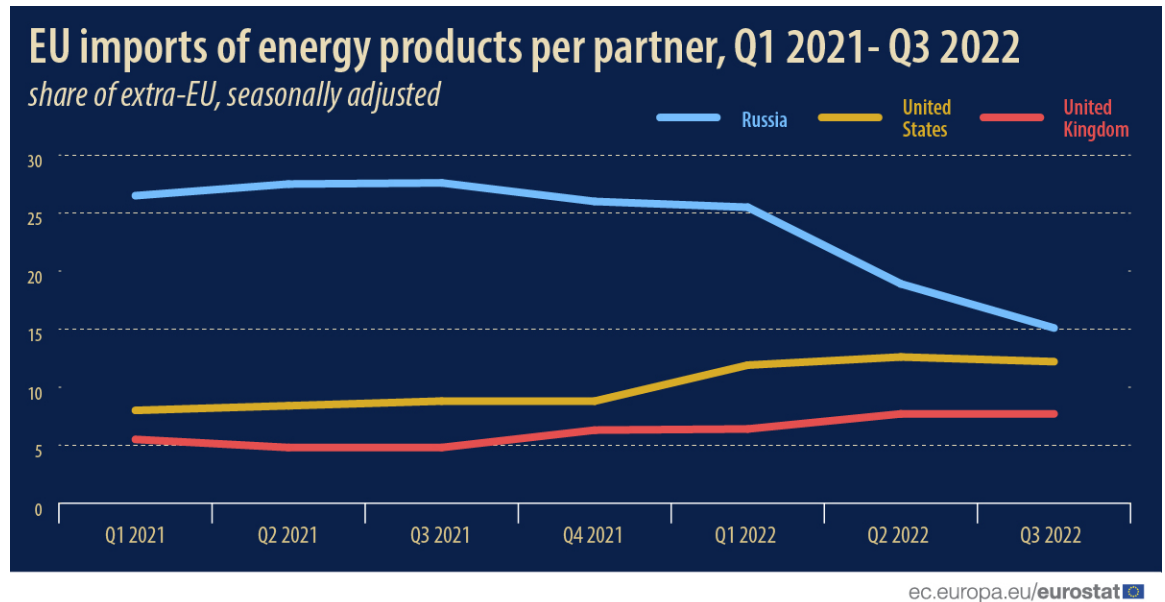


Kuva 10. Arinapolton toimintaperiaate jätepolttoaineella toteutettuna. [16.]

### 3.2.2 Energiamarkkinoiden muutos

Energiamarkkinoiden muutos hiilineutraalisuutta kohden on tuonut uusia innovaatioita sekä menetelmiä erityisesti Suomeen, jossa energiankulutus asukasta kohden on muita EU-maita korkeampi jo pelkästään pienen väkiluvun sekä matalan asukastiheyden myötä. Suuremman harppauksen vähähiilisyttä kohden aiheutti Venäjän hyökkäyssota Ukrainaan, joka alkoi helmikuussa 2021. Sodan myötä EU sekä useat muut länsimaat asettivat taloudellisia pakotteita Venäjälle. Venäjää on vaadittu lopettamaan sotatoimet, vetämään joukot Ukrainasta ja tunnustamaan Ukrainan itsenäisyys sekä maa-alueet. Osana talouspakotteita länsimaat vähensivät mm. venäläisen tuontienergian määrää sekä asettivat tälle hintarajoituksia. Tämä ei ole ensimmäinen kerta, kun länsimaat ovat asettaneet Venäjälle talouspakotteita, vaan jo 2014 tapahtuneen Krimin miehityksen jälkeen maiden välinen konflikti on jatkanut Venäjän ja länsimaiden välistä taloudellista konfliktia [17]. Talouspakotteiden kohdistuessa erityisesti venäläisiin energiatuotteisiin, jotka ovat olleet maan suurimpia vientikohteita, on vaikutus ollut merkittävä myös eurooppalaiseen lämmön- sekä sähköntuotantoon. Sodan sekä pakotteiden alettua on Eurooppaan tuotujen

venäläisten energiatuotteiden määrä laskenut yli 10 %, joka tarkoittaa noin 6,1 miljardin euron taloudellista vaikutusta (kuva 11). Vaikka Venäjältä tuodut energiatuotteet ovat pääasiassa fossiilisia polttoaineita, kuten öljyä, hiiltä sekä kaasua, niin on joukossa myös suomalaisten energia-yhtiöiden hyödyntämiä metsätuotteita. [18.]



Kuva 11. Energiatuotteiden tuonti Venäjältä Q1 2021-Q3 2022. [18.]

Voisi olettaa, että mikäli öljyn ja hiilen saatavuus heikkenisi, niin tällöin näiden käyttö korvattaisiin uusiutuvilla energialähteillä, mutta valitettavasti tämänkaltaisen muutoksen tekeminen näin nopealla aikataululla ei ole mahdollista, vaan ensisijaisesti Venäjältä tuodut energiatuotteet on korvattu muista maista tuoduilla tuotteilla. Tästä huolimatta monessa Euroopan maassa on herätty energiariippuvuuden haittoihin ja tämän myötä alettu lisäämään investointeja energiaomavaraisuuteen sekä samalla hiilineutraalien kohteiden, kuten meri-, aurinko- ja tuulivoiman rakentamiseen. [18.]

Kaukolämmön tuotannossa energiamarkkinoiden muutos tarkoittaa sitä, että sielläkin tullaan jo lähitulevaisuudessa vähentämään nykyisin vähäpäästöisiksi laskettuja tuotantomuotoja kuten biopolttoaineiden polttamista. Vaikka nykyiset KPA-laitokset ovat vähäpäästöisiä fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna, niin ovat ne silti hiilinielujen säilyttämisen sekä lisäämisen kannalta haitallisia. Vaihtoehtoisia kaukolämmön tuotantomenetelmiä on käsitelty lisää taulukossa 7, jossa on käsitelty käytössä ja kehitteillä olevia menetelmiä, jotka ovat olleet näkyvimmin esillä eri medioissa. [7.]

Taulukko 7. Kaukolämmön lähitulevaisuuden suuntaukset [10.][11.][12.][19.]

Tekniikka ja periaate	Kehitysaste	Edut/mahdollisuudet	Haitat/haasteet
<p><b>Sähkökattilassa</b> lämpö tuotetaan edullisen sähkön aikaan korvaamaan kalliimpia vaihtoehtoja taikka vähentämään vuotuisia hiilidioksidipäästöjä</p>	<p>Kaupallisessa käytössä</p>	<p>Päästötön ratkaisu korvaamaan polttotekniikoita</p> <p>Tukee uusiutuvan energian tuotantoa</p> <p>Edullisemmat investointikustannukset</p> <p>Vakauttaa kaukolämmön hintaa</p>	<p>Käyttökustannukset voi vaihdella merkittävästi lyhyellä aikavälillä</p> <p>Vaatimukset sähköverkkoa kohtaan kattilanteholuokan mukaan</p> <p>Kannattavuuden parantamiseksi vaatisi sähkön veroluokittelun muutosta</p>
<p><b>Geoterminen kaukolämpölaitos</b> tuottaa lämpöä samalla tapaa kuin pienemmässä mitakaavassa toimivat kulluttajien sekä talonyhtiöiden käyttämät maalämpöpumput.</p>	<p>Kaupallisessa testikäytössä</p>	<p>Päästötöntä kaukolämpöä paremmalla hyötysuhteella kuin sähkökattila toteutuksissa</p> <p>Lämpökerroin (COP) vaihtelee tällä hetkellä toteutuneiden sekä suunniteltujen laitosten kesken 3–9 välillä</p>	<p>Porausteknologian haasteet korkeamman lämpötilan syvyyksiin pyritäessä</p> <p>Toteutuneet laitokset tällä hetkellä myöhästyneet aikatauluista sekä olleet poraussyvydeltä matalampia, mitä suunnitellut</p>
<p><b>Pienydinvoimaloissa (SMR)</b> voidaan tuottaa joko sähköä, lämpöä tai molempia. Teknologia ei ole uutta, mutta teknologian ja toiminnan pienentäminen tuo mukanaan omia haasteita.</p>	<p>Kehityksessä/ Ensimmäiset SMR-voimalat valmistuvat oletettavasti 2028</p>	<p>Päästötöntä energiaa jo pitkään käytetyllä tekniikalla</p> <p>SMR-voimalat auttavat turvaamaan energiavarmuuden paremmin, kuin isot voimalat</p>	<p>Ydinvoimassa syntyvät jätteet ja vaaditut suoja-alueet ovat haastavia sekä kalliita</p> <p>Teknologian voimakas vastustus sekä kehityksen haasteet</p>
<p><b>Vedyn-/Biopolttoaineiden-tuotannon hukkalämmön</b> hyödyntäminen kaukolämmön tuotannossa</p>	<p>Teknologia valmis – odottaa investointeja</p>	<p>Uusien energiateollisuuden ympärille muodostuva toiminta parantaa hyötysuhdetta ja tuottaa samalla edullista lämpöenergiaa</p> <p>Tukee uusiutuvan energian tuotantoa</p> <p>Lämmöntuotanto parantaa laitoksen tulosta</p>	<p>Odottaa vety- ja biopolttoaineiden tekniikoiden kehitystyön valmistumisia sekä investointeja</p> <p>Tuotantolaitokset eivät välttämättä sijaitse olemassa olevien kaukolämpöverkkojen alueilla</p>

#### 4 Pellettiteknikka

Pelletti on painepuristamalla valmistettu sylinterimäinen biopolttoaine, jonka halkaisija on yleensä 6–12 mm (yleisin halkaisija 8 mm) ja pituus 10–40 mm [20]. Useimmiten pelletin valmistukseen käytetään sahateollisuuden puujätettä ja valmiin pelletin energiasisältö on noin 30 % alhaisempi kuin kivihiilellä, joka on hyvä verrattuna moniin muihin uusiutuviin polttoaineisiin (taulukko 8.). Pellettejä voidaan valmistaa suoraan raakapuusta hakettamalla mutta yleisemmin sen valmistukseen käytetään sahanpurua, kutterinlastua, hiontapölyä tai muuta kuoretonta materiaalia. Vaalean puun lisäksi pelletin valmistuksessa on alettu kokeilemaan myös muita vaihtoehtoisia raaka-aineita, kuten olkea, havupuunkuorta sekä muita maatalouden sivutuotteena syntyviä sivuaineita. Haasteina vaihtoehtoisilla polttoaineilla on vielä saavuttaa vähintään yhtä puhdas sekä energiatehokas palaminen perinteisiin pelletteihin verrattuna. [21.]

Pellettiteknikka on perinteisesti ollut enemmän omakotitalouksien sekä pienien lämpölaitosten käyttämä tekniikkavaihtoehto. Sen käyttö ja houkuttelevuus on kuitenkin lisääntynyt viimeisten kymmenen vuoden aikana erityisesti pienten lämpölaitosten polttoaineena. Tästä huolimatta pelletti on onnistunut olemaan yksi vaihtoehto korvaamaan kivihiiltä ja tämän myötä sitä on nähty jo mm. Turussa Luolavuoren 40 MW:n laitoksessa, joka toimii täysin pelleteillä sekä Helsingissä Salmisaaren lämpölaitos (90 MW + 150 MW), jossa pelletin on tarkoitus aluksi vähentää hiilidioksidipäästöjä sekä syrjäyttää kivihiili asteittain vuoteen 2025 mennessä. Salmisaassa toimii jo nyt yksi 90 MW:n pellettikattila. [22.]

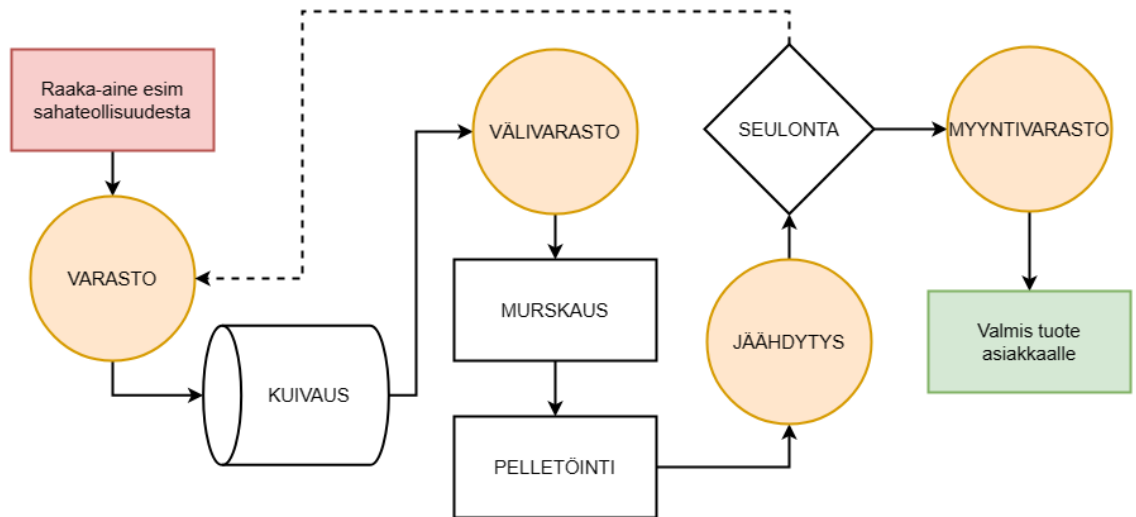
Taulukko 8. Tyypillisiä polttoaineiden tehollisia lämpöarvoja sekä tiheyksiä. [20.]

Polttoaine	Mittayksikkö	GJ	MWh	toe	t/m <sup>3</sup> (tai t/i-m <sup>3</sup> )
<b>Raakaöljy</b>	tonni	41,868	11,63	1,0	0,855
<b>Kevyt polttoöljy</b>	tonni	42,50	11,806	1,015	0,845
<b>Kivihiili</b>	tonni	25,211	7,003	0,602	0,800
<b>Maakaasu</b>	1 000 m <sup>3</sup>	36,00	10,00	0,860	0,732
<b>Polttohake</b>	i-m <sup>3</sup>	2,88	0,80	0,069	0,300
<b>Puupelletit</b>	tonni	16,92	4,70	0,404	0,690
<b>Palaturve</b>	i-m <sup>3</sup>	3,24	0,90	0,077	0,320

Yksi syy pelletin suosiolle muihin polttoaineisiin verrattuna on sen helppo varastointi sekä vähäinen esikäsitteilyn tarve ennen varsinaista polttoa. Haittoina sen sijaan saattaa olla esimerkiksi poltosta syntyvä tuhka sekä sen tarttuminen lauhduttimiin taikka savunpoisto järjestelmiin, mutta yleensä nämä johtuvat epäpuhtaasta palamisesta, jota voidaan säätää primääri-/sekundääri-/tertiääri-ilmaa säätämällä. Pelletin etuihin lukeutuu lisäksi kotimaisuus sekä raaka-aineen saatavuus paikallisilta toimijoilta niin pitkään kuin Suomessa on sahateollisuutta. Venäjän Ukrainaan kohdistuneen hyökkäyssodan ja tätä seuranneiden länsimaiden talouspakotteiden sekä puutavaran tuonnin loppuminen Venäjältä aiheutti kotimaisen pelletin saatavuudessa myös ongelmia, kun osa isoimmista valmistajista ilmoitti kuluttajamyynnin keskeytyksestä raaka-aineiden saatavuusongelmien vuoksi. Tämä aiheutti samalla hinnannousun, joka on taantunut vasta vuoden 2023 alkupuoliskolla samalla, kun muut teollisuuden tuottajahinnat lähtivät myös laskuun. [20.]

#### 4.1 Pellettien valmistus ja ominaisuudet

Pelletin valmistus on yksinkertaisesti kuvattuna ”sahanpurun kasaan puristamista” (kuva 12). Pelletoinnin raaka-aineena toimii useimmiten kuivapuupuru, -hiontapöly tai -kutterinlastut, mutta pellettejä voi puristaa myös tuoreesta biomassasta, kuoresta tai metsähakkeesta. Mikäli tuotannossa käytetään jälkimmäisiä vaihtoehtoja, niin tulee tuolloin raaka-aineet murskauksen lisäksi myös kuivata ennen pelletointia. Puuainesta pellettoitaessa ihannekosteudeksi katsotaan 10–15 %, jolloin tuotannon tehontarve, lujuus sekä laitekapasiteetti saadaan optimoitua tuotannon kannalta. Pellettoitaessa on olennaista raaka-aineen luonnollinen ligniinipitoisuus eli sideaine, joka yhdistää purumaisen aineksen kiinteäksi lopputuotteeksi. Ligniinipitoisuus on hieman korkeampi havupuissa lehtipuihin verrattuna. [20.]



Kuva 12. Pelletin valmistusprosessi. [21.]

#### 4.2 Pellettipoltin ja -kattila

Pellettipolttimet ja -kattilat eivät peruseriaatteeltaan tai toiminnaltaan eroa perinteisistä biopolttolaitosten laitteistoista. Suurin ero laitteistojen välillä muodostuu siitä, että pellettilaitokset ovat usein uudempia, kuin perinteisemmät metsäteollisuuden puujätteelle tarkoitetut KPA-laitokset. Tämän myötä suurimmat erot poltin- ja kattilateknologiassa tulevat palamisen optimoinnissa parhaimman mahdollisen hyötysuhteen sekä mahdollisimman alhaisten päästöjen tavoittelulla. Lisäksi pellettiteknologiassa polttoaine on tasalaatuisempaa, jolloin sen käsittely lämpölaitoksessa on helpommin ennustettavissa kuin monimuotoisen puujätteen. [5.]

## 5 Laitoksiin perehtyminen ja kriittisten kohteiden kartoitus

Työn toteutuksen kannalta oli olennaista perehtyä yhtiön toimintaan sekä kohteena oleviin laitoksiin. Tämä oli helpointa tehdä paikan päällä tutustumalla henkilöstöön ja keskustelemalla kunkin laitoksen sekä toiminnan mahdollisista haasteista suoraan tuotannosta vastaavien kanssa. Päätimme yhdessä toimeksiantajan kanssa heti työn aloitusvaiheessa, että työn rajauksen sekä toimeksiantosopimuksen allekirjoituksen yhteydessä voisin käydä samalla tutustumassa laitoksiin sekä henkilöstöön. Tätä ennen perehdyin aiheesta tehtyihin vastaaviin opinnäytetöihin ja kartoitin näin ennakkoon mahdollisia kriittisiä kohteita sekä pohdin mahdollisia keskusteluaiheita henkilöstön kanssa käsiteltäväksi.

Perehtymällä aiemmin toteutettuihin samankaltaisiin opinnäytetöihin, sain hyvän käsityksen mahdollisista kriittisistä kohteista sekä toteutukseen vaadituista lähtötiedoista ja käytettävistä työkaluista.

Varasin perehtymiseen aikaa viisi päivää, jolloin paperitöihin ja yhtiön toimintaan oli varattu yksi päivä ja jokaiselle laitokselle päivä. Tämän lisäksi varasin yhden päivän aikaa tarkemmille henkilöstöhaastatteluille taikka muulle mahdolliselle perehtymisille. Lopulta ylimääräinen päivä tuli käytettyä mielestäni kriittisimmän laitoksen tarkempaan kartoitukseen. Aluksi tavoitteena oli perehtyä uusimpaan sekä oletuksen perusteella varmimpaan laitokseen ja lopettaa vanhempiin, oletetusti enemmän huoltoa vaativiin laitoksiin. Nämä oletukset kuitenkin kumottiin kartoitettuani kaikki laitokset ensimmäisen kerran. Alkuperäisen oletuksen vastaisesti Pirkonsuon laitos olikin Kalajoen Lämmön laitoksista kriittisin. Tämä juurisyys johtuvat todennäköisesti korkeamman hyötysuhteen sekä pienempien päästöjen tavoittelusta. Näiden tuotantoarvojen tavoittelu on tehnyt rakenteesta monimutkaisemman ja johtanut samalla myös potentiaalsiin suunnitteluvirheisiin, kuten heikkoon varaosien saatavuuteen sekä huollettavuuteen. Tämän takia koin tarpeelliseksi perehtyä Pirkonsuon laitokseen perusteellisemmin ja verrata laitoksen laitteistoa sekä toimintaperiaatetta vanhempiin KPA-laitoksiin.

Laitoksiin perehtyessä pyrin hyödyntämään pääasiassa laitosoperaattoreiden asiantuntemusta ja tärkein työkalu tähän oli kiertää laitos yhdessä samalla keskustellen laitosten toiminnasta. Kirjasin ylös keskusteluissa nousseet kriittisimmät kohteet ja koostin nämä aina päivän päätteeksi omiksi listoiksi, joiden avulla lähdin pohtimaan mahdollisia kriittisiä kohteita taikka lisäkartoituksen tarvetta.



## 6.1 Polttoaineen syöttö

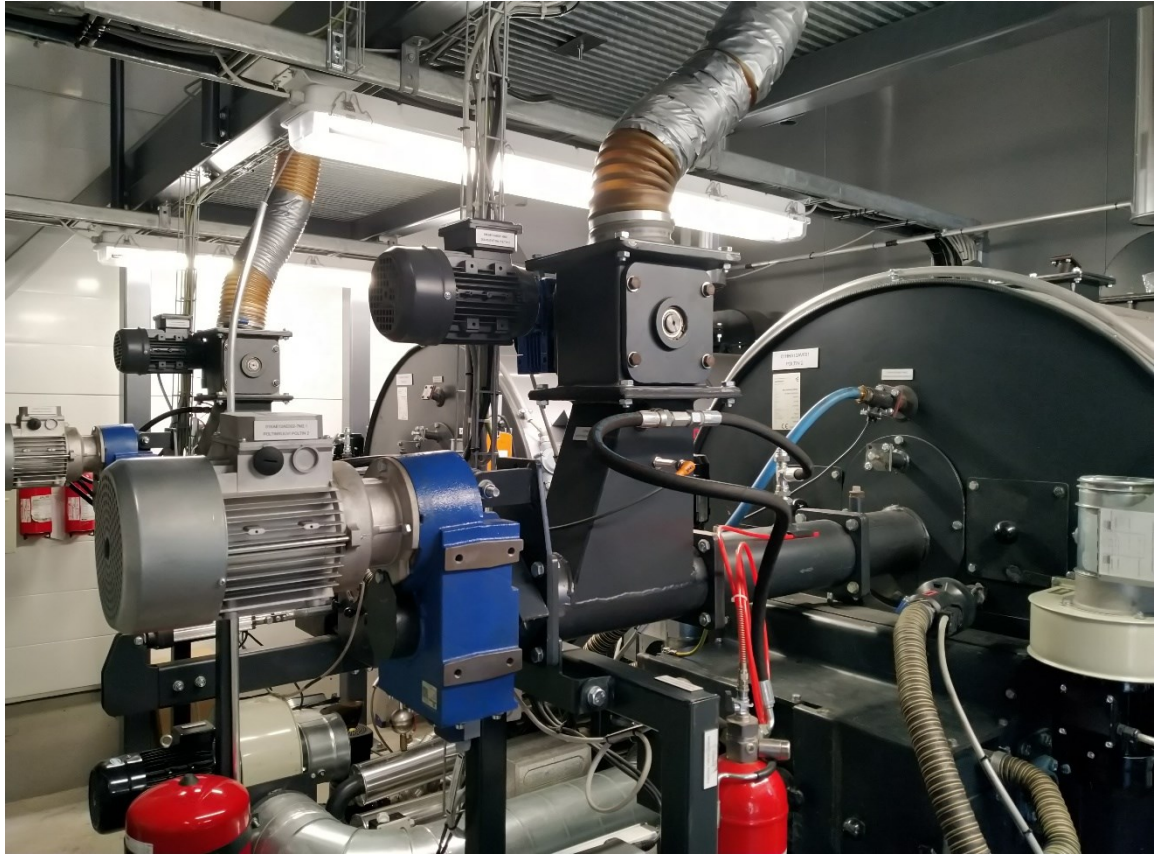
Polttoaineen varastoinnista vastaa kaksi 75 m<sup>3</sup>:n pellettisiiloa ja lisäksi laitoksella on valmiina paikka kolmannelle siilolle. Nykyisten siilojen kapasiteetti riittää laitoksen toimiessa maksimikuormalla noin viideksi päiväksi, mikäli siilot ovat täynnä. Tämä kuitenkin vain laskennallinen määrä ja poikkeaa paljon käytännön tilanteista, jolloin realistisempi kapasiteetti maksimikuormalla on 3–4 päivää. Tämä aiheuttaa omia haasteita esimerkiksi pitkien pyhien osalta, mikäli laitosta joudutaan ajamaan ennakoitua kovemmalla teholla, jolloin pellettien loppuminen voi pakottaa käyttämään POK-kattiloita.



Kuva 14. Nykyiset pellettisiilot sekä alusta kolmannelle siilolle. Taustalla jätetuhkasäiliö. (Remes 2023)

Laitoksen polttoaineen sekä tuhkien siirtoon käytetään ruuvikuljettimia. Ratkaisu soveltuu pellettilaitosten tarpeisiin hyvin, mutta aiheuttaa omat haasteensa sekä vaatimuksensa kunnossapitoon. Isoimpia haasteita ovat pääasiassa kunnonseuranta sekä varaosien saatavuus ja etuina pienempi varaosatarve, käyttöturvallisuus sekä pölyttömyys. Polttoaineen käsittelyssä ruuvikuljettimia yhteensä kuusikappaletta, joista kaksi vastaa polttoaineen siirrosta siloista jakosuppilolle.

Jakosuppilolta polttoaine siirretään käytössä olevan polttimen pellettisyöttimelle, jossa polttoaine annostellaan sulkusyöttimen kautta syöttösuppiloon, josta poltinruuvi työntää polttoaineen polttimeen (kuva 15).



Kuva 15. Pellettisyötin kokonaisuudessaan. Polttoaine tulee syöttimelle painovoimaisesti joustavaa pudotusputkea pitkin. Syöttimeltä polttoaine kulkee vaakatasossa olevaa syöttösuppiloa pitkin oikeassa laidassa olevaan polttimen sisälle. (Remes 2023)

## 6.2 Pellettipoltin

Pellettipolttimina toimii Aritermin valmistamat Biojet Multi 2000 kW:t, joita Pirkonsuon lämpölaitoksessa on kaksi kappaletta. Molemmat polttimet ovat yhteydessä samaan kattilaan vaikkakin molemmilla polttimilla on omat palopesäkkeet kattilassa. Juuri poltin muodostaa suurimman eron perinteisiin KPA-laitoksiin. Normaalisti poltin on integroituna kaukolämpökattilan sisälle, mutta Aritermin ratkaisussa polttimet tulevat kattilan kylkeen. Useampi poltin mahdollistaa paremman hyötysuhteen varsinkin, mikäli koko laitosta pitää ajaa alhaisemmalla teholla. Useampi

poltin kuitenkin lisää tarvittavien toimilaitteiden määrää, jolloin ohjausjärjestelmien ja kunnossapidon vaatimukset lisääntyvät.

Aritermin polttimessa suurimmat haasteet muodostuvat juuri monimutkaisesta rakenteesta varsinkin, kun 2,0 MW:n poltinta vertaa vastaaviin pienempitehoisiin polttimiin, taikka isompiin perinteisiin KPA-kattiloihin ja järjestelmiin. Esimerkiksi palamisen hallinnan kannalta Aritermin polttimessa on yhteensä 8 kappaletta puhaltimia syöttämässä ensiö-, toisio- ja tertiääri-ilmaa palamisreaktioon, kun perinteisimmissä kattiloissa tämä hoidetaan 2–3 puhaltimella. Molemmissa tapauksissa ilmanohjauksen ja säätöpeltien määrä on suunnilleen sama, mutta jo pelkästään useamman puhallinmoottorin ohjaus monimutkaistaa jo ennalta useamman toimilaitteen järjestelmää entuudestaan. Kuva 16 on otettu polttimien välistä. Polttimien molemmilla sivuilla on yhteensä viisi puhallinta ja lisäksi polttimen päällä on kaksi puhallinta sekä edessä yksi. Puhallin on varaosana kokonaisuus ja tuolloin siihen kuuluu puhallinmoottori, turbiini sekä ilmanohjauskotelo. Lisäksi jokaisella puhaltimella on oma sulkupelti.

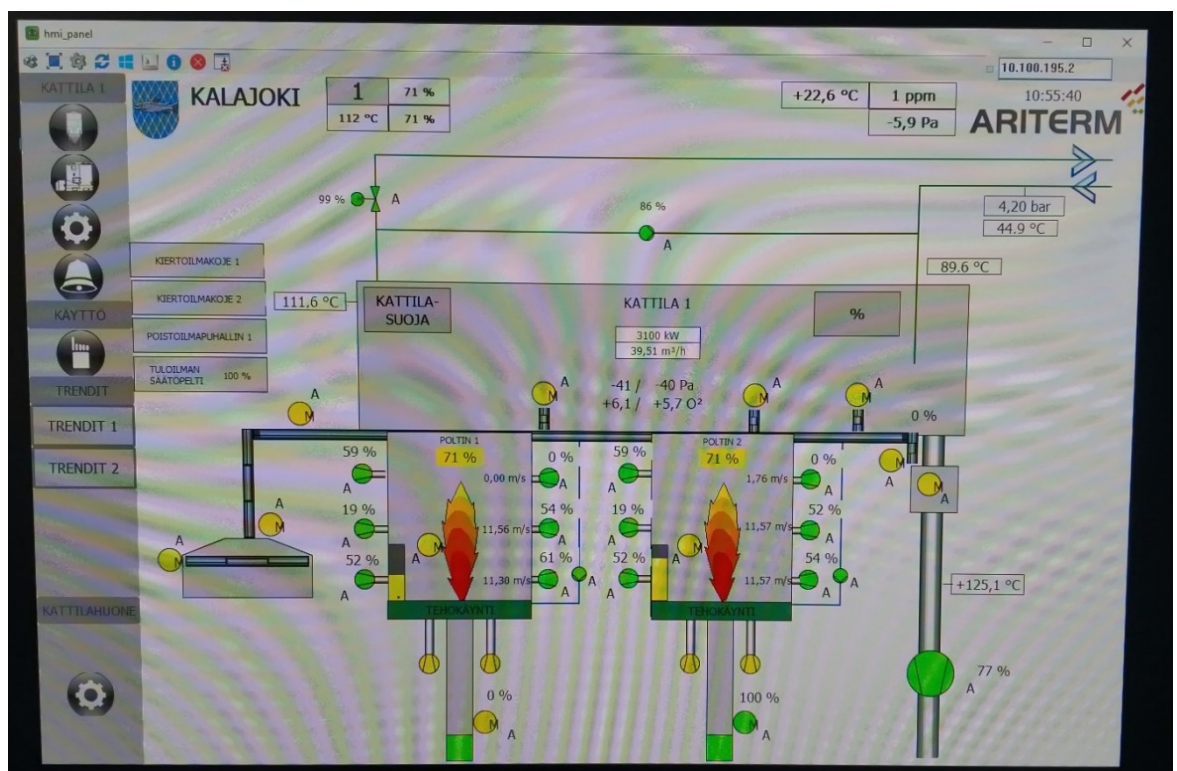


Kuva 16. Puhallimet ja niiden säätöpellit (Remes 2023)

### 6.3 Kattila

Vaikka kattilassa onkin poikkeuksellisesti kaksi palopesäkettä, niin muuten kattila on perustekniikaltaan lähimpänä perinteistä KPA-kattilaa. Toki automaattinuohoimia pitää olla molemmille puolille erikseen sekä laitteisto on jossain määrin monimutkaisempi, mutta tarvittaessa ulkoinen poltin mahdollistaa järjestelmän muutokset sekä päivitykset tarvittaessa. Suurin mahdollisuus minkä kattila tarjoaa on polttimen mahdollinen vaihto, mikäli esimerkiksi pelletille löytyy kustannustehokkaampi vaihtoehto.

Kattilan itsessään ei tarvitse paljoa ohjausta, kuten kuvasta 17 käy ilmi. Ohjauksen ja käytön kannalta tärkeimmät ovat oikean tuotantotehon asetus sekä varmistaa, ettei järjestelmässä ole häiriöitä. Vaikka käyttöjärjestelmällä on useita mittaus- ja valvontapisteitä, niin on tuotantotilojen säännöllinen kierto aina varmin tapa varmistaa laitteiston toiminta.



Kuva 17. Pirkonsuon käyttöjärjestelmän hallintanäkymä (Remes 2023)

#### 6.4 Savukaasujen sekä tuhkanpoisto

Savukaasujen ja tuhkanpoistossa suurimpana erona perinteisiin KPA-laitoksiin tulee siitä, että tuhkaneräykseen ei käytetä märkäkolakuljetinta. Savukaasuista tuhka erotetaan samalla tapaa syklonin avulla, mutta muuten tuhka kerätään kuivana ruuvikuljettimien avulla suoraan jätetuhkan säiliöön tuotantotilan ulkopuolelle (kuva 18).



Kuva 18. Jätetuhkasäiliö tuotantotilan ulkopuolella (Remes 2023)

Kuivatuhkan käsittelyn myötä kattilannuohouksen, syklonitoiminnan sekä ruuvikuljettimien kanssa täytyy olla huolellisempi, sillä laitteiston tukokset sekä siitä aiheutuvat ruuvikuljettimien korjaukset ovat haastavampia kuin avoimen kolakuljettimen korjaus. Jatkuvalle ylläpidolle sekä huolloille voidaan varmistaa laitteiston toiminta ja pidentää ruuvikuljettimien toimintaikää.

## 6.5 Pirkonsuon lämpölaitoksen kriittisten kohteiden kartoitus

Lämpölaitoksen kriittisimpien kohteiden kartoitukseen käytin pääasiassa laitoskierrosta sekä laitosoperaattoreiden haastatteluja. Samalla, kun kiersin laitoksia, niin tein muistiinpanoja mahdollisesta vika historiasta sekä operaattoreiden henkilökohtaisista kokemuksista laitosten huollon sekä käytön osalta. Haastattelujen tueksi minulla oli tavoitteena hyödyntää huolto- tai varaosienhankintahistoriaa, mutta tällaista tietoa ei oltu erikseen kerätty.

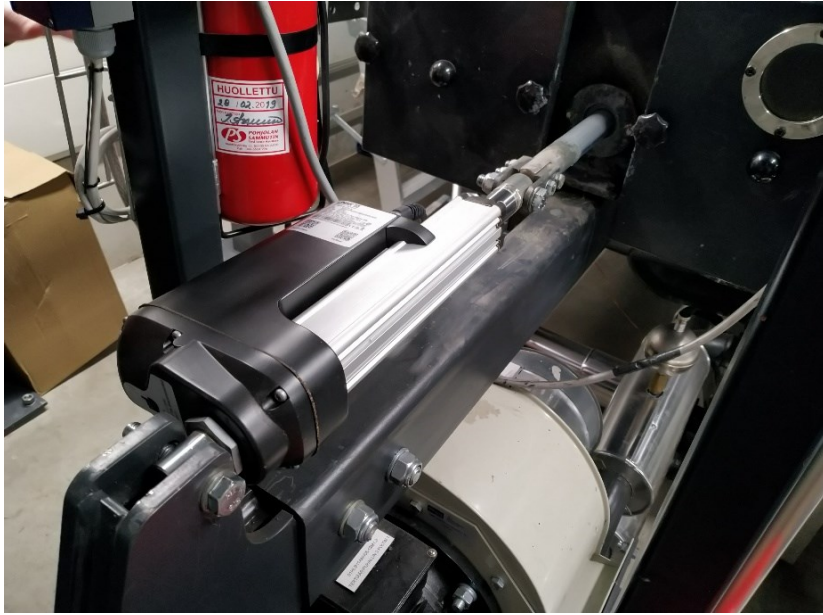
Kierrosten ja haastattelujen lisäksi tavoitteena oli täydentää tietoja laitosten aineistojen, kuten laiteluettelon, PI-kaavioin sekä huoltohistorian avulla. Jälkimmäistä ei ollut saatavilla laisinkaan ja laiteluettelot sekä PI-kaaviot olivat vain tuotannon toimilaitteiden osalta, eli sähköisten ohjauslaitteiden kriittisyyttä ei pystynyt Pirkonsuonlaitoksen osalta arvioimaan, muuten kuin omien havaintojen sekä haastatteluiden pohjalta. Koska en ole opinnoissa suuntautunut sähköjärjestelmien suunnitteluun ja ylläpitoon, päätin sulkea näiden käsittelyn tämän työn ulkopuolelle. Sähköisten järjestelmien kriittisyyden arvioinnissa sekä kehityksessä tulisi olla kyseiseen alaan erikoistunut, koska Pirkonsuon lämpölaitoksen laitteet ovat jo laajuudeltaan erittäin laaja kokonaisuus.

Lämpölaitos operaattorin haastatteluista kriittisimmiksi kohteiksi nousivat:

- Karamoottori, joka vastaa arinan liikutuksesta
- Arinaelementit
- Takapalon estojärjestelmän osat
- Polttoaineensyötön osat, sekä itse polttoaineen riittäminen täydellä kuormalla operoitaessa
- Sekä kaikki laitostoimittajan ohjelmoinnin vaativat laitteet, kuten hallintapaneelit sekä aiemmin mainitut karamoottorit

Haastattelut ja ensimmäinen laitoskierto antoi erinomaisen kuvan Pirkonsuon lämpölaitoksen toiminnasta. Koska Pirkonsuo oli ensimmäinen tämän mittaluokan kaukolämpölaitos, jossa vierailin, niin käytyäni Himangan sekä Hiekkasärkkien laitoksissa päätin perehtyä Pirkonsuon laitokseen vielä tarkemmin, koska sen suunnittelu sekä toteutus poikkeavat erittäin paljon jo vuosikymmeniä käytössä olleista KPA-laitoksista. Juuri nämä eroavaisuudet saivat lopulta kyseenalaistamaan useiden eri järjestelmien sekä toimilaitteiden toimivuuden sekä

soveltavuuden tämänkaltaiseen ympäristöön. Erityisen suurta huolta herättävät järjestelmät, jotka vaativat laitostoimittajan ohjelmoinnin ennen käyttöönottoa. Yhtenä hyvänä esimerkkinä on karamoottori, jonka tehtävänä on arinoiden liikuttelu (kuva 19). Kun muissa Kalajoen Lämmön laitoksissa tämä on toteutettu hydraulilla, niin Aritermin toimittamassa laitoksessa toteutus on tehty elektronisella karamoottorilla, joka tarvitsee laitostoimittajan ohjelmoinnin toimiakseen (kuva 20).



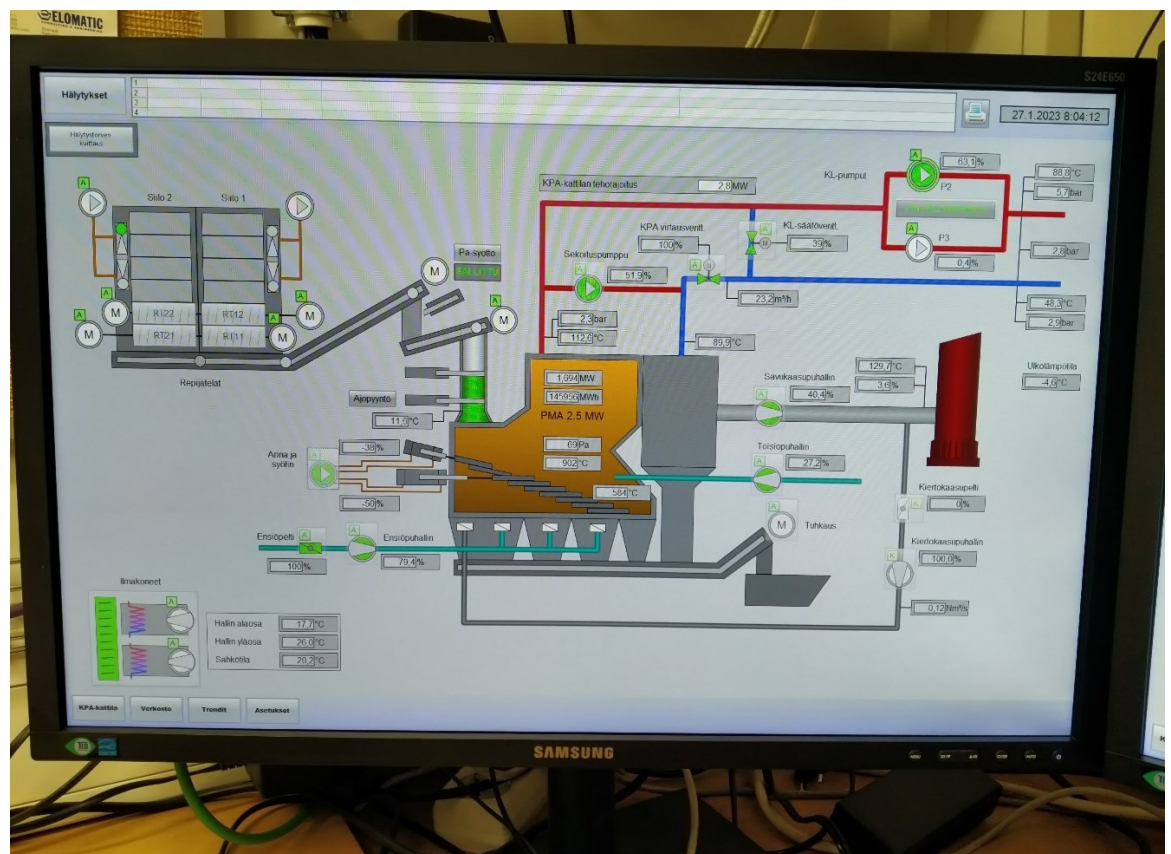
Kuva 19. Karamoottori polttimen päässä asennettuna (Remes 2023)



Kuva 20. Karamoottorin piirikortti irrotettuna vikaselvitystä varten (Remes 2023)

## 7 Hiekkasärkkien ja Himangan laitosten kriittisyyskartoitus sekä eri KPA-laitosten vertailu

Pirkonsuon laitosvierailun jälkeen oli vuorossa Hiekkasärkkien sekä Himangan laitokset. Kävin molemmissa laitoksissa omina päivinä, jotta minulla oli aikaa perehtyä aiempiin havaintoihin sekä muistiinpanoihin, joita olin tehnyt vierailujen aikana ja muuttaa vierailun painopistettä tarvittaessa. Vaikka laitokset muistuttavat ulkoisesti toisiaan, niin vasta tarkemmalla perehtymisellä pääsi havaitsemaan laitosten eroavaisuudet. Nämä eroavaisuudet saivat myös tekemään uusia havaintoja toisten laitosten osalta, kun esimerkiksi jokin järjestelmä olikin aiheuttanut pidempiä katkoksia, kun muissa vastaava järjestelmä ei ollut aiheuttanut häiriöitä laisinkaan. Tämä lisäsi havaintopisteitä sekä näkökulmaa, kun laitosten kriittisyyttä pystyi arvioimaan kolmen erilaisen historian sekä käytön pohjalta. Vaikka jälkimmäiset laitokset ovat kattiloiden sekä suunnittelun puolesta vanhempia, niin on näissäkin päivitetty hallinta- ja ohjausjärjestelmä vastaamaan nyky päivän vaatimuksia, kuten kuvasta 21 käy ilmi. Visuaalinen käyttöliittymä kertoo selkeästi laitteiston tilan sekä mahdollisen häiriön sijainnin.



Kuva 21. Himangan lämpölaitoksen käyttöjärjestelmän hallintanäkymä (Remes 2023)

Himangan ja Hiekkasärkkien laitokset ovat tekniikaltaan toisiaan muistuttavia, mutta pieniä eroavaisuuksia muodostuu laitostoimittajien sekä historian myötä. Operaattoreiden kanssa käydyissä keskusteluissa kävi nopeasti ilmi, että kahdella laitoksella ei ole samankaltaisia häiriöitä sekä haasteita, kuin mitä oli esimerkiksi Pirkonsuon laitoksessa. Kahden vanhemman laitoksen eniten työllistävät häiriöt liittyivät useimmiten antureiden sekä ohjausjärjestelmien häiriöihin, jotka yleensä ratkeavat joko järjestelmien uudelleen käynnistyksellä taikka tarvittaessa antureiden huollolla tai vaihdolla. Järjestelmissä ei ole erikseen kuluvia osia, jotka vaativat laitostoimittajan ohjelmointia, vaan lähes kaikki toimilaitteet ovat yleisiä muissakin laitosympäristöissä. Kaikkien kolmen laitoksen vierailun pohjalta voikin nopeasti todeta, että yksinkertainen järjestelmä antaa toimintavarmuutta ja että modernilla optimoinnilla voidaan saavuttaa korkeampi hyötysuhde mutta tällöin kriittisten kohteiden määrä todennäköisesti kasvaa.

Kahden laitoksen operaattoreiden haastatteluissa kriittisimmät kohteet:

- Polttoaineensyötön alapellin logiikkahäiriöt
- Varavirtajärjestelmien häiriöt taikka järjestelmien vanheneminen (valtakunnanverkon häiriöt)
- Antureiden taikka ohjausjärjestelmien häiriöt

Vanhemmat laitokset olivat haastatteluiden sekä laitoskierroksen pohjalta yksinkertaisempia sekä konetekniikan- ja kunnossapidonnäkökulmasta tarkasteltuna toimintavarmoja Pirkonsuon lämpölaitokseen verrattuna. Vaikka laitosten toimintaa voisi kehittää, niin kustannusten kannalta laitokset toimivat jo nyt erinomaisesti. Molempien laitosten osalta prosessin pysäyttäviä tekijöitä on lähinnä sähköverkon, ohjausjärjestelmien taikka käyttäjän virheistä johtuvat toimintahäiriöt. Valtaosa näistä häiriöistä on huomioitu jo huoltojen sekä kehitystoimien puolesta, jolloin ainoaksi mahdolliseksi kehityskohteeksi kahden vanhemman laitoksen osalta olisi järjestelmien yhtenäistämisen. Tällöin esimerkiksi varaosavarasto pystyisi olemaan kriittisten varaosien, kuten venttiilien, antureiden, puhallinmoottoreiden sekä sähkölaitteiden osalta yhteinen kahdenlaitoksen kesken. Tästä kuitenkin lisää kohdassa 10. Huoltovarmuuden kehittäminen.

## 8 Laitehierarkia

Kalajoen Lämmöllä ei ollut työn aloitusvaiheessa minkäänlaista laitehierarkiaa käytössä laitoksista vaan huolto- sekä kunnossapitotoimia suoritettiin irrallisina tehtävälisäuksina. Havaitinkin heti opinnäytetyön aloitusvaiheessa tarpeen laitehierarkian muodostamiselle, sillä vaikka prosessien etenemistä pystyi seuraamaan graafiselta toiminnanohjausjärjestelmältä, niin se ei silti mahdollistanut yksittäisten toimilaitteiden paikallistamista järjestelmästä. Kun laitehierarkiaa ei ollut saatavilla mistään laitoksesta, niin päätin ensimmäisenä perehtyä tarkemmin Pirkonsuon lämpölaitoksen aineistoihin, jotka olivat saatavilla sähköisinä versioina.

Ensimmäisenä yrityksenä laitehierarkian suhteen oli kysyä apua laitostoimittaja Aritermiltä (Arterm Service Oy), mutta heilläkään ei ollut toimittaa lisädokumentointia jo laitoksen mukana tulleiden aineistojen tueksi. Tällöin ainoat työkalut, joiden avulla lähteä etenemään olivat laitoksen PI-kaavio, oma henkilökohtainen perehtyminen, henkilökunnan haastattelut sekä varaosa- ja laiteluettelot. Vaikka varaosa- ja laiteluettelot sisälsivät kattavasti toimilaitteita ja ne oli jaoteltu omien prosessien taikka käyttökohteiden alle, niin suoraa laiteluettelon muodostamista ei tältä pohjalta pystynyt tekemään, vaan jokaiseen prosessiin ja toimilaitteeseen piti perehtyä tapauskohtaisesti. Tällöin sai myös erinomaisen kokonaiskuvan laitteiston sisällöstä sekä saatavuudesta, kun joutui perehtymään esimerkiksi ensiöpuhaltimien sähkömoottoreiden sekä roottoreiden rakenteisiin sekä toimittajiin. Samalla myös tuli selväksi se, ettei automatiikkaa taikka valtaosaa sähköjärjestelmistä kannata sisällyttää samaan hierarkiaan, sillä niiden tulkintaan sekä merkitsemiseen tulisi olla sähkö- ja automatiikan erikoisosaaja.

Aloin muodostamaan laitehierarkiaa polttoaineen kulun mukaisesti prosessi kerrallaan. Tavoitteena oli muodostaa selkeä järjestelmä, jonka avulla tietyn toimilaitteen paikantaminen onnistuisi mahdollisimman selkeästi käytön kannalta. Loin ensimmäisen version käyttäen Microsoft Wordin otsikointia, jolloin sisältöjä pystyi sulkemaan sekä avaamaan, kuten yleisesti käytetyissä huollon toiminnanohjausjärjestelmissä.

Koska laitehierarkian muodostaminen ei ollut osa alkuperäistä työsuunnitelmaa, niin sen lopullista sisältöä ei tarkastettu tarkemmin työn tilaajan kanssa. Laitehierarkiaa tehdessä kävi selväksi, että mikäli jokaiseen laitokseen halutaan tehdä kriittisyysanalyysit, niin tulisi jokaisella laitoksella olla oma laitehierarkiansa. Laitehierarkia on olennainen osa huolto- ja kunnossapitotoimintojen ylläpitoa. Vaikka itse laitehierarkia toimii vain laitekannan karttana, niin suurempi hyöty siitä voidaan saada yhdistämällä laitehierarkia kunnossapitojärjestelmän kanssa, jolloin toimilaitteiden

toiminnallisen sijainnin lisäksi voidaan eri laitekorttien alle lisätä tietoa, kuten huoltosuunnitelman, tekniset tiedot, varaosalinkitykset sekä huoltohistoria. Nyt muodostettu laitehierarkia on tehty Word-tiedostoon hyödyntäen Wordin otsikoinnin mahdollistamaa sisällön sulkemis- ja avausominaisuutta, joka on erittäin samankaltainen yksinkertaisimpien kunnossapitojärjestelmien kanssa. Kuvassa 22 havainne muodostetusta laitehierarkiasta.

## LAITEHIERARKKIA - Pirkonsuo

### KATTILA K1 – 4,0 MW(Pelletti)

- ▶ ○ Polttoaineen syöttö
  - Poltin 1 – 2,0 MW
    - ▶ ▪ Polttimen nestelinja
    - ▶ ▪ Tulipesän painekeytkin
    - Polttimen arinat
      - *Liikkuvat arinat*
        - ▶ ○ Karamoottori
      - ▶ • *Kiinteät arinat*
    - Optinen liekinvalvonta
    - Ensiöpuhaltimet
      - *Ensiöpuhallin 1*
        - ▶ ○ Sähkömoottori
        - ▶ ○ Roottori
        - ▶ ○ Sulkupelti
        - Ilmamäärämittaus
      - ▶ • *Ensiöpuhallin 2*

Kuva 22. Opinnäytetyötä varten muodostettu laitehierarkia [Liite 1.]

Laitehierarkian avulla pystyin hahmottamaan kriittiset toimilaitteet helpommin itselleni. Samalla tavoitteena on näyttää asiakkaalle, kuinka laitehierarkiaa hyödyntävä kunnossapitojärjestelmä voisi toimia yrityksen huoltotoimintojen sekä varaosahankintojen tukena.

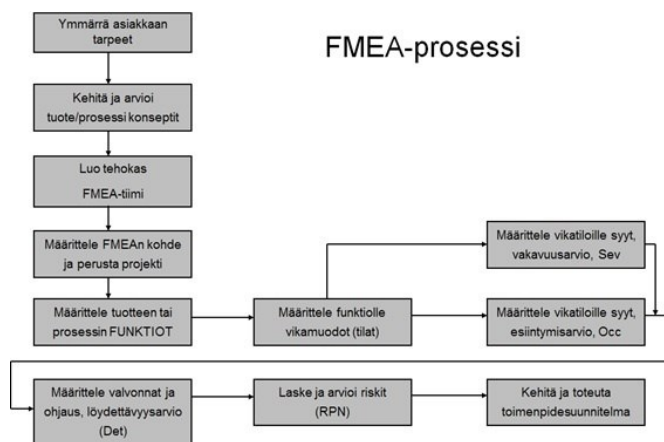
## 9 Kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysi on osa ehkäisevää kunnossapitoa ja analyysin avulla tuotteet luokitellaan yleensä joko kolmeen tai viiteen eri kriittisyysluokkaan.

Pohdittaessa mahdollisia menetelmiä kriittisyysanalyysin toteuttamiseksi kävimme toimeksiantajan kanssa läpi mahdollisia menetelmiä. Olin tehnyt ennakkotutkimusta samasta aiheesta aiemmin toteutettujen opinnäytetöiden avulla ja näiden sai selkeän kuvan tehtävän vaatimista lähtötiedoista sekä siihen mahdollisesti käytettävistä menetelmistä. Yleisimmät menetelmät, joita oli käytetty aiemmissa kriittisyysanalyyseissa, olivat SFS 5438, joka käsittelee suoraan teollisuuden luotettavuuden analysointia, sekä PSK – 6800, jonka pääpaino on teollisuuden laitteiden kriittisyysluokittelussa.

### 9.1 SFS 5438 -järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät eli vika-vaikutusanalyysi

Itse SFS 5438 oli jo vanhentunut ja siitä viimeisin korvaava versio SFS-EN IEC 60812:2018 on julkaistu vain englanninkielisenä versiona, joten sen hankintaa ei nähty tässä vaiheessa tarpeelliseksi. Lisäperusteena SFS:n vika-vaikutusanalyysin (VVA) käyttämättömyydelle tuli opinnäytetyön toimeksiantajan puolesta, kun perehdyimme suunnitteluvaiheessa menetelmässä käytettäviin keinoihin ja totesimme sen olevan tehokas, mutta samalla turhan työläs varsinkin, kun otti huomioon VVA:n toteutukseen vaaditut pohjatiedot. Vika-vaikutusanalyysiin kuuluu mm. FMEA-prosessi lomakkeineen. FMEA-prosessi on kuvattu tarkemmin kuvassa 22. [24.]



Kuva 23. FMEA-prosessin kaavio [24.]

## 9.2 PSK – 6800

PSK – 6800 käsittelee kriittisyysluokittelua jo kevyemmin, kuin SFS 5438 ja on varsinkin pohjati-  
tojen puolesta helpommin hyödynnettävä. Vaikka PSK – 6800 käsittelee aihetta jo kustannusnä-  
kökulmasta, niin asiakkaan toiveiden mukaan senkin hyödyntäminen sellaisenaan jätettiin pois,  
koska suoraan standardin mukana ollut pohja koettiin turhan työlääksi täyttää nykyisillä pohjati-  
doilla. PSK – 6800 -pohjataulukossa kriittisyydelle muodostetaan indeksiarvo hyödyntäen kuvan  
23 mukaisia pohjatietoja.

		Laitos Paperiteollisuus		Kriittisyysluokittelu kohde Vedenpuhdistamo		Tekijät		Versio		Päiväys		3.3.2008		Kriittisyyden raja-arvo		400		Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp		100	
Toimintopaikan tunnus	Toimintopaikan nimi	Vikaan-	Turvalli-	Ympäristö	Tuotannon-	Loppu-	Korjaus-	Kriitti-	Kriittisyyden												
		tumleväli (1...8)	suus (0...16)	0...16	menetyk- (0...4)	tuotteen laatuus- tunnus (0...4)	kustannus (0...4)		syye- indeksi	Ka	Ke	Kp	Kq	Kr							
		Painoarvo W→	30	20	100	30	20	K													
KO-6878	LIETEKOURUN KAAVIN SELKEYTYSALLAS 1	2	2	8	4	2	3	1480	120	320	800	120	120								
KO-6687	AVR-ANNOSTELURUUVI	3	4	4	0	0	0	600	120	240	0	0	0								
PU-6100	DISPERSIOILMAKOMPRESSORI	3	2	4	0	0	0	420	60	240	0	0	0								
PU-6220	RIKKIHAPPON ANNOSTELUPUMP. 2, FLOT.	2	4	2	0	0	0	320	240	80	0	0	0								
PU-6110	RIKKIHAPPON ANNOSTELUPUMP. 1, FLOT.	2	2	2	0	0	0	200	120	80	0	0	0								
PU-6585	FLOKKAUSALLAS 2 SEKOITIN 2	2	2	2	0	0	0	200	120	80	0	0	0								
PU-6385	FLOTTAATIOALLAS 2 KAAVIN	1	2	2	0	0	0	100	60	40	0	0	0								
PU-6988	SYÖTTÖPUMPPAAMON TYHJENNYSPUMPPU	2	2	0	0	0	0	120	120	0	0	0	0								
SE-6121	KANAALIN TYHJENNYSPUMPPU	2	2	0	0	0	0	120	120	0	0	0	0								
SE-6003	AVR-LIETOSÄILIÖN SEKOITIN	2	2	4	0	0	0	280	120	160	0	0	0								
SE-6002	FLOTTAATION LIETESÄILIÖN SEKOITIN	2	2	2	0	0	0	200	120	80	0	0	0								
SE-6754	POLYMEERIN LIUOTUSSÄ. SEKOITIN, FLOTTAATIO	2	2	4	0	0	0	280	120	160	0	0	0								
KO-6001	KANAALIN TYHJENNYSPUMPPU	2	2	0	0	0	0	120	120	0	0	0	0								
KO-6023	FLOTTAATIOALLAS 2 KAAVIN	1	0	2	0	0	0	40	0	40	0	0	0								
KO-6253	KIERTOVIESTIPUMPPU	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								

Kuva 24. PSK – 6800. Taulukko 2 Puhdistamon kriittisyysluokittelu [25.]

PSK – 6800 antoi kuitenkin hyvän idean indeksiluvun muodostamisesta ja tämän pohjalta lähdin tekemään asiakkaalle omaa taulukkoa, joka ottaa huomioon pelkästään kustannustekijöitä. Vaikka kustannustekijät ovat muuttuvia tekijöitä, niin silti niiden esittäminen esimerkiksi yhtiön hallitukselle on huomattavasti helpompaa kuin pelkän indeksiarvon taikka kriittisyysluokan esitely.

## 9.3 Soveltavan analyysin luominen

Koska asiakas halusi, että kriittisyysanalyysi huomioi taloudellisia riskejä, niin lähdin muodosta-  
maan PSK – 6800:n pohjalta vastaavaa taulukkoa, joka huomioi vain taloudelliset vaikutukset. Näin ollen lopullinen kriittisyysindeksi pystyy olemaan suoraan EUR-pohjainen, jolloin taulukkoa lukevan ei tarvitse erikseen pohtia nimikkeiden kiirehankinnan kustannusvaikutuksia. Tällöin

myös taulukossa olevien laskenta-arvojen muuttaminen on yksinkertaista, kun arvot voi päivittää suoraan taulukon tietoihin.

Taulukko laskee ”Kriittisyyden”, joka on suoraan nimikkeen hankinnan EUR-määräinen rivi-arvo. Kriittisyysluokka on taas asiakkaan määrittelemien arvojen mukainen luokittelu, mihin tuotteet jaetaan ennustettujen kustannusvaikutusten myötä. Valmiista taulukosta kaappaus kuvassa 25. ja tarkemmin taulukon näkee liitteessä 2.

#### Laitteiston kriittisyysluokittelu - Kalajoen Lämpö Oy

Laitos:		Pirkonsuo, pelletilämpökeskus 4MW										
KPA teho (MW)	4	KPA polttoaine €/MWh	50	Energian myynti alv0% €/MWh	55,2	POK polttoaine €/MWh	100	Kriittisyysluokka A-C				
								A mää-	17203			
								B maks-	17203			
								C maks-	8602			
Vikaantumisvaikutus		Eivätkä (0)		Vaihtaa tehokkuuteen (1)		Pysäyttää KPA tuotannon (2)		Pysäyttää KPA ja POK tuotannon (3)		Esträä tuotannon ja verkon toiminnan (4)		
Saataisuus		Omavarasto (0)		Toimittaja paikallinen (1)		Toimittaja keskusvarasto (2)		Tilausmie (3)		Ennuste (4)		
Vaihdettavuus		Omahenkijä (0)		Paikallinen asentaja (1)		Erikoisasentaja (2)		Valmistajan asentaja (3)				
Varaosa/nimi	Hinnite mro.	Malli/Posiio/Muu tunnitte	Kohde / Lisätietoja	Vikaantumis-vaikutus (0-4)	Saataisuus (0-4)	Toimitusaika (h)	Vaihdettavuus (0-3)	Vaihto aika (h)	Vaati ohjelmoinnin (Kyllä-Ei)	Kriittisyys	Kriittisyysluokka (A-C)	Hankinta- kustannus
Sulkytyö	14996	SP-11-000	Pelletsyöttö	2							0C	
Vaihdemoottori	15509	NMRV550	Pelletsyöttö	2							0C	
Vaihdemoottori	D01	proj_00396	Säilöruuvit	2							0C	
Ruuviösa	D01	proj_00396	Säilöruuvit / Tehdään kuvien mukaan	2							0C	
Vaihdemoottori	15075	CS052 (n=36,55)	Väliruuvit, syöttöruuvit	0							0C	
Ruuviösa	510002	proj_00396	Väliruuvit / Tehdään kuvien mukaan	2							0C	
Vaihdemoottori	10536	CS052 (n=72,83)	Tuuharuuvit / Tehdään kuvien mukaan	0							0C	
Ruuviösa	SP 10003	PS-13	Syöttöruuvi	0							0C	
Ruuviösa	ST30001	proj_00396	Tuuharuuvit	2							0C	
Sulkytyö	D01	JM-20	Savukaasuputari	2							0C	
Karamoottori	14357	LA36	Arimoottori	2							0C	
Annaohje	14880	BIM 1500-2000	Lukkuet ja kiinteät palat	2							0C	
			Pölyn / Liskuva asennusmitti	2							0C	

Kuva 25. Kalajoen Lämpö Oy:lle muodostettu kriittisyysluokittelun taulukko (Liite 2.)

Taloudellisiin vaikutuksiin listattiin seuraavat

- Vikaantumisvaikutus – huomioi, miten paljon nimikkeen vikaantuminen vaikuttaa tuotantoon.
- Saataisuus – ottaa huomioon esimerkiksi pikatoimituksen kustannukset.
- Toimitusaika – laskee tuotannonmenetystä.
- Vaihdettavuus – ottaa huomioon ulkoisen asentajan kustannukset.
- Vaihto aika – laskee tuotannon menetyksen sekä vaihtokustannukset.
- Vaatii ohjelmoinnin – huomioi mahdolliset ohjelmointikustannukset.

Vaikka taulukko oli alkuun haastava rakentaa, niin lopullinen taulukko toimii selkeänä työkaluna kustannusten arviointiin ja sitä kautta toimii perusteena esimerkiksi varastopaikan perustamiseksi taikka toimittajan varastointisopimuksen tekoon. Taulukon laskenta-arvojen muokkaaminen on yksinkertaista ja kriittisyysluokkien raja-arvoja voi tarvittaessa muuttaa esimerkiksi kesken kokouksen.

Jotta kaikki muuttujat sekä arvot saadaan syötettyä jokaisen nimikkeen alle, niin tarvitaan sitä varten dataa osien vaihtoon sekä toimitukseen kuluva ajasta. Tällä hetkellä pystyisi vielä selvittämään varaosien saatavuuden sekä hinnan, mutta koska nimikkeistä ei ole tarkkoja EAN- tai LVIS-numeroita, niin tietojen kerääminen sekä tarkistus vaatisi liikaa aikaa, varsinkin asiakkaan yrityksen ulkopuolisen henkilön tekemänä. Nämä tiedot on siis helpointa kerätä nykyisen toiminnan ohessa itse käyttäjien tekemänä.

## 10 Huoltovarmuuden kehittäminen

Jo laitoksiin tutustumisvaiheessa tuli selväksi, että kaksi vanhempaa laitosta toimii nykyisillä järjestelmillä varmemmin kuin Pirkonsuon laitos. Vanhempien laitosten osalta tärkeimmät huoltovarmuuteen liittyvät päivitykset koskevat lähinnä sähköjärjestelmiä sekä niiden toimintavarmuuden parantamista. Himangan ja Hiekkasärkkien lämpölaitosten kehittämisen kannalta olisikin suotavaa, että niiden kehittämiseen hyödynnettäisiin sähkö- ja automaatioteknologiaan erikoistuneita henkilöitä.

Varaosavaraston sekä ylläpidon näkökulmasta ainoa kehityskohde, jonka nykyisellä perehtymisellä voi antaa, olisi aloittaa selvitys lämpölaitosten yhtenäistämisestä. Vanhempien laitosten osalta muutokset eivät välttämättä ole kovin haastavia, mikäli muutoksella pyritään vähentämään ainoastaan kulutusosien valikoimaa. Mikäli muutoksella halutaan yhtenäistää myös seuranta- sekä ohjausjärjestelmät, niin tämä saattaa monimutkaistaa kehitystä ja näin ollen nostaa kustannuksia. Nykyisen kolmen erilaisen lämpölaitoksen varaosien valikoima kasvaa sen verran laajaksi, että moni kriittinenkin osa saattaa pahimmassa tapauksessa vanhentua hyllylle, joten olisi suotavaa pyrkiä minimoimaan pienet poikkeamat komponenttien välillä. Suurempi haaste yhtenäistämisen kannalta on Pirkonsuon lämpölaitos. Laitoksen polttoaineen sekä tuhkan käsittelyä ei ole missään tilanteessa kannattavaa lähteä muokkaamaan, mutta esimerkiksi ilmansyötön sekä arioiden liikuttelun osalta, voisi tehdä tarkemman selvityksen, mikäli näitä järjestelmiä voisi yksinkertaistaa.

Kaikkien laitosten yhteisiä kehityshankkeita sen sijaan voi olla useita. Kaikki kehitys kohteet on listattu taulukossa 9. Esimerkiksi korvausilman esilämmitys sekä koneellinen ohjaus voisi parantaa palamisprosessin energiatehokkuutta varsinkin Pirkonsuon lämpölaitoksen osalta. Nykyisin korvausilma tulee sisään kylmänä painovoimaisesti samalla viilentäen verkkoon lähteviä sekä kattilan sekoitukselle meneviä putkia, jotka sijaitsevat suoraan korvausilmaventtiin kohdalla.

Vaikka kehityskohteissa on mahdollisuudet toimintavarmuuden parantamiseen taikka pitkän aikavälin tuottoon, niin kannattaa muutosten ja hankkeiden soveltuvuus sekä kannattavuus tarkistaa aina tapaus- sekä toimittajakohtaisesti. Tällä hetkellä energia-alalla on paljon hankkeita, jotka alkuun vaikuttavat kannattavilta, mutta muutokset alueen teollisuudessa taikka investoinneissa saattavat muuttaa kannattavuuslaskemia jo lyhyelläkin aikavälillä, mikä taas johtaa hankkeiden taikka suunnitelmien peruuntumisiin/lykkäyksiin.

Taulukko 9. Arvio Kalajoen Lämpö Oy:n mahdolliset kehityskohteet (Remes 2024)

Kehityskohde	Selite	Kustannus	Toteutettavuus
Toimilaitteiden yhtenäistäminen	Selvitystyö laitosten yhtenäistämisen osalta	Pieni	Selvitystyö
Sähkö- ja automatiikkajärjestelmien kehitys	Selvitystyö sähköjärjestelmien toimintavarmuuden osalta	Pieni	Selvitystyö
Huollon- ja kunnossapidon sähköinen järjestelmä	Tuotteiden tiedot sekä huollot sähköiseen seurantaan	Selvitettävä (Kohtalainen)	Selvitettävä/ toteutettavissa
Varaosavarasto kuluville toimilaitteille	Yhdenkaltaistettujen toimilaitteiden keskitetty varasto	Kohtalainen	Selvitettävä
Aurinkokeräimet laitosten katolle/pihalle	Sähkön- ja/tai lämmöntuotantoa	Kohtalainen	Toteutettavissa
Lisäsiilo Pirkonsuolle	Polttoaineen puskuri varastoa	Kohtalainen/ Korkea	Toteutettavissa
Varaosavarasto nykyisille kulutusosille	Varastot jokaisen lämpölaitoksen yhteyteen	Korkea	Toteutettavissa
Korvausilman koneellinen ohjaus sekä esilämmitys	Energiätehokkuuden parantaminen tasaisemmalla lämpötilalla	Korkea	Toteutettavissa
Savukaasupesuri	Energiätehokkuuden parantaminen savukaasujen lämmöntalteenotolla	Erittäin korkea	Selvitettävä/ toteutettavissa
Energiavarasto	Sähkön- ja/tai energian varastointi tuotantotilojen yhteydessä	Erittäin korkea	Selvitettävä/ toteutettavissa
Sähkökattila	Edullisen sähkön hyödyntäminen kaukolämmön tuotannossa	Erittäin korkea	Selvitettävä/ toteutettavissa

## 11 Yhteenveto

Opinnäytetyö tehtiin Kalajoen Lämpö Oy:n toimeksiannosta. Työn tärkeimpiä tavoitteita oli saada muodostettua kriittisyysanalyysi laitosten toimilaitteille, jonka perusteella pystyisi harkitsemaan sekä mahdollisuuksien mukaan toteuttamaan varaosavaraston lämpölaitosten tarpeisiin. Nykyisillä laitoksilla sekä laitoksista saaduilla tiedoilla, ei kaikkien laitosten yhteistä varaosavarastoa voi suositella ja mikäli kaikkia kulutusosia haluaa varastoon, niin nykyisen tuotevalikoiman näkökulmasta se ei välttämättä ole kannattavaa.

Laitoksiin tutustuminen oli erittäin opettavaista ja varsinkin vanhempien laitosten edut uudempaan laitokseen verrattuna laitto huomioimaan kokonaisuuksien elinkaarikustannuksia, jotka saattavat johtua yksittäisistä toimilaitteista taikka varaosista. Opinnäytetyön tuloksena muodostin yhden laitoksen osalta laitehierarkian toimilaitteiden osalta. Tämä ei ollut alkuperäisessä suunnitelmassa, sillä oletin laitehierarkian löytyvän yritykseltä ennakkoon tai että kunnossapitojärjestelmästä olisi saanut kyseiset tiedot. Pohjatietojen vähäisyys pääsi yllättämään minut täysin ja antoi hyvän opetuksen tietojen varmistamisesta etukäteen jatkossa.

Ariterm on laitostoimittajana tehnyt hienon kaukolämpölaitoksen, joka kuitenkin kompastuu huollon- sekä käytönohjeisiin. Yhtiö julkaisi 1.10.2024 jo vuonna 2023 tehdyn käyttö- ja huolto-ohjeen, joka ottaa kantaa myös varaosien kriittisyyteen. Valitettavasti varaosien listauksessa ei ole kaikkia nimikkeitä, mitkä ovat Aritermin asiakkaalle toimittamassa varaosalistauksessa, mutta sitä kannattaa käyttää pohjana Pirkonsuon varaosavaraston osalta. Vastaavat haasteet piinasivat Pirkonsuon aineiston osalta opinnäytetyön alusta saakka useampaan otteeseen. Aineistot olivat joko osittain ristiriidassa keskenään taikka, sitten tiedot olivat hajallaan useammassa eri paikassa. Pelkästään Pirkonsuon laitoksen kokemuksien myötä tulen jatkossa olemaan tarkka, mikäli työtehtäviini liittyy vastaavien järjestelmienhankintoja taikka -ylläpitoa.

Opinnäytetyön toteutuksessa oli omat haasteensa oman päivätyön sekä tilaajan aikataulujen yhteen sovittamisen osalta. Työn tuloksina sain tuotettua toimeksiantajalle hyvän näkemyksen kehitystarpeista laitetietojen- sekä varaosienhallinnan osalta. Toimeksiantajan toivomusten mukaan toteutettu Excel-työkalu on joustava ja sen avulla kerättyjen tietojen lisätäydennys voidaan tehdä myöhemmin muun toiminnan ohessa. Työkalulla saatuja tuloksia voidaan arvioida ja sisältöä tarvittaessa päivittämään itse. Työkalua sekä muita saatuja tuloksia tullaan käyttämään yhtiön kehityshankkeissa.

## Lähteet

- 1 Moilanen V. Elomatic Oy. Kalajoen kaupunki –Uusiutuvan energian kuntakatselmus (katselmusraportti). [Internet]. 2020 [viitattu 18.3.2023]. Saatavilla: [https://kalajoki.fi/wp-content/uploads/2020/12/Uusiutuvan-energian-kuntakatselmus\\_Kalajoki.pdf](https://kalajoki.fi/wp-content/uploads/2020/12/Uusiutuvan-energian-kuntakatselmus_Kalajoki.pdf)
- 2 Huttunen N. Energiateollisuus ry. Kaukolämmön tuotanto, kulutus, tuotantokapasiteetti sekä polttoaineet alueittain v. 2021. [Internet]. 2023 [viitattu 24.3.2023]. Saatavilla: [https://energia.fi/files/7478/KL\\_Alueellinen\\_2021\\_paivitetty\\_30012023.xlsx](https://energia.fi/files/7478/KL_Alueellinen_2021_paivitetty_30012023.xlsx)
- 3 Huttunen N. Energiateollisuus ry. Kaukolämmön hinnat tyyppitaloissa eri paikkakunnilla. [Internet]. 2023 [viitattu 24.3.2023]. Saatavilla: [https://energia.fi/tilastot/kaukolampotilastot/kaukolammon\\_hinta](https://energia.fi/tilastot/kaukolampotilastot/kaukolammon_hinta)
- 4 Maanmittauslaitos. Karttapaikka. [Verkkopalvelu]. 2023 [viitattu 19.4.2023]. Saatavilla: <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka>
- 5 Ariterm Service Oy. Referenssit/Materiaalipankki [Internet]. 2023 [viitattu 2.5.2023]. Saatavilla: <https://ariterm.fi/>
- 6 Kerttula J. Energiateollisuus ry. Energiavuosi 2022, Kaukolämpö. [Internet]. 2023 [viitattu 24.3.2023]. Saatavilla: [https://energia.fi/energiasta/energiantuotanto/kaukolammon\\_tuotanto](https://energia.fi/energiasta/energiantuotanto/kaukolammon_tuotanto)
- 7 Huttunen N, Wilhelms T. Energiateollisuus ry. Energiavuosi 2022, Kaukolämpö. [Internet]. 2023 [viitattu 24.3.2023]. Saatavilla: [https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/energiavuosi\\_2022\\_-\\_kaukolampo.html#material-view](https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/energiavuosi_2022_-_kaukolampo.html#material-view)
- 8 Juuti P, Kakko T. Yle Uutiset. Energiakriisi ei kohtele kaukolämmittäjiä tasaisesti – katso, miten kaupunkisi hinnat ovat ehtineet muuttua ja miltä jatko näyttää. [Internet]. 2022 [viitattu 13.4.2023]. Saatavilla: <https://yle.fi/a/3-12612881>
- 9 Juuti P. Yle Uutiset. 250 miljoonaa maksanut biolämpölaite otettiin käyttöön – sitten energiayhtiö sai kuulla, ettei metsien käyttö olekaan kestäväällä pohjalla. [Internet]. 2023 [viitattu 13.4.2023]. Saatavilla: <https://yle.fi/a/74-20017852>

- 10 Lindholm P. Yle Uutiset. Suomen ensimmäinen geoterminen kaukolämpölaitos valmistui myöhässä ja matalana – lopputulos kuvaa koko alan nykytilaa. [Internet]. 2023 [Viitattu 22.4.2023]. Saatavilla: <https://yle.fi/a/74-20021314>
- 11 Juuti P. Yle Uutiset. Pienydinvoimalat ovat todellisuutta jo muutaman vuoden päästä – selvitimme, millaisiin paikkoihin niitä voitaisiin Suomessa sijoittaa. [Internet]. 2022 [Viitattu 22.4.2023]. Saatavilla: <https://yle.fi/a/3-12664757>
- 12 Isomäki S. Yle Uutiset. Tamperelaisia lämmittää pian jättimäinen ”vedenkeitin” – uusi sähkökattila tuottaa kaukolämpöä silloin, kun pörssisähkön hinta on alimmillaan. [Internet]. 2022 [Viitattu 22.4.2023]. Saatavilla: <https://yle.fi/a/74-20008409>
- 13 Hillamo H. Energiateollisuus ry. Energiavuosi 2022, Kaukolämpö. [Internet]. 2023 [viitattu 9.4.2023]. Saatavilla: <https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/kaukolampoverkot>
- 14 Hillamo H. Energiateollisuus ry. Kaukolämmön keskeytykset ovat harvinaisia. [Internet]. 2023 [Viitattu 9.4.2023]. Saatavilla: [https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/kaukolammon\\_keskeytykset](https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/kaukolammon_keskeytykset)
- 15 Hillamo H. Energiateollisuus ry. Kaukolämpöalalta iso ilmastoteko. [Internet]. 2023 [Viitattu 9.4.2023]. Saatavilla: [https://energia.fi/energiapolitiikka/vahahiilisyiden\\_tiekartta/puhdistuva\\_energia/puhdistuva\\_kaukolampo/kaukolammon\\_murros](https://energia.fi/energiapolitiikka/vahahiilisyiden_tiekartta/puhdistuva_energia/puhdistuva_kaukolampo/kaukolammon_murros)
- 16 Jätelaitosyhdistys ry - JLY. Energiahyödyntäminen. [Internet]. 2017 [Viitattu 17.5.2023]. Saatavilla: <http://vanha.jly.fi/energia1.php?treeviewid=tree3&nodeid=1>
- 17 Euroopan unionin neuvosto. EU:n rajoittavat toimenpiteet Venäjää vastaan Ukrainan tilanteen johdosta (vuodesta 2014). [Internet]. 2023 [Viitattu 13.5.2023]. Saatavilla: <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/sanctions/restrictive-measures-against-russia-over-ukraine/>
- 18 European Union - Eurostat. Russian energy imports fell by €6.1 billion. [Internet]. 2022 [Viitattu 13.5.2023]. Saatavilla: <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/ddn-20221122-3>
- 19 Lähteenmäki L. Yle Uutiset. Kaukolämpöverkostot täyttyvät vedyn hukkalämmöstä, jos vetyhankkeet toteutuvat. [Internet]. 2023 [Viitattu 23.11.2023]. Saatavilla: <https://yle.fi/a/74-20048414>

- 20 Alakangas E, Hurskainen M, Laatikainen-Luntama J, Korhonen J. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. [Internet]. 2016 [Viitattu 16.4.2023]. Saatavilla: <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2016/T258.pdf>
- 21 Bioenergia ry. Pellettienergia. [Internet]. 2023 [viitattu 16.4.2023]. Saatavilla: <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/pellettienergia/>
- 22 Helen Oy. Pelletti korvaa kivihiilen käyttöä Salmisaassa. [Internet]. 2023 [viitattu 18.5.2023]. Saatavilla: <https://www.helen.fi/uutiset/2023/pelletti-korvaa-kivihiilen-kayttoa-salmisaassa>
- 23 Kalajoen Lämpö Oy. Pirkonsuon lämpölaitoksen tekninen dokumentaatio. [Intranet]. [viitattu 26.5.2024].
- 24 Metropolia - Wiki. SFS 5438 Järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät eli vika-vaikutusanalyysi [Internet]. 2014 [viitattu 17.5.2023]. Saatavilla: <https://wiki.metropolia.fi/pages/viewpage.action?pageId=291248237>
- 25 PSK 6800. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. PSK Standardisointi. 2008. Saatavilla: <https://psk-standardisointi.fi/standardit/>

# LAITEHIERARKKIA - Pirkonsuo

## KATTILA K1 – 4,0 MW(Pelletti)

- Polttoaineen syöttö
  - Pellettsiilo 1
    - *Siilokouru*
      - Siiloruuvi
      - Siiloruuvin moottori
      - Pudotusputki joustava
  - Pellettsiilo 2
  - Jakosuppilo
  - Pellettsiötin 1 - PS13
  - Pellettsiötin 2 - PS13
- Poltin 1 – 2,0 MW
  - Polttimen nestelinja
    - *Ylikuumenemissuoja*
    - *Jäähdytuspumppu*
    - *Varoventtiili*
    - *Tyhjennysventtiili*
    - *Sulkuventtiili 1*
    - *Sulkuventtiili 2*
    - *Sulkuventtiili 3*
  - Tulipesän painekeytkin
  - Polttimen arinat
  - Optinen liekinvalvonta
  - Ensiöpuhaltimet
  - Toisiopuhaltimet
  - Tertiäripuhaltimet
  - Sytytyspuhaltimet
  - Lämpösuojaus

- Poltin 2 – 2,0 MW
- Tuhkanpoisto
- Savukaasujen käsittely
- Kattilan erillisvarusteet
- Kattilahallin ilmanvaihto
- Menolinja
- Paluulinja

### Laitoksen yhteinen laitteisto

- Kaukolämpö meno
  - Kaukolämpöpumppu P1
  - Kaukolämpöpumppu P2
  - Kaukolämpöpumppu P3 (VARA)
  - Ohituskierto
  - Mittaukset
- Kaukolämpö paluu
- Junnikkalan tiedot

KATTILA K2 – 2,0 MW(POK)

KATTILA K3 – 4,0 MW(POK)

KATTILA K4 – 4,0 MW(POK)





