



Ville Päärni

Martinlaakson voimalaitoksen prosessimuutossuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

9.5.2025

Tiivistelmä

Tekijä: Ville Pääрни
Otsikko: Martinlaakson voimalaitoksen prosessimuutos suunnitelma
Sivumäärä: 46 sivua + 4 liitettä
Aika: 9.5.2025

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine: Energiantuotantomenetelmät
Ohjaajat: Lehtori Kari Salmi
Käyttöinsinööri Marko Lommi

Opinnäytetyössä tarkastellaan Vantaan Energia Oy:n Martinlaakson voimalaitoksen 1. kattilalaitoksen ja 2. turbiinilaitoksen yhteiskäytön mahdollisuuksia. Työn tavoitteena oli selvittää, mitä 2. turbiinilaitoksen hyödyntäminen 1. kattilalaitoksen kanssa edellyttää ja miten vaadittavat prosessitekniset muutokset on mahdollista toteuttaa. Työ rajautuu prosessikytkentöjen esiselvitykseen, eikä sisällä yksityiskohtaista putkisto- tai automaatio suunnittelua.

Vantaan Energia on ilmoittanut luopuvansa kivihiilen käytöstä Martinlaakson voimalaitoksella keväällä 2025 osana strategista tavoitettaan saavuttaa hiilinegatiivinen energiantuotanto vuoteen 2030 mennessä. Tämä tarkoittaa Martinlaakson 2. laitoksen pysyvää alasajoa ja yksikön turbiinilaitoksen käytöstä poistumista.

Yritys on päättänyt jatkaa käytöstä poistuvan 2. turbiinilaitoksen käyttöä voimalaitoksen ensisijaisena turbiinilaitoksena. Turbiinin uudempi rakenne, parempi kunnossapidettävyyden ja laajemmat operointiominaisuudet puoltavat sen jatkokäyttöä verrattuna 1. laitoksen vanhempaan turbiinilaitokseen.

Turbiinilaitoksen käytön jatkaminen 1. kattilalaitoksen kanssa edellyttää prosessikytkentöjen uudelleenjärjestelyä. Keskeisimmät muutostarpeet liittyvät 2. turbiinilaitoksen matala- ja korkeapaine-esilämmittimien käyttöönottoon sekä lauhde- ja syöttövesijärjestelmien välisiin virtausreitteihin. Työssä esitetyt ratkaisut perustuvat pitkälti olemassa olevaan laitosrakenteeseen ja käytöstä poistuvien komponenttien hyödyntämiseen.

Työ pohjautuu prosessidokumenttien tarkasteluun, laitoksen kenttähavaintoihin sekä asiantuntijahaastatteluihin. Tulosten perusteella suunniteltu muutos on teknisesti toteuttamiskelpoinen kokonaisuus, joka tarjoaa kattavan selvityksen prosessimuutoksen jatkosuunnittelua varten.

Avainsanat: Prosessi, laitosyksikkö, yhdyslinja, venttiili, PI-kaavio

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Ville Päärni
Title: Process Modification Plan for the Martinlaakso Power Plant
Number of Pages: 46 pages + 4 appendices
Date: 9 May 2025

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Energy and Environmental Technology
Professional Major: Energy Production Technologies
Supervisors: Kari Salmi, Senior Lecturer
Marko Lommi, Operations Engineer

The thesis examines the potential for joint operation of the 1st boilerplant unit and the 2nd turbineplant unit at Vantaan Energia Oy's Martinlaakso powerplant. The aim was to investigate what is required to integrate the 2nd turbine unit with the 1st boiler unit and how the necessary process technical modifications can be implemented. The scope of the thesis is limited to a preliminary investigation of process connections and does not include detailed pipeline or automation design.

Vantaan Energia has announced its decision to gradually abandon coal use at the Martinlaakso power plant by spring 2025 as part of its strategic goal to achieve carbon-negative energy production by 2030. This will result in the permanent shutdown of the 2nd plant unit and decommissioning of its turbine unit.

The company has decided to continue using the 2nd turbine unit, which will serve as the primary turbine for the power plant. The turbine's newer design, better maintainability, and broader operational capabilities support its continued use compared to the older turbine unit in the 1st plant.

The continued operation of the turbine unit alongside the 1st boiler unit will require re-arranging process connections. The main modifications involve integrating the low- and high-pressure preheaters of the 2nd turbine unit, as well as establishing new flow paths between the condenser and feedwater systems. The solution proposed in this thesis is largely based on the existing plant and the reuse of components that will be decommissioned.

The thesis is based on the examination of process documentation, field observations at the plant, and expert interviews. The result of the design work is a technically feasible solution that provides a comprehensive overview for the further design of the process modifications.

Keywords: process, plant unit, interconnection line, valve, P&ID diagram

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vantaan Energia	2
3	Vastapainevoimalaitoksen voimalaitosprosessi	6
3.1	Prosessikytkentä	7
3.2	Hyötysuhteen nostaminen	8
3.3	Omakäyttöhöyryjärjestelmä	12
3.4	Lauhteenpuhdistus	12
4	Martinlaakson voimalaitos	13
4.1	Martinlaakson voimalaitoksen voimalaitosprosessi	15
4.2	Laitosrakenne	17
4.3	Muutokset Martinlaakson energiantuotannossa	21
5	Prosessimuutos	22
5.1	Omakäyttöhöyryjärjestelmä	24
5.2	Lauhdejärjestelmä ja matalapaine-esilämmittimet	24
5.3	Syöttövesijärjestelmä ja korkeapaine-esilämmittimet	28
5.4	Prosessisuunnittelu	35
6	Yhteenveto	43
	Lähteet	45

Liitteet

Liite 1: Martinlaakson voimalaitoksen 2. päälauhdejärjestelmä

Liite 2: Martinlaakson voimalaitoksen 1. päälauhdejärjestelmä

Liite 3: Martinlaakson voimalaitoksen 1. syöttövesijärjestelmä

Liite 4: Martinlaakson voimalaitoksen 2. syöttövesijärjestelmä

Lyhenteet

DN: *Diameter Nominal*. Nimellishalkaisija.

KL: Kaukolämpö.

KP: Korkeapaine.

LV: Lämmönvaihdin.

MP: Matalapaine.

PI-kaavio: Putkitus- ja instrumentointikaavio.

1 Johdanto

Suomi on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään 60 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä osana EU:n ilmastotavoitteita [1]. Merkittävä osa tavoitetta ajavista toimista kohdistuu maan energiasektoriin, joka on yhteiskuntatasolla maan merkittävin yksittäinen päästölähde [2]. Vuonna 2023 noin 16–18 % Suomen vuosittaisista kasvihuonepäästöistä syntyi yksin omaan sähkön ja lämmön tuotannosta. Merkittävin kasvihuonekaasuja tuottava päästölähde on edelleen fossiilisten polttoaineiden polttaminen, vaikka niiden käyttö on vähentynyt viime vuosina. [3.]

Kansallinen ilmasto-ohjelma velvoittaa energiayhtiöitä tekemään muutoksia toimintaansa ja sopeutumaan uuteen ympäristöön. Yhtenä Suomen suurimmista kaupunkienergiayhtiöistä Vantaan Energia kantaa merkittävää yhteiskunnallista vastuuta päästövähennyksiin kohdistuvista toimista. Myös Suomen lakiin kirjatut konkreettiset toimet, kuten kivihiilen energiakäytön kieltäminen vuonna 2029, ohjaavat yritystä muuttamaan energiantuotantonsa rakennetta [4].

Osana päästöjen vähentämiseen liittyvistä toimistaan Vantaan Energia on tiedottanut lopettavansa kivihiilen sekä maakaasun käytön Martinlaakson voimalaitoksella keväällä 2025. Päätöksen myötä kolmen laitosesikön voimalaitoksesta suljetaan kaksi laitosesikkoa. [5.] Päätöksen seurauksena voimalaitokselle jää käytöstä poistuva höyryturbiinilaitos, jonka käyttöä yritys on päättänyt jatkaa. Käytöstä poistuvan turbiinilaitoksen täysimittainen hyödyntäminen vaatii kuitenkin prosessimuutoksen voimalaitoksella.

Insinööriyön tavoitteena on selvittää, miten haluttu prosessimuutos voidaan toteuttaa Martinlaakson voimalaitoksella, sekä laatia Vantaan Energialle prosessitasoisen lähtösuunnitelman muutostöiden toteutusta varten.

Työssä käsitelty voimalaitostekniikka on rajattu koskemaan prosessimuutoksen selvitystyön yhteydessä sivuttuja prosessiosia ja komponentteja. Prosessimuutos on suunniteltu hyödyntäen mahdollisimman tehokkaasti olemassa olevaa

laitosrakennetta ja muuten käytöstä poistettavia komponentteja. Työ ei sisällä varsinaista putkisto- ja automaatio suunnittelua, vaan tarjoaa lähtökohdat niiden toteuttamiseksi. Yrityksen pyynnöstä työssä ei myöskään käsitellä kustannusarvioita, koska varsinaisia kustannuksia ei pystytä määrittämään ennen tarkempaa putkisto- ja automaatio suunnittelua.

Opinnäytetyön kieliasun tarkistamisessa on käytetty OpenAI:n ChatGPT:n versiota 3.5. Opinnäytetyön tekijä on vastuussa kaikesta opinnäytetyön sisällöstä ja muotoilusta.

2 Vantaan Energia

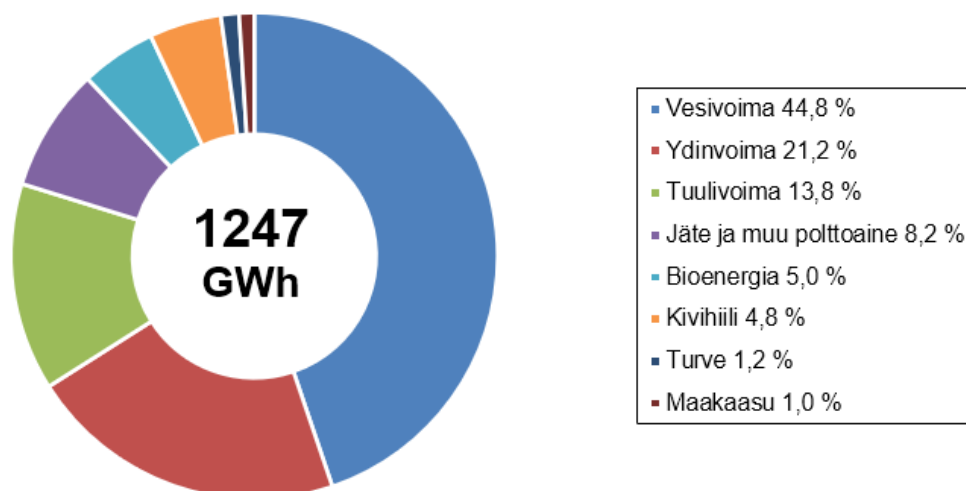
Vantaan Energia on pääkaupunkiseudulla toimiva kaupunkienergiakonserni, johon kuuluu emoyhtiö Vantaan Energia Oy ja sen tytäryhtiö Vantaan Energian Sähköverkot Oy. Emoyhtiö Vantaan Energia Oy:n pääasiallinen liiketoiminta muodostuu lämmön ja sähkön tuotannosta sekä erilaisista energia- ja kiertotalouspalveluista. Yhtiö tuottaa myös yritys- ja energiapalveluita Tuusulan ja Järvenpään alueilla toimivalle Tuusulanjärven Lämpö Oy:lle. Pääliiketoimintansa ohella Vantaan Energia Oy omistaa myös osakkuuksia useissa yhtiöissä. Vuonna 2023 osakkuusyhtiöitä olivat Svartsen Holding A/S, Kolsin Voima Oy, Oomi Palvelut Oy ja Vatajankoski Lämpöpalvelut Oy. Osakkuusyhtiöiden lisäksi Vantaan Energialla on omistusyhteisyhtiöksiä. Vuonna 2023 näitä olivat EPV Energia Oy, Suomen Hyötytuuli Oy ja Pohjolan voima Oy. [6.]

Vantaan Energian oma paikallinen sähkön- ja lämmöntuotannon perusta koostuu Vantaalla sijaitsevista Martinlaakson voimalaitoksesta sekä Långmossabergerin jätevoimalasta. Nämä laitokset, yhdessä paikallisten pienempien lämpölaitosten kanssa, muodostavat yhtiön pääliiketoiminnalliset tuotantokohteet. Vuonna 2023 Vantaan Energian omat voimalaitokset tuottivat yhteensä 230 GWh sähköä ja 1 953 GWh lämpöä. Yhtiön kokonaislämmöntuotanto oli 1985 GWh ja kokonaissähköntuotanto 1 247 GWh. Yrityksen lämmöntuotanto on pitkälti paikallista ja sähköntuotannossa hyödynnetään myös osakkuusyhtiöitä. [6.]

Yleisesti voidaan todeta Suomen energiasektorin olevan murroksessa, johtuen ilmastonmuutoksen aiheuttamista poliittisista päätöksistä ja tavoitteista. Suomi on osana Eurooppaa velvollinen noudattamaan Euroopan unionin ilmasto- ja energialainsäädännön poliittisia velvoitteita. Valtion nykyisen ilmastopolitiikan keskustassa on kansallinen ilmastolaki, joka sisältää päästövähennystavoitteet vuosien 2030–2050 välille. Osana päästöjen vähentämistä energiantuotannossa pyritään luopumaan fossiilista polttoaineista ja korvaamaan ne uusiutuville vaihtoehdoilla niin tehokkaasti kuin mahdollista. Näitä toimia pyritään ajamaan erilaisten laki- ja tukiasetusten avulla. Vuonna 2019 eduskunnan päätöksen mukaisesti asetettiin lakiin hiilen energiakäytön kieltävä asetus, joka astuu voimaan vuonna 2029 [4]. Tämän lisäksi lakiin on kirjattu, että Suomen on oltava hiilineutraali viimeistään vuonna 2035. Koko Euroopan unioni on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään vähintään 55 % vuoden 1990 tasosta, vuoteen 2030 mennessä. [1.]

Nämä poliittiset toimet vaikuttavat suuresti myös Vantaan Energian tulevaisuuden toimintaan. Yhtiö on asettanut itselleen strategisen tavoitteen olla hiilinegatiivinen kiertotalousenergiayhtiö vuonna 2030 [7]. Tavoitteen saavuttamiseksi Vantaan Energia on investoinut osakkuusyhtiöidensä sekä omistusosuuksiansa kautta uusiutuvaan ja hiilineutraaliin sähköntuotantoon. Investoinnit koostuvat erilaisista vesi- ja tuulivoimahankkeista sekä ydinvoimalla tuotetusta sähköstä. [6.] Kuvassa 1 nähdään yrityksen sähköntuotannon ja hankinnan energialähteet vuonna 2023. [7.]

Vantaan Energian sähköntuotannon ja hankinnan energialähteet 2023



Kuva 1. Vantaan Energian sähköntuotannon ja hankinnan energialähteet 2023 [7].

Vuonna 2023 Vantaan Energian lämmöntuotannosta vajaa neljännes koostui fossiilisista polttoaineista. Loput lämmöstä tuotettiin biopolttoaineen ja yhdyskuntajätteen avulla. [7.] Lämmöntuotannon osalta yritys on investoinut jätteen energiakäytön laajentamiseen, lämpövarastoihin ja uusiin tuotantomuotoihin.

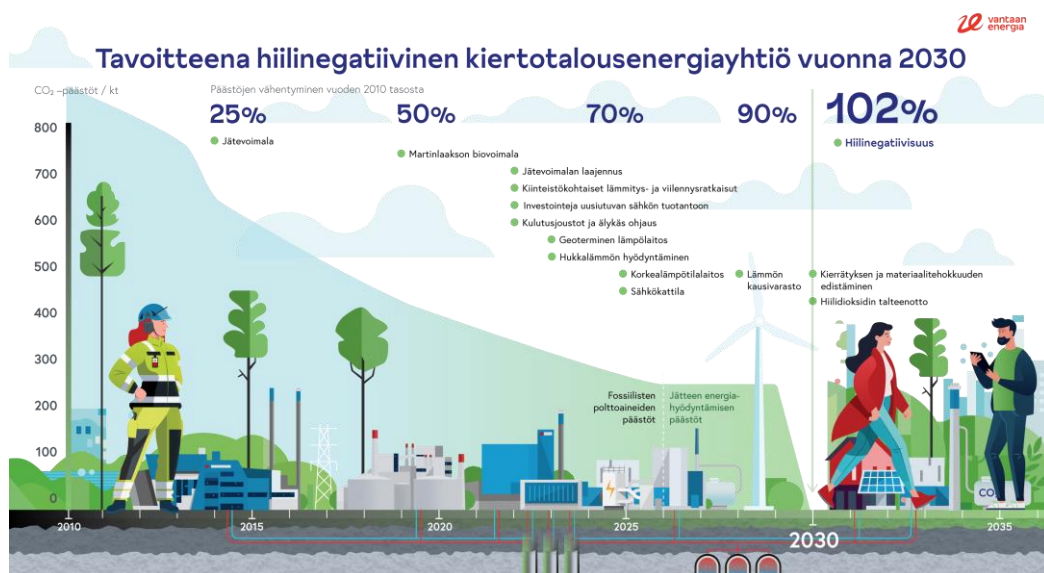
Vuonna 2022 valmistunut jätevoimalan uusi osa hyödyntää kierrätykseen kelpaamatonta kaupan ja teollisuuden energiajätettä. [6.] Vuonna 2025 laitosaluella on määrä valmistua korkealämpötilalaitos, joka kykenee käyttämään polttoaineenaan vaaralliseksi luokiteltua jätettä. Nämä investoinnit vähentävät yrityksen tarvetta käyttää fossiilisia polttoaineita tuotannossaan. [6.]

Laitosinvestointien lisäksi yritys panostaa myös lämmön varastointiin. Vantaan Kuusikonmäkeen on määrä valmistua lämmön kausivarasto, jonka lämmönvarastointikapasiteetti on yhteensä 90 GWh. Varasto mahdollistaa erilaisten hukkalämpövirtojen talteenoton ja lämmöntuotantomuotojen tehokkaan säätelyn. Kausivaraston on tarkoitus olla käyttövalmiina vuonna 2028. [7.] Uusien lämmöntuotantomuotojen osalta yritys tekee jatkuvaa selvitystä erilaisten hukkalämpövirtojen hyödyntämisestä, esimerkiksi lämpöpumpputekniikan avulla [6].

Vuonna 2023 yritys avasi Suomen ensimmäisen geotermisen kaukolämpölaitoksen Vantaan Varistoon. Laitos on pilottihanke, jonka tarkoitus on tutkia geotermisen lämmöntuotannon mahdollisuuksia osana energiantuotantoa. Pilottilaitos tuottaa noin 1400 MWh lämpöä vuodessa. [8.]

Yrityksen uutena tuotantomuotona toimivat myös sähkökattilat, joiden avulla lämpöä voidaan tuottaa Vantaalla hiilineutraalisti, hyödyntäen osakkuus- ja omistusyhteisyriyten sähköntuotantoa. Kuusikonmäen varannon yhteyteen on määrä liittää kaksi teholtaan 60 MW:n sähkökattilaa, jotka toimivat osana uutta lämmöntuotantojärjestelmää. Lisäksi Martinlaakson voimalaitokselle valmistuu sähkökattilalaitos, joka sisältää teholtaan 60 MW:n sähkökattilan ja 700 MWh:n lämpövaraston. Hankkeen on määrä valmistua vuoden 2025 lopulla. [7.]

Omien tuotantokohteidensa lisäksi yritys tutkii tulevaisuuden mahdollisuuksia hyödyntää kaupan ja teollisuuden hukkalämpövirtoja lämmön tuotannossaan [6]. Kuvassa 2 on esitetty Vantaan Energian Hiilinegatiivinen 2030 -hanke visuaalisena kaaviona [7].



Kuva 2. Vantaan Energian Hiilinegatiivinen 2030 -hankkeen havainnekuva [7].

Investoinnit hiilineutraaliin ja uusiutuvaan energiantuotantoon mahdollistavat myös nykyisistä tuotantomuodoista luopumisen. Yritys on ilmoittanut lopettavansa fossiilisten polttoaineiden käytön kokonaan vuonna 2026. Osana energiantuotantojärjestelmän muutosta kiivihiielen energiakäyttö lopetetaan Vantaalla keväällä 2025. [5.]

Saavuttaakseen hiilinegatiivisuuden yritys suunnittelee hiilidioksidin talteenotto-prosessia jätevoimalansa yksiköihin. Prosessissa laitoksessa syntyvät savukaasut otettaisiin talteen, ja niissä oleva hiilidioksidi muutettaisiin nesteeksi. Tämän jälkeen nestemäinen hiilidioksidi kuljetettaisiin laivoilla esimerkiksi Tanskan tai Norjan aluevesille tai maaperälle ja varastoitaisiin tarkoitukseen sopiviin geologisiin muodostumiin. Hanke on ensimmäinen tämän kokoluokan prosessi Suomessa ja yrityksen mukaan hankkeen investointipäätös voisi nykyarvion valossa tapahtua vuonna 2027. [9.]

3 Vastapainevoimalaitoksen voimalaitosprosessi

Vastapainevoimalaitos, englanniksi Combined Heat and Power (CHP), on konvektionaalinen polttava sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitos, joka käyttää Rankine-kiertoprosessia energian tuottamiseen. Vastapaine-nimitys johdetaan prosessissa käytetyn vastapaineturbiinin höyryn lauhtumispainetta korkeammasta ulostulopaineesta. Höyryn paisuntaa turbiinissa rajoitetaan, jolloin sen lauhtumislämpötila ja paine ovat niin korkeita, että höyryä voidaan käyttää lämmitystarkoituksiin. Tavallisimpia lämmityskohteita ovat kaukolämpö ja teollisuuden käyttämä prosessihöyry. [10.]

Vastapainevoimalaitos on yleisin voimalaitoskytkentä Suomessa. Vuonna 2023 yhteistuotannolla tuotetun kaukolämmön määrä oli 43 % koko maan kaukolämmön hankinnasta. [11.] Prosessin hyötysuhde on parhaimmillaan jopa yli 90 %, mikä tekee siitä energiatehokkaamman ja ympäristöystävällisemmän verrattuna pelkkään sähkön tuotantoon [10].

3.1 Prosessikytkentä

Yksinkertaisen kaukolämpöä ja sähköä tuottavan vastapainevoimalaitoksen vesihöyrypiirin keskeisimmät peruskomponentit ovat

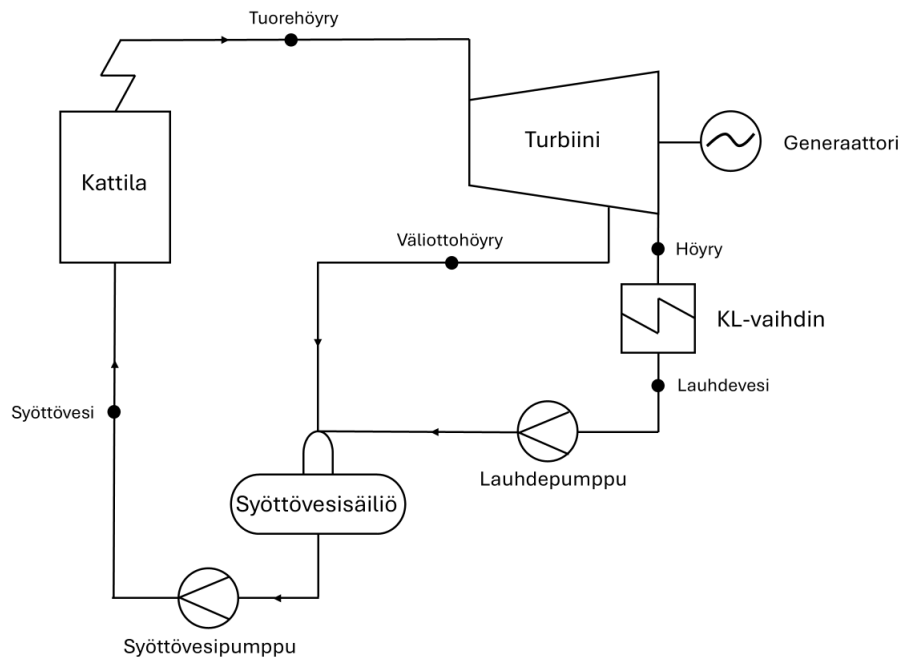
- tulistimella varustettu kattila
- vastapainehöyryturbiini
- kaukolämmönvaihdin
- syöttövesisäiliö
- syöttövesi- ja lauhdepumput.

Prosessin lämpöenergia tuotetaan kattilassa polttoainetta polttamalla. Työaineena käytetään vettä, jota pumpataan kattilan lämmönsiirtorakenteisiin. Kattilan lämmönsiirtimillä savukaasujen lämpöenergia pyritään siirtämään mahdollisimman tehokkaasti kattilaan syötettävän veden lämmitykseen, höyrystykseen ja höyryn lämmitykseen eli tulistukseen. Tulistettu tuorehöyry johdetaan kattilasta turbiinille. Turbiinissa höyry paisuu ja tekee työtä osuessaan turbiinin siipiin. Tällöin osa höyryn sisältämästä entalpiasta eli sen paineen ja lämpötilan sisältämästä energiasta muunnetaan mekaaniseksi energiaksi, joka pyörittää turbiinin akselia. [10.]

Turbiinista höyry poistuu kylläisenä matalapainehöyrynä, jonka paine on lähellä yhtä baaria. Höyryn lämpötila on kuitenkin edelleen korkea, jolloin sitä voidaan käyttää lämmitystarkoituksiin. Lämpöenergiaa sisältävä höyry johdetaan kaukolämmönvaihtimeen, jossa se lämmittää kaukolämpövettä ja lauhtuu nesteeksi. [10.]

Seuraavaksi lauhdeveden paine nostetaan lauhdepumpulla syöttövesisäiliön painetasoon. Syöttövesisäiliö toimii prosessissa kattilaan syötettävän veden varaajana sekä syöttöveden lämmittäjänä. Syöttövesisäiliö paineistuu turbiinin väliotosta tulevalla höyryllä ja toimii sekoituslämmönsiirtimenä, jossa lauhdepumpulla säiliöön pumpattavaa vettä lämmitetään sekoittamalla siihen lauhtuvaa väliottohöyryä. Syöttövesisäiliön paine on tyypillisesti muutamia baareja. Säiliöstä syöttövesi johdetaan syöttövesipumpulle. Syöttövesipumpulla tuotetaan kattilan

ja turbiinin käyttöpaine, joka on yleensä useista kymmenistä baareista yli sataan baariin. Veden höyrystymislämpötilaa kasvatetaan sen painetta kasvattamalla, mikä kasvattaa veden kykyä sitoa lämpöenergiaa nestemäisessä muodossa. Syöttövesipumppu siirtää paineistetun syöttöveden kattilaan ja prosessikierto alkaa alusta. [10.] Yksinkertaisen vastapainevoimalaitoksen pääkomponentit kuvaava kytkentäkaavio esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Yksinkertaisen vastapainevoimalaitoksen kytkentäkaavio.

3.2 Hyötysuhteen nostaminen

Kaukolämpöä tuottavan vastapainevoimalaitoksen hyötysuhdetta voidaan parantaa lisäämällä prosessiin sähköntuotannon hyötysuhdetta nostavia kytkennällisiä komponentteja. Voimalaitosprosessit optimoidaan aina ensisijaisesti niin, että energiantuotanto on investointi- ja käyttökustannukset huomioiden mahdollisimman edullista. Käytännössä tämä johtaa siihen, ettei pienen kokoluokan voimalaitosprosessiin ole taloudellisesti kannattavaa investoida hyötysuhdetta parantavia komponentteja ja energian tuottaminen on edullisinta yksinkertaisella voimalaitoskytkennällä. Toisaalta laitoksen kokoluokan ja

huipputehon kasvaessa, kasvaa myös hyötysuhdetta nostavien komponenttien kannattavuus. Vastapainevoimalaitosprosessin sähköntuotannon tehoa kuvataan rakennusasteella. Rakennusaste määritetään kaavan 1 mukaisesti. [10.]

$$\text{Rakennusaste} = \frac{\text{sähköteho}}{\text{kaukolämpöteho}} \quad (1)$$

Rakennusaste vaihtelee höyryvoimalaitoksilla tyypillisesti arvojen 0,3–0,6 välillä, riippuen minkälaisia sähköntuotantoa lisääviä kytkennällisiä komponentteja prosessiin on lisätty. Vastapainevoimalaitoksen rakennusaste kasvaa tyypillisesti laitoksen huipputehon funktiona. Jos voimalaitoksen sähköteho on esimerkiksi 50 MW ja sen lämpöteho 100 MW, sen rakennusasteeksi muodostuu 0,5 kaavan 1 mukaisesti. [10.]

Vastapainevoimalaitoksen rakennusastetta voidaan nostaa merkittävästi lisäämällä prosessikytkentään syöttöveden esilämmitys. Ratkaisu toteutetaan esilämmittämällä kattilaan menevää syöttövedtä turbiinin väliottohöyryllä. Esilämmitysjärjestelmä parantaa prosessin sähköntuotannon hyötysuhdetta. Esilämmitykseen käytettävä väliottohöyryä käytetään turbiinissa ensin sähköntuotantoon, minkä jälkeen sen lämpöenergia hyödynnetään vielä prosessin sisällä. Syöttöveden esilämmityksessä kaikkien esilämmittimien höyry otetaan turbiinin väliottoista ja prosessi vaati väliottoturbiinin toimiakseen. Syöttöveden esilämmittimet voidaan jakaa seuraaviin komponentteihin:

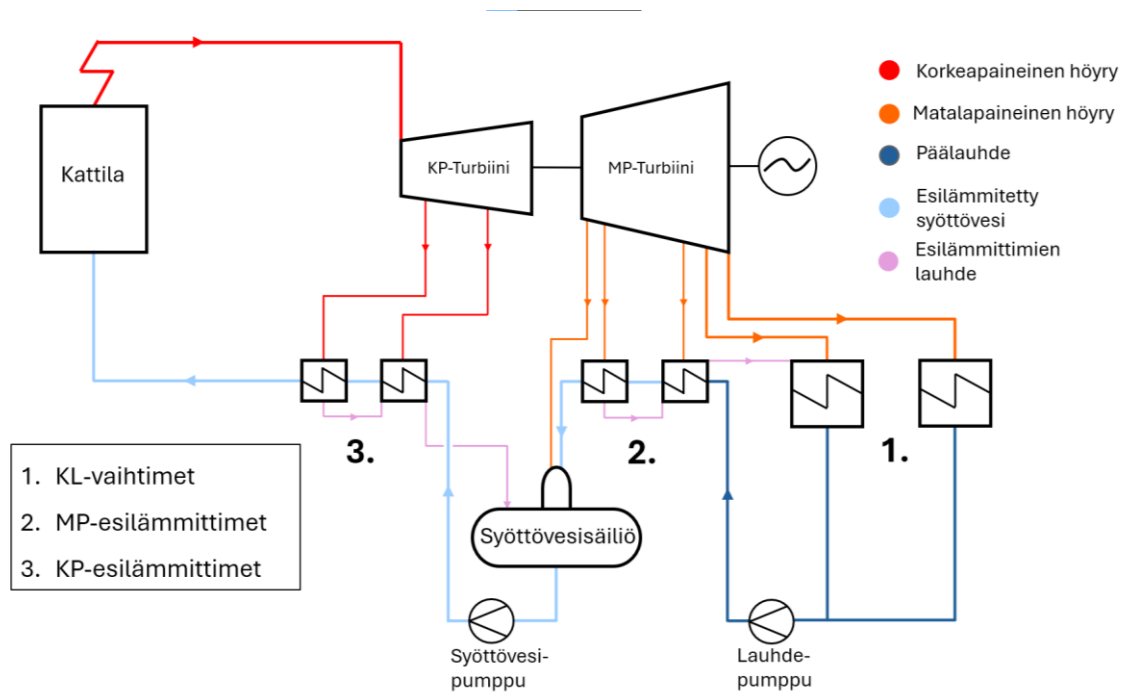
- ennen syöttövesisäiliötä sijaitsevat matalapaine-esilämmittimet
- syöttövesisäiliö
- syöttövesisäiliön jälkeen sijaitsevat korkeapaine-esilämmittimet.

Matalapaine-esilämmittimet ovat pintaesilämmittäjiä, joiden toisella puolella kulkee syöttövesi ja toiselle puolella syötetään matalapaineista höyryä turbiinin loppupäässä sijaitsevasta väliotosta. Näin syöttöveden lämpötilaa saadaan kasvatettua jo ennen syöttövesisäiliötä. Matalapaine-esilämmitys voi olla vaiheistettua ja prosessikytkennässä voidaan käyttää useaa matalapaine-esilämmittintä peräkkäin. [10.]

Korkeapaine-esilämmittimet ovat matalapaine-esilämmittimien tapaan pintaesi-
lämmittämiä, joiden läpi kulkeva syöttövesi on syöttövesipumpun tuottamassa
paineessa. Korkeamman paineen takia esilämmittimissä voidaan käyttää kor-
keapaineista höyryä turbiinin alkupäässä sijaitsevasta väliotosta. Syöttöveden
korkea paine mahdollistaa korkeaenergisien väliottohöyryn tehokkaan lämmitys-
käytön, ilman veden höyrystymistä. Korkeapaine-esilämmitys voi olla vaiheistet-
tua jo prosessikytkennässä voidaan käyttää useaa korkeapaine-esilämmittintä
peräkkäin. Monivaiheisen syöttöveden esilämmityksen avulla syöttövesi voi-
daan lämmittää tehokkaasti lähelle sen höyrystymispistettä ennen kattilaan me-
noa. [10.]

Vastapainevoimalaitoksen hyötysuhdetta voidaan parantaa syöttöveden esiläm-
mityksen lisäksi myös kaksivaiheisella kaukolämpöveden lämmityksellä. Osa
kaukolämpöveden lämmitykseen käytettävästä höyrystä johdetaan turbiinista-
erilliseen kaukolämmönvaihtimeen sen ollessa vielä korkeammassa paineessa.
Ratkaisun avulla osa höyrystä voidaan paisuttaa turbiinin loppupäässä mata-
lampaan paineeseen, mikä lisää sähköntuotannon hyötysuhdetta. [10.]

Kuvassa 4 nähdään vastapainekytkentä viisivaiheisella syöttöveden esiläm-
mityksellä ja kaksivaiheisella kaukolämpöveden lämmityksellä.



Kuva 4. Vastapainekytkeä viisivaiheisella syöttöveden esilämmityksellä ja kaksivaiheisella kaukolämpöveden lämmityksellä.

Syöttöveden esilämmitykseen käytetyt väliottolauhteet ohjataan syöttövesisäiliöön tai päälauhteeseen. Lauhteiden sisältämää lämpöenergiaa voidaan hyödyntää tarvittaessa esimerkiksi kaukolämmönvaihtimilla, kuten kuvan 4 esimerkissä on esitetty. Matalapaine-esilämmittimien lauhdetta käytetään kaukolämmönvaihtimessa tehostamaan kaukolämmön tuotantoa ja prosessitehokkuutta. [10.]

Kuvassa 4 esitetty monipesäinen turbiinirakenne on yleinen rakenteellinen ratkaisu höyryturbiineissa. Turbiini koostuu eri painetasoissa operoivista osaturbiineista, jotka on kytketty samalle akselille. Osaturbiinit voivat sijaita samassa turbiinipesässä saman ulkopesän sisällä tai ne voivat olla jaettuna omiin turbiinipesiinsä. Osaturbiinit nimetään niiden käyttöpaineen mukaisesti yleisesti korkeapaine-, välipaine- tai matalapaineturbiineiksi. Turbiini lasketaan samaksi koneeksi, vaikka se koostuu useista eri osaturbiineista, mikäli ainakin osa samasta höyrystä virtaa kaikkien turbiinin alueiden läpi. [10.]

3.3 Omakäyttöhöyryjärjestelmä

Pääprosessin lämmitystarkoitusten lisäksi voimalaitoksella käytetään höyryä erilaisiin prosessin vaatimiin aputoimintoihin. Höyryn kulutuskohteita ovat esimerkiksi

- turbiinin akselin tiivistyshöyry
- palamisilman esilämmitys prosessin käynnistysaikana
- veden käsittely
- lisäveden lämmitys
- rakennuksen lämmitys.

Lisäksi omakäyttöhöyryjärjestelmää voidaan käyttää

- kattilaveden säilönnässä
- sammutushöyrynä
- lämmönsiirtimien säilöntähöyrynä
- syöttövesisäiliön kaasunpoistossa ja paineistuksessa.

Omakäyttöhöyryjärjestelmä koostuu paineistetusta höyrytukista, jonka tehtävänä on varastoida sekä jakaa höyryä käyttökohteisiin putkistorakenteita pitkin. Omakäyttöhöyry on matalapaineista, tyypillisesti 3–10 baarin paineessa olevaa kylläistä höyryä. Höyry voidaan tuottaa prosessin käytön aikana turbiinin väliotosta tai suoraan kattilan tuorehöyrystä reduktioventtiilien eli paineenalennusventtiilien kautta. Omakäyttöhöyryjärjestelmää tarvitaan kuitenkin myös laitoksen seisokki- ja käynnistysaikana, minkä takia omakäyttöhöyryjärjestelmään sisältyy myös erillinen höyryä tuottava apukattila. [10.]

3.4 Lauhteenpuhdistus

Jatkuvassa käytössä oleva prosessivesi sitoo itseensä epäpuhtauksia kulkieksaan prosessin läpi. Prosessi pyritään pitämään mahdollisimman puhtaana, mutta esimerkiksi rakenteiden korroosio tai lämmönvaihtimien pienet vuodot aiheuttavat aina pientä epäpuhtautta prosessiveteen. Lauhteenpuhdistus on keskeinen osa voimalaitoksen vedenkäsittelyä, ja puhdistuksen tehokkuus

vaikuttaa suoraan kattilaveden laatuun ja laitoksen käyttövarmuuteen. Puhdistuksen tarkoituksena on poistaa epäpuhtaudet, kuten öljyt, suolat ja kiintoaineet. Kattilaan palaava lauhde ohjataan lauhteenpuhdistuslaitokselle ennen sen palautusta syöttövesisäiliöön. Lauhteenpuhdistusprosessi sisältää mekaanisen suodatuksen sekä kemialliset ja fysikaaliset käsittelyvaiheet, joiden avulla epäpuhtauksia ja kaasuja poistetaan tehokkaasti ennen veden palauttamista kiertoon. [10.]

4 Martinlaakson voimalaitos

Vantaan Martinlaaksossa sijaitseva Martinlaakson voimalaitos toimii osana yrityksen omaa yhteistuotantokapasiteettia. Laitos on ollut toiminnassa vuodesta 1975. Valmistuessaan se oli moderni öljyllä käyvä voimalaitos, joka koostui yhdestä laitousyksiköstä. Vuonna 1983 voimalaitos laajentui, kun uusi Martinlaakson 2. voimalaitousyksikkö, hiilikattilalaitos otettiin käyttöön. Vuonna 1989 alkuperäinen öljykattila muutettiin maakaasukäyttöiseksi ja samalla vuonna 1990 laitosalueen toinen öljysäiliö muutettiin kaukolämpöakuksi. Vuonna 1994 laitosalueelle valmistui kolmas yksikkö, Martinlaakson 4. voimalaitousyksikkö, joka sisältää kaasuturbiinilaitoksen ja lämmöntalteenottokattilan. Martinlaakson voimalaitos nyky muodossaan kuvassa 5. [7, 12.]



Kuva 5. Martinlaakson voimalaitos [13].

Vuonna 2019 entinen öljykattilalaitos, Martinlaakson 1. voimalaitosyksikkö modernisoitiin biopolttoainekäyttöiseksi. Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty Martinlaakson voimalaitoksen eri yksiköiden tunnusarvoja. [7.]

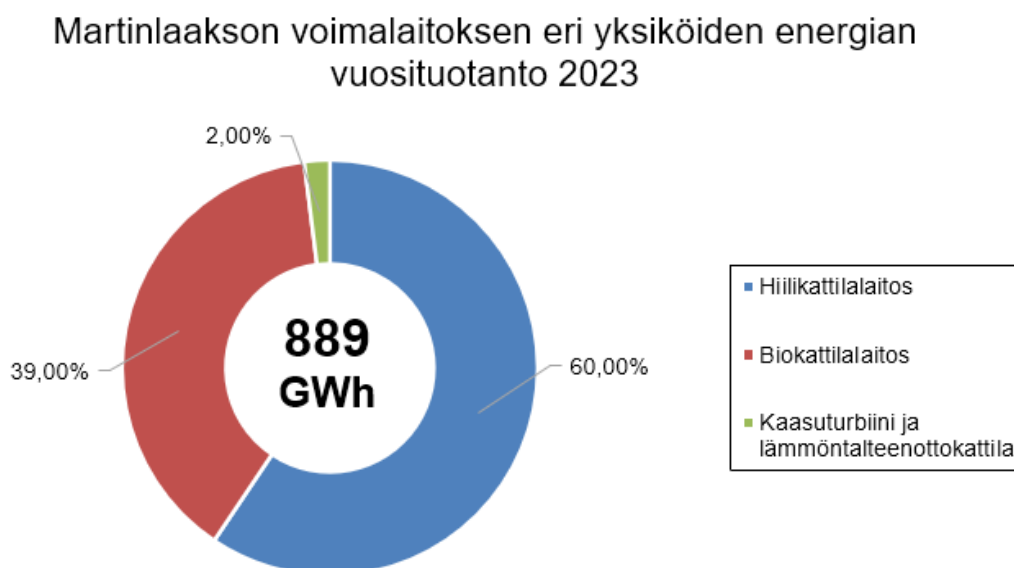
Taulukko 1. Martinlaakson voimalaitoksen laitosyksiköiden tunnuslukuja [7].

Laitosyksikkö	Tunnus	Polttoaine	Sähköteho	Kaukolämpöteho
Biokattilalaitos	1. laitosyksikkö	Puuperäinen polttoaine, turve	35 MW	100 MW
Hiilikattilalaitos	2. laitosyksikkö	Kivihiili	80 MW	135 MW
Kaasuturbiini ja lämmöntalteenottokattila	4. laitosyksikkö	Maakaasu	58 MW	135 MW

Vuonna 2023 voimalaitos tuotti energiamarkkinoille yhteensä 140 GWh sähköä ja 749 GWh lämpöä [6]. Suurin osa voimalaitoksen vuosituotannosta jakautui

biokattilalaitoksen ja hiilikattilalaitoksen välille, kaasuturbiinilaitoksen ollessa hyvin vähäisessä käytössä [14].

Biokattilalaitos tuotti noin 44 prosenttia voimalaitoksen sähköstä ja hieman alle 40 prosenttia sen lämmöstä. Hiilikattilalaitoksella tuotettiin noin 62 prosenttia laitoksen sähköstä ja noin 60 prosenttia lämmöstä. Hiilikattilalaitoksen käyttö ajoitui vain lämmityskauden huippujaksoille ollen noin 24 prosenttia koko vuodesta, kun taas biokattilalaitos oli käynnissä lähes 60 prosenttia vuoden tunteista. Martinlaakson voimalaitoksen eri yksiköiden yhdistetty sähkön ja lämmöntuotanto on esitetty kuvassa 6. [14.]



Kuva 6. Martinlaakson voimalaitoksen eri yksiköiden energiantuotanto vuonna 2023 [14].

4.1 Martinlaakson voimalaitoksen voimalaitosprosessi

Martinlaakson voimalaitoksen voimalaitosprosessi koostuu kahdesta erillisestä vastapainekeytkennästä. Lisäksi voimalaitoksella on myös kaasuturbiiniprosessi lämmöntalteenotolla. Kaasuturbiinilaitos ei varsinaisesti liity työn aiheeseen, eikä sitä käsitellä tarkemmin.

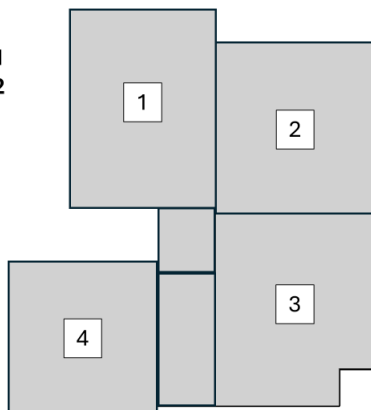
Martinlaakso 1. voimalaitosyksikkö eli nykyinen biokattilalaitos on kaksivaiheisesta kaukolämpöveden lämmityksestä ja kuusivaiheisesta syöttöveden esilämmityksestä koostuva vastapaineekytkenä. Syöttöveden esilämmitys koostuu kahdesta matalapaine-esilämmittimestä, syöttövesisäiliöstä sekä kolmesta korkeapaine-esilämmittimestä. [15.]

Martinlaakso 2. voimalaitosyksikkö eli hiilikattilalaitos on kaksivaiheisesta kaukolämpöveden lämmityksestä ja viisivaiheisesta syöttöveden esilämmityksestä koostuva vastapaineekytkenä. Syöttöveden esilämmitys koostuu kahdesta matalapaine-esilämmittimestä, syöttövesisäiliöstä sekä kahdesta korkeapaine-esilämmittimestä. [15.]

Molempien voimalaitosyksiköiden tuorehöyrypiirit ovat yhteydessä toisiinsa, joka mahdollistaa tarvittaessa kunkin laitoksen turbiinin operoimisen toisen laitoksen tuottamalla tuorehöyryllä. Molemmat turbiinit on mitoitettu toisiaan vastaaville höyrynarvoille, mikä mahdollistaa kytkennän yksinkertaisen käytön. Yhdistetyn tuorehöyrypiiriin kuuluu myös varalämmönvaihdin (LV3), jota voidaan käyttää pelkkään kaukolämmöntuotantoon suoraan tuorehöyryllä ilman turbiinia. Varalämmönvaihdinta käytetään, kun kaukolämmön kulutus on suurta ja sähkön tarve vähäistä. Toinen varalämmönvaihtimen olennainen tehtävä on toimia prosessin käynnistyksen aikaisena lauhduttimena, kun kattilan lämpötilaa nostetaan kohti käyttölämpötilaa. [15.]

Vastapaine-prosessien välisten kytkentöjen lisäksi myös kaasuturbiinilaitoksen lämmöntalteenottokattila on kytketty yhdistettyyn tuorehöyrypiiriin. Kytkentä mahdollistaa prosessin kaukolämmönvaihtimen (LV4) käytön 1. ja 2. voimalaitosyksiköiden höyryllä. Lämmönvaihdinta voidaan hyödyntää varalämmönvaihtimen (LV3) ohella laitoksen kaukolämmöntuotannossa. [16.] Kuvassa 7 on esitetty Martinlaakson voimalaitoskytkennän päävirtauskaavio.

1. Kattilarakennus 1
2. Turbiinirakennus 1
3. Turbiinirakennus 2
4. Kattilarakennus 2



Kuva 8. Martinlaakson voimalaitoksen 1. ja 2. laitosyksikön asemapiirros.

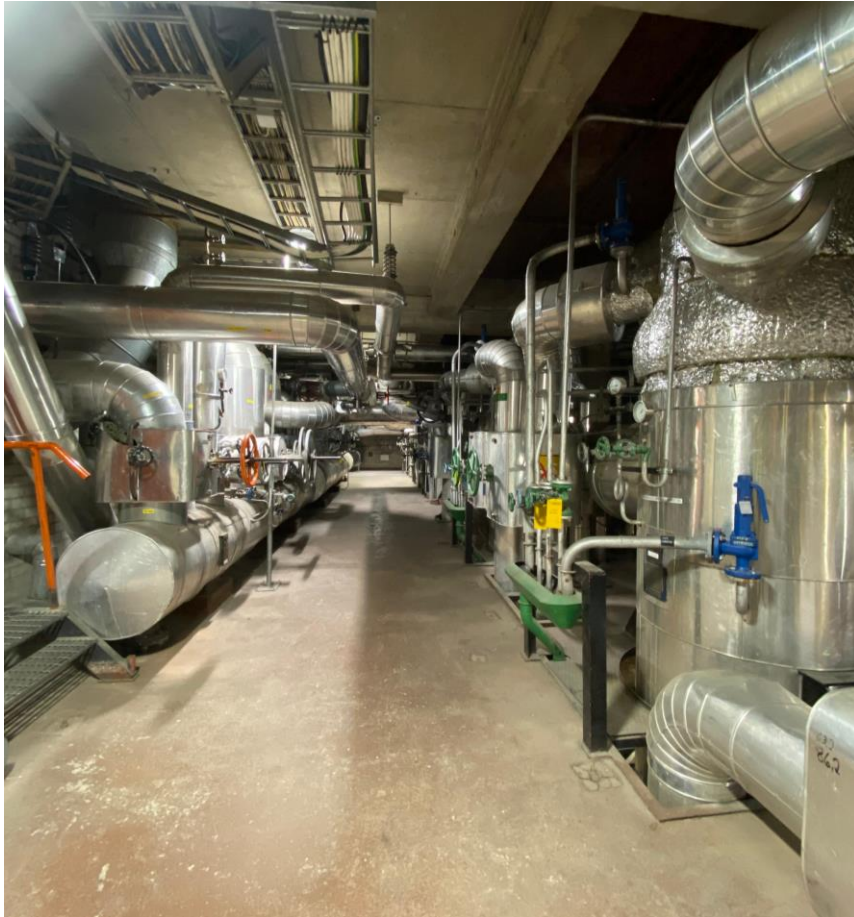
Alun perin yhdelle turbiinilaitokselle suunniteltua turbiinirakennusta laajennettiin hiilikattilalaitoksen rakennusvaiheessa ja turbiinirakennuksilla on yhteinen turbiinisali, jossa molempien yksiköiden turbiinit sijaitsevat. Turbiinisali sijaitsee yhdistetyn kolmikerroksisen turbiinirakennuksen ylimmässä kerroksessa. Alemmien kerroksien välillä sijaitseva vanha 1. turbiinirakennuksen ulkoseinä ja- kaa rakennuksien alemmat kerrokset toisistaan. Turbiinilaitoksen muut komponentit sijaitsevat turbiinien alapuolella ja rakennusten alemmat kerrokset sisältävät pääosan lauhde- sekä syöttövesijärjestelmien komponenteista. Kuvassa 9 nähdään Martinlaakson voimalaitoksen turbiinisali.



Kuva 9. Martinlaakson voimalaitoksen turbiinisali.

Kuvassa ensimmäisenä nähdään 2. laitosyksikön turbiinigeneraattori ja salin toisella puolella 1. laitosyksikön turbiinigeneraattori.

Turbiinirakennuksen toinen kerros on rakenteeltaan hyvin tiivis, koska suurin osa prosessien höyryä käyttävistä komponenteista on rakennettu tiiviisti turbiinin alapuolelle. Kuvassa 10 nähdään 1. laitosyksikön turbiinirakennuksen 2. kerros.



Kuva 10. Laitosyksikön 1 turbiinirakennuksen toinen kerros.

Kuvassa oikealla nähdään prosessin matalapaine-esilämmittimien yläpuoli. Taaempana kuvan oikealla puolella sijaitsevat myös korkeapaine-esilämmittimet. Useita metrejä korkeat esilämmittimet jakautuvat ensimmäisen ja toisen kerroksen välille. Kuvan vasemman puolen seinustalla nähdään laitosyksikön apuhöyryjärjestelmän 10 ja 3 baarin höyrytuket. Syöttövesi- ja lauhdeputkistot kulkevat pääosin kerroksen katon rajassa. 2. laitosyksikön korkeapaine-esilämmittimet ja apuhöyryjärjestelmä sijaitsevat 1. laitosyksikön tavoin turbiinin alapuolella toisessa kerroksessa.

Molempien yksiköiden kaukolämmönvaihtimet ja lauhdepumput on sijoitettu turbiinirakennuksien ensimmäisiin kerroksiin. Myös pääosa lauhdelinjoista sekä laitosyksiköiden yhteiskäytössä oleva varalämmönvaihdin (LV3) sijaitsevat

ensimmäisessä kerroksessa. Kuvassa 11 nähdään 2. laitosyksikön turbiinirakennuksen ensimmäinen kerros.



Kuva 11. Turbiinirakennus 2:n ensimmäinen kerros.

Kuvassa oikealla nähdään laitosyksikön kaukolämmönvaihtimet. 1. laitosyksiköstä poiketen matalapaine-esilämmittimet ovat vaakatasossa päällekkäin kaukolämmönvaihtimien vieressä, kuvan vasemmalla puolella.

4.3 Muutokset Martinlaakson energiantuotannossa

Vantaan Energia on sitoutunut luopumaan fossiilisten polttoaineiden käytöstä vuoteen 2026 mennessä. Martinlaakson voimalaitoksen kohdalla tämä tarkoittaa hiilen ja maakaasun energiakäytöstä luopumista eli hiilikattila- sekä kaasuturbiinilaitoksen pysyvää alas ajamista. Alun perin 2. laitosyksikön käyttö oli

tarkoitus lopettaa jo vuonna 2022, mutta kiristynyt energiamarkkinatilanne ja sen aiheuttama korostunut huoltovarmuuskapasiteetin tarve muuttivat yrityksen alkuperäistä suunnitelmaa ja laitosyksikön käyttöä jatkettiin toistaiseksi huoltovarmuuskäytössä. Uusien investointien edetessä yritys on tiedottanut lopettavansa kivihiielen käytön pysyvästi toukokuussa 2025. Samalla Martinlaakson voimalaitoksella luovutaan myös kaasuturbiinilaitoksen käytöstä. [5.]

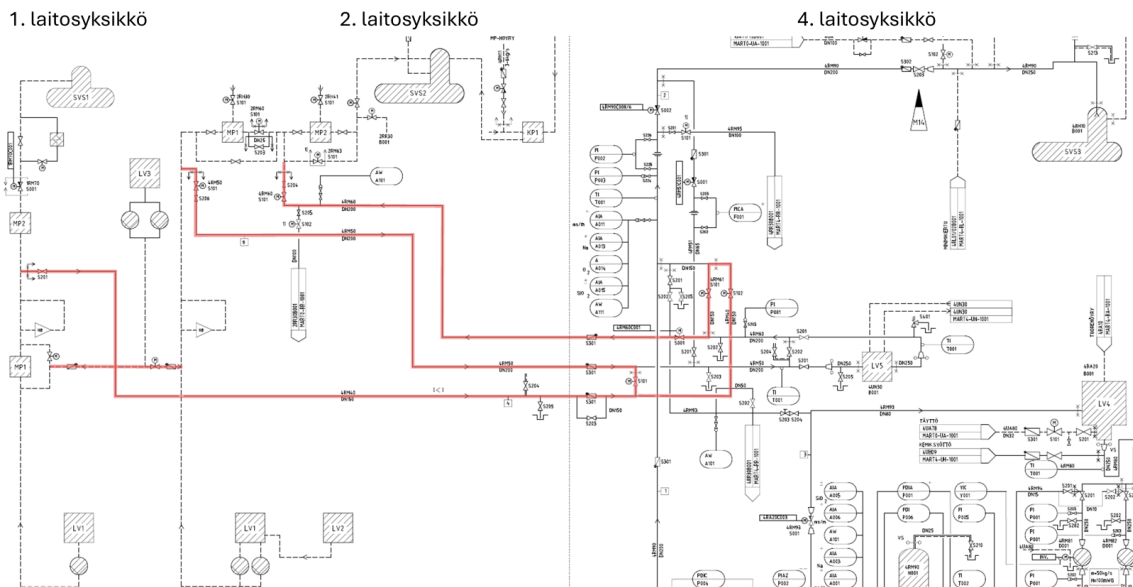
Päätöksen myötä yritys on selvittänyt mahdollisuuksia hyödyntää tuotannosta poistuvaa toista höyryturbiinilaitosta. Osana selvitystyötä tutkittiin muun muassa voimalaitoksen kahden turbiinilaitoksen elinjakso- ja kunnossapidokustannuksia sekä tunnistettiin niiden erilaiset korjaus- ja muutostarpeet.

Merkittävä tulevaisuuden tuotantokäyttöön vaikuttava tekijä on turbiinien ikäero. Biokattilalaitoksen turbiinilaitos on otettu käyttöön vuonna 1975, ja sen tekniikka ja materiaalit edustavat vahvasti aikansa suunnittelua. Hiilikattilalaitoksen vuonna 1989 käyttöönotettu turbiinilaitos on taas huomattavasti uudempi ja vastaa enemmän modernia suunnittelua. Näin ollen uudemman turbiinilaitoksen käytettävyyttä ja kunnossapidettävyyttä ovat paremmalla tasolla nyt ja tulevaisuudessa. Näiden lisäksi 2. turbiinilaitoksen varaosien parempi saatavuus sekä 1. turbiinilaitosta laajemmat käyttöominaisuudet, kuten turbiinin rakenteen sallimat nopeammat tehonmuutokset, puoltavat sen käytön jatkamista. Nämä tekijät huomioiden yritys onkin päättänyt lopettaa 1. turbiinilaitoksen käytön ja siirtyä käyttämään 2. turbiinilaitosta biokattilalaitoksen kanssa voimalaitoksen ensisijaisena turbiinilaitoksena. [17, 18.]

5 Prosessimuutos

Nykyinen laitoskytkentä mahdollistaa biokattilalaitoksen tuottaman tuorehöyryn käytön 2. turbiinilla. Turbiinilta lauhde ohjautuu 2. yksikön päälauhdejärjestelmään. Lauhteen palautus takaisin biokattilalaitoksen päälauhdejärjestelmään on mahdollista toteuttaa laitosyksiköiden välisellä yhdyslinjalla, jota käytetään myös varalämmönvaihtimen (LV3) lauhteiden ohjaamisessa takaisin 2. laitosyksikön lauhdejärjestelmään.

Toinen lauhdejärjestelmien välinen yhdyskohta sijaitsee 4. laitousyksikön lämmönvaihtimien yhteydessä. Kuvassa 12 nähdään Martinlaakson voimalaitoksen eri laitousyksiköiden lauhdelinjojen välinen kytkentä PI-kaaviossa. 1. ja 2. laitousyksiköiden lauhdejärjestelmien väliset yhdyslinjat on korostettu punaisella värillä.



Kuva 12. Laitousyksikön 4 päälauhdejärjestelmän PI-kaavio.

Laitousyksiköiden syöttöveden esilämmittimet ovat kytköksissä yksikön omaan turbiinilaitokseen, eikä laitousyksiköiden esilämmitysjärjestelmien välillä ole yhteyttä. Olemassa olevat lauhdejärjestelmien väliset yhdyslinjarakenteet eivät mahdollista lauhteen esilämmitystä toisen laitousyksikön matala- ja korkeapaine-esilämmittimillä.

2. turbiinilaitoksen käytön jatkaminen suoraan nykyisellä laitosrakenteella aiheuttaisi merkittävän prosessin rakennusasteen ja hyötysuhteen laskun. Tehokkaan yhteistuotannon mahdollistamiseksi laitoskytkentä vaatii prosessimuutoksen, jonka avulla 2. turbiinilaitoksen syöttöveden esilämmitysjärjestelmää voidaan käyttää biokattilalaitoksen syöttöveden esilämmityksessä. Lisäksi muutoksessa on pyrittävä säilyttämään kaikki prosessin tarvitsemat aputoiminnot.

5.1 Omakäyttöhöyryjärjestelmä

Molempien laitousyksiköiden omakäyttöhöyryjärjestelmät vastaavat toisiaan rakenteellisesti sekä toiminnallisesti. Lisäksi nykyinen laitoskytkentä mahdollistaa niiden yhteiskäytön. Yhdistetty järjestelmä koostuu kahdesta kolmen ja kymmenen baarin painetasoissa operoivista höyryjakelujärjestelmistä. Järjestelmän höyry voidaan tuottaa yhdistetystä tuorehöyrylinjasta tai kummankin laitousyksikön turbiinien väliotoista. Järjestelmärakenteen ansioista prosessimuutoksella ei ole suoranaista vaikutusta järjestelmän käyttöön tai toimivuuteen.

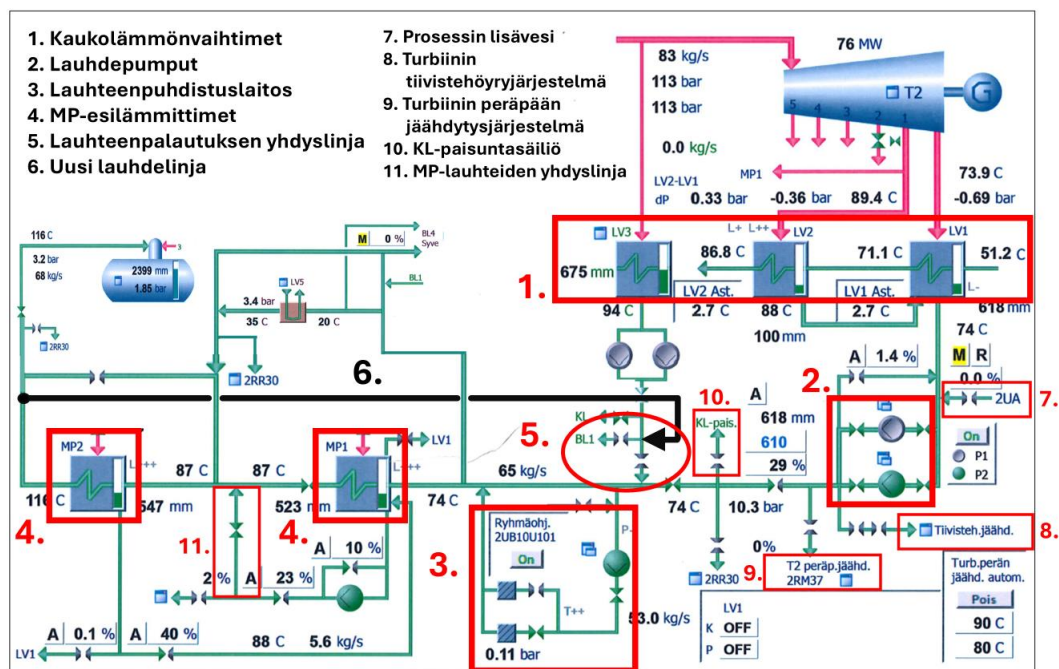
5.2 Lauhdejärjestelmä ja matalapaine-esilämmittimet

Lauhdejärjestelmien rakennemuutosten on mahdollistettava 2. turbiinilaitoksen matalapaine-esilämmittimien käyttö sekä esilämmitetyn lauhteen palautus 1. laitousyksikön syöttövesisäiliöön, 2. laitousyksikön syöttövesisäiliön poistuessa käytöstä. Lauhdejärjestelmä sisältää myös erilaisia prosessin aputoimintojen kytkentöjä, joiden toiminta on taattava.

Prosessimuutoksen suunnittelussa tarkasteltiin vaihtoehtoisesti laitousyksiköiden syöttövesisäiliöiden yhdistämistä sekä olemassa olevien 4. laitousyksikön yhdyslinjojen muokkaamista matalapaine-esilämmittimien käyttämisen mahdollistavaksi. Kahden syöttövesisäiliön yhtäaikainen käyttö tai usean eri laitousyksikön kautta kulkeva monimutkainen prosessirakenne ei kuitenkaan osoittautunut kasvavien käyttökustannuksien ja monimutkaisen rakenteensa myötä ensisijaisesti järkeväksi toteutusvaihtoehdoksi.

Potentiaalisimmaksi vaihtoehdoksi muodostui laitousyksiköiden välisen varalämmönvaihtimen lauhdelinjan hyödyntäminen. 2. kattilalaitoksen jäädessä pois käytöstä ei myöskään lauhteenpalautuksen yhdyslinjalle ole enää tarvetta. Hyödyntämällä olemassa olevaa yhdyslinjaa myös matalapaine-esilämmittimien kytkentä prosessiin pystytään toteuttamaan yksinkertaisesti.

Syöttöveden matalapaine-esilämmitys mahdollistetaan lisäämällä yhdyslinja 2. lauhdejärjestelmän päälauhdelinjan ja varalämmönvaihtimen lauhteenpalautus-yhdyslinjan välille prosessipisteeseen matalapaine-esilämmittimien jälkeen. Kuvassa 13 nähdään 2. laitousyksikön päälaudejärjestelmän prosessikaavio. Prosessin toiminnan kannalta tärkeimmät komponentit ja niiden sijainti on merkitty kuvaan punaisella. Prosessimuutosta esittävät muutokset nähdään kuvassa mustalla.



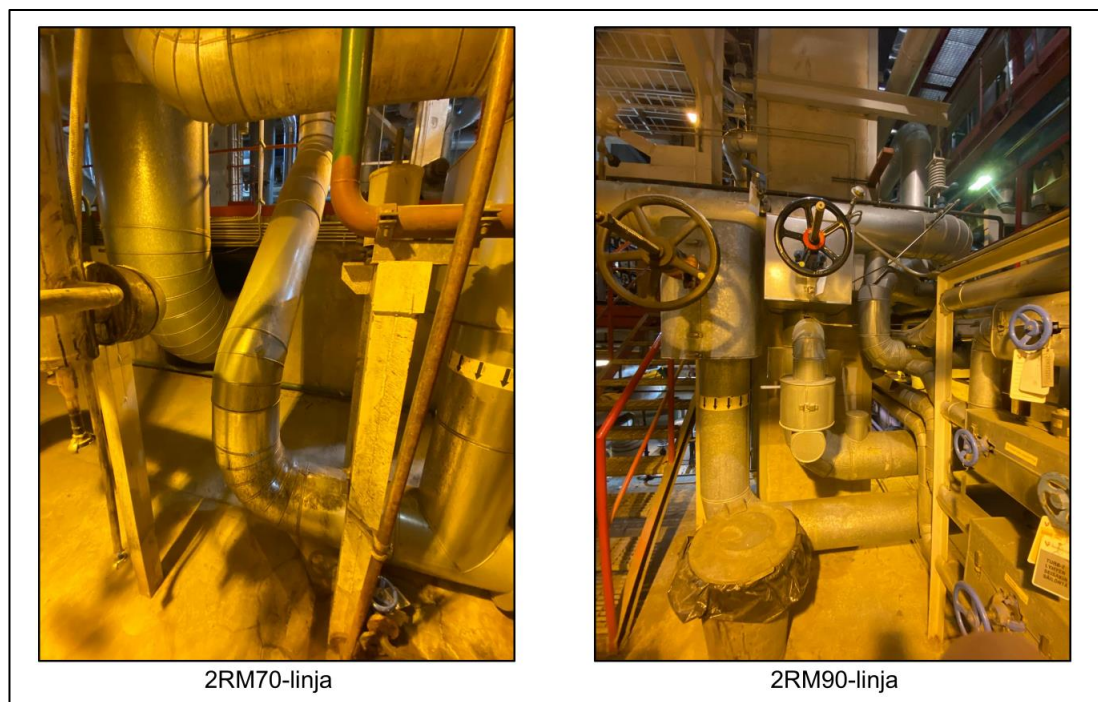
Kuva 13. Laitousyksikön 2 päälaudejärjestelmän prosessikaavio.

Prosessikytkentä käyttää 2. laitousyksikön lauhdejärjestelmän kaulolämmönvaihtimia (1), lauhdepumppuja (2) sekä matalapaine-esilämmittimiä (4).

Lauhdejärjestelmä sisältää syöttöveden esilämmityksen lisäksi myös paljon muita prosessin aputoimintoja. Lauhdejärjestelmän vettä käytetään turbiinin tiivistehöyryjärjestelmän jäädytyksessä (8) sekä turbiinin peräpäähän lauhteen jäädytyksessä (9). Järjestelmästä voidaan ohjata vettä myös kaulolämpöveden paisuntasäiliöön (10), lisäksi prosessin lisävesi syötetään myös järjestelmään lauhdejärjestelmän kautta (7). Esilämmittimiltä lauhtunut väliottohöyry

ohjataan osaksi päälauhdelinjan virtausta (11), eikä järjestelmään näin tarvitse tehdä muutoksia. Sijoittamalla yhdyslinja (6) järjestelmän loppupäähän, matalapaine-esilämmittimien ja syöttövesisäiliön väliseen linjaan, taataan lauhdejärjestelmän aputoimintojen käytettävyys myös uudella prosessikytkennällä. 2. laitoksen päälauhdejärjestelmän PI-kaavio esitetty liitteessä 1.

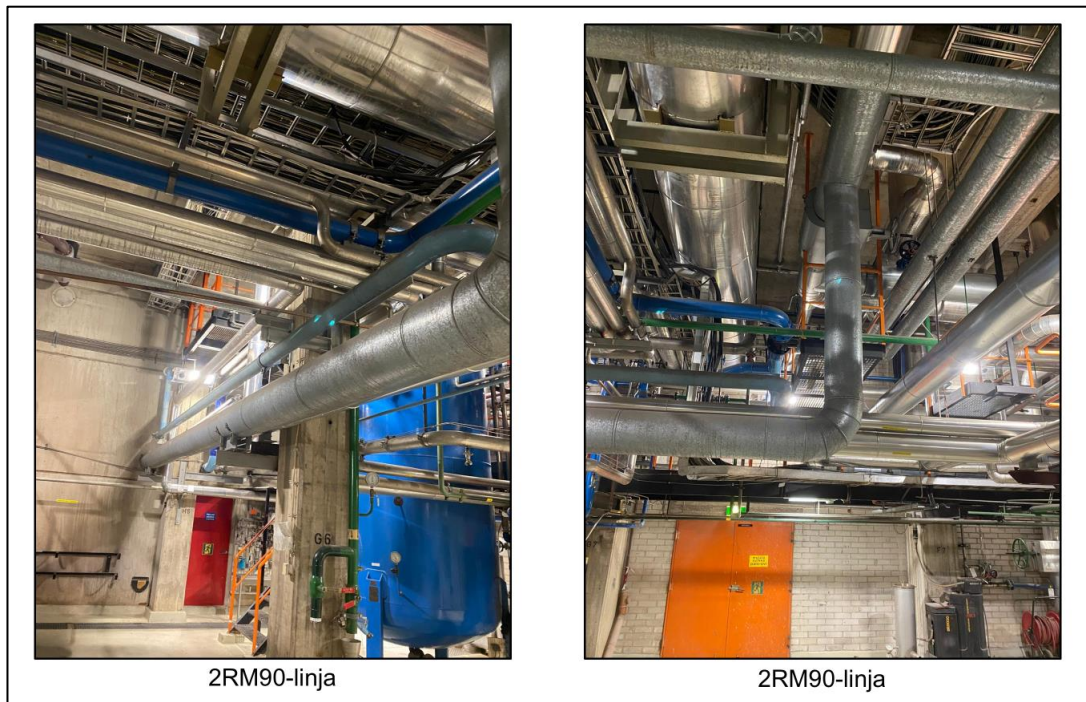
Lauhdejärjestelmä sijaitsee turbiinisalin alapuolella turbiinirakennuksen alemmissa kerroksissa. Laitosyksiköiden välinen 2RM90-yhdyslinja sijaitsee rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa samassa tasossa syöttövesisäiliöön kulkevan 2RM70-linjan kanssa. Yksinkertaisin ja kustannustehokkain vaihtoehto on rakentaa uusi liitäntäputkistolinja turbiinisalin pohjakerrokseen, jossa prosessipisteet ovat lähimmillään toisiaan. Rakennustyöt voidaan toteuttaa ilman muihin rakenteisiin kohdistuvia muutoksia. Prosessitiloihin suunnitellut liitoskohdat nähdään kuvassa 14.



Kuva 14. Lauhdejärjestelmien väliset yhdyskohdat 2. turbiinirakennuksen ensimmäisessä kerroksessa.

Suunniteltujen yhdyskohtien etäisyys toisistaan on noin 6 metriä. Kaavailtu linja on esteetön ja putkistorakenne voidaan toteuttaa pääosin suoralla putkella. Putkistorakenteiden kiinnityksessä ja tuennassa voidaan hyödyntää lattiarakenteita ja olemassa olevia muiden putkilinjojen kannakkeita.

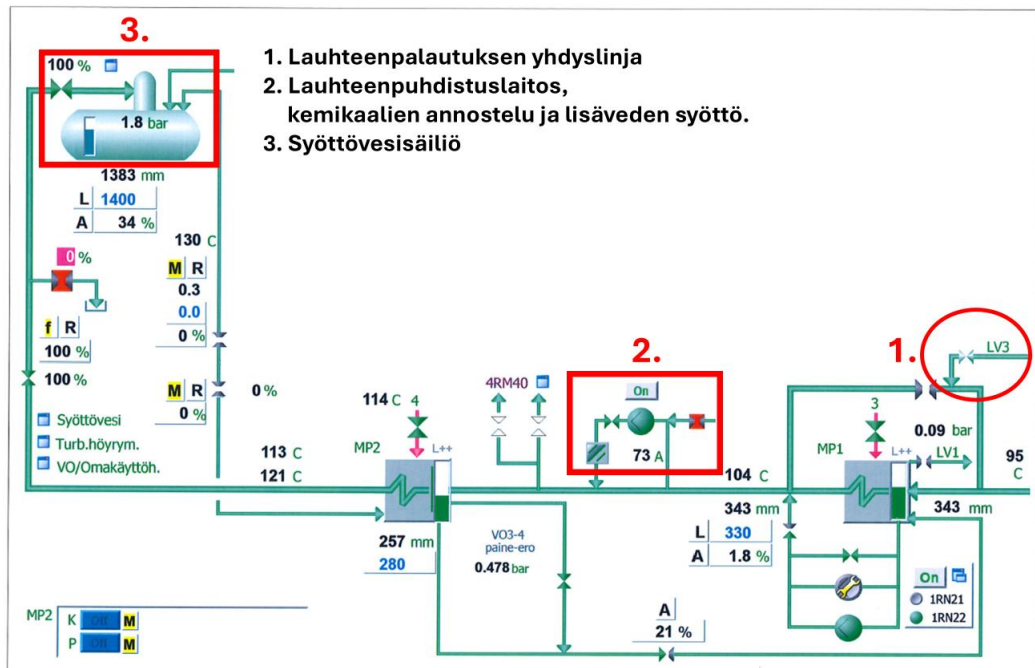
2RM90-yhdyslinja yhtyy 1. laitosyksikön lauhdejärjestelmään 1. yksikön turbiinirakennuksen ensimmäisessä kerroksessa. 2RM90-linja 1. turbiinirakennuksessa esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Lauhdejärjestelmien välinen yhdyskohta 1. turbiinirakennuksen ensimmäisessä kerroksessa.

2RM90-linja yhtyy kuvan 15 oikealla puolella 1. lauhdejärjestelmässä 1RM90-linjaan, josta se ohjautuu järjestelmässä matalapaine-esilämmittimen lävitse syöttövesisäiliöön. Päälauhdejärjestelmän PI-kaavio on esitetty liitteessä 2.

Laitosyksikön 1 käyttöön jäävä päälauhdejärjestelmän osa kuvattuna prosessikaaviossa kuvassa 16.



Kuva 16. Laitosyksikön 1 lauhdejärjestelmän prosessikaavio.

Yhdyskohta (1) sijaitsee järjestelmän alkupäässä, jolloin kytkennät lauhteenpuhdistuslaitokseen, kemikaalien annosteluun sekä lisäveden syöttöön säilyvät käytettävänä (2).

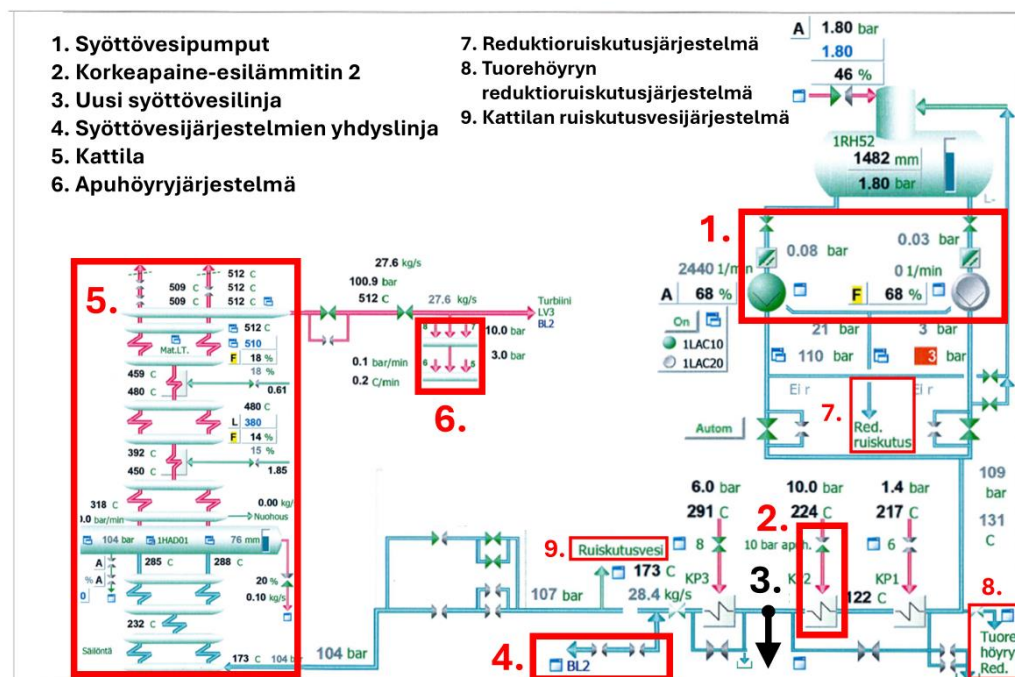
Yhdyslinjasta lauhde palautuu syöttövesisäiliöön (3) normaalia 1. laitosyksikön lauhdejärjestelmän reittiä. Esilämmitetty lauhde voidaan ohjata suoraan päälauhdelinjaa pitkin käytöstä poistuvien matalapaine-esilämmittimien läpi tai vaihtoehtoisesti esilämmittimien ohitusta varten rakennettujen 1RM51- ja 1RM63-linjojen kautta.

5.3 Syöttövesijärjestelmä ja korkeapaine-esilämmittimet

Syöttövesijärjestelmän rakennemuutosten on mahdollistettava 2. turbiinilaitoksen korkeapaine-esilämmittimien käyttö sekä syöttöveden ohjaus 1.

kattilalaitokseen. Lauhejärjestelmän tavoin syöttövesijärjestelmä sisältää myös erilaisia prosessin aputoimintojen kytkentöjä, joiden käytettävyyden säilyttäminen on tärkeä osa prosessimuutoksen suunnittelua.

2. laitosyksikön korkeapaine-esilämmittimien käytön mahdollistaminen vaatii laitosyksiköiden syöttövesijärjestelmien väliset yhdyslinjat. Nykyisessä laitostyössä lauhtunut väliottohöyry johdetaan takaisin syöttövesisäiliöön. 2. laitosyksikön syöttövesisäiliön poistuessa käytöstä lauhteiden palautuslinja vaatii yhdyslinjan 1. laitosyksikön syöttövesisäiliöön. Kuvassa 17 nähdään 1. laitosyksikön syöttövesijärjestelmän prosessikaavio. Prosessin toiminnan kannalta tärkeimmät komponentit ja niiden sijainti on merkitty kuvaan punaisella. Prosessimuutosta esittävät muutokset nähdään kuvassa mustalla.



Kuva 17. Laitosyksikön 1 syöttövesijärjestelmän operointinäkömä.

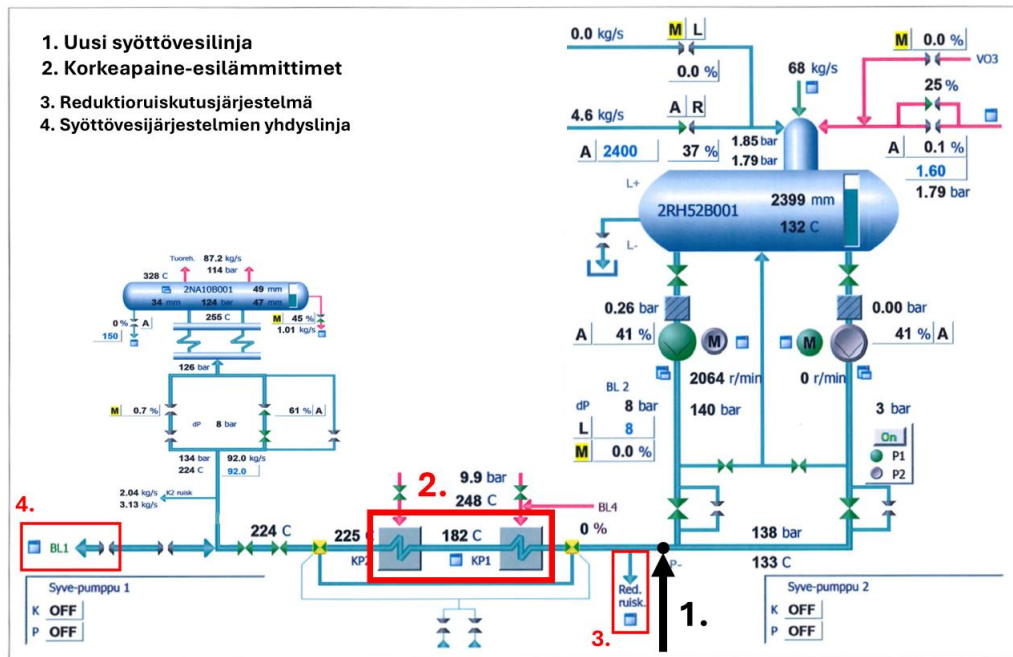
Syöttövesijärjestelmän vettä käytetään useisiin prosessihöyryn säätötarkoituksiin. Syöttövesipumppujen yhteydessä sijaitseva reduktioruiskutusjärjestelmä (7) käyttää pumppujen väliottovettä, jota syötetään 1. turbiinin väliottohöyryn reduktioventtiileille. Reduktiojärjestelmää käytetään apuhöyryjärjestelmän

kuluttaman höyryn paineen ja lämpötilan alentamiseen. 1. turbiinin jäädessä pois käytöstä ei myöskään turbiinin väliottoreduktioita käytetä uudessa kytkennässä.

Tuorehöyryreduktiota (8) käytetään apuhöyryjärjestelmään syötettävän tuorehöyryn paineen ja lämpötilan alentamiseen. Kattilan ruiskutusvettä (9) käytetään kattilan tulistimien lämpötilan säädössä. 1. laitosyksikön syöttövesijärjestelmän PI-kaavio nähtävissä liitteessä 3.

Turbiinin ollessa pois käytöstä ja prosessin tuottaessa pelkkää kaukolämpöä syöttöveden esilämmittimiä ei voida käyttää turbiinin väliottohöyryllä. Ilman esilämmitystä kattilaan menevän syöttöveden lämpötila on matalampi, jolloin vesi sitoo höyrystyessään enemmän lämpöenergiaa savukaasuista. Savukaasujen lämpötilan on havaittu putoavan niiden pisaroitumispisteen alapuolelle kattilan savukaasukanavissa. Pisaroituneet savukaasut aiheuttavat kanavien happamointumista ja materiaalien kulumista. Ratkaisuna lämpötilaongelmaan pelkässä kaukolämmön tuotannossa korkeapaine-esilämmitin 2 (2) on muokattu lämmitämään syöttövettä 10 baarin apuhöyryjärjestelmän avulla. Ratkaisun avulla savukaasujen lämpötila saadaan pidettyä pisaroitumislämpötilan yläpuolella. [19.] Sijoittamalla laitosyksiköiden välinen yhdyslinja prosessipisteeseen korkeapaine-esilämmittimen 2 jälkeen varmistetaan prosessin vaatimien aputoimintojen käytettävyys jatkossakin.

Suunnitellulla yhdyslinjalla syöttövesi ohjataan 2. laitosyksikön korkeapaine-esilämmittimille. Syöttövesijärjestelmien välillä sijaitsevaa olemassa oleva yhdyslinjaa voidaan hyödyntää esilämmitetyn syöttöveden palauttamiseen 1. laitoksen puolelle. Kuvassa 17 nähdään 2. laitosyksikön syöttövesijärjestelmän prosessikaavio. Prosessin toiminnan kannalta tärkeimmät komponentit ja niiden sijainti on merkitty kuvaan punaisella. Prosessimuutosta esittävät muutokset nähdään kuvassa mustalla.



Kuva 18. Laitosyksikön 2 syöttövesijärjestelmä.

Uusi yhdyslinja (1) liittyy 2. laitosyksikön syöttövesijärjestelmään ennen reductio ruiskutusta ja korkeapaine-esilämmittimiä. Reduktio ruiskutusta käytetään 1. laitosyksikön tavoin apuhöyryjärjestelmään syötettävän tuorehöyryn ja väliottohöyryn paineen ja lämpötilan säätöön. Säilyttämällä ruiskutusjärjestelmän yhdyslinja (3) kytkennässä, turbiinin väliottohöyryä voidaan hyödyntää apuhöyryn tuotannossa.

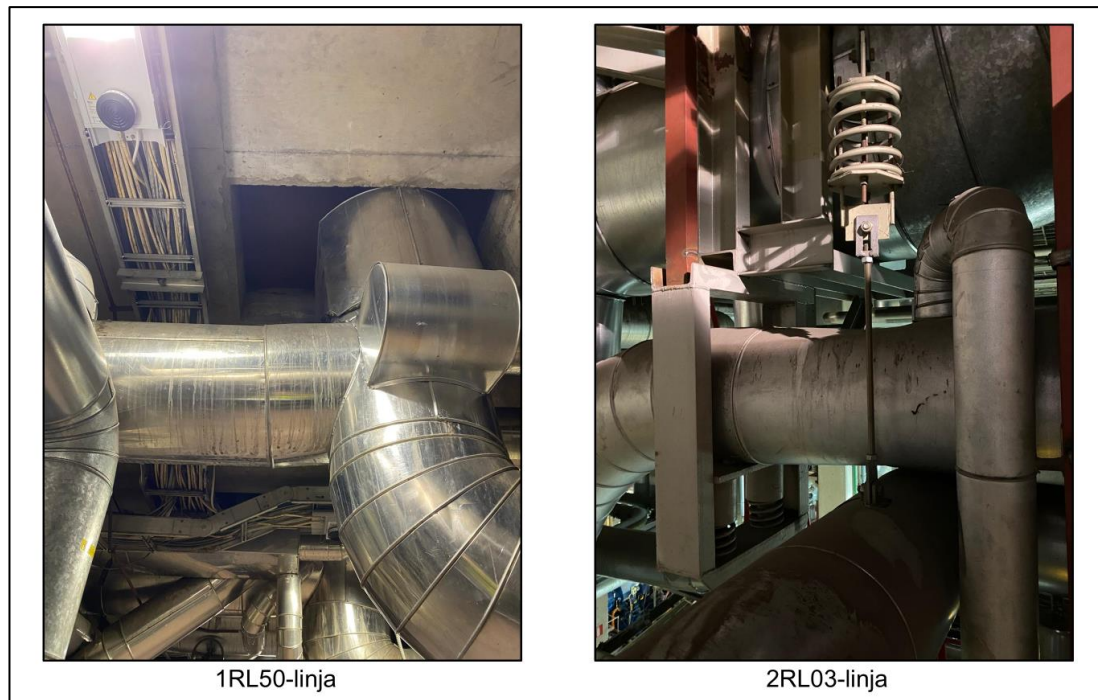
Suunnitellusta liitoskohdasta syöttövesi ohjautuu korkeapaine-esilämmittimien (2) läpi syöttövesijärjestelmää pitkin järjestelmien välisen olemassa olevaan yhdyslinjan kautta 1. kattilaan (4). Liitoskohta nähtävissä kuvassa 19. Laitosyksikön 2 syöttövesijärjestelmän PI-kaavio nähtävissä liitteessä 4.



Kuva 19. Laitosyksiköiden syöttövesijärjestelmien välinen yhdyslinja turbiinissa.

2RL10-yhdyslinja liittyy 1RL60-syöttövesilinjaan turbiinirakennuksen 3. kerroksessa turbiinisalin 1. kattilahallin välisessä nurkassa, ja sitä voidaan hyödyntää uudessa kytkennässä.

Molempien laitosyksiköiden korkeapaine-esilämmittimet sijaitsevat turbiinirakennuksen 2. kerroksessa. Etäisyys suunniteltujen yhdyskohtien välillä on noin 50 metriä, sisältäen yhden läpiviennin vanhan turbiinirakennuksen ulkoseinässä. Kuvassa 20 nähdään suunnitellut liitoskohdat laitosyksiköiden syöttövesilinjassa.



Kuva 20. Suunnitellun syöttövesilinjan yhdyskohdat 1. ja 2. turbiinirakennusten toisessa kerroksessa.

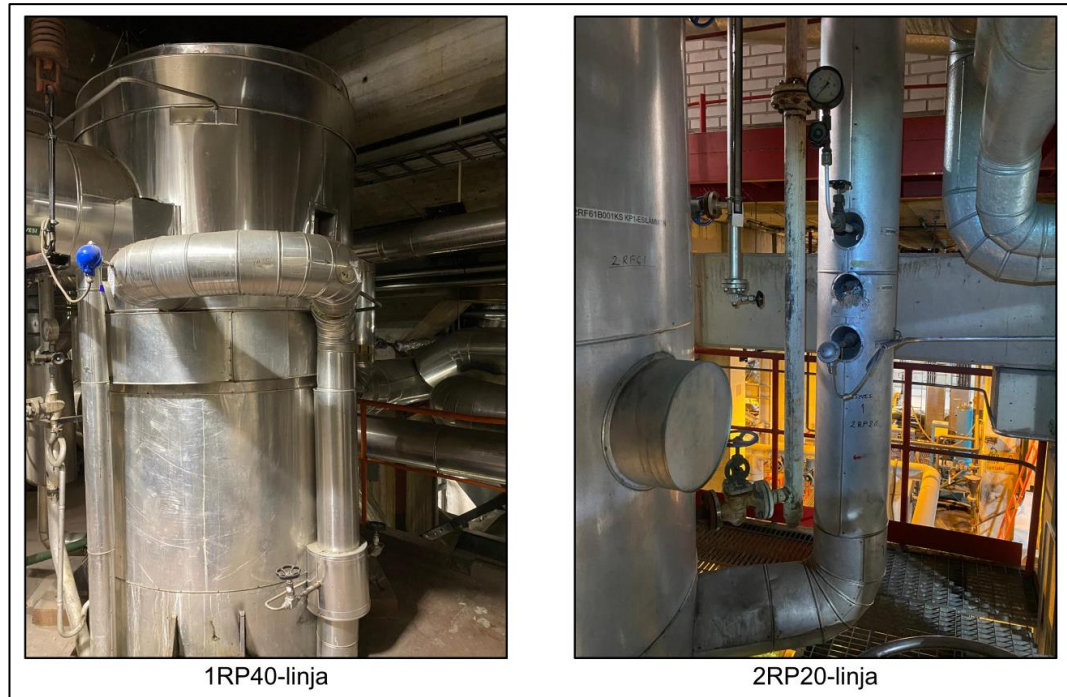
Syöttövesijärjestelmän yhdyskohdat sijaitsevat korkeudeltaan lähes samalla tasolla, lähellä 2. kerroksen kattoa. Pääosa suunnitellun linjan reitillä sijaitsevista muista putkistolinjoista kulkee myös lähellä kattoa, mikä mahdollistaa käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan liikkumisen kerroksessa. Uusi yhdyslinja sijoitetaan lähelle muita putkistolinjoja, jolloin kattorakenteita ja olemassa olevia tukirakenteita voidaan hyödyntää putkiston kiinnitykseen eikä kerroksen kulkuteille synny esteitä.

2. laitosyksikön puolella olemassa olevien putkistolinjojen kiinnitysrakenteita on muutettava niin, etteivät ne asetu uuden syöttövesilinjan tielle. Lisäksi yksiköiden väliseen seinään on tehtävä läpivienti putkistorakenteelle. Lisähuomiona suunnittelussa on myös huomioitava 1. laitosyksikön puolella sijaitseva porraskäytävä, joka putkistorakenteen on todennäköisesti kierrettävä. Muutoin putkistorakenne voidaan toteuttaa pääosin suoralla putkella ja putkiston kiinnitykseen on runsaasti tilaa kerroksen rakenteissa. Kuvassa 21 nähdään rakenteellisesti huomioitavat asiat uuden syöttövesilinjan reitillä.



Kuva 21. Suunniteltu syöttövesilinjan reitti 1. ja 2. turbiinirakennusten toisessa kerroksessa.

Syöttövesilinjan lisäksi korkeapaine-esilämmittimien yhteyteen on rakennettava uusi lauhdelinja, jolla esilämmittimien lauhde saadaan takaisin prosessikiertoon. Kustannustehokas ratkaisu on hyödyntää 1. laitosesikön korkeapaine-esilämmittimien lauhdelinjaa sen sijainnin takia. Molempien laitosesiköiden korkeapaine-esilämmittimien lauhdelinjojen yhdyskohdat sijaitsevat turbiinirakennuksen 2. kerroksessa, ja niiden välimatka on noin 45 metriä. 2. laitosesikön lauhdet voidaan ohjata yhdyslinjan avulla 1. laitosesikön lauhdelinjaan, eikä syöttövesisäiliöön kulkevaa linjaa tarvitse rakentaa kokonaan. Yhdyslinjan reitti voidaan toteuttaa rinnakkain syöttövesilinjan kanssa, eikä se vaadi erillisiä rakenteellisia huomioita. Kuvassa 22 on esitetty korkeapaine-esilämmittimien välisen lauhdelinjan yhdyskohdat.



Kuva 22. Korkeapaine-esilämmittimien välisen lauhdelinjan yhdyskohdat 1.- ja 2. turbiinirakennuksen toisessa kerroksessa.

5.4 Prosessisuunnittelu

PI-kuvia ja niiden merkintöjä käsitellään jo aiemmin tämän työn luvussa 5. PI-kaavio eli putkitus- ja instrumentointikaavio on prosessilaitteiden kuvaamiseen käytettävä tekninen piirustustyyppi. Se tarjoaa kokonaiskuvan prosessiin kuuluvasta laitteistosta ja niiden sijainnista toisiinsa nähden. Kaavio sisältää putkistojen ja muiden kuljetusteiden liitännät sekä kuvaukset kaikista prosessilaitteista. Jokaisella prosessilaitteella on myös oma tekninen positionumeronsa, joka on merkitty kaavioon. [20.] PI-kaavioiden esitystavat ovat yleisesti standardisoituja tulkinnan helpottamiseksi.

Suurin osa työn suunnittelusta toteutettiin PI-kaaviotasolla, ja suunniteltu prosessimuutos dokumentoitiin laitoksen eri järjestelmien PI-kaavioihin. Suunnittelussa tulkittiin olemassa olevan prosessin toimintaa sekä hyödynnettiin yrityksen henkilökunnan kokemusta ja yleisiä putkistosuunnitteluun liittyviä standardeja. Työssä toteutetut PI-kaaviot tarjoavat käytännön informaatiota tehdystä

prosessimuutosuunnitelmasta. Lisäksi ne toimivat lähtökohtana putkisto- ja automaatio suunnittelulle.

Vaikka työ ei sisällä varsinaista putkistosuunnittelua, rakenteiden vaatiman tilan tarpeen selvittämisen vuoksi uusille putkistolinjoille määritettiin alustava putkikoko. Putkikoot ovat standardisoituja ja ne ilmoitetaan yleensä putken sisäpuolen viitteellisenä nimellishalkaisijana eli DN-kokona. [21.] Prosessin putkistorakenteiden putkikoot sekä muut karakteriset mitat, kuten seinämälujuudet ja materiaalit määritetään prosessin lämpötilojen, paineen ja työaineen virtausmäärien avulla. Suositellut virtausnopeudet ja laskentakaavat ovat standardisoituja, jolloin niitä voidaan helposti hyödyntää suunnittelussa. Esimerkiksi standardia PSK 2401 voidaan käyttää putkikokojen määrittämisessä. [22.]

Tämän työn suunnittelun osalta putkistoille määritettiin ohjeellisesti riittävät minimiputkikoot standardin PSK 2401 avulla. Suunnittelun lähtökohtana käytettiin prosessin virtausarvoja, joiden avulla pystyttiin valitsemaan sopiva putkikoko. Käytettäessä putkiston sisähalkaisijaa suunnitteluarvona, putkiston keskimääräinen virtausnopeus voidaan laskea kaavan 2 mukaisesti. [22.]

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (2)$$

v on virtausnopeus (m/s)

Q on tilavuusvirta (m³/s)

D on putken hydraulinen halkaisija (m)

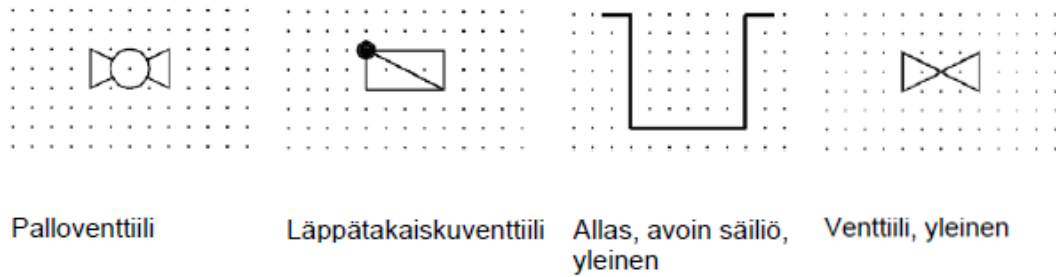
Kun valitun putkikoon virtausnopeus tunnetaan, voidaan sopiva putkikoko valita helposti standardissa PSK 2401 esitetyn taulukon perusteella. Taulukosta voidaan lukea veden virtausnopeudelle suositellut raja-arvot eri putkistokoille. Veden virtausnopeuden ja putkikokojen taulukko nähdään kuvassa 23.

DN	≤25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
v (m/s)	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	2,0	2,5	2,8	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,5	4,7	5,0
v _{max} (m/s)	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,0	5,5	5,5

Kuva 23. Veden virtausnopeudet ja putkikoot [22].

Putkistorakenteisiin sisältyy myös erilaisia toimilaitteita kuten venttiileitä. Venttiileitä käytetään ohjaamaan putkistovirtauksia haluttuihin putkilinjoihin. Venttiileillä voidaan myös säätää putkiston virtausta ja painetta halutulle tasolle. [23.] Prosessimuutoksessa käytettiin venttiileitä virtauksien ohjaamisessa putkistorakenteiden yhdyskohdissa. Suunnittelussa oli tarkoitus mahdollistaa olemassa olevien putkistolinjojen mahdollinen erottaminen prosessista, poistamatta linjojen käytettävyyttä. Niinpä jokaisen uuden linjan liitoskohtiin suunniteltiin sulkuventtiilit uuteen ja vanhaan putkistolinjaan. Käytettäviksi venttiilityypeiksi valikoitiin palloventtiilit, niiden todetun toimivuuden ja vähäisen huoltotarpeen vuoksi. Suunnittelussa hyödynnettiin venttiileitä myös halutun virtaussuunnan määrittämisessä. Virtaussuunnan ohjaamisessa venttiilityyppinä käytettiin takaiskuventtiiliä, jonka rakenne sallii virtauksen kulkemisen vain tiettyyn suuntaan.

Suunnittelussa huomioitiin myös kunnossapidollinen prosessiturvallisuus yrityksen prosessierotuksia koskevan työskentely ja suunnitteluohjeiden mukaisesti. Jokaisen venttiilin väliin suunniteltiin erillinen tyhjennyslinja, niin että venttiilien väliin jäävä putkistolinja voidaan tyhjentää tarpeen vaatiessa. Ratkaisu poistaa paineen ja lämpötilan aiheuttamat turvallisuusriskit ja suojaa käyttö- sekä kunnossapito henkilökunnan toimintaa prosessin yhteydessä. Suunnittelussa käytetyt toimilaitteiden symbolit on esitetty kuvassa 24. [24.]



Kuva 24. PI-kaavioiden symbolit [25].

Lauhdejärjestelmä

Lauhdejärjestelmää käsittelevät muutokset dokumentoitiin molempien laitossykoiden päälauhdejärjestelmien PI-kaavioihin. Lauhdejärjestelmän putkistoissa liikkuvat virtausmäärät ovat sidonnaisia prosessin suunnitteluarvojen kanssa. 1. laitossykön kattila on suunniteltu tuottamaan täydellä teholla 42,5 kg/s tuorehöyryvirtauksen. Laitossykön lauhdejärjestelmän päälauhdelinjan virtausmäärä varmistettiin myös prosessin käyttö- ja valvontajärjestelmän tarjoaman mittausdatan avulla. Tätä virtausmäärää käytettiin lauhdejärjestelmän yhdyslinjan putkikoon määrittävänä suunnitteluarvona. Putkiston tilavuusvirta voidaan laskea tiheyden ja massavirran avulla, kaavan 3 mukaisesti. Veden tiheys muuttuu lämpötilan ja paineen funktiona. Kun prosessipisteen lämpötila ja paine ovat tiedossa, voidaan tiheys lukea taulukosta. Paineen ja lämpötilan määrittämiseen käytettiin prosessin käytön aikaista mittausdataa, josta voitiin lukea lauhteen paineen ja lämpötila suunnitellussa yhdyskohdassa.

Prosessipisteen paineen ollessa noin 5 baaria ja lauhteen lämpötilan 116 °C, lauhteen tiheys on noin 945 kg/m³ [26, s 13.]. Syöttämällä prosessipisteen massavirta ja tiheys kaavaan 3, saadaan pisteen tilavuusvirraksi 0,045 m³/s. Tilavuusvirran avulla kaavaa 2 voidaan käyttää eri putkikokojen virtausnopeuden määrittämiseen. Lauhteen virtausnopeuksien laskentaan käytettiin muuttujana likiarvollisia mittoja putkistojen nimelliskoista. Laskenta toteutettiin käyttäen nimelliskokoja DN 100, DN 150 ja DN200 putken sisähalkaisijana. Nimelliskoon todellinen sisähalkaisija riippuu putken seinämävahvuudesta ja vaihtelee sen

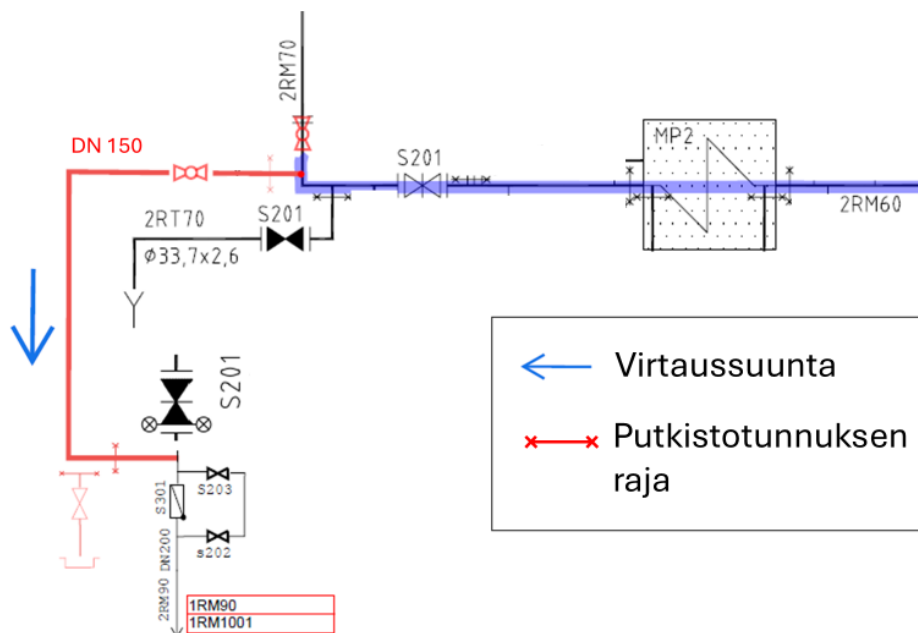
mukaisesti. Tämän työn putkistokokojen määrittämiseen riittävät kuitenkin keskiarvolliset likiarvot, koska standardissa PSK 2401 esitetyt suositellut virtausnopeudet sisältävät laajan vaihteluvälin. Kaavan 2 avulla lasketut virtausnopeudet osoittivat virtausnopeuden olevan 2,5 m/s putken sisähalkaisijan ollessa 150 mm. Muilla laskennassa käytetyillä putkikoilla virtausnopeudet osoittautuivat jäävän suositusasteikon ulkopuolelle. Laskennan tuloksena parhaiten sopivimmaksi putkikooksi valikoitiin DN150.

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (3)$$

\dot{m} on massavirta (kg/s)

ρ on tiheys (kg/m³)

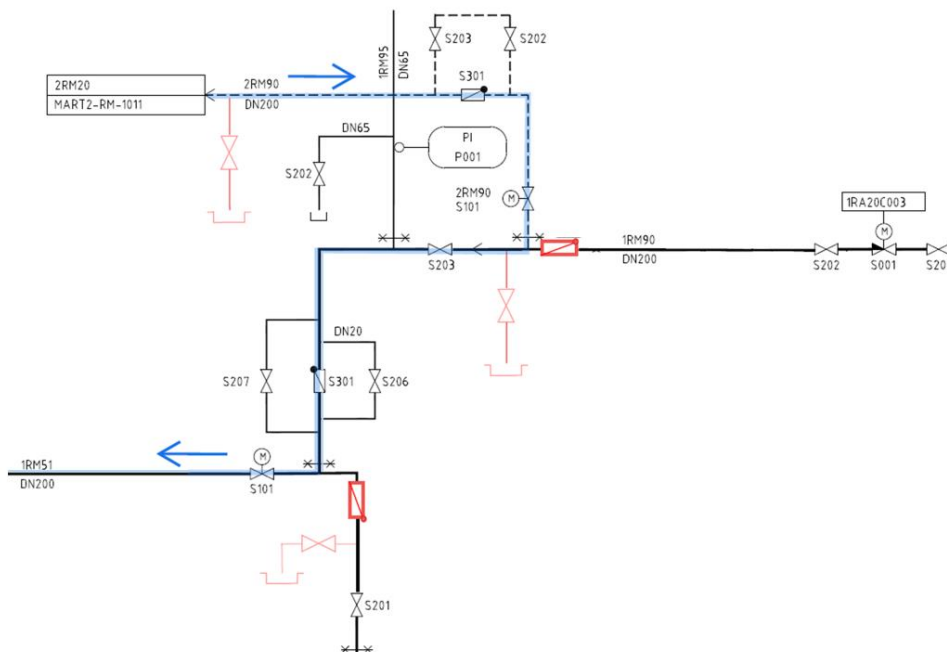
Lauhdejärjestelmän suunniteltu prosessimuutos 2. lauhdejärjestelmän PI-kaaviossa esitettyinä kuvassa 25.



Kuva 25. Laitosyksikön 2 päälauhdejärjestelmän PI-kaavio.

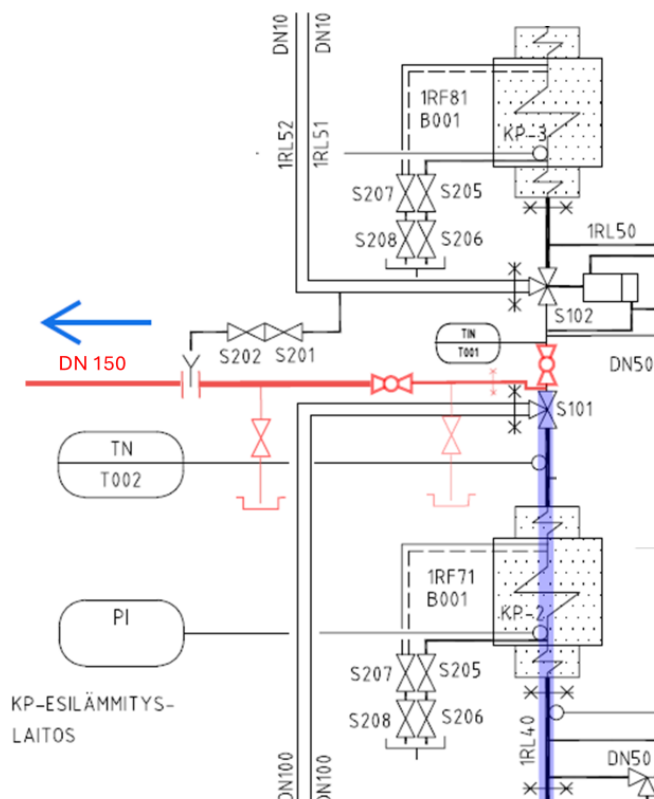
Uusi yhdyslinja liittyy 2. lauhdejärjestelmän 2RM70-päälauhdelinjaan. Putkistoihin sijoitetaan palloventtiilit kuvan 11 mukaisesti, uuden ja vanhan linjan risteyskohtaan ja uuteen linjaan lisätään venttiilien väliselle putkisto-osuudelle tyhjennysventtiili. Yhdyslinjan toinen pää liittyy 2RM90-linjaan sulkuventtiilin S201 jälkeen. Kuvassa näkyvä S301-tunnuksella varustettu takaiskuventtiili voidaan kääntää mahdollistamaan virtauksen kulku oikeaan suuntaan järjestelmien välillä. Takaiskuventtiilin yhteydessä sijaitsevaa ohituslinjaa on myös mahdollista hyödyntää avaamalla sulkuventtiilit S202 ja S203.

Yhdyslinjasta lauhde johdetaan kuvan 26 mukaisesti 2RM90-linjaa pitkin 1. laitosesikön lauhdejärjestelmän 1RM90-linjaan. Linjojen yhdyskohtaan sijoitetaan takaiskuventtiili, joka estää lauhteen virtauksen 1RM90-linjassa väärään suuntaan prosessissa. Järjestelmään voidaan tarvittaessa lisätä myös toinen takaiskuventtiili 1RM51-linjan yhdyskohtaan, kuvan 26 esittämällä tavalla. Lisäksi jokaiseen venttiilien väliin jäävälle putkisto-osuudelle lisätään tyhjennysventtiilit.



Kuva 26. Laitosesikön 1 päälauhddejärjestelmän PI-kaavio.

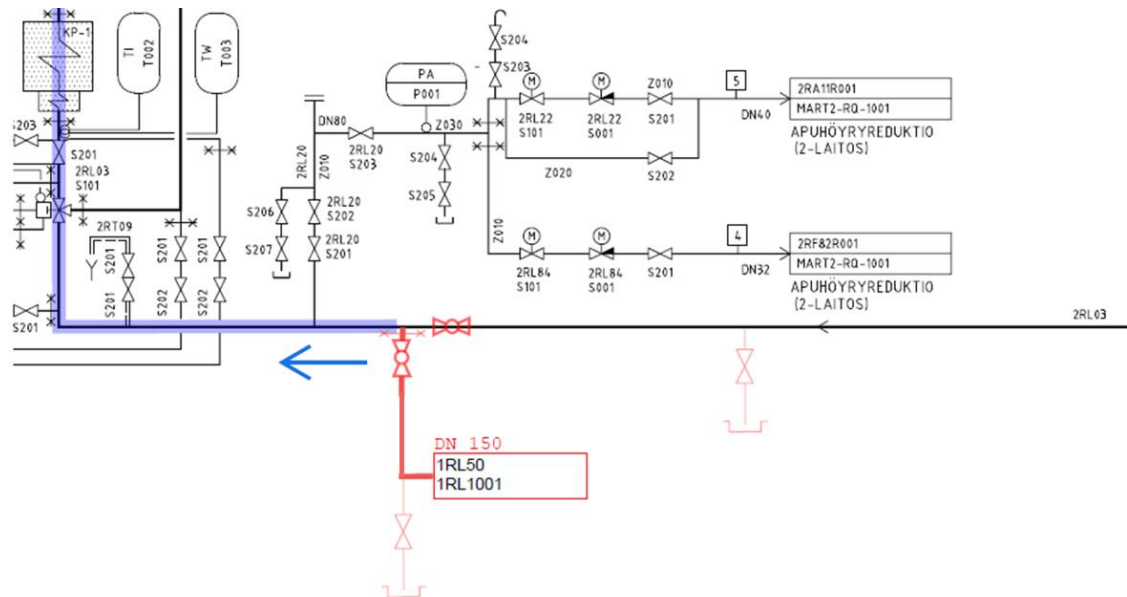
Syöttövesijärjestelmän putkikoon määrittämiseen käytettiin keskiarvollaista virtausmäärää. Prosessin käyntidatasta käy ilmi, että syöttövesijärjestelmän virtausmäärät ovat ajoittain hieman suuremmat kuin lauhdejärjestelmässä kattilan käytössä täydellä teholla. Virtausmäärät vaihtelevat hieman, ja keskiarvallisesti ne ovat suurimmillaan noin 45 kg/s. Määrittämällä putkiston virtausnopeuksia eri putken sisähalkaisijalla kaavojen 2 ja 3 mukaisesti DN150-putkikoko osoittautui myös syöttövesilinjaan sopivimmaksi vaihtoehdoksi virtausnopeuden ollessa noin 2,5 m/s. 1. syöttövesijärjestelmän suunnitellut prosessimuutokset nähdään kuvassa 27.



Kuva 27. Laitosyksikön 1 syöttövesijärjestelmän PI-kaavio.

Yhdyslinja liittyy 1RL50-syöttövesilinjaan kolmitieventtiilin S101 jälkeen. Yhdyskohtaan lisätään palloventtiilit uuteen ja vanhaan linjaan. Lisäksi uuteen linjaan lisätään kaksi tyhjennysventtiiliä, kuvan 27 mukaisesti.

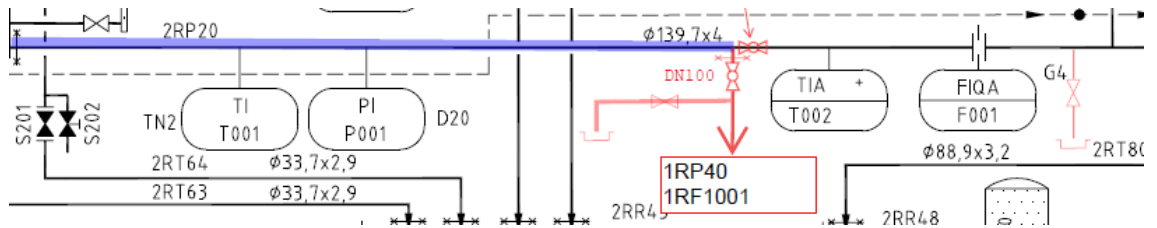
2. laitosyksikön syöttövesijärjestelmään yhdyslinja liittyy 2RL03-syöttövesilinjaan, ennen apuhöyryreduktioita. Yhdyskohtaan lisätään palloventtiilit, linjojen sulkemista varten. Lisäksi 2RL03-linjaan lisätään tyhjennysventtiili uuden palloventtiilin asennuksen takia. Yhdyslinjan suunniteltu liitoskohta 2. syöttövesijärjestelmään nähdään kuvassa 28.



Kuva 28. Laitosyksikön 2 syöttövesijärjestelmän PI-kaavio.

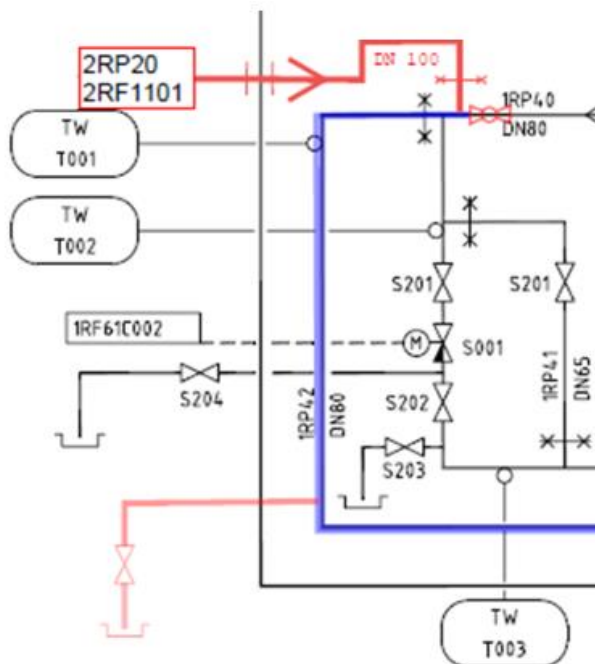
Korkeapaine-esilämmittimet

2. laitosyksikön korkeapaine-esilämmittimien lauhdelinjan putkikooksi valikoitiin nimelliskoko DN100, sen vastatessa kummankin laitosyksikön korkeapaine-esilämmittimien lauhdeputkien kokoluokkaa. Uusi lauhdelinja liittyy 2. laitosyksikön korkeapaine-esilämmittimien 2RP20-lauhdelinjaan kuvan 29 mukaisesti. Uuteen yhdyslinjaan sekä 2RP20-linjaan sijoitetaan tyhjennyskohdat venttiilien väliselle putkisto-osuudelle.



Kuva 29. Laitosyksikön 2 KP-esilämmittimien PI-kaavio.

1. laitosyksikön puolella yhdyslinja liittyy syöttövesisäiliöön johtavaan 1RP40-lauhdelinjaan kuvan 29 mukaisesti. Yhdyskohtaan sijoitetaan palloventtiili 1RP40 linjaan estämään virtauksen pääsy väärään suuntaan kohti 1. laitosyksikön korkeapaine-esilämmittimiä. Lauhdelinjaan lisätään myös tyhjennyskohta uuden palloventtiilin jälkeiselle osuudelle kuvan 30 mukaisesti.



Kuva 30. Laitosyksikön 1 KP-esilämmittimien PI-kaavio.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää miten Martinlaakson voimalaitoksen 2. turbiinilaitos voidaan kytkeä osaksi 1. laitosyksikön prosessia. Työn

lopputuloksena oli tarkoitus luoda yleistason prosessimuutossuunnitelma, joka huomioi prosessikytkennälliset sekä laitosrakenteelliset haasteet.

Suunnittelutyön tuloksena muodostettiin toimiva ratkaisu prosessimuutokselle. Lopputuloksena syntyi prosessitason suunnitelma, joka huomioi sekä prosessin vaatimat aputoiminnot että laitosrakenteen käytännön vaatimukset. Ratkaisussa hyödynnettiin mahdollisimman laajasti olemassa olevaa laitosrakennetta, mikä pienentää muutostöiden aiheuttamia kustannuksia.

Työ tarjoaa yritykselle myös selkeän pohjan jatkosuunnittelua varten. Prosessimuutoksen myötä 2. turbiinilaitos integroidaan tehokkaasti osaksi 1. laitousyksikköä. Ratkaisu mahdollistaa energiantuotannon jatkumisen Martinlaakson voimalaitoksella ilman muutoksia rakennusasteeseen. Suunniteltu muutos tarjoaa lisäksi mahdollisuuden hyödyntää myös 1. turbiinilaitosta tarpeen mukaan, mikä parantaa laitoksen tuotantovarmuutta. Insinööritö tukee Martinlaakson voimalaitoksen uusiutuvan energiantuotannon jatkuvuutta ja vakautta tulevaisuudessa.

Lähteet

- 1 Ilmastolaki. 2022. 423/10.6.2022.
- 2 Kasvihuonekaasut laskivat tuntuvasti vuonna 2023 – taustalla sähköntuotantorakenteen muutokset. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://stat.fi/fi/uutinen/kasvihuonekaasupaastot-laskivat-tuntuvasti-vuonna-2023-taustalla-sahkontuotantorakenteen-muutokset?utm_source=chatgpt.com>. 30.5.2024. Luettu 10.2.2025.
- 3 Energiasektorin päästöt vähenivät edelleen vuonna 2023 – maankäyttösektori oli merkittävä päästölähde. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://stat.fi/julkaisu/clmpwhj34iw9n0cuntl6ngb08?utm_source=chatgpt.com>. 15.1.2025. Luettu 10.2.2025.
- 4 Laki hiilen energiakäytön kieltämisestä. 2019. 416/29.3.2019.
- 5 Vantaan Energia lopettaa kivihiilen käytön toukokuussa – poistaa käytöstä myös Martinlaakson kaasuturbiinilaitoksen. Verkkoaineisto. Vantaan Energia. <<https://www.vantaanenergia.fi/vantaan-energia-lopettaa-kivihiilen-kayton-toukokuussa-poistaa-kaytosta-myo-martinlaakson-kaasuturbiinilaitoksen/>>. 20.3.2025. Luettu 21.3.2025.
- 6 Vuosikertomus 2023. Verkkoaineisto. Vantaan Energia Oy. <<https://www.vantaanenergia.fi/app/uploads/2024/12/Vantaan-Energia-Tilinpaatos-ja-toimintakertomus-2023.pdf>>. Luettu 11.2.2025.
- 7 Vantaan Energian yritysesittely. 2024. Yrityksen sisäinen aineisto. Vantaan Energia Oy.
- 8 Suomen ensimmäinen geotermistä lämpöä kaukolämpöverkkoon tuottava laitos käynnistyi Vantaalla. Verkkoaineisto. Vantaan Energia. <<https://www.vantaanenergia.fi/suomen-ensimmainen-geotermista-lampoakaukolampoverkkoon-tuottava-laitos-kaynnistyi-vantaalla/>>. 9.3.2023. Luettu 15.2.2025.
- 9 Eskonen, Hanna. 2024. Nyt se alkaa: Vantaan Energia aikoo ”tulpata pii-put” ja kuljettaa ilmastopäästönsä merenalaiseen varastoon. Verkkoaineisto. YLE. <<https://yle.fi/a/74-20112638>>. 25.9.2024. Luettu 15.2.2025.
- 10 Huhtinen, Markku; Korhonen, Risto; Pimiä, Tuomo & Urpalainen, Samu. 2013. Voimalaitostekniikka. Tampere: Suomen Yliopistopaino Oy.
- 11 Kaukolämpötilasto. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <<https://energia.fi/tilastot/kaukolampotilasto/>>. 28.1.2025. Luettu 15.2.2025.

- 12 Saloranta, Pauli. 2009. Länsi-Vantaan kaupunkipolut. Verkkoaineisto. Kotikaupunkipolut. <https://www.kotikaupunkipolut.fi/Martinlaakso_kaupunkipolut.pdf>.
- 13 Martinlaakson voimalaitos. Yrityksen sisäinen aineisto. Vantaan Energia.
- 14 Martinlaakson YLVA vuosiraportti 2023. Yrityksen sisäinen aineisto. Vantaan Energia Oy.
- 15 Martinlaakson voimalaitos – Blokki 1–2 – Päävirtauskaavio. Yrityksen sisäinen aineisto. Vantaan Energia Oy.
- 16 Martinlaakson kaasuturpiinilaitos – Päävirtausperiaatekaavio. Yrityksen sisäinen aineisto. Vantaan Energia Oy.
- 17 Lommi, Marko. 2024. Käyttöinsinööri, Vantaan Energia Oy, Vantaa. Sähköposti 11.7.2024.
- 18 Parviainen, Petri. 2021. Kivihiilen polton lopettamisen jälkeiset toimenpidesuosituksat Martinlaakson voimalaitoksen turbiinilaitoksille. Diplomityö. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. LUTPub-tietokanta.
- 19 Lommi, Marko. 2025. Käyttöinsinööri, Vantaan Energia Oy, Vantaa. Keskustelu 12.3.2025.
- 20 PSK 3603. PI-kaavion esitystapa ja merkitsemisohje. 2012. PSK standardisointi.
- 21 ISO 6708:1995. Pipework components – Definition and selection of DN (nominal size). International Organization for Standardization.
- 22 PSK 2401. 2009. Putkistojen virtausnopeudet. PSK standardisointi.
- 23 PSK 0201. 2011. Teollisuusventtiilit. Valinta ja käyttösuositus. PSK standardisointi.
- 24 Prosessierotuksia koskeva ohjeistus. Yrityksen sisäinen aineisto. Vantaan Energia Oy.
- 25 PSK 3605. 2016. Prosessiteollisuuden virtaus- ja PI-kaavioiden symbolit.
- 26 Cengel, A. Yunus & Ghajar, J. Asfin. 2015. Heat and Mass Transfer: Fundamentals & Applications. Fifth edition. E-kirja. McGraw-Hill Education

Martinlaakson voimalaitoksen 1. päälauhdejärjestelmä

