

Paavo Kuusela

## Ennakkohuolto-ohjelma Vaalan

kaukolämpölaitokselle



Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Kevät 2019



KAMK • University  
of Applied Sciences

## **Tiivistelmä**

**Tekijä(t):** Kuusela Paavo

**Työn nimi:** Ennakkohuolto-ohjelma Vaalan kaukolämpölaitokselle

**Tutkintonimike:** Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

**Asiasanat:** Kunnossapito, kaukolämpölaitos, huolto-ohjelma

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Vaalan Vesi ja Lämpö Oy. Yritys vastaa vedenjakelusta ja kaukolämmöntuotannosta Vaalan kunnan alueella. Yritys tuottaa kaukolämpöä Vaalan kunnan taajamassa kahdella arinakattilalla, keskimääräinen vuotuinen myyty lämpöenergia on noin 11 000 MWh ja liikevaihto noin 1,2 miljoonaa euroa.

Työn tarkoituksena oli laatia ennakkohuolto-ohjelma Vaalan kaukolämpölaitokselle. Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa kaukolämpölaitoksen ennakkohuoltoa ja saada laitoksen toimintavarmuutta parannettua.

Työssä perehdyttiin kaukolämpölaitoksen toimintaan ja kaukolämpölaitoksen kunnossapitoon liittyviin toimintoihin. Huolto-ohjelman avulla turvataan kaukolämpölaitoksen käyttövarmuus ja mahdolliset viikautumiset pyritään välttämään. Opinnäytetyön pohjalta laadittiin kaukolämpöä tuottavalle laitokselle huolto-ohjelma ja laitteistolle huoltokortit, joista ilmenevät huoltojen ajankohdat ja toimenpiteet.

## **Abstract**

**Author(s):** Kuusela Paavo

**Title of the Publication:** Preliminary maintenance program for Vaala district heating plant

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

**Keywords:** Maintenance, district heating, maintenance program

This thesis was commissioned by Vaalan Vesi and Lämpö Oy. The company is responsible for water supply and district heat production in the municipality of Vaala. The company produces district heating in the municipality of Vaala with two grate boilers, the average annual heat sold is about 11,000 MWh and the turnover is approximately EUR 1.2 million.

The purpose of the thesis was to prepare a preventive maintenance program for the Vaala district heating plant. The aim of the thesis was to improve the preventive maintenance of the plant and to improve the operational reliability.

The work focused on the operations of the district heating plant and the operations related to the maintenance. The maintenance program ensures the reliability of the district heating plant and avoids possible failures. Based on the thesis, a maintenance program was prepared for the district heating plant and maintenance cards for the equipment showing the dates and measures of the maintenance.

## **Alkusanat**

Haluan kiittää Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:tä sekä erityisesti toimitusjohtaja Kalle Kurttia todella mielenkiintoisen opinnäytetyön aiheen antamisesta. Lisäksi suuri kiitos koko Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n työntekijöille mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö päivätyön ohessa. Kiitos myös läheisille, ystäville ja perheelleni valtavasta tuesta tämän projektin aikana.

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Työn tausta ja tavoite .....	2
3	Vaalan Vesi ja Lämpö Oy .....	3
4	Kaukolämpö .....	6
4.1	Kaukolämpöprosessi .....	8
4.1.1	Lämpökeskus .....	8
4.1.2	Kiinteän polttoaineen kattila (KPA-kattila) .....	9
4.1.3	Polttoaineen käsittely .....	12
4.1.4	Polttoaineen kuljetus, vastaanotto ja varastointi .....	14
4.1.5	Lämmön siirto ja jakelu .....	15
4.2	Sähkölaitokset .....	17
5	Kunnossapito .....	19
5.1	Kunnossapidon määritelmä .....	20
5.2	Kunnossapidon kehittyminen ja sukupolvet .....	20
5.2.1	Ensimmäinen sukupolvi .....	21
5.2.2	Toinen sukupolvi .....	21
5.2.3	Kolmas sukupolvi .....	22
5.2.4	Neljäs sukupolvi .....	22
5.3	Ehkäisevä kunnossapito .....	23
5.3.1	Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu ja aikatauluttaminen .....	23
5.3.2	Häiriöseisokit ja niiden suunnittelu .....	24
5.4	Ehkäisevän kunnossapidon kannattavuus .....	25
5.5	Ehkäisevän kunnossapidon havainnointimenetelmät .....	26
5.6	Voiteluhuolto .....	27
6	Kaukolämpöjärjestelmän yleinen käyttö .....	29
6.1	Kaukolämpöjärjestelmän kunnossapito .....	30
6.2	Kaukolämpöverkoston kunnossapito .....	30
6.2.1	Painetaso ja keskipaine .....	32
6.2.2	Pumput .....	32

7	Ennakkohuolto-ohjelman toteutus .....	34
	7.1.1 Päivittäin suoritettavat käyttöjakson aikaiset tarkastukset .....	35
	7.1.2 Viikoittain tehtävät tarkastukset:.....	36
	7.1.3 Kuukausittain tehtävät tarkastukset: .....	36
	7.1.4 Puolivuositain tehtävät tarkastukset .....	37
	7.1.5 Vuosittain tehtävät tarkastukset ja huollot .....	37
	7.2 Yleisohjeita kattilalaitoksen hoitoon .....	38
	7.3 Polttoainevaraston tankopurkaimet .....	38
	7.4 Syöttökolakuljetin .....	38
	7.5 Giljotiinipelti .....	39
	7.6 Arinakattila .....	40
	7.7 Puhaltimet .....	43
	7.8 Märkäkolakuljetin.....	45
	7.9 Savukaasupuhdistin.....	48
	7.10 Kaukolämpöpumput .....	49
	7.11 Automaattinuohousjärjestelmä.....	51
8	Ennakkohuolto-ohjelman käyttöönotto yrityksessä .....	53
9	Yhteenveto .....	55
	Lähteet .....	56

Liitteet

## Symboliluettelo

<b>Arinapoltto</b>	Arinapoltto on esimerkiksi puuhakkeen ja turpeen polttomenetelmä, jolle on ominaista suuri kappalekoko sekä alhainen käyttötehotarve.
<b>BIO</b>	Lämpökattila, jossa voidaan polttaa haketta, turvetta ja pellettiä .
<b>CHP</b>	Combined heat and power, eli yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto.
<b>Konvektio</b>	Konvektiolla tarkoitetaan lämmön siirtymistä kaasussa tai nesteessä lämmön aiheuttamien virtausten mukana.
<b>KPA</b>	Kiinteän polttoaineen kattila
<b>Multisykloni</b>	Multisykloni on useasta syklonista koostuva hiukkaserotin.
<b>Mpuk</b>	Kiinnivaahdotettu kaksijohtoputki, jossa on sekä meno- että paluupuolen virtausputket. Putkille on yhteinen polyeteeni suojaputki, joka on kiinnitetty polyuretaanieristeellä yhteen.
<b>MWh</b>	Megawattitunti
<b>ORC</b>	Organic rankine cycle, eli rankine-kiertoprosessi orgaanisella kiertoaineella.
<b>POK</b>	Kevyen polttoöljyn lyhenne
<b>POR</b>	Raskaan polttoöljyn lyhenne
<b>Pyrolyysi</b>	Pyrolyysillä tarkoitetaan poltettavan materiaalin hajottamista lämmittämällä materiaali erittäin korkeaan lämpötilaan päästämättä happea osallistumaan reaktioon.
<b>Tulipesä</b>	Kaukolämpökattilan arinan osa, jossa palamisprosessi alkaa.
<b>2Mpuk</b>	Kiinnivaahdotettu yksiputkijohto, jossa on erilliset meno- ja paluujohdot. Molemmille putkille on omat polyeteenisuojakuoret, jotka on liitetty polyeteenieristeellä kiinteästi yhteen.

## 1 Johdanto

Työn tarkoituksena oli tarve laatia ennakkohuolto-ohjelma kaukolämpölaitoksen huoltamiseen. Työn toimeksiantajana toimi Vaalan Vesi ja Lämpö Oy. Sain aiheen Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n toimitusjohtaja Kalle Kurtilta, kun mietimme opinnäytetyön aihetta harjoittelujaksoni aikana. Tällä hetkellä yrityksellä ei ole käytössään ennakkohuolto-ohjelmaa tai vastaavaa dokumentaatiomenetelmää kaukolämpölaitoksen huoltamiseen. Ennakkohuolto-ohjelman ja vikailmoituslomakkeen puuttuminen vaikeuttaa olennaisesti kunnossapidon dokumentointia ja useat kunnossapidolliset tapahtumat ja vikatilanteet ovat näin ollen vain tiettyjen työntekijöiden tiedossa, mikä taas vaikeuttaa kunnossapitokohteisiin perehtymistä muilta työntekijöiltä.

Tämän ennakkohuolto-ohjelman tarkoituksena on ennaltaehkäistä mahdolliset vikatilanteet ja tavoitella mahdollisimman häiriötöntä lämmöntuotantoa. Ennakoivalla kunnossapidolla on suuri merkitys kaukolämpölaitoksen yleisen oikeaoppisen toiminnan kannalta. Tällä hetkellä yrityksellä ei ole käytössään ennakkohuolto-ohjelmaa tai vastaavaa dokumentaatiomenetelmää kaukolämpölaitoksen huoltamiseen. Aloittaessani työskentelyn yrityksessä keväällä 2016 huomasimme, että tällaiselle kootulle huolto-ohjelmalle olisi tarvetta. Kaukolämpölaitoksen hoitaja toivoi huolto-ohjelmasta yksinkertaista ja selkokielistä, josta huoltokohteet löytyvät nopeasti ilman monien satojen sivujen selaamista ja kirjaukset toteutuisivat paperille.



## 2 Työn tausta ja tavoite

Työn tavoitteena on laatia Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:lle ennakkohuolto-ohjelma ja kehittää tällä ohjelmalla kaukolämpölaitoksen kunnossapitoa. Yrityksellä ei ole ollut käytössä säännöllistä ennakkohuolto-ohjelmaa, vaan huolto on perustunut lähinnä korjaavaan kunnossapitoon ja pienimuotoiseen ennakkohuoltoon. Ohjelman tarkoituksena on saada laitoksen käyttövarmuutta parannettua ennakoivilla huolto-ohjeilla. Lisäksi laitoksen käyttöikä pidentyy, kun komponentteja huolletaan asianmukaisesti ja oikeilla huoltoväleillä. Ennakkohuolto-ohjelman tavoitteena on myös helpottaa ja selkeyttää asentajien ja lämpölaitoksen hoitajan suorittamia kaukolämpölaitoksen huoltotöitä sekä tehdä raportoinnista mielekäästä.

Ennakkohuolto-ohjelman tavoitteena on ennaltaehkäistä mahdolliset vioittumiset ja laiterikot, tämä takaa laitoksen mahdollisimman häiriöttömän käytön sekä luotettavan lämmöntuotannon. Työ antaa myös hyvät pohjatiedot kaukolämpötekniikasta, vikojen havaitsemisen tunnistamisesta, kaukolämpölaitoksen komponenteista ja vikadiagnostiikasta.

### 3 Vaalan Vesi ja Lämpö Oy

Vaalan Vesi ja Lämpö Oy on vuonna 2017 perustettu sataprosenttisesti Vaalan kunnan omistama tytäryhtiö. Yritys toimi ennen yhtiöittämistä Vaalan kunnan Vesihuolto- ja kaukolämpö liikelaitoksena. Yhtiö vastaa Vaalan kunnan alueella kaukolämpötuotannosta, jakelusta ja myynnistä. Vesihuoltolaitoksen sisällä toimii LVI-palvelut, jota myydään kuntakonsernille sekä rajoitetusti ulkopuolisille oman varsinaisen toiminnan yhteydessä. Yritys työllistää 5 henkilöä ja liikevaihto on noin 1,2 miljoonaa euroa. [1.]

Vaalan Vesi ja Lämpö Oy vastaa talousveden tuotannosta ja jakelusta sekä viemäröinnistä ja jätevedenpuhdistuksesta Vaalan kunnan alueella. Puhdasvesiverkoston Vaalan kunnan alueella on noin 700 km ja jätevesiviemäriä noin 170 km. Vaalan kunnan asukasluku vuonna 2017 on 2941 henkilöä, ja heistä vesijohtoverkostoon on liittynyt yli 99 %. Jätevesiviemäröinnin kattavuus on kunnan alueella myös todella hyvä ja verkostoa pyritään laajentamaan vuosittain.

Vaalan kunnan alueella on seitsemän pohjavedenottamo: Vaalan taajamassa, Otermalla, Kankarissa, Manamansalossa, Säräisniemellä, Rokuanjärvellä sekä Tiukumäessä. Lisäksi jätevedenpuhdistamot sijaitsevat Vaalan taajamassa ja Manamansalossa. Alla olevissa taulukoissa on esitetty Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n tilastoituja vesimäärät ja kaukolämmön myyntijakauma. [1.]

	2016	2015	2014	2013	2012
<b>Pumpattu pohjavesimäärä</b>	462 122 m <sup>3</sup>	478 045 m <sup>3</sup>	423 300 m <sup>3</sup>	449 200 m <sup>3</sup>	333 600 m <sup>3</sup>
<b>Myyty vesimäärä</b>	238 444 m <sup>3</sup>	249 125 m <sup>3</sup>	248 170 m <sup>3</sup>	260 115 m <sup>3</sup>	260 580 m <sup>3</sup>
<b>Vesijohtoverkoston pituus</b>	680 km	655 km	640 km	630 km	600 km

Taulukko 1. Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n puhdasvesimäärät [1.]

	2016	2015	2014	2013	2012
<b>Jäteveden- puhdistus- molla puh- distettu vesi- määrä</b>	227 317 m <sup>3</sup>	259 091 m <sup>3</sup>	236 054 m <sup>3</sup>	257 661 m <sup>3</sup>	311 213 m <sup>3</sup>
<b>Laskutettu jätevesi- määrä</b>	97 853 m <sup>3</sup>	96 681 m <sup>3</sup>	98 854 m <sup>3</sup>	105 501 m <sup>3</sup>	101 546 m <sup>3</sup>
<b>Viemäriver- koston koko- naispituus</b>	170 km	165 km	162 km	155 km	140 km

Taulukko 2. Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n jätevesimäärät [1.]

Vaalan kaukolämpölaitos tuottaa keskitetysti lämpöpalveluja Vaalan keskustaajaman alueella sijaitseviin kiinteistöihin. Verkostoon liittyneissä kiinteistöissä on julkisia rakennuksia, rivitaloja, omakotitaloja sekä liike- ja teollisuusrakennuksia. Kaukolämpölaitoksella on 95 lämmönkuluttajaa, joista kunnan kiinteistöjä on 31 kappaletta. Vaalan Vesi ja Lämpö Oy tuottaa lämpöä kolmessa kaukolämpökohteessa: Paljetien KPA/BIO – laitoksessa, Puusepätien öljylaitoksessa ja Koulutien kevytöljylaitoksessa. Näistä kaksi jälkimmäistä toimivat lähinnä varalaitoksina. Turpeen ja hakkeen toimittaja on Vapo Oy ja kevyen polttoöljyn Teboil Oy. Hake- ja turvepolttoaineiden toimittajat kilpailutetaan kahden vuoden välein ja hankinnassa suositaan paikallisia toimijoita. Perusperiaatteena kilpailutuksissa on ollut se, että polttoaine tulee olla tuotettu sadan kilometrin säteellä linnuntietä Vaalasta. Tämä antaa yritykselle hyvän arvopohjan ja imagon, kun suosimme paikallista energiantuotantoa. [1.]

Lämpöenergia tuotetaan pääosin vuonna 1998 valmistuneella KPA-laitoksella, joka sijaitsee Paljetillä. Vuonna 2016 verkostoon tuotettu kokonaisenergia oli 11 348 MWh. Paljetillä toisena kattilana on KPA/BIO – kattila, joka on rakennettu vuonna 2015 ja rakennusta on laajennettu myös samana vuonna. Vuonna 2015 valmistunut BIO – kattila tuotti vuonna 2016 verkostoon energiaa 3801 MWh. Lämpöenergiasta prosenteissa mitattuna tuotettiin 47,7 % turpeella, hakkeella 47,8 %, pelletillä 3 % ja öljyllä 1,5 %. Lähivuosien tavoitteena on päästä öljyn käytöstä ko-

konaan eroon, ja luku onkin pienentynyt hieman joka vuosi. Syynä öljyn käyttöön ovat varakattilat, jotka toimivat kevyellä polttoöljyllä. Vuonna 2015 hankittu BIO – kattila korvasi raskaan polttoöljyn käytön kokonaan ja varavoimaloissa siirryttiin myös kevyeen polttoöljyyn. [1.]

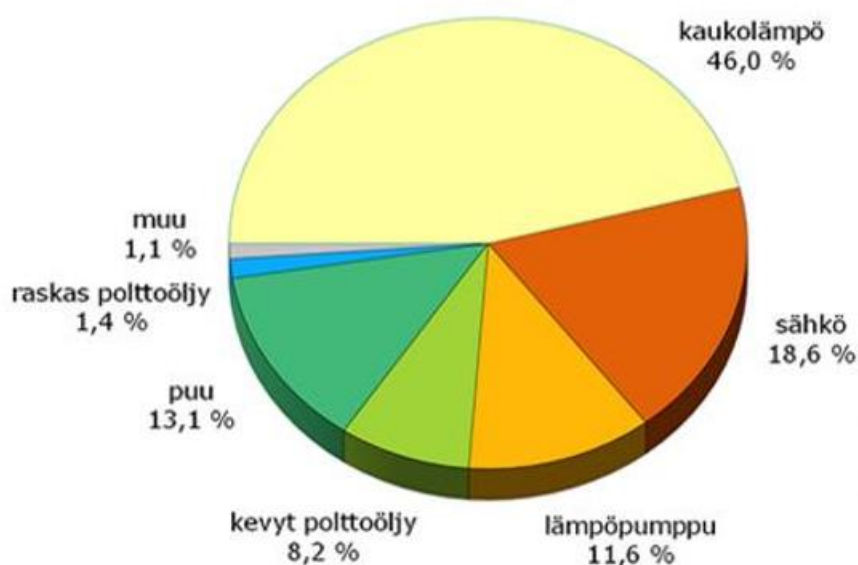
	2016	2015	2014	2013	2012
<b>Kunnan kiinteistöt</b>	4963 MWh	4518 MWh	4933 MWh	5114 MWh	5695 MWh
<b>Yksityiset kiinteistöt</b>	6385 MWh	5710 MWh	5796 MWh	5431 MWh	5359 MWh
<b>Yhteensä</b>	11 348 MWh	10 228 MWh	10 729 MWh	10 545 MWh	11 054 MWh

Taulukko 3. Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n kaukolämmön myyntijakauma. [1.]

#### 4 Kaukolämpö

Kaukolämpö on ollut suomalaisten taajamien lämmitysmuoto jo 1950-luvun alusta lähtien, ja tänä päivänä noin 2,7 miljoonaa suomalaista asuu kaukolämpötalossa. Suomen nykyaikainen ja kehittyvä kaukolämpöjärjestelmä on maailman huipputasoa. Se on saanut myös kansainvälisesti mitattavaa tunnustusta energiatehokkuutensa ansiosta. Kaukolämpö merkitsee asumismukavuutta ja hyvinvointia. Se on turvallinen, toimitusvarma ja helppokäyttöinen lämmitysmuoto, jota käyttämällä voi säästää energiaa, rahaa ja aikaa. Kun lämmityslaitteita käyttää oikein ja harkitusti, energiaa säästyy ilman, että terveellisen asumisen vaatimuksista tarvitsee tinkiä. Hyväkuntoiset laitteet takaavat miellyttävän ja tasaisen huonelämpötilan sekä riittävästi sopivan lämmintä vettä kaikkina vuoden ja vuorokauden aikoina. Lisäksi laitteiden huolto- ja korjaustarve on vähäinen. [2.]

Suomalaiset ovat kaukolämmön tuotannon edelläkävijöitä, ja kaukolämmön tuotanto on Suomessa väkilukuun suhteutettuna Pohjoismaiden suurinta. Taajamien lämpö tuotetaan paikallisesti lähellä asukasta. Kaukolämpö tuotetaan yleensä polttolaitoksissa joko yhdessä sähkön kanssa tai pelkästään lämpönä. Samassa kaukolämpöverkossa on useampia tuotantolaitoksia, jotta lämpöä voidaan tuottaa vuodenajan mukaan vaihtelevaan tarpeeseen. Varakapasiteetilla taataan lämmöntuotanto myös huolto- ja häiriötilanteissa. [2.]



Kuva 1. Lämmitysmuotojen jakautuminen kotitalouksissa. [2.]

Kaukolämpö lämmitysjärjestelmänä on hyvin toimintavarma ja yleensä perinteisenä lämmityskautena lämmönjakelukatkoksia on vain muutama ja ne rajoittuvat 1-2 tuntiin.

Kaukolämmitys on rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan lämmön keskitettyä tuotantoa ja julkista jakelua asiakkaina oleville kiinteistöille. Kaukolämmitykselle on myös ominaista, että sitä varten organisoitu toiminta toteutetaan liiketoiminnan muodossa. Aluelämmitys puolestaan on yleensä pienempimuotoista keskitettyä lämmön tuotantoa ja jakelua yksityiseen tai esimerkiksi tuotantoyhtymän osakkaiden omaan käyttöön, mutta toimintaan ei liity liiketoimintaa. Tuotanto- ja jakeluteknologia voi olla hyvinkin samanlaista kuin kaukolämmityksessä. [3.]

Kaukolämmityksessä lämpöenergia tuotetaan yleensä keskitetyssä kohteessa ja jaetaan kaukolämpöverkon välityksellä asiakkaille. Kaukolämmityksen siirtoaineena toimii kaukolämpövesi tai lähinnä tehdasolosuhteissa höyry. Kaukolämmityksessä tuotettua lämpöä asiakkaat käyttävät kiinteistöjen sekä käyttöveden lämmitykseen. Tyypillisimpiä kaukolämmitystä käyttäviä asiakkaita ovat erilaiset asuintalot (kerrostalot, rivitalot, paritalot ja omakotitalot), liikerakennukset, teollisuus sekä julkiset rakennukset. [3, s.25.]

Uusina kaukolämmön tuotantotapoina yleistyvät erilaiset lämpöpumput sekä ns. hybridiratkaisut, joissa ainakin osa kaukolämmöstä tuotetaan muilla kuin polttoon perustuvilla ratkaisuilla. Teollisuuden ylijäämälämpöä ja esimerkiksi jätevesien lämpöä voidaan hyödyntää lämpöpumppujen avulla kaukolämmöksi. Lämmitystä ja jäähdytystä yhdistävät tuotantoratkaisut tuovat uusia liiketoimintamahdollisuuksia kaukolämmöntuotantoon. Kaukolämmöntuotannon kehityssuuntina kiinnostavat muun muassa aurinkolämpö, kaksisuuntainen kaukolämpö ja perinteistä matalampien lämpötasojen hyödyntäminen. Alalla seurataan mielenkiinnolla syvältä maankuoresta saatavan geotermisen lämmön kausivarastoinnin mahdollisuuksia.

Kaukolämpöjärjestelmässä voidaan laajamittaisesti siirtyä käyttämään uusiutuvaa energiaa sitä mukaa, kun lämmöntuotantoa muutetaan uusiutuvaan energiaan perustuvaksi. [4.]

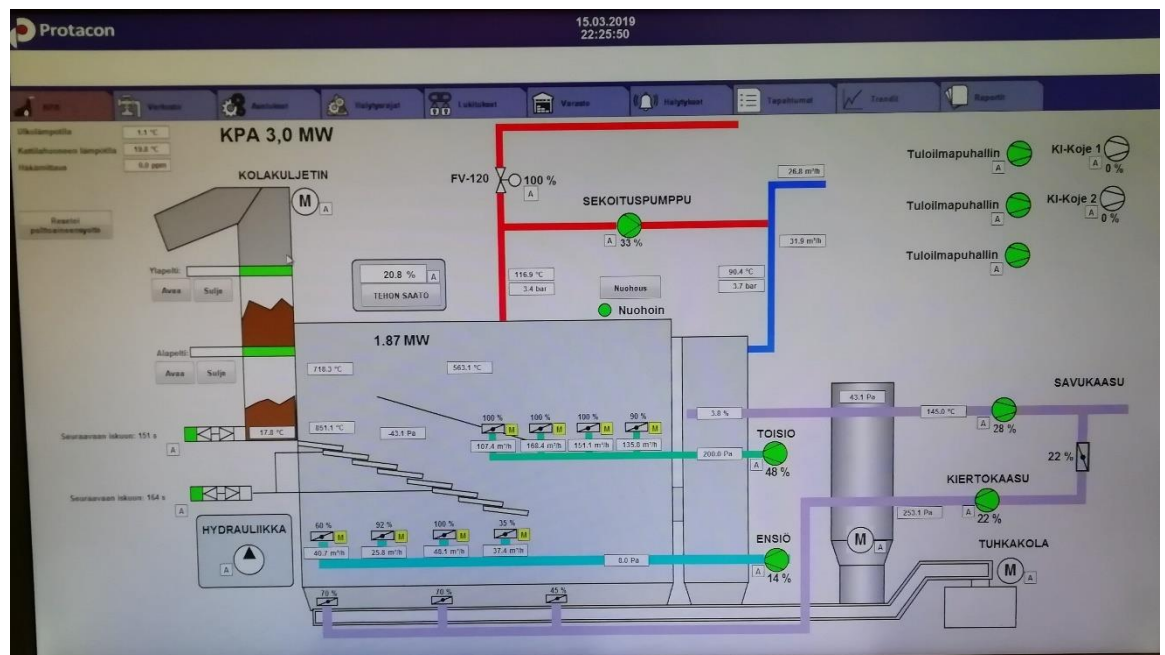
Kaukolämmön hintatasoon vaikuttaa yleisesti kaukolämpöjärjestelmän koko, tehdyt investoinnit, tuotantolaitosten ikä, taajaman tai kaupungin rakenne sekä käytettävissä olevat polttoaineet ja energialähteet. Myös energiaverotus ja omistajan tuottovaatimukset vaikuttavat hinnanmuodotukseen. Asiakas maksaa kaukolämmitykseen liittymisestään liittymismaksun, jonka suuruus vaihtelee eri paikkakunnilla ja erikokoisilla kiinteistöillä. Käytetty lämpöenergia mitataan asiakaskohtaisesti ja kaukolämpöyrittäjä laskuttaa asiakasta mittauksen perusteella. [2.]

## 4.1 Kaukolämpöprosessi

Tässä kappaleessa käydään läpi kaukolämpöprosessissa oleellimmat laitteet, komponentit ja verkosto. Kaukolämpöprosessi on hyvin laaja-alainen toimintaketju ja kattaa vaiheet polttoaineen hankinnasta aina kaukolämmön jakelusta asiakkaan kiinteistöön saakka. Kaukolämpöprosessin kokonaisvaltainen hallinta on olennaista laadukkaan ja mahdollisimman häiriöttömän lämmön-  
tuotannon kannalta.

### 4.1.1 Lämpökeskus

Lämpökeskuksella tarkoitetaan lämpöä tuottavaa laitosta. Laitoksessa tuotettu lämpö siirretään joko veteen tai höyryyn johtumalla. Kaukolämpölaitoksissa saadaan polttoaineen sisältämästä energiasta veteen tai höyryyn noin 85 - 93 %, mikä vastaa kulutussuhdetta 1,1 - 1,2. Hyötysuhde riippuu polttoaineesta, polttotekniikasta, kattilan mitoituksesta sekä sen ajotavasta (kuorma, savukaasun lämpötila ja happipitoisuus, veden lämpötila). Suurin häviö on savukaasuhäviö, joka riippuu savukaasun happipitoisuudesta ja savukaasun lämpötilasta. [3, s. 47.]



Kuva 2. Valvomönäkymä lämpökeskuksen ohjauksesta.

Kaukolämpökeskuksen osakokonaisuudet ja laitteet käyvät ilmi kuvasta 3. Lämpökeskukseen kuuluu yleisesti seuraavat komponentit:

- Polttoaineen ja tuhkan käsittelylaitteet
- Polttolaitteet
- Kattila
- Pumput, putket sekä muut apulaitteet
- Sähkö- ja automaatiolaitteet
- Savukaasujen puhdistuslaitteet

[3, s.47.]

#### 4.1.2 Kiinteän polttoaineen kattila (KPA-kattila)

Arinapoltto on ollut pienten ja keskisuurten yksiköiden yleisin kiinteiden polttoaineiden polttomenetelmä teollistumiskauden alusta lähtien. Ensimmäiset puuta polttavat laitokset käyttivät arinapolttoja. Pienemmissä kattiloissa mekaaniset arinat syrjäyttivät kiinteät arinat, mikä mahdollisti turpeen arinapolton. Kiinteät polttoaineet ovat ominaisuuksiltaan hyvin erilaisia, mikä asettaa omat vaatimuksensa myös arinan rakenteelle ja tulipesälle. [3, s. 285.]

Polttoaine syötetään arinalle koko sen leveydeltä tasaisena kerroksena. Tämä on tärkeää erityisesti polttoaineen sekoittuvuuden takia. Mikäli polttoaine ei levity tasaisesti, on seurauksena primääri-ilman hallitsematonta ”karkaamista” sieltä, missä arinan ja polttoainekerroksen vastus on pieni.

Arinoiden rakenteet riippuvat polttoaineesta ja kattilan koosta. Pääjaottelu turpeella ja puupolttoaineilla ajettaville arinatyypeille on seuraava:

- kiinteä tasoarina
- kiinteä viistoarina
- mekaaninen viistoarina

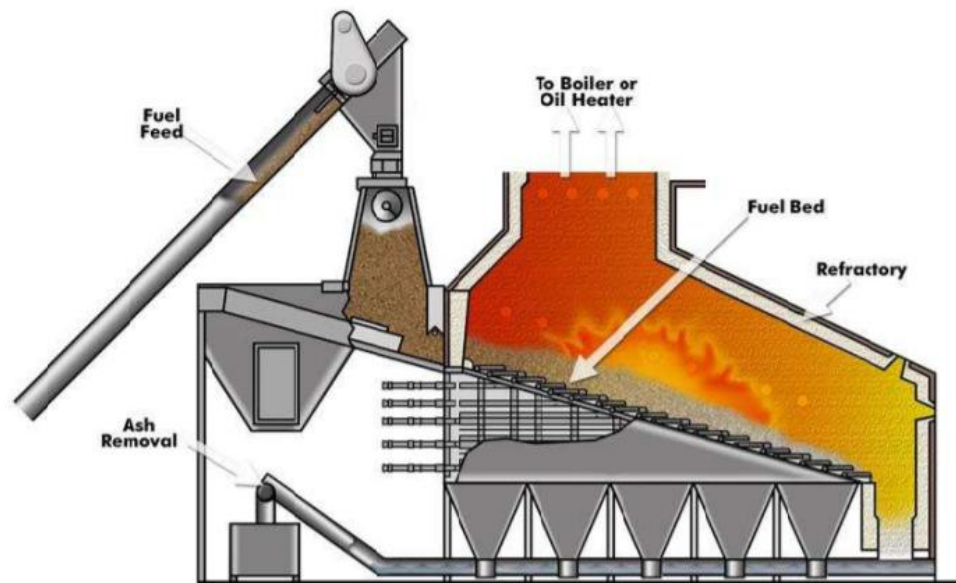
Arinat eroavat toisistaan myös jäähdytystavan osalta. Pienet arinat ovat useimmiten ilmajäähdytteisiä, eli jäähdytys tapahtuu primääri-ilmalla. Suuret arinat ovat pääsääntöisesti vesijäähdytteisiä



ja jäähdytys on integroitu kattilan vesikiertoon. Mekaanisissa arinoissa osa arinaraudoista on hydraulisesti liikuteltavissa edestakaisin. Liikkeellä saadaan aikaan polttoaineen sekoittuminen ja hallittua siirtymistä vaiheesta toiseen. Arinakulma voi tällöin olla selvästi loivempi kuin kiinteällä viistoarinalla, jolla eteenpäin siirtyminen tapahtuu painovoiman avulla. [3, s. 286.]

Arinaraudat ovat yleensä niin sanottuja suutinarinarautoja, joissa arinarautojen molemmilla puolilla on ilmasuuttimia muistuttavia ripoja, joiden tehtävänä on suunnata ja ohjata sopiva palamisilmavirta polttoainekerrokseen. Suutinarinaraudat ovat leveydeltään 60–40 mm, jolloin arinaraudat vaihdettaessa ne on helppo sijoittaa kiinnikeriveihin huomioiden lämpöliikkeen aiheuttama toleranssi. Arinarautojen valmistusmateriaali valitaan käytettävien polttoaineiden mukaan. Arinarautojen välystoleranssi tulee kattilan ollessa kylmä olla 10–15 mm. Välys umpeutuu kattilan saavuttaessa normaalin toimintalämpötilansa (750–850 °C), jolloin arinarautojen väliseksi välykseksi jää noin 2–3 mm. Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n arinaraudat on valmistettu tulenkestävästä kromivalusta, joka täyttää arinaraudoille asetetut kestävyys- ja toleranssivaatimukset. [8.]

Palamisilma syötetään yleensä kahdessa vaiheessa, sekä joissain laitoksissa käytetään kolmea vaihetta. Primääri-ilma syötetään arinan alta, sekundääri- ja mahdollisesti tertiääri-ilmalla poltetaan polttoainekerroksesta haihtuneet palamiskelpoiset kaasut. Palamistuloksen kannalta on edullista, jos primääri-ilmavirta voidaan erikseen säätää kuivaus-, pyrolyysi- ja loppuunpalamisvaiheisiin. Primääri-ilman tarkoituksena on kuivattaa polttoainekerros ja saada aikaan pyrolyysi. Ilman esilämmitys pienentää kattilan savukaasuhäviötä ja nopeuttaa palamisreaktiota. Sekundääri-ilmamäärää voidaan säätää savukaasun jäännöshapen mittauksen perusteella, jolloin saavutetaan optimaalinen ilmakerroin ja tehokas palamistulos. [3, s. 288.]



Kuva 3. Mekaanisella viistoarinalla varustettu KPA-kattila. [10]

Tulipesän eli arinarakenteen geometria valitaan polttoaineominaisuuksien perusteella. Yleensä tulipesät jaetaan kahteen ryhmään, myötävirtaperiaatteelliset ja vastavirtaperiaatteelliset. Myötävirtaperiaate soveltuu polttoaineille, jotka syttyvät ja pyrolysoituvat nopeasti. Haihtuneet palamiskaasut johdetaan varsinaisen liekkialueen läpi, jolloin ne viipyvät kauemmin palamiselle edullisissa olosuhteissa ja loppuunpalaminen tehostuu. Vastavirtaperiaate soveltuu polttoaineille, jotka syttyvät huonosti johtuen joko suuresta kosteuspitoisuudesta tai matalasta haihtuvien määrästä. Kuumat savukaasut johdetaan arinan alkuosaan nopeuttamaan kuivumista ja syttymistä. Lämpö siirtyy tehokkaasti säteilemällä seinämistä ja konvektiivisesti kaasusta. Vastavirtaperiaatetta sovelletaan yleisesti kosteille biopolttoaineille. Tavoitteena tulipesägeometrian valinnassa on mahdollisimman tasainen ja korkea lämpötila ja paikallisten kylmien kohtien välttäminen. Kosteilla polttoaineilla tulipesän seinä on jäähdyttämätön eli se on joko muurattu tai massattu niiltä osin, jotka edellyttävät lämpötilan ylläpitoa kuivauksessa ja pyrolyysissä. [3, s. 288–290.]

#### 4.1.3 Polttoaineen käsittely

Kaukolämpöprosessi alkaa polttoaineen hankinnalla. Käytettävät polttoaineet voidaan jakaa fossiilisiin polttoaineisiin, joita ovat hiili, öljy, maakaasu ja turve. Suoraan luonnosta saatuja polttoainemuotoja ovat puuhake ja jätteet erinäisissä muodoissaan. [3, s. 261.]

Energiatuotannon kannalta merkittävin polttoaineen ominaisuus on lämpöarvo, joka ilmaisee polttoainemäärää kohti polttoaineesta poltettaessa saatavan energian. Kaasumaisten polttoaineiden lämpöarvo ilmoitetaan yleensä tilavuutta kohti, eli MJ/m<sup>3</sup>. Kiinteiden polttoaineiden lämpöarvot ilmoitetaan massaa kohti eli MJ/kg. Sen mukaan, miten polttoaineesta vapautunut lämpömäärä on mitattu, käytetään nimityksiä kalorimetrinen eli ylempi lämpöarvo ja tehollinen eli alempi lämpöarvo. Polttoaineessa oleva vesi alentaa sen lämpöarvoa. Mitä enemmän vettä on, sitä suurempi osa polttoaineen palamisessa vapautuvasta energiasta menee veden höyrystymiseen. Paitsi että vesi huonontaa polttoaineen lämpöarvoa ja siksi suurentaa polttoaineen kuluusta, se myös lisää savukaasuvirtoja ja puhallintehon tarvetta. Kuiva polttoaine nostaa tulipesän lämpötilat korkeammiksi ja samalle teholle mitoitettu kattila voidaan pienempien savukaasuvirtojen vuoksi rakentaa pienemmäksi, ja on siten myös hankintahinnaltaan edullisempi. [3, s. 263.]

Vaalan Vesi ja Lämpö Oy käyttää kattiloissaan kiinteänä polttoaineena haketta, turvetta ja pellettiä. Varakattiloissa käytetään kevyttä polttoöljyä.

Oheassa käytettävien polttoaineiden lämpöarvot:

-kevyt polttoöljy 42,7 GJ / 11,86 MWh

-jyrsinturve 10,1 GJ / 2,81 MWh

-palaturve 12,3 GJ / 3,42 MWh

-kokopuuhake 7–10 GJ

-puupelletit 16,5–17,6 GJ

[3.]



Kuva 4. Polttoaineen kosteusmittausta. Kuvassa näytteet jyrsinturpeesta ja metsähakkeesta.



#### 4.1.4 Polttoaineen kuljetus, vastaanotto ja varastointi

Polttoaineiden käsittelyyn voimalaitoksilla kuuluu tavallisesti vastaanotto, varastointi, kuljetukset ja mahdollisesti esikäsittely polttoa varten. Polttoaineen vastaanotto on järjestettävä polttoaineen lajin ja tuontitavan mukaan. Voimalaitokset tarvitsevat riittävän suuret polttoainevarastot, jotta polttoainetoimitusten häiriöt eivät vaikeuta energiantuotantoa.



Kuva 5. Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n itse hakettamaa metsähaketta sekä palaturvekasa.

Turvetta kuljetetaan useimmiten  $80 \text{ m}^3$  täysperävaunullisilla rekoilla kaukolämpölaitoksen varastoon. Niistä se puretaan suorakulmaisen särmiön muotoiseen betoniseen maakuoppaan eli vastaanottotaskuun. Vastaanottotaskun pohjalla polttoaine puretaan hihnakuljettimelle yleensä ruuvi- tai tankopurkaimella. Paitsi että varastosiiilo toimii polttoaineen saannin ja kulutuksen välisenä tasaajana, se toimii myös polttoaineen kosteusvaihteluiden tasaajana. Kaukolämpölaitoksille polttoainetta ajetaan useilta eri soilta ja varastoilta ja näin ollen peräkkäisten autokuormien toimituksissa saattaa olla suuriakin kosteuseroja. [3, s. 279.]



Kuva 6. Polttoainesiilo, jonka pohjalla sijaitsevat tankopurkaimet

#### 4.1.5 Lämmön siirto ja jakelu

Suomessa kaukolämpöenergia siirretään kaksiputkijärjestelmällä, joka toimii korkeintaan 120 °C lämpötilalla. Keski-Euroopassa käytetään myös alle 90 °C lämpötiloja ja jopa 180 °C lämpötiloja, jolloin kaukolämmöllä voidaan kehittää myös höyryä ja kylmää vettä kaukojäähdytykseen tarpeisiin. [3, s. 137.]

Korkeiden lämpötilojen käyttö lisää meno- ja paluulämpötilojen eroa suurentaen näin siirtokapasiteettia ja pienentäen pumppauskustannuksia. Korkeiden lämpötilojen käyttö mahdollistaa pitkät siirtoetäisyydet voimalaitoksilta käyttökohteisiin. [3, s. 138.]

Kaukolämmössä käytetyt johdot ryhmitellään kanavarakenteen mukaan. Suomessa on pääasiassa keskitytty käyttämään kiinnivaahdotettua johtojärjestelmää. Kaikkien putkien mitoitus muovisia virtausputkia lukuun ottamatta perustuu 1,6 MPa (16 bar) suunnittelupaineeseen sekä <120 °C käyttölämpötilaan. Käyttöaineena eli lämmön johtamiseen käytettävänä aineena on käsitelty kaukolämpövesi. Kaukolämpövesi on yleensä väriltään vihreää, jotta mahdollisten vuotojen satuesssa se olisi helppo tunnistaa maastosta. [3, s. 138.]

Normaaleissa käyttökohteissa ja -olosuhteissa johtoelementtien sekä niiden valmisosien teknisen käyttöiän ja pitkäaikaisen lämpötilakestävyyden tulee olla vähintään 30 vuotta jatkuvassa käyttölämpötilassa 120 °C, vähintään 50 vuotta jatkuvassa käyttölämpötilassa 115 °C ja yli 50 vuotta tätä alemmassa käyttölämpötilassa.

[3, s. 138–139.]

Kiinnivaahdotetuissa johdoissa eli yksi- ja kaksiputkijärjestelmissä (Mpuk ja 2Mpuk) on polyuretaanieristeellä kiinnitetty yhteen virtausputki ja polyuretaanisuojuakuori. Elementti, jonka kiinnivaahdotettu johto muodostaa, on helppo käsitellä ja vaikka sen ympärillä oleva maakerros painuisi, siitä ei aiheudu muutoksia johdon toimintaan. [3, s. 139.]

Yksijohtoputken muodostaa kaksi erillistä johtoa: meno- ja paluujohto. Johdon ympärillä on polyuretaanista valmistettu suojuakuori, joka on liitetty putkeen kiinni polyuretaanieristeellä. Erona yksi- ja kaksijohtoputkella on se, että kaksijohtoputkessa meno- ja paluuputki jakavat yhteisen suojuakuoren. Materiaalin tarve kaksiputkijohdossa on pienempi kuin yksiputkisen. Tämän lisäksi lämpöhäviöt ovat pienemmät kaksiputkijohdossa. Yksiputkijohtoa valmistetaan yleensä kokoluokissa DN 20 – DN 600, mutta tarvittaessa jopa DN 1200 asti. Putkien pituus kokoluokan mukaan on 6, 12, 16 tai 18 metriä. Kaksiputkijohtoa valmistetaan yleensä kokoluokassa DN 2x20 – DN2x200. Putkien pituus kokoluokan mukaan on 6 tai 12 metriä. [3, s. 139.]

Kolmiputkijärjestelmässä on kaksi menojohtoa ja yksi paluujohto. Kuumempaa vettä voidaan käyttää erilaisissa prosesseissa ja viileämpää ulkoilman lämpötilan mukaan säädettynä kiinteistön lämmitykseen. Kolmiputkijärjestelmää ei kuitenkaan ole käytössä Suomessa. Esimerkiksi Islannin geotermisissä järjestelmissä on käytössä myös yksiputkijärjestelmä, jossa ei ole ollenkaan erillistä paluujohtoa. [3, s. 140.]

## 4.2 Sähkölaitokset

Kaukolämpöä tuotetaan lämpövoimaloissa, mutta tämän lisäksi myös sähkön ja lämmön yhteistuotantona. Voimalat mahdollistavat vähäpäästöisten polttoaineiden käytön, teollisuuden hukkalämmön ja jätepolttoaineen hyödyntämisen sekä tehokkaan savukaasujen puhdistuksen voimaloissa.

[3, s. 27.]

Lämmön ja sähkön yhteistuotanto lisää energiatehokkuutta niiden erillistuotantoon verrattuna noin 30 % ja näin se takaa korkean kokonaishyötysuhteen. Yhteistuotanto kuitenkin edellyttää kalliita ja monimutkaisia laitteita, jotta korkea kokonaishyötysuhde voitaisiin saavuttaa.

[3, s. 47.]

Erinomaisena esimerkkinä sähkön ja kaukolämmön yhteistuotannosta on Toholammilla sijaitseva kaukolämpölaitos. Toholammin Energian ORC-voimalaitos oli valmistuessaan Suomen ensimmäinen leijupetikattilalla ja ORC-prosessiteknikalla varustettu CHP-laitos. Laitoksen etuna on sen kyky polttaa erilaisia polttoaineita ja kyky tuottaa sähköä matalista lämpövirroista ja normaaliin vesihöyryturbiinitekniikkaan verrattuna pienestä kattilatehosta. Laitos on valmistunut vuonna 2013. Sähkö on kaukolämmön sivutuote, jota tuottamalla laitos pystyy hyödyntämään suurimman osan polttoaineen sisältämästä energiasta. Laitos hyödyntää vesihöyryn ja veden sijasta orgaanista nestettä. Voimalaitoksen leijupetikattila (BFB, bubble fluized bed) on valmistettu Nivalassa. Kattila sopii monen tyyppisten polttoaineiden käyttämiseen laajalla lämpötila-alueella. Leijupetikattilassa kattilan pohjalla on hiekkaa, jota leijutetaan hiekan alta puhallettavalla primääriilmalla. Leijuva hiekkapeti sekoittaa pedille syötettävää polttoainetta koko ajan, mikä takaa hyvän palamistapahtuman. Palamistapahtuman kannalta kosteahko polttoaine sopii kattilaan parhaiten. [6.]

Kattilassa on erikoista sen lämmönsiirtopinta, joka on rakennettu tulipesän seiniä kiertäväksi ja ylöspäin nousevaksi putkikierukaksi. Savukaasujen hiukkaspäästöt ovat vähäiset, koska hiukkaset erotellaan savukaasuista piippua edeltävällä sähkösuodattimella.



Orc-laitoksen polttoaineenkulutus on pienempi, hyötysuhde parempi ja päästöt vähäisemmät. Turbiinin pienet kierrosluvut vähentävät turbiinin räsytystä, lisäävät sen käyttöikää ja matala höyrypaine järjestelmässä mahdollistaa yksinkertaisen rakenteen. Koska laitoksessa käytetään lämmön siirtoaineena orgaanista nestettä veden sijasta, ei eroosioriskiä putkistoissa ole olemassa. Toholammin Energian Orc-laitoksen kattilateho on 8,2 MW ja sähköteho 1,4 MW. [6.] [5.]

ORC (Organic Rankine cycle) -voimalaitos poikkeaa tavanomaisista laitoksista siten, että veden sijaan kattilan vaipassa kiertää kuumaöljy, jonka menolämpötilana voidaan pitää noin 260 - 310 celsiusasteen lämpötilaa. Kuuma öljy siirtyy kattilasta ORC-yksikköön, jossa se lämmittää alhaisessa lämpötilassa höyrystyvää orgaanista kaukolämpönestettä. Höyrystynyt orgaaninen neste siirtyy turbiiniin, jossa se muuttuu turbiinia pyörittäväksi energiaksi.

Turbiinilta tuleva kuuma höyry siirtyy regeneraattoriin, jossa se lämmittää suljetun kierron alkuvaiheessa liikkuvaa orgaanista kaukolämpönestettä. Regeneraattorilta höyry jatkaa kaukolämpölauhduttimeen, jossa höyry lauhtuessaan lämmittää lauhduttimessa kiertävää kaukolämmön paluuvettä. Kaukolämpövesi lämpenee ORC-yksikössä 93 celsiusasteiseksi. Takaisin nestemäiseen muotoon lauhtunut orgaaninen neste siirtyy seuraavaksi kaukolämpöverkosto kiertopumpulle ja sieltä edellä mainittuun regeneraattoriin ja takaisin kuumaöljyylämmittimeen uudelleenlämmitettäväksi. ORC-lauhdukselta poistuva kaukolämpövesi puolestaan siirtyy erilliseen kuumaöljyvaihtimeen, jossa sen lämpötila priimataan kelin mukaan sopivaksi, eli asiakkaalle lähteväksi kaukolämpövedeksi. [5.] [6.]

## 5 Kunnossapito

Kunnossapidon ensisijainen tehtävä nykyäskityksen mukaan on pitää laitteet jatkuvasti käyttö-kunnossa. Kunnossapitoon toki edelleenkin kuuluvat rikkoutuneiden laitteiden tai komponent-tien korjaukset, mutta korjaustoiminta ei missään nimessä ole kunnossapidon päätarkoitus. Kun-nossapito ei myöskään ole nykyäskityksen mukaan kustannus vaan tärkeä tuotannontekijä, jonka avulla pystytään varmistamaan tuotantolaitoksen kilpailukyky. Kunnossapitäjillä itsellään on usein selkeä käsitys siitä, mitä he työkseen tekevät ja siten myös oman kokemuspohjansa kautta ymmärrys siitä, mitä kunnossapidolla tarkoitetaan. [7, s. 25.]

Kunnossapito on erilaisten asioiden (prosessien, koneiden, laitteiden, rakenteiden, rakennusten, teiden, tieverkostojen, laivaväylien, terveyskeskusten, vesi- ja viemäriverkostojen) pitämistä toi-mintakuntoisina siten, että ne toimivat luotettavasti, esiintyvät viat korjataan sekä turvallisuus- ja ympäristöriskit hallitaan.

Kunnossapito määritellään SFS-EN 13306 standardissa seuraavasti:

”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeen-johdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää ja palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.” [8, s. 11.]



Kuva 7. Kunnossapitokaavio SFS-EN 13306:n mukaan [7]

Tehokas kunnossapito yhdessä tehokkaan käytännön toteutuksen kanssa muodostavat perustan koneen toiminnalliselle tehokkuudelle. Koneen suorituskyvyn päivittäminen on tarpeen, jotta se muuttuvassa toimintaympäristössä pystyy tekemään kannattavasti sellaisia tuotteita tai palveluita, joita kuluttajat kulloinkin haluavat. Koneen suorituskyvyn päivittämisellä ja elinaikasuunnitelmalla vaikutetaan koneen tehokkuuteen sen eliniän aikana. Näillä keinoilla kone pidetään jatkuvasti kilpailukykyisenä ja varmistetaan koneen koko elinajan aikainen tehokkuus ja investointien tuottavuus. [8, s. 11.]

### 5.1 Kunnossapidon määritelmä

Kunnossapidon määritelmiä löytyy monista kansainvälisistä ja kansallisista standardeista sekä useista alan teoksista. Näistä kaksi päästandardia ovat PSK 6201 ja SFS-EN 13306.

Standardissa PSK 6201 kunnossapito määritellään seuraavasti: Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tietyssä tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana. Samaa määritelmää käytetään osaksi myös standardissa PSK 7501. [7, s. 25.]

Eurooppalainen standardi SFS-EN 13306 määrittelee kunnossapidon seuraavasti: kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon. [7, s. 26.]

### 5.2 Kunnossapidon kehittyminen ja sukupolvet

Kunnossapitotoimintaa on todennäköisesti harjoitettu yhtä kauan kuin ihminen on rakentanut ja käyttänyt koneita. Varhaisin kunnossapito oli lähinnä redundanttista varmistamista sekä vian esiintymisen jälkeistä korjausta ja huoltoa. Vuonna 2003 tarkasteltuna kunnossapidossa voidaan erottaa neljä sukupolvea. [8.]

### 5.2.1 Ensimmäinen sukupolvi

Ensimmäisen sukupolven kunnossapidolle olivat tyypillisiä seuraavat piirteet: vikaantuneita koneita voitiin pitää seisokissa ja koneet olivat tuolloin hyvinkin yksinkertaisia. Koneet olivat myös rajusti ylimitoitettuja, mikä johtui suurista varmuuskertoimista. Vian määrittäminen ja korjaaminen oli yksinkertaisille koneille helppoja toimenpiteitä. Myös ennakoiva kunnossapito oli hyvin yksinkertaista. Se koostui lähinnä puhdistamisesta, säätämisestä ja voitelun toiminnan varmistamisesta. Kunnossapitoa harjoittavien henkilöiden osaamistaso oli tuolloin myös suhteellisen matala. [8, s. 12.]

### 5.2.2 Toinen sukupolvi

Kunnossapidon toinen sukupolvi käynnistyi toisen maailmansodan aikoihin. Teollisuus joutui valmistamaan valtaisia määriä sotatarvikkeita, ja samaan aikaan kokeneet käyttäjät vietiin sotarintamille. Käyttäjiksi otettiin kokemattomia kotirintamalaisia. Tuotantomäärät saatiin riittäviksi lisäämällä koneiden automaatiota ja yhdistelemällä koneita pidemmiksi ketjuiksi. Asetelma johti ongelmiin, jotka käynnistivät joukon laatuhankkeita, joilla valmistettavien tuotteiden tasalaatuisuus pyrittiin varmistamaan työvoiman määrän ja osaamistason vaihdellessa. Yritysten kannattavuus riippui lisääntyvässä määrin koneiden käytön tehokkuudesta. [8, s. 13.]

Toisen sukupolven monimutkaisemmat koneet toivat mukanaan myös uuden vikaantumismekanismi, joka oli aikariippuvainen ja jossa esiintyi myös alkuun lastentauteja. Lisääntynyt monimutkaisuus myös lisäsi kunnossapidon määrää ja vaikutti hallittavuuteen. Tuloksena kehittyi ehkäisevä kunnossapito, joka aluksi oli lähinnä jaksotettua huoltoa eli huolto tehtiin ennalta määritetyissä jaksoissa. Kustannusten kasvaminen johti myös kunnossapidon suunnittelun ja johdon kehittymiseen. Näiden avulla pyrittiin optimoimaan resurssien käytön kustannuksia siedettävälle tasolle ja lisäämään koneiden käyttövarmuutta. [8, s. 14.]

### 5.2.3 Kolmas sukupolvi

Kolmannen sukupolven katsotaan käynnistyneen 1970-luvulla. Tämän muutoksen juuret voidaan katsoa tulleen amerikkalaisten avaruusprojektien konseptien ja innovaatioiden käyttöönotosta teollisuudessa. Käyttövarmuusvaatimukset voitiin asettaa aivan uusille tasoille. Tutkimus loi uusia lähestymistapoja, työkaluja ja tekniikoita kunnossapitoon. Tehokkuuden ja luotettavuuden merkitys kasvoi huomattavasti. Tähän kasvuun olivat syynä tuotantokoneiden mekanismien määrän kasvu ja automaation määrän voimakas lisääntyminen. Lisäksi uudet toimintamallit ja teknologian kehitys muuttivat kunnossapidon toiminnan painopistettä, eli kyvystä uusiutua ja hallita uutta teknologiaa kehittyi kriittinen menestystekijä. Tuohon aikaan myös globaali kilpailu kiristyi ja asetti täten paineita astua globaaleille markkinoille pysyäkseen kilpailukykyisenä. Kehittyviin tuotantolaitteisiin sidottiin myös entistä enemmän pääomaa. Mitä tehokkaampia koneet olivat, sitä vähemmän tarvittiin kuitenkin pääomaa. Tehokkaisiin koneisiin sidottu pääoma siis tuotti paremmin. [8, s. 13.]

### 5.2.4 Neljäs sukupolvi

Neljäs sukupolvi käynnistyi 1990-luvulla mikroelektroniikan ja IT-teknologioiden läpimurron yhteydessä. Tälle sukupolvelle tyypillisiä piirteitä olivat tuotantokoneiden ja testauslaitteiston voimakas hintojen nousu sekä kunnossapitäjien osaamisvaatimukset kasvoivat entisestään. Kunnossapidon suunnittelu oli aikaisemmin rakentunut olettamukselle, että vikaantuminen olisi yhteydessä koneen käytön määrään ja rasittavuuteen. Näin varmaan onkin ollut silloin, kun koneet olivat hyvin yksinkertaisia ja pelkistettyjä koneita. Nykyisin koneet ovat kuitenkin monimutkaisia kokonaisuuksia, joissa käytetään useita eri teknologioita. Käytettävissä on parempia raaka-aineita laitteiden valmistukseen, tarkempia suunnittelumenetelmiä sekä kehittyneempiä valmistusmetodeja. Kaikki nämä yhdessä ovat synnyttäneet uusia vikaantumismalleja, joille on ominaista riippumattomuus ajasta tai käytön määrästä. [8, s. 13.]

### 5.3 Ehkäisevä kunnossapito

Opinnäytetyön aiheena on laatia huolto-ohjelma kaukolämpölaitokselle, joten sen sisältö keskittyy eniten ehkäisevään kunnossapitoon. Pääsääntöisesti ehkäisevä kunnossapito on suunniteltua säännöllistä toimintaa, jota suoritetaan koneen käydessä tai erilaisten seisokkien yhteydessä. Ehkäisevää kunnossapitoa harjoitetaan silloin, kun koneilta tai laitteilta vaaditaan erityisen luotettavaa toimintaa ja häiriöt aiheuttavat merkittävää taloudellista tai tuotannollista vaaraa yritykselle. Ehkäisevää kunnossapitoa kuvaa hyvin kunnossapidon perusmääritelmä: koneen on kyettävä suorittamaan sille annettu toiminto suunnitellulla tavalla. Ehkäisevän kunnossapidon keinoin voidaan koneen tai laitteen luotettavuus asettaa tasolle täysin varma. [8, s. 59–61.]

Ehkäisevää kunnossapitoa kannattaa tehdä erityisesti silloin, kun kunnossapidon kustannukset ovat pienemmät kuin vian aiheuttamat vahingot ja koneelle on olemassa kustannus- ja toimintatehokas ennakkohuoltomenetelmä. Tehokkaan ehkäisevän kunnossapidon perusedellytykset ovat suunnitelmallisuus sekä aikatauluttaminen. Töiden ja työvaiheiden huolellinen suunnittelu vähentää viiveitä, jolloin lopputuloksena käytettävien resurssien käyttö tehostuu sekä koneiden ja laitteiden vikaantuminen saadaan niin alhaiselle tasolle kuin olemassa olevien resurssien puitteissa on mahdollista. Ehkäisevän kunnossapidon tehokas toteutus on mahdollista tarkastelemalla kunnossapidosta kerättyä aikaisempaa tietoa. Tätä tietoa ovat aikaisemmat kokemukset kohteen vikaantumisesta, koneen ja sen osien toimintatavan tuntemus ja tietämys sekä valmistajan suositukset koneen käyttöön ja huoltoon. Näiden tietojen pohjalta ennakkohuoltoa voidaan tehostaa ja kehittää. [8, s. 63.]

#### 5.3.1 Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu ja aikatauluttaminen

Vikaantuminen vaikuttaa aina jollain tavalla organisaation toimintaan. Tyypillisimpiä vaikutuksen kohteita ovat tulos, tuotannon laatu, asiakaspalvelu, ympäristö, turvallisuus ja kokonaiskustannukset. Osa vikaantumisista ei itsessään vaikuta suoranaisesti toimintaan, mutta ne voivat lisätä huomattavasti vakavampien vikaantumisten mahdollisuutta. Vikaantumista voidaan tarkastella seurausten luonteen ja niiden vakavuuden perusteella. Jos seuraukset ovat vakavia, vikaantumi-

sen estämiseksi tehdään suurempia panostuksia ja pyritään ehkäisemään riski seurausten pienentämiseksi. Jos riskienkartoituksen jälkeen seuraukset todetaan vähäisiksi, ennakoivia toimenpiteitä ei välttämättä tehdä tai vika vain korjataan joka kerta aina sen tapahtuessa. [7, s. 158.]

Ehkäisevässä kunnossapidossa suunniteltu huoltoseisokki koostuu seuraavista tekijöistä:

- Toimenpiteet on määritelty tarkasti.
  - Toimenpideluettelo on laadittu.
  - Tiedonkulku on varmistettu.
  - Huoltoseisokki on asianmukaisesti johdettu.
  - Tehdyt toimenpiteet dokumentoidaan ja toimintaa kehitetään niiden pohjalta.
- [8, s. 67.]

Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu riippuu suunniteltavan tehtävän laajuudesta. Jos kysymys on pienehköstä ja tavanomaisesta toimenpiteestä, ei sen suunnitteluun kannata panostaa mahdollottomasti aikaa ja resursseja. Toimenpidettä ei kannata suunnitella, jos:

- Tarvittavia varaosia ei tarvitse tilata, vaan ne löytyvät varastosta.
- Toimenpiteellä ei ole historiallista tai strategista merkitystä.
- Työ on kestoltaan vähäinen, esimerkiksi ”puoli päivää”.
- Toiminnanohjausjärjestelmästä tai muusta vastaavasta dokumentista löytyvät aikaisemmin tehdyt tarkat suunnitelmat, joita voidaan hyödyntää tehtävän suorittamisessa. [8, s. 64.]

### 5.3.2 Häiriöseisokit ja niiden suunnittelu

Häiriöseisokit eroavat muista kunnossapidon suunnittelutoimenpiteistä siten, että ne tapahtuvat yleensä hyvin nopealla aikataululla ja yllättäen, jolloin niihin varautumiseen jää vähän aikaa sekä varaosa- ja työntekijäresurssia voi olla hankala saada toteuttamaan korjausta nopealla aikataululla. Jos kyseessä on välitön häiriö eli jokin vika on aiheuttanut koneen tai laitteen pysähtymisen, on ilmennyt vika korjattava välittömästi ja tällöin myöskään suunnitteluun ei jää juurikaan aikaa. Häiriöseisokeissa suunnittelua ja osaamista tarvitaan sen verran, että korjaustoimenpiteet voidaan suorittaa järkevästi ja annettuja turvallisuusmääräyksiä noudattaen. [8, s. 65.]

Jos häiriömuodon tyyppinä on siirretty häiriö, seisokki kannattaa pyrkiä suunnittelemaan niin hyvin kuin mahdollista kaikki tekijät huomioon ottaen. Korjaustoimenpiteiden yhteydessä on järkevää suorittaa myös muita ehkäisevässä kunnossapidossa tarpeelliseksi havaittuja toimenpiteitä, joita ei voida suorittaa esimerkiksi koneen ollessa käydessä. Muut kunnossapidolliset toimenpiteet täytyy kuitenkin arvioida siten, etteivät ne aiheuta lisähaittaa esimerkiksi seisokkiajan pidentyessä kohtuuttomaksi muuhun tuotantoketjuun peilaten. Ehkäisevän kunnossapidon yhteydessä havaittujen vikojen korjaaminen kannattaa suunnitella mahdollisimman nopeasti, jotta voidaan selvittää kokonaiskorjauksen laajuus ja siihen kuluva seisokkiaika. Näillä keinoilla ja hyvällä ennakosuunnittelulla voidaan toimintatilanteessa keskittää kaikki huomio itse vian korjaamiseen mahdollisimman nopeasti ja tuotanto saadaan jatkumaan. Aikatauluttaminen toimii kaikkein tehokkaimmillaan silloin, kun kunnossapitoa suorittaville tahoille voidaan osoittaa tehtävä työ, aikataulu ja vaaditut erikoistoimenpiteet mahdollisimman tarkasti. Kunnossapidon tehtävien tehokas ennakosuunnittelu ja niiden aikatauluttaminen ovatkin yksi tehokkaan kunnossapidon tärkeimmistä ominaisuuksista kokonaiskuvaa tarkasteltaessa. [8, s. 66.]

Kunnossapidon aikatauluttaminen on hyvin monimutkainen prosessi, jonka tehokas toiminta edellyttää useiden asioiden huomioimista ja priorisointia. Erilaisten tehtävien suorittamisessa vaaditaan usein tekijältä erilaista ammattitaitoa ja tämän vuoksi jo suunnitteluvaiheessa tekijöille määritellään minimiosaamisvaatimukset. Tehtävät toimenpiteet myös ajoitetaan mahdollisimman hyvin ja sulautetaan muuhun samanaikaisesti käynnissä olevaan toimintaan. Tällä toimenpiteellä huomioidaan se, että tehokas työaika täyttyy ja tehtävän työkuorma mitoitetaan sopivaksi. [8, s. 66–69.]

#### 5.4 Ehkäisevän kunnossapidon kannattavuus

Ehkäisevää kunnossapitoa ei tehdä pelkästään vain koneiden ja laitteiden käyttövarmuuden takaamiseksi omasta tahdosta ja intressistä, vaan myös lainsäädäntö vaatii sitä. Ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan turvallisuuden ja ympäristöön liittyvien riskien lisäksi taloudellisista syistä, sillä tehokkaan ehkäisevän kunnossapidon taloudellinen merkitys on huomattava. [8, s. 60.]



Suunniteltu ehkäisevä kunnossapito on 4-10 kertaa tehokkaampaa ja huomattavasti edullisempaa kuin suunnittelematon kunnossapito. Myös kannattavuudeltaan on yrityksen edukasta harjoittaa ehkäisevää kunnossapitoa, koska tällöin häiriöseisokit vähentyvät ja tuotannon keskeytykset minimoituvat. Suunnittelemattomasta kunnossapidosta koituu välillisiä menetyksiä, jotka ovat merkittävän paljon suurempia kuin kunnossapidossa ilmenevät välittömät kustannukset. Välittömiin kustannuksiin kuuluvat mm. materiaalikustannukset, asentajien palkka ja varaosat. [8, s. 61.]

### 5.5 Ehkäisevän kunnossapidon havainnointimenetelmät

Ihmisen aisteilla on paljon ominaisuuksia, joita voidaan hyödyntää myös koneiden kunnonvalvonnassa. Kaukolämpölaitoksen ennakkohuolto-ohjelma sisältää useita eri ajanjaksoissa toteutettavia tarkastuksia ja havaintoja. Tarkastukset perustuvat aistinvaraiseen toimintaan sekä erilaisten apuvälineiden käyttöön tarkastustoiminnassa. Erilaiset vuodot, värähtelyt, nestevuodot tai vaaratilanteet ovat havaittavissa useilla erilaisilla ihmiskehon aisteilla, joita jokainen voi harjaannuttaa ja niiden kunnossapittäminen on tärkeä osa ammattitaitoisen työntekijän fyysistä työkykyä. [7, s. 418–420.]

Näköhavaintojen avulla voidaan tarkastella esimerkiksi eri laitteiden ja koneiden tiivisteiden kuntoa ja niiden tiiveyttä. Kaukolämpöverkoston ja kattilan vuodot ovat havaittavissa näköaistin avulla. Näköhavaintoja vikaantumisesta voidaan tehdä myös putkistoliitännöistä ja savukanaalista. [7, s. 421.]

Kuuloaistin käyttö kunnonvalvonnassa vaatii tietoa ja kokemusta tarkasteltavasta kohteesta, usein avuksi otetaan myös erilaiset apuvälineet kuten stetoskooppi. Stetoskooppi on oleellinen apuväline kuuloaistilla toteutettavassa kunnonvalvonnassa. Stetoskooppi on laite, jolla ääni johdetaan koetinkärjen kautta letkuja pitkin molempiin korviin. Kuullessaan uuden äänen ihminen vertaa sitä muistiinsa tallentuneisiin ääniin, ja siksi se onkin hyvä ominaisuus ajatellen koneiden ja laitteiden kunnonvalvontaa. Tärkeitä kuuloaistin käytössä huomioon otettavia asioita ovat:

- Ihminen kuulee myös ympäristöstä tulevat äänet, mikä vaikeuttaa kunnonvalvontaa
- Ympäristössä ja sääolosuhteissa tapahtuvat muutokset aiheuttavat heijastuviin ääniin oleellisia muutoksia

-Valvottavissa kohteissa on niin korkea melutaso, että joudutaan käyttämään kuulosuojaimia  
 -Äänien tulkinta vaatii hyvää valvottavan kohteen rakenteen ja käytön tuntemusta  
 [7, s. 422–424.]

Tuntoaistin käyttäminen kunnonvalvonnassa on myös tärkeässä roolissa kaukolämpölaitoksella, koska yleisimmät tuntoaistilla tehtävät havainnot ovat lämpöhavainnot ja värinähavainnot. Värähtelyn voimakkuutta voi havainnoida myös näköaistin avulla, mutta tuntoaistia käyttämällä saadaan varmempi kokemus tutkittavan värähtelyn suuruudesta. Tuntoaistilla vertailemalla voidaan koneesta etsiä kohtaa, jossa värähtely on kaikkein voimakkainta. Koneiden kiinnityskohtia voidaan tutkia koskettamalla kiinnityspisteiden rajakohtia. [7, s. 425–426.]

Hajuaistin avulla ennakoivassa kunnossapidossa voidaan havaita vuotoja sekä tunnistaa, mitä mahdollinen vuotava aine on. Kun vuotava aine on havaittu, hajuaistin avulla voidaan tunnistaa, mistä haju voisi olla mahdollisesti peräisin ja mitä vuotava aine on. Jos koneen tai laitteen komponentin kuumenee liikaa, se voidaan tunnistaa helposti hajuaistin avulla. Hajuaistia kunnonvalvonnan apuvälineenä käytettäessä tulee kuitenkin huomioida kaasujen terveydelle haitalliset ominaisuudet ja huomioitava työturvallisuuskohdat. [7, s. 426.]

## 5.6 Voiteluhuolto

Laitteille ja koneille suoritettava voiteluhuolto on ehdottomasti kaikista tärkein ennakko- huolto- toimenpide, koska kaukolämpölaitoksen kokonaisvaltainen käyttövarmuus riippuu dynaamisten laitteiden luotettavuudesta. Noin puolet kaikista laakereiden käyttöiän aikaisista vaurioitumisista aiheutuu voiteluvirheestä, kuten puutteellisesta voitelusta, vääränlaisesta voiteluaineesta ja voiteluaineen laatutekijöiden heikkenemisestä. [3, s. 351.]

Kaukolämpölaitoksella on paljon erilaisia laakereita erilaisissa käyttökohteissa ja käyttölämpötiloissa. Käyttöolosuhteiden muutos vaatii laakereilta kestävyyttä kuin myös huoltajalta riittävää ammattitaitoa osata huoltaa laakereita oikein. Laitteen toimittaja tai valmistaja antaa ohjeet oikeista voitelukohteista, aineista, määristä, voitelumenetelmistä sekä voiteluajanjaksoista. Käytettävien voiteluaineiden tulee täyttää kunkin kohteen vaatimukset, mutta esimerkiksi montaa kymmentä erilaista voiteluainetta ei ole tarpeellista varastoida, jos muutama spesifioitu tuote kattaa

laitoksen voitelusuositukset. Yleisimpiä kaukolämpölaitoksen voitelukohteita ovat laakerit, ketjut, hydraulikkajärjestelmä, vivut, nivelet, vaihteistot, kompressorit sekä polttomoottorien eri osat. [3.] [9.]

## 6 Kaukolämpöjärjestelmän yleinen käyttö

Kaukolämpöjärjestelmän käyttöön liittyy useita toisistaan riippuvia tekijöitä, joita ovat lämpötilatasot, verkoston akkumulointi, paine-erot, verkoston painetasot sekä vesi-iskut. Järjestelmään syötetty kaukolämpöteho riippuu kaukolämpöveden virtausmäärästä sekä meno- ja paluuveden lämpötilaerosta. Kaukolämpöveden menolämpötilaa säädetään keskitetysti, mutta kaukolämpöveden virtausta säättävät yksinomaan kuluttajat ja heidän vaatimansa ottoteho. [3, s. 335.]

Menoveden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan. Liian korkea lämpötila lisää verkkohäviötä ja liian alhaisella lämpötilalla asiakkaiden tehontarve ei tule tyydytetyksi. Menolämpötilaa säättämällä ulkolämpötilasta poiketen voidaan käyttää hyväksi verkon akkumulointikykyä vuoto-kausitasolla käyttäen verkkoa lämmönvaraajana. Menolämpötilan säätönopeudessa tulee ottaa huomioon verkostoon aiheutuvat rasitukset. [3, s. 335.]

Kaukolämpöverkoston paine-eroa säädetään kaukolämpöverkostopumppujen avulla niin suureksi, että jokaisella asiakkaalla on riittävä paine-ero vesikierron aikaansaamiseksi asiakkaiden lämmönsiirtimissä. Tarpeettoman suuri pumppujen paine-ero lisää pumppaukseen käytettävää sähköenergiaa ja voi aiheuttaa ääniongelmia asiakkaiden kiinteistöissä. Painetason säädöllä pidetään verkko aina täynnä vettä ja paine pidetään verkoston jokaisessa osassa ilmanpainetta korkeampana niin, ettei vesi pääse höyrystymään. Jos kaukolämpövesi pääsee höyrystymään verkostopaineen laskiessa veden kyllästymispaineen alapuolelle, verkoston keskipainetta nostaessa höyry lauhtuu äkkiä vedeksi ja syntyy vesi-isku, joka voi aiheuttaa suurtakin vahinkoa hyvin etäällä verkostossa. [3, s. 336.]

Kaukolämpölaitoksella on myös suuri paloturvallisuusriski, jos yleisestä laitoksen siisteydestä ei pidetä huolta säännöllisin väliajoin. Laitteiden paloturvallisuuden ja toimintakyvyn kannalta säännöllinen puhdistus olisi tärkeää suorittaa puhallinpyörille, laakereiden pölynestosuojille, lianerottimille, kattilan ulospuhallusaukoille, öljy- ja ilmansuodattimille, ilmanvaihtokoneille sekä kattilan tulipinnoille. Lakisääteinen ATEX – räjähdysuojausasiakirjan laatiminen velvoittaa selvittämään ja kartoittamaan laitoksen räjähdysvaarat. [3, s. 352.]

## 6.1 Kaukolämpöjärjestelmän kunnossapito

Kaukolämpöjärjestelmän kunnossapidon tavoite on ylläpitää tuotanto- ja jakelukapasiteettia yllä laatu järjestelmän mukaisesti. Kapasiteetin tarve sekä koneiden ja laitteiden arvot muuttuvat jatkuvasti ja tämä vaatii reagoitua myös kunnossapidon näkökulmasta. Kapasiteetin tarpeeseen vaikuttavat laitoksen oletettu jäljellä oleva käyttöikä, lämmönkulutuksen yleinen kehitys ja yksittäisen tuotantolaitoksen asema koko tuotantojärjestelmässä. Kaukolämpölaitoksen kunnossapidon tarkoituksena on estää vikaantumista, parantaa käytettävyyttä, alentaa käyttökustannuksia, pidentää laitteiston elinikää, korjata havaitut viat ja vauriot nopeasti sekä toimia kokonaisvaltaisesti asetettujen ympäristönormien rajoissa. [3, s. 347.]

Kaukolämpölaitoksen kunnossapito ennakoivan kunnossapidon näkökulmasta voidaan jakaa huoltotoimintaan ja yleiseen kunnonvalvontaan. Huoltotoiminnalla pyritään estämään vikaantuminen voitelun, määräaikaivaihtojen sekä puhdistusten ja rasvauksen avulla. Yleisessä kunnonvalvonnassa keskitytään havaitsemaan alkava vika tarkistuksin ja mittauksin, jotta vika pystytään korjaamaan ennen merkittäviä seuraus- ja kerrannaisvaikutuksia. Laitoksen oma henkilökunta suorittaa usein laitoksen suppeammat korjaukset, mutta esimerkiksi kaukolämpöpumppujen ja savukaasupuhaltimien huollot sekä kattilan sisäpinnan muuraukset suorittaa ulkopuolinen yritys. [3, s. 347.]

## 6.2 Kaukolämpöverkoston kunnossapito

Kaukolämpöverkoston kunnossapitoa ja kunnonvalvontaa ajatellen on tärkeää pitää dokumentaatiota havaituista vuodoista ja verkkotietokantaan olisi hyvä olla kirjattuna, minkä ikäinen verkosto on milläkin verkosto-osalla ja minkälainen saneeraustarve verkostolla on. Verkoston paikatietojärjestelmän ylläpito on ensiarvoisen tärkeää, jotta myös mahdollisissa vuototilanteissa olisi mahdollista nähdä verkoston tarkka sijainti maastossa, rakennetyyppi, halkaisija, saneeraus tai rakennusajankohta sekä sulkuventtiilien sijainti. Maan alla sijaitsevien kaukolämpöverkostojen silmämääräinen kunnonvalvonta on haasteellista, joten yleensä kuntoarvio perustuu edellä mainittuihin kirjattuihin tietoihin laitoksen käyttämässä järjestelmässä. Kaukolämpöverkoston

kunnon paras ja helpoin tarkkailukeino on kaukolämpöveden kasvanut menekki. Kaukolämpöveden tunnistaa maastosta vihreästä väristä ja vuotokohdasta nousee yleensä höyryä kuuman kaukolämpöveden ansiosta. [3, s. 348.]

Kaukolämpöverkostojen kunnossapitoon on nykyään tarjolla hyvin paljon ohjelmistoja eri yrityksiltä, jotka tarjoavat kunnossapitodokumentointia ja paikkatietojärjestelmän ylläpitoa samassa palvelussa. Tästä hyvänä esimerkkinä on oululainen Planora Oy, jonka ylläpitämää Iisinet - järjestelmää myös Vaalan Vesi ja Lämpö Oy käyttää. Järjestelmään on syötettävissä kullekin putkiston osalle spesifioituja tietoja, kuten havaitut viat ja korjauskuittaukset, rakennusaika, materiaali, halkaisija ja keskimääräinen virtausmäärä. Järjestelmä myös simuloi kartalta, mitkä kiinteistöt jäävät mahdollisen lämmönjakelukatkoksen piiriin, jos tietty sulkuventtiili suljetaan tai putkistossa havaitaan vuoto. Lisäksi ohjelmistoon on mahdollista lisätä paikkatiedon sisältäviä kuvia reaaliaikaisesti mobiilisovelluksen avulla. Lisäksi Planora Oy tarjoaa verkostosimulointia ja laskentaa virtaustietoihin perustuen. Tämä helpottaa verkoston- ja kaukolämpölaitoksen kapasiteetin hahmottamista esimerkiksi liitettäessä uusia kiinteistöjä kaukolämpöverkostoon.

### 6.2.1 Painetaso ja keskipaine

Jotta kaukolämpöveden häiriötön kierto suljetussa järjestelmässä on mahdollista, on ylipaineen oltava riittävä veden höyrystymisen estämiseksi. Järjestelmän alipaineellinen tila voi erottaa kaasuja kaukolämpövedestä ja putkiston mahdollisten epätiiveyksien vuoksi verkostoon voi kertyä ilmaa, jolloin verkostoon syntyvät ilmalukot vaikeuttavat kaukolämpöveden kiertoa järjestelmässä. Alhaisen imupaineen vuoksi vesi voi höyrystyä pumppuissa ja verkostossa kupliksi, jotka joutuessaan kaukolämpöpumppujen siipien alapuolelle tiivistyvät takaisin vedeksi aiheuttaen siipien pintaan vesi-iskuja. Tätä ilmiötä kutsutaan tutummin kavitaatioksi. Kavitaatioilmiö aiheuttaa kaukolämpöpumppujen siipipyöriin ennen aikaista kulumista ja syöpymistä, joka lyhentää kaukolämpöpumppujen elinikää ja lisää niiden rikkoutumisriskiä. Kavitaatioefektin syntymistä pyritään estämään ylläpitämässä paluuputkessa 0,5 – 0,8 barin ja menoputkessa 3 bar imupainetta. [3, s. 338.]

Suljetussa kaukolämpöverkostossa maasto-olosuhteet eivät aiheuta hankaluuksia kaukolämpöveden kulkuun, jos painetaso pystytään pitämään oikeana. Pumppujen tekemää työtä tarvitaan kiertonopeuden kasvattamiseen sekä verkoston ja laitteiden aiheuttaman vastus- ja kirjavoiman voittamiseen. Vesi virtaa kaukolämpöverkostossa paineen alaisena aina pienemmän paineen suuntaan ja kitkavoima synnyttää verkoston painehäviön. Yleisenä sääntönä on, että verkoston painehäviö kasvaa nelinkertaiseksi virtausnopeuden kaksinkertaistuessa. Paine-eroa säädetään verkoston kauimmaisten paikkojen paine-erotiedon avulla, jossa paine-ero on pienimmillään. Mitatun paine-eron avulla voidaan säätää kaukolämpöpumppua ja näin varmistaa verkoston kokonaisvaltainen toiminta. [3, s. 340.]

### 6.2.2 Pumput

Kaukolämpöpumppujen tuottoa ja paine-eroa voidaan säätää kuristusventtiilillä, pumpun pyörimisnopeutta muuttamalla, järjestämällä suora virtaus painepuolelta imupuolelle tai tekemällä muutoksia juoksupyörään. Yleisin säätötapa on kuristussäätö ja pumpun pyörimisnopeuden säätö, koska nämä ovat helposti muutettavia säätöjä ja tapahtuvat ohjelmallisesti valvomosta kävin eivätkä vaadi mekaanisia muutoksia. Juoksupyörän muutos, johdinsiipien säätö, ohitusyhteen tekeminen tai koko pumpun vaihtaminen ovat fyysisiä ja hyvin epäedullisia muutoksia laitoksen

toiminnan kannalta. Pumpun pyörintänopeutta säädetään taajuusmuuttajan avulla, joka taas on kokonaisvaltaisesti lineaarisempi ja helpommin ohjattava keino kuin kuristusventtiilin asentaminen.

Kaukolämpöpumpun pyörimisnopeuden säätöä käytettäessä pumpun ominaiskäyrä muuttuu valitsevan tarpeen mukaan. Näin pumpun optimaalinen toimintapiste siirtyy vastuskuvaajaa pitkin ja minimoidaan häviöt. Kaukolämpöpumpun pyörimisnopeuden säätö ei vaikuta verkostossa kiertävään vesimäärään, vaan toimenpiteellä pyritään optimoimaan pumpun nostokorkeus aina valitsevaan tilanteeseen sopivaksi. [3, s. 341–342.]



## 7 Ennakkohuolto-ohjelman toteutus

Ennakkohuolto-ohjelman tarkoituksena on parantaa Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n lämpölaitoksen käyttövarmuutta ja taata laitoksen mahdollisimman häiriötön lämmöntuotanto. Työ aloitettiin kartoittamalla laitoksen nykytila ennakkohuoltojen osalta ja selvittämällä laitoksen kohteet, mihin ennakkohuolto-ohjelma kohdennetaan. Tutustumalla koneiden ja laitteiden valmistajien antamiin huolto-ohjeisiin ja keskustelemalla asentajien ja lämpölaitoksen hoitajan kanssa saatiin käsitys siitä, mitä huolto-ohjelman tulisi sisältää ja minkälaiseen käyttöön se tulisi. Näitä ohjeita yhdistelemällä voitiin laatia toimiva ja laitosta palveleva huolto-ohjelma. Lähtökohdan ongelmana oli, että tietyn laitteen huoltoa ja kunnossapitoa silmällä pitäen pitää etsiä läpi isot kansiot tekstiä, josta huoltotoimenpiteet ovat lopulta hankalasti löydettävissä. Toinen ongelma nykyisessä mallissa oli huoltodokumentoinnin puuttuminen, eli kun jokin kohde vikaantui, niin vian dokumentointi ja sille suoritettavat tarvittavat toimenpiteet jäivät useimmiten pelkästään muistinvaraisiksi asioiksi. Tämä menetelmä ei tue pitkäaikaista ennakkohuoltotoimintaa, vaan havaittujen vikojen aiheuttajia ja syitä on hankala tutkia pitkän aikavälin takaa, kun tapahtumia ei ole dokumentoitu asianmukaisesti.

Tämä laadittu huolto-ohjelma antaa kertavilkaisulla tiedot huoltosyklistä sekä viikoittain, kuukausittain ja vuosittain tehtävistä toimenpiteistä, jotka ilmenevät kunkin osa-alueen huoltokortista. Näihin kortteihin kirjataan merkintä huollon ja tarkastuksen suorittamisen mukaan ja laput säilytetään laitoksella omassa huoltokansiossa. Ennakkohuolto-ohjelman tarkastuskortit laadittiin myös Excel – versiona, mutta lämpölaitoksen hoitajan toiveiden mukaisesti kuittaukset suoritetuista huolloista tehdään huoltokortteihin, jotka säilytetään kansioissa kaukolämpölaitoksella. Tällä tavalla toimittaessa ennakkohuollon kirjaukset voidaan toteuttaa käyttäjäystävällisesti, mutta silti ohjelman perusperiaate säilyy ennallaan.

Tässä osiossa on laadittu ja esitetty huolto- ja tarkastustoimenpiteet kullekin kaukolämpölaitoksen komponentille. Samat huolto- ja tarkastuskohteet on koottu myös huoltokorteille.

### 7.1.1 Päivittäin suoritettavat käyttöjakson aikaiset tarkastukset

Kaukolämpölaitoksella päivittäin suoritettavat käytönaikaiset tarkastukset rajoittuvat yleensä silmämääräisiin ja pintapuolisiin tarkastuksiin. Päivittäisten tarkastusten tarkoituksena on havaita oleellisesti käyttöä haittaavat ja vaaraa aiheuttavat viat laitoksella. Päivittäin suoritettavat tarkastukset eivät vaadi koneiden tai laitteiden pysäyttämistä normaalista tuotantosyklistä, vaan silmämääräiset tarkastukset voidaan toteuttaa laitoksen käydessä normaalisti. Päivittäiseen tarkastukseen kuuluvat seuraavat asiat:

- Tarkistetaan silmämääräisesti, ettei kaukolämpöpumpuissa, verkostossa, luukuissa tai kattilan tiivistyksissä ole vuotoja.
- Arinan ja arinaa liikuttavan sylinterin toiminta on kunnossa.
- Polttoainerorven ja syöttösuppilon silmämääräinen tarkastus
- Märkäkolan ja pudotussuppilon silmämääräinen tarkastus
- Polttoaineen laatu polttoainevarastossa ja kuljettimessa on kriteerit täyttävää. Polttoainejärjestelmälle soveltumattomat esineet ja suuret jäätyneet polttoainekasat on poistettava kuljettimelta.
- Tuhkalavan yleisen kunnan tarkastus silmämääräisesti ja tuhkan määrä tuhkalavalla. Mikäli tuhkalava vaatii tyhjennyksen, on kuljetin pysäytettävä tyhjennyksen ajaksi.
- Tarkistetaan savukaasujen lämpötila ja automaattinuohousjärjestelmän toiminta. Mikäli savukaasujen lämpötila ei ole ohjearvossa, suoritetaan kattilan konvektio-osalle manuaalinen nuohous. Automaattinuohousjärjestelmä on kytkettävä pois päältä manuaalisen nuohouksen suorittamisen ajaksi.

### 7.1.2 Viikoittain tehtävät tarkastukset:

Laitoksen yleiset viikoittain suoritettavat yleiset tarkastukset keskittyvät silmämääräisiin tarkastuksiin ja laitteiston yleiseen siisteyteen ja toimintakunnon valvontaan. Viikoittaiset tarkastukset eivät myöskään edellytä kattilalaitoksen alasajoa, mutta jos puhaltimien laakereita joudutaan vaihtamaan, edellyttää kyseinen toimenpide kattilan alasajoa.

- Laitos on puhdas, mahdolliset haitalliset pölykertymät on poistettava välittömästi
- Tarkistetaan hydraulikoneikon öljynpaine ja -määrä. Mikäli öljytaso tai paine eivät ole ohjearvoissa, niin tarkastetaan mahdolliset vuodot ja öljyn määrä.
- Tarkistetaan käsin tai mittarilla laakereiden lämpeneminen. Mikäli laakereissa esiintyy selvää lämpötilan nousua tai poikkeavaa värinää tai ääntä, ryhdytään toimenpiteisiin laakereiden vaihtamiseksi. Mikäli laakereiden vaihto edellyttää kattilan alasajoa, suoritetaan valmistelevat toimenpiteet siten, että vaihto tapahtuu mahdollisimman nopeasti.
- Tarkastetaan varavoiman saanti laitokselle ja kaukolämpöpumpuille mahdollisen sähkökatkon varalle.

### 7.1.3 Kuukausittain tehtävät tarkastukset:

Laitoksen yleiseen toimintaan liittyvät kuukausittaiset tarkistukset keskittyvät pääsääntöisesti säätö- ja varolaitteiden tarkastuksiin. Nämä tarkastukset ovat oleellisia laitoksen toimintavarmuuden takaamiseksi häiriötilanteissa ja niiden laiminlyömisellä voi olla vakavia seurauksia hätätilanteen sattuessa.

- Tarkistetaan kattilan säätö- ja varmistuslaitteet sekä niiden ohjeidenmukainen toiminta
- Korjataan mahdolliset vesivuodot laitoksella
- Tarkistetaan koneiden, vaihteistojen ja laitteiden öljymäärät ja tarvittaessa lisätään öljyä

#### 7.1.4 Puolivuositain tehtävät tarkastukset

Puolivuositain suoritettavat tarkastukset liittyvät kattilan sisäisten muurausten kuntoon ja varoluukkujen tarkastukseen. Arinan ja arinarautojen kunto tarkastetaan puolivuositain ja tarpeen vaateissa huonokuntoiset arinaraudat vaihdetaan uusiin ohjeidenmukaista vaihto-ohjetta noudattaen. Nämä huollot vaativat kattilan alasajon, mutta Vaalan Vesi ja Lämpö Oy käyttää suurempaa kattilaa pääsääntöisesti talvikautena ja kesä kautena käytössä on pienempitehoinen 1,5 MW kattila, jolloin tarkastukset voidaan suorittaa kattiloiden alasajojen yhteydessä.

- Tarkastetaan luukkujen ja kansien tiivisteet
- Tarkastetaan ja korjataan muurausten mahdolliset vauriot
- Tarkastetaan arinan kunto ja tarvittaessa korjataan vauriot
- Tarkistetaan kattilan kunto silmämääräisesti
- Testataan kattilan lukitusjärjestelmä

#### 7.1.5 Vuositain tehtävät tarkastukset ja huollot

Vuosittain tehtävät huollot ovat useimmiten kaikkein laajamittaisimpia ja vaativat seisokkiaikaa sekä kattilalaitoksen alasajoa. Vuositain suoritettavat huollot vaativat ennakointia ja huoltojen hyvää suunnittelua.

- Mitataan esimerkiksi ultraäänimittarilla kattilan painerungon seinämän vahvuudet. Mikäli hälyttävää korroosiota ilmenee, on otettava yhteys toimittajaan ja toteutettava vaadittavat toimenpiteet
- Huolletaan ja koestetaan kattilan säätö- ja varmistuslaitteet niistä annettujen ohjeiden mukaisesti
- Huolletaan ja kunnostetaan muut kattilan oheislaitteet asianmukaisesti (puhaltimet, kolakuljettimet, savukaasupuhdistin).
- Tarkastetaan ja täydennetään tarvittaessa laitoksen varaosat sekä arvioidaan, mitkä varaosat olisi hyvä olla valmiina varastossa rikkoutumisen varalta. Esimerkiksi tietyt erikoispultit kuljettimissa, joita on hankala saada paikallisista liikkeistä häiriöseisokin aikana.

## 7.2 Yleisohjeita kattilalaitoksen hoitoon

Kattilalaitos on pidettävä puhtaana kaikista mahdollisista öljy-, tuhka- ja polttoainekerääntymistä, jotka saattavat aiheuttaa tulipalon. Jos kattila pääsee kiehumään kuiville, ei vettä saa lisätä ennen kattilan jäähtymistä. Kiehumisen syy on välittömästi selvitettävä ja poistettava. Mikäli tulipinnat vaurioituvat kuivakiehumisen takia, on paineastiaviranomaisen ja kattila-asiantuntijan suoritettava tarkastus ennen kattilan käyttöönottoa. Koneiden ja laitteiden rasvaukset suoritetaan suositusten mukaisilla aikaväleillä.

## 7.3 Polttoainevaraston tankopurkaimet

Tankopurkaimet sijaitsevat polttoainevaraston pohjalla ja niiden tehtävänä on siirtää polttoaine syöttökolakuljettimelle. Tankopurkaimet toimivat hydraulikoneikon avulla. Tankopurkaimien laakerit tulisi rasvata kuuden kuukauden välein. Samassa yhteydessä tankopurkaimille ja sen hydraulikoneikolle suoritetaan silmämääräinen tarkastus, jossa tarkastetaan järjestelmän mahdolliset öljyvuodot ja oikea painetaso. Jos tankopurkainjärjestelmässä havaitaan hydraulioöljyvuotoa, on ne korjattava välittömästi.

## 7.4 Syöttökolakuljetin

Syöttökolakuljetin kuljettaa polttoaineen varastosta giljotiinipellille. Kuljettimen laakerit tulee voidella noin 1000 käyttötunnin välein, mutta kuitenkin vähintään 6 kk välein. Syöttökolakuljettimelle määritellään 3 kk välein suoritettava ketjun kireyden tarkastus. Syöttökolakuljettimen ketjun kireyden tarkastus tapahtuu nostamalla ketjua normaalilla voimalla pystysuoraan ylöspäin. Kuljetin on ehdottomasti oltava kytkettynä virrattomaksi ja pois käytöstä tarkastuksen suorittamisen ajaksi, jotta mahdollisilta henkilövahingoilta vältyttäisiin. Jos ketju nousee kiinni syöttökolakuljettimen kuljetussuppilon kantta, on suoritettava ketjun kiristys. Ohjearvoinen ketjun kireys on 30-40 mm syöttökolakuljettimen pohjalevystä. Syöttökolakuljettimeen voi joutua polttoainekuljetusten mukana sinne kuulumatonta tavaraa, kuten esimerkiksi kiviä, roskia, jäätynyttä polttoainetta tai muita vieraita esineitä, jotka voivat vahingoittaa kuljetinta.

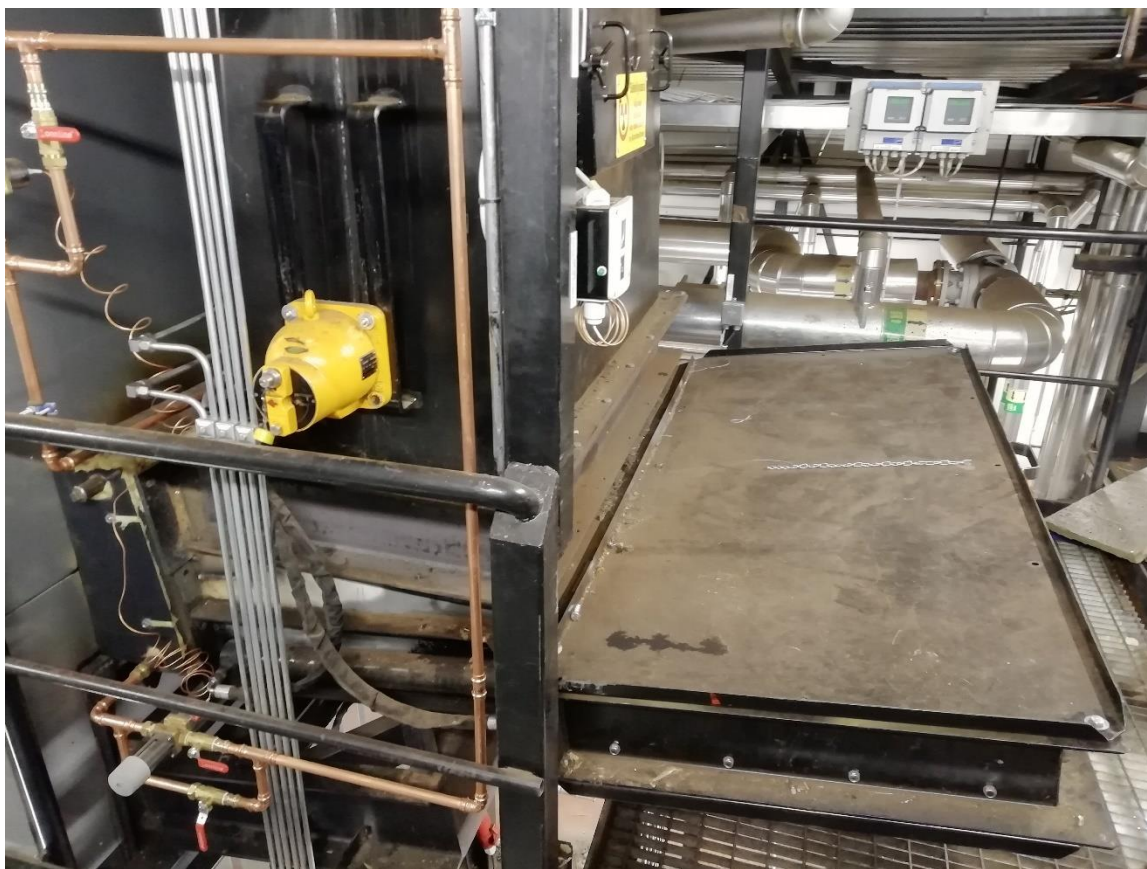


Kuva 8. Syöttökolakuljetin ja polttoaineen rosvopelti BIO-kattilaan.

### 7.5 Giljotiinipelti

Giljotiinipellin tehtävä on annostella polttoaine syöttösuppilon alaosaan. Polttoaine otetaan kattilaan kahden hydraulitoimisen giljotiinipellin läpi siten, että kattilan ja polttoainekuljettimen välissä on aina vähintään yksi giljotiinipelti suljettuna. Tämä estää mahdollisen takapalon leviämistä kolakuljettimelle ja aina polttoainesäiliöön saakka. Polttoaineen pintaa syöttösuppilossa ohjataan kahdella gammasäteilijällä. Pitkäaikaista oleskelua gammasäteilijöiden lähellä täytyy välttää, koska säteilylle altistuminen on terveydelle erittäin vaarallista.

Giljotiinipellin yleistä toimintaa tulee tarkastella päivittäin sen turvallisen ja häiriöttömän toiminnan takaamiseksi. Puolivuositain suoritetaan laajempi tarkastus, jossa tarkastetaan pellin oikeanlainen liikerata ja pellin sekä tukirautojen yleinen kunto. Giljotiinipellin kiinnityshaarukka tulee voidella aina vuoden välein.



Kuva 9. Hake- ja turvepolttoaineen vesijäähdytetty syöttösuppilo

## 7.6 Arinakattila

Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n kaukolämpölaitoksella on käytössä mekaanisella viistoarinalla varustettu kattila, jonka teho on 3,0 megawattia. Polttoaine valuu giljotiinipellin kautta syöttösuppilon alaosaan ja siitä arinalle, jossa palamisprosessi tapahtuu. Polttoaineen annostelee arinalle mekaaninen arinan yläosassa sijaitseva hydraulitoiminen syötin. Syöttimen ja mekaanisen arinan liikettä ohjataan primääri-ilmapuhaltimen pyörimisnopeuden mukaan, eli toisin sanoen kattilan kokonaistehon mukaan. Mekaanisen arinan jatkeena on liikkuva tuhka-arina, joka pudottaa tuhkat alla olevalle märkäkolakuljettimelle. Kattila on vaipparakenteinen teräslevykattila, jolloin tulipesä ja konvektio-osa ovat kauttaaltaan vesivaipan ympäröimiä, jolla minimoidaan säteilyhäviöt. Oikean palamislämpötilan aikaansaamiseksi tulipesän sivuseinät, et- ja takaseinän holvit sekä luukut on vuorattu tulenkestävällä massalla (=muurattu). Arinan takaseinä on jätetty paljaaksi vesijäähdytteiseksi seinäksi lämpötilan alentamiseksi sekä ehkäisemään tuhkan sintrautumista.

Päivittäisiin huoltotoimenpiteisiin kuuluu tarkastaa, että arina ja sen hydraulikoneikko toimii normaalisti. Lisäksi hydraulikoneikkoa tulee tarkastella päivittäin mahdollisten öljyvuotojen varalta. Jos öljyvuotoa havaitaan, on vuodot korjattava välittömästi. Kattilan arinaosa on käytännössä huoltovapaa, kun arina on laakeroitu vierintälaakerein, joiden perusvoitelu on suoritettu tehtaalla ja ne ovat suojattuina putoavalta tuhkalta ja pölyltä. Arinaan suoritettavat tarkastukset liittyvät arinarautojen kunnonvalvontaan. Arinarautojen vällys tarkastetaan kattilan ollessa alasajettuna sekä arinaraudat puhdistetaan ja arinaosasta poistetaan sinne kuulumattomat kivet ja kuona poistetaan. Jos arinaraudat näyttävät syöpyneiltä tai niistä puuttuu jo palasia, on arinaraudat vaihdettava viipymättä.

Kattilan konvektio-osan nuohous tulee suorittaa, jos savukaasujen lämpötila automaattinuohousjärjestelmän toiminnasta huolimatta kohoaa 30-40 °C normaalitilaa korkeammalle. Lisäksi päivittäin tarkastetaan kattilan kunto ulkoisesti ja jos puutteita havaitaan, ne korjataan viipymättä.



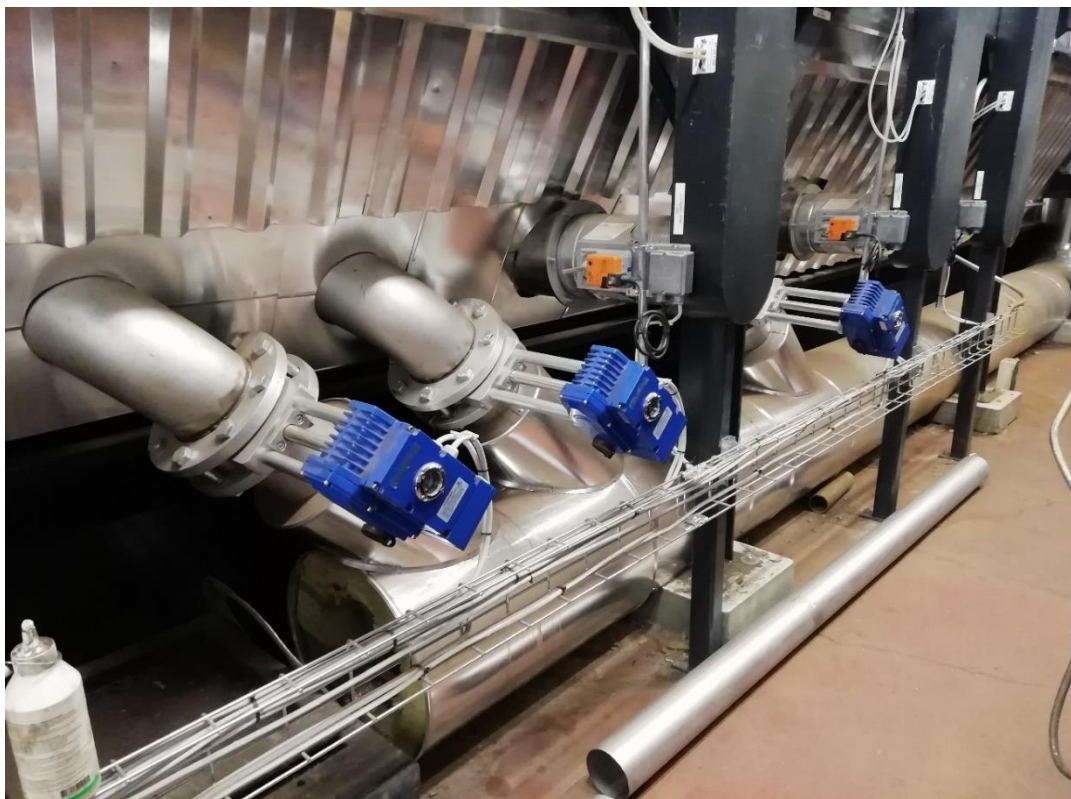


Kuva 10. Syöttöpeltien ja arinan hydraulikoneikko.

## 7.7 Puhaltimet

Lämpölaitoksessa käytetään monenlaisia puhaltimia polttoprosessin eri osa-alueissa. Tärkeimpiä näistä puhaltimista ovat primääripuhaltimet, sekundääripuhaltimet ja savukaasupuhaltimet. Kattilahuoneen paineistamiseen käytetään myös omia puhaltimia. Jokaiselle puhaltimelle pätee hie-  
man erilaiset huolto-ohjelmat ja aikavälit, jotka käydään läpi seuraavaksi.

Primääripuhallin eli ensiöilmapuhallin puhalttaa ensiöilman palamisprosessiin ja täten mahdollistaa polttoprosessin toteutumisen. Primääripuhallin syöttää arinailman kahteen vyöhykkeeseen ja määrää täten kattilan tehon. Primääripuhallin on myös varustettu lepovirtatoimisella pellillä, joka sulkeutuu puhaltimen pysähtyessä eli säätöarvon saavuttaessa nollan. Lepopeltiä edellytetään myös hätätilanteissa, jotka koskevat palamisprosessin alasajoa, sähkökatkoa ja kuiviinkiehun-  
taa. Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n kaukolämpökattilassa käytettävän polttoaineen ihanteellinen kosteus on noin 30-40 %, mutta kattilan toiminta on mitoitettu siten, että se saavuttaa sille asetetut tehotavoitteet vielä 55 % kosteudella olevalla hakkeella.



Kuva 11. Primääripuhaltimien putkisto ja säätöventtiilit.

Sekundääri-ilmapuhallin eli toisioilmapuhallin mahdollistaa täydellisen palamisprosessin polttamalla jäljelle jääneitä savukaasuja. Sekundääri-ilmapuhallin on kytketty savukaasujen happisäätöpiiriin ja sen tehtävänä on huolehtia arinalta nousevien palamiskelpoisten kaasujen mahdollisimman täydellisestä polttamisesta. Suurin osa polttoprosessissa syntyvistä savukaasuista saadaan poltettua tehokkaasti sekundääri-ilmapuhaltimen avulla, joka parantaa kattilan hyötysuhdetta.



Kuva 12. KPA-kattilan savukaasupuhallin.

Savukaasupuhaltimen tarkoituksena on puhaltaa jäljelle jääneet savukaasut savukanavan kautta ulkoilmaan. Savukaasupuhaltimen toiminnalla on suuri merkitys polttoprosessin hyötysuhteeseen sekä savukaasujen oikeanlaiseen puhdistamiseen.

Kaikille puhaltimille päivittäisiä huoltotoimenpiteitä ovat silmämääräinen kunnon tarkastus ja epätavallisten äänien kuuntelu laakereista. Kuukausittain tulee mitata laakereiden lämpötilat infrapunalämpömittarilla. Jos puhaltimet toimivat hihnavälitteisesti, niin hihan oikeanlainen kireys

tulee varmistaa viikoittain. Hihnan pyörien ja rullien tarkempi tarkastus suoritetaan puolivuositain. Tällöin tarkastetaan muun muassa mahdolliset murtumat ja halkeamat hihnapyörissä.

Puhaltimien laajemmat huollot kuten laakerien vaihdot, siipipyörien vaihdot ja tasapainotukset hoitaa yleensä ulkopuolinen puhaltimien huoltoon erikoistunut yritys. Näin taataan ammattitaitoinen huolto ja prosessin kannalta kriittiset komponentit pysyvät toimintakuntoisina.

## 7.8 Märkäkolakuljetin

Märkäkolakuljettimen tehtävänä on kuljettaa savukaasupuhdistimelta tippunut tuhka tuhkakärryn. Märkäkolakuljetin on tyypiltään alavetoinen 2-ketjuinen kolakuljetin. Märkäkolakuljetin sisältää pystykolakuljettimen ja vesialtaan. Kuljettimen yleinen kunto on tarkastettava vähintään kerran viikossa silmämääräisesti. Laakereiden huollossa noudatetaan ensisijaisesti valmistajan ohjeita ja suosituksia. Kuljettimen laakerit tulee voidella noin 200 käyttötunnin välein, mutta kuitenkin vähintään 1 kk välein.

Ketjun kireys tulee myös tarkistaa viikoittain ja mikäli liikkumavara pystysuunnassa on yli 50 mm, suoritetaan kiristys. Ketjun liikkumisvara tulisi olla noin 10-20 mm pystysuunnassa. Tuhka-altaan tulee myös olla ehjä, jotta altaan vesitaso pysyy oikealla korkeudella ja täten takaa tuhkakolakuljettimen oikeanlaisen toiminnan. Altaan ollessa tyhjä voidaan suorittaa alapyörän kunnon tarkastus. Tämä täytyisi suorittaa vuosittain. Voiteluun käytetään olosuhteisiin sopivaa eli vettä ja lämpöä kestävää vaseliinia valmistajan ohjeiden mukaisesti. Kesä- ja pitkäaikaisen seisokin jälkeen tulee ennen käyttöönottoa tarkastaa, ettei kuljettimessa ole suuria määriä tuhkaa, joka olisi haitaksi kuljettimen toiminnalle. Suuret tuhkakäämät ja poikkeuksellisen suuriksi läjiksi muodostunut tuhka poistetaan kuljettimelta ennen sen käynnistämistä.





Kuva 13. Märkäkolakuljettimen vesiallas ja tuhkan pudotussuppilo.



Kuva 14. Märkäkolakuljetin ja tuhkavaunu.

## 7.9 Savukaasupuhdistin

Palamisprosessissa syntyneet savut johdetaan savukaasupuhdistimen läpi piipun kautta ulkoilmaan. Savukaasupuhdistimen toiminta on tärkeää pitää kunnossa niin laitoksen yleisen toiminnan kuin ympäristöpäästöjenkin ja raja-arvojen nojalla. Savukaasut johdetaan kattilasta multisykloniin, jossa ne jakautuvat tasaisesti kanaviin. Kanavissa kaasut saatetaan pyörimisliikkeeseen, jolla pienhiukkaset erotetaan. Multisyklonilta palokaasut virtaavat multisyklonilta piipun kautta ulkoilmaan.

Päivittäin tulee tarkastaa, että savukaasupuhdistin ja puhdistusprosessi toimii oikein. Lisäksi pienhiukkasten suodattimen toiminta tulee tarkastaa, koska tukkeutunut suodatin aiheuttaa savukaasujen lämpötilan nousua, joka taas vaikuttaa koko polttoprosessiin. Multisykloni tulee puhdistaa ja tarkastaa kolmen kuukauden välein ja samalla tarkastuksen yhteydessä liialliset pölykertymät on poistettava.



Kuva 15. Savukaasupuhdistimen huoltoluukut

### 7.10 Kaukolämpöpumput

Kaukolämpöpumppujen tärkein tehtävä on pumpata kaukolämpövesi laitokselta tasaisesti koko kaukolämpöverkoston. Tällöin niiden toiminta on myös hyvin kriittistä lämmön siirron ja jakelun kannalta. Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:llä on käytössään kaksi kaukolämpöpumppua, jotka toimivat erillään. Kummallakin pumpulla voidaan hallita verkostoa yksinään ja pumpput on kytketty verkostoon rinnakkain.

Päivittäiseen kunnossapitoon kuuluu tarkkailla kaukolämpöpumppujen oikeanlaista toimintaa. Pumppujen mahdolliset tiivistevuodot täytyy korjata heti havaitsemisen jälkeen. Lisäksi päivittäiseen tarkkailuun kuuluu kaukolämpöpumppujen laakerien epämääräisten äänien tarkkailu. Pumppujen laakerit tulee voidella kolmen kuukauden välein toimintakunnon takaamiseksi.

Kaukolämpöpumppujen varsinaisesta huollosta eli laakereiden ja tiivisteiden vaihdosta vastaa yleensä siihen erikoistunut yritys. Vaalan Vesi ja Lämpö Oy suorittaa kaukolämpöpumppujen huollot niin ikään ulkopuolisella ammattilaisella.





Kuva 16. Kaukolämpöpumppu 1.



Kuva 17. Varalla oleva kaukolämpöpumppu.

### 7.11 Automaattinuohousjärjestelmä

Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n molemmat kiinteän polttoaineen kattilat on varustettu automaattinuohousjärjestelmällä. Automaattinuohousjärjestelmän tarkoituksena on pitää kattilan konvektio-osa puhtaana savukaasujen muodostamasta tuhkasta. Automaattinuohousjärjestelmä on huomattavasti helpompi ja tehokkaampi tapa kuin käsin suoritettava nuohous. Konvektio-osan tuhka vaikuttaa suoraan savukaasujen lämpötilaan ja täten hyötysuhteeseen ja kattilan toimintaan.

Päivittäiseen kunnossapitoon kuuluu tarkastaa automaattinuohousjärjestelmän toimintakunto ja paikantaa mahdolliset vuodot. Lisäksi ilmakompressorien toimintaa tulee tarkkailla päivittäin. Automaattinuohousjärjestelmää käytettäessä on mekaaninen nuohous suoritettava kerran vuodessa. Samalla tarkastetaan nuohousluukkujen tiiveys sekä kiinnityspisteiden kunto.



Kuva 18. Automaattinuohousjärjestelmän kompressorisäiliöt sekä nuohousluukut.

## 8 Ennakkohuolto-ohjelman käyttöönotto yrityksessä

Valmis huolto-ohjelma käytiin läpi palaverissa Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n kanssa, ja tässä yhteydessä keskusteltiin myös siitä, minkälaisia ajatuksia laadittu huolto-ohjelma käyttäjissä herättää. Palaverissa esiteltiin opinnäytetyön pohjalta tehdyt laitteiston huoltokortit, vikailmoituslomake ja käytiin läpi Excel – huoltotaulukko. Laaditut huoltokortit selkeyttävät huoltoprosessia ja taulukko toimii hyvänä tukena ja dokumentaatiomenetelmänä tehdyistä huolloista sekä korjauksista vuositason. Taulukossa alavälilehdille on koottu suoritettavat huoltotoimenpiteet aikasykleissä viikoittain, kuukausittain, puolivuositain ja vuosittain. Vikailmoituslomake toimii dokumentaationa ilmenneistä vika- ja häiriötilanteista. Lämpölaitoksen hoitaja oli tyytyväinen laadittuihin lomakkeisiin ja kertoi niiden helpottavan hänen dokumentointiaan laitoksen kunnossapidosta. Kehitysidea tulevaisuudessa käyttöönotettavasta Excel – huoltotaulukosta jäi mietintäasteelle, koska käyttäjät kokevat paperiversion olevan heille tässä vaiheessa helpompi ja yksinkertaisempi käyttää ja täydentää.

Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:llä ennakkohuolto-ohjelma otetaan käyttöön, kun käyttäjiä on ohjeistettu toimintaperiaatteesta ja he ovat tutustuneet aineistoon riittävän hyvin, jotta sen käyttö on tuttua ja sen toimintaperiaate on selvä. Opinnäytetyössä laadittiin jokaiselle tässä työssä käsitellylle kaukolämpölaitoksen komponentille huoltokortti, joista esimerkki löytyy liitteestä 1. Tämän työn lopusta löytyvät liiteosioista märkäkolakuljettimelle tehty huoltokortti (liite 1) ja kaukolämpölaitoksen vikailmoituslomake, joka täytetään aina havaitusta viasta jatkotoimenpiteitä silmällä pitäen (liite 2).

Kaukolämpölaitoksen häiriöttömän toiminnan edellytyksenä on, että ennakkoivaa kunnossapitoa suoritetaan säännöllisin väliajoin. Vaalan Vesi ja Lämpö Oy on pitänyt pienimuotoista merkkivihkoa ilmenneistä vioista ja niiden korjauksista, mutta tämä ennakkohuolto-ohjelma selkiyttää varsinkin oikeiden huoltovälien toteutumista. Vikaantumista tulisi kuitenkin pyrkiä välttämään mahdollisimman pitkään, koska vakavimmassa vikatilanteessa ilmennyt häiriö voi aiheuttaa pahimmillaan koko kaukolämpöprosessin keskeytymisen. Koko lämmöntuotannon keskeytyminen laitoksella vaarantaa pahimmassa tapauksessa ihmishenkiä talven ääriolosuhteissa ja lisäksi erittäin suuret välilliset taloudelliset menetykset eri kohderyhmille esimerkiksi kiinteistöjen jäätyminen takia.

Excel - pohjaisen huoltodokumentoinnin yhteydessä yhtenä välilehtenä on vikahistoriataulukko, johon voidaan kirjata vuoden aikana ilmenneet viat kaukolämpölaitoksella. Tämän pohjalta syntyneitä vikoja ja niiden esiintymistaajuutta voidaan tarkastella ja analysoida tulevia huoltotoimenpiteitä suunnitellessa. Vikahistoriatiedon avulla voidaan myös parantaa ennakointia tiettyjen vikojen syntymisen suhteen, jolloin vikoja voidaan ehkäistä sekä vikojen aiheuttamia haittoja ja vahinkoja pienentää merkittävästi. Käytännöllisyys on kuitenkin tärkeässä roolissa huoltoja suunniteltaessa, joten huolto-ohjelman ja huoltoaikojen soveltaminen käytäntöön täsmentyy, kun ennakohuolto-ohjelma on ollut käytössä muutamia kuukausia.

## 9 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia ennakkohuolto-ohjelma Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:n kaukolämpölaitokselle. Työssä keskityttiin myös tutustumaan kaukolämpöprosessiin ja tutkimaan kaukolämpölaitoksen asettamia haasteita ennakkohuollon toteuttamiselle. Huolto-ohjelman luomisessa onnistuttiin tavoitteiden mukaisesti ja toimeksiantaja on tyytyväinen lopputulokseen. Huolto-ohjelmasta saatiin käyttäjäystävällinen ja helposti täydennettävä, joten jatkokehitys työn osalta yrityksessä on helppoa toteuttaa. Työssä laadittiin laitteille huoltokortit, joista käy ilmi, millaisia ennakkohuoltotoimenpiteitä laitteistolle tulee tehdä ja milloin ne tehdään. Excel – taulukko toimii dokumentaatiojärjestelmänä vikatilanteille ja samalla toimii pöytäkirjana suoritetuista huolloista ja tarkistuksista. Tällä opinnäytetyöllä parannetaan koko kaukolämpölaitoksen kunnossapitoa, kun häiriöseisokit vähentyvät ja ennakoiva kunnossapito harventaa vikojen esiintymistäajuutta.

Työskentely Vaalan Vesi ja Lämpö Oy:llä kaukolämpölaitoksen parissa antoi tehtävälle hyvän lähtökohdan alkaa laatimaan huolto-ohjelmaa. Työ antaa hyvän pohjan alkaa kehittämään kaukolämpölaitoksen ennakkohuoltoa ja luo selkeää aikataulutusta kausi- ja ennakkohuolloille. Lisäksi laitekohtaisesti kootut huollot antavat selkeän toimintaperiaatteen nopealla tarkastuksella ja huoltokohteet löytyvät selkeästi aina yhdestä lomakkeesta.

Opinnäytetyö antoi itselle työskentelyn ohessa loistavan kehittymismahdollisuuden kaukolämpötekniikkaan ja sen huoltamiseen. Perehtyminen kaukolämpöjärjestelmään, kaukolämmön tuotantoon sekä jakeluverkostoon antoivat hyvän osaamisen tulevaisuutta ajatellen. Suurimpia haasteita työn aikana olivat valmistajien antamien huoltosuositusten löytäminen sekä kohteiden rajaaminen, eli mitkä ovat tärkeimpiä komponentteja kokonaistoiminnan kannalta ennakkohuoltoa ajatellen. Lisäksi kaukolämpölaitoksen kunnossapidon lähtötilanne loi omat hankaluudet huolto-ohjelman toteuttamiseen, koska vähäisenkin ennakkomateriaalin löytäminen oli työlästä.

## Lähteet

- (1) Vaalan Vesi ja Lämpö Oy. Vuosikertomus 2016.
- (2) Energiateollisuus ry. Miksi kaukolämpö? Available at: <https://kaukolampo.fi/miksi-kaukolampo/>. Accessed 23.4., 2019.
- (3) Koskelainen L, Saarela R, Sipilä K. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus; 2006.
- (4) Energiateollisuus. Kaukolämmön tuotanto. Available at: [https://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiantuotanto/kaukolammon\\_tuotanto](https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/kaukolammon_tuotanto). Accessed 23.4., 2019.
- (5) Toholammin Energia Oy. Available at: <https://www.toholamminenergia.fi/>. Viitattu 25.4., 2019.
- (6) Toholammin Energia. Käyttöesite. Available at: <http://www.esitteemme.fi/toholamminenergia/WebView/>. Accessed 25.4., 2019.
- (7) Miettinen J, Miettinen J, Leinonen P, Jantunen E, Kokko V, Riutta E, et al. Kuntoon perustuva kunnossapito : käsikirja. Helsinki: KP-Media; 2009.
- (8) Järviö J, Järviö J. Kunnossapito. 2. täyd. p. ed. Rajamäki: KP-Media; 2004.
- (9) Vaalan Vesi ja Lämpö Oy. Kuljettimien ja puhaltimien huolto-ohje.
- (10) Ariterm Oy. Käyttö ja huolto-ohjeet KPA-laitokselle.

## Liitteet

Liite 1. Märkäkolakuljettimen huoltokortti

Liite 2. Kaukolämpölaitoksen vikailmoituslomake



Liite 1. Märkäkolakuljettimen huoltokortti

## Märkäkolakuljetin

Märkäkolakuljettimen tehtävänä on kuljettaa savukaasupuhdistimelta tippunut tuhka tuhkakärkyyn. Märkäkolakuljetin on tyypiltään alavetoinen 2-ketjuinen kolakuljetin. Märkäkolakuljetin sisältää pystykolakuljettimen ja vesialtaan.

Tarkasta joka päivä: Tarkasta päivittäin, että märkäkolakuljetin toimii normaalisti, kuljetinketju pyörii esteettä ja tuhka-altaassa on riittävästi vettä.

Tarkasta joka viikko: Kuljettimen yleinen kunto on tarkastettava vähintään kerran viikossa silmämääräisesti. Ketjun kireys tulee myös tarkistaa viikoittain ja mikäli liikkumavara pystysuunnassa on yli 50mm, suoritetaan kiristys. Ketjun liikkumisvara tulisi olla noin 10-20mm pystysuunnassa.

Tarkasta joka kuukausi: Kuljettimen laakerit tulee voidella noin 200 käyttötunnin välein, mutta kuitenkin vähintään 1kk välein.

Toimenpide	Tarkistus	Kuittaus
Märkäkolakuljetin toimii normaalisti	Päivittäin	
Kuljettimen yleinen kunto, ketjun ohjeellinen kireys	Viikoittain	
Kuljettimen laakerien voitelu	Kuukausittain	

Liite 2. Kaukolämpölaitoksen vikailmoituslomake

Vaalan Vesi ja Lämpö Oy  
Kaukolämpölaitoksen vikailmoituslomake

\_\_\_\_\_

Havaitun vian kuvaus ja komponentti

\_\_\_\_\_

Tarkempi kuvaus vian ominaisuuksista

\_\_\_\_\_

Käytetyt / tarvittavat varaosat

\_\_\_\_\_

Muuta huomioitavaa

\_\_\_\_\_

Jatkotoimenpiteet

\_\_\_\_\_

Päivämäärä

\_\_\_\_\_

Havaintsija