



# Kertopuutehtaan höyry- ja lauhdejärjestelmän automaatio suunnittelu

Atte Ruuska

Opinnäytetyö, AMK

Helmikuu 2026

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

**Ruuska, Atte**

## **Kertopuutehtaan höyry- ja lauhdejärjestelmän automaatio suunnittelu**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Helmikuu 2026, 34 sivua.

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### **Tiivistelmä**

Opinnäytetyö tehtiin Pasram Oy:n toimeksiannosta uudelle Metsä Groupin Äänekosken kertopuutehtaalle. Tehtaalle tarvittiin luotettava ja energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä, jota ohjataan automaation avulla. Opinnäytetyön tehtävänä oli suunnitella ja toteuttaa kertopuutehtaan höyry- ja lauhdejärjestelmän automaatio-ohjelma ja käyttöliittymä Siemensin TIA Portal ohjelmointiympäristössä hyödyntäen LCFL-toimilohkokirjastoa. Tavoitteena oli varmistaa järjestelmän toimivuus, käytettävyys, turvallisuus ja energia- tehokkuus sekä tuottaa valmis ja testattu automaatiotarkaisu tehtaalle käyttöön.

Työ toteutettiin soveltavana ja laadullisena tutkimuksellisenä kehittämistyönä. Automaatio suunnittelu tehtiin Siemensin TIA Portal V19 -ympäristössä käyttäen S7-1500-sarjan PLC:tä ja WinCC Unified -käyttöliittymää. Ohjelmointi perustui LCFL-kirjaston valmiisiin toimilohkoihin, joita konfiguroitiin höyry- ja lauhdejärjestelmän laitteille, kuten venttiileille, pumpeille ja mittauksille. Järjestelmälle toteutettiin automaattinen käynnistys- ja alasajosekvenssi, hälytykset sekä graafinen käyttöliittymä. Ohjelma testattiin ensin simuloimalla ja lopuksi käyttöön oton yhteydessä tehtaalla.

Työn tuloksena syntyi toimiva ja testattu automaatio-ohjelma sekä selkeä ja yhtenäinen käyttöliittymä kertopuutehtaan höyry- ja lauhdejärjestelmälle. Järjestelmä mahdollistaa höyryn jakelun eri prosessitarpeisiin sekä lauhteen tehokkaan palautuksen, mikä parantaa energiatehokkuutta ja tukee tehtaalle käyttöönottoa. LCFL-kirjaston hyödyntäminen nopeutti ohjelmointia ja paransi järjestelmän yhtenäisyyttä, vaikka sen käytössä ilmeni joitakin haasteita, kuten skaalaus- ja faceplate-ongelmia. Nämä ratkaistiin kirjaston dokumentaation ja version päivitysten avulla. Valmiiden toimilohkokirjastojen hyödyntäminen osoittautui tehokkaiden keinoiksi toteuttaa laaja järjestelmä aikataulussa. Huolellinen suunnittelu, simulointi ja testaus ovat välttämättömiä järjestelmän luotettavan toiminnan varmistamiseksi. Työ tukee teollisuuden energiatehokkuuden ja kestävä kehityksen tavoitteita sekä osoittaa, että modernilla automaatiolla voidaan parantaa prosessien hallittavuutta, turvallisuutta ja käytettävyttä.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Automaatio, PLC, HMI, Siemens, LCFL-kirjasto, kertopuu, höyry- ja lauhdejärjestelmä

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

Esim. opinnäytetyön liitteen salassapitoperuste, ks. raportointiohjeen luku 4.1.2

**Ruuska, Atte**

### **Automation design of a steam and condensate system for a Kerto LVL mill**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, February 2026, 34 pages.

Degree Programme in Electrical and Automation Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The thesis was commissioned by Pasram Oy for the new Metsä Group Kerto LVL mill in Äänekoski. The mill required a reliable and energy-efficient steam and condensate system controlled through automation. The objective of the thesis was to design and implement the automation program and user interface for the steam and condensate system using the Siemens TIA Portal programming environment and the LCFL function block library. The aim was to ensure the functionality, usability, safety, and energy efficiency of the system, as well as to deliver a complete and tested automation solution for the mill.

The work was conducted as an applied, qualitative research and development project. Automation design was carried out in the Siemens TIA Portal V19 environment using an S7-1500 series PLC and a WinCC Unified human-machine interface. The programming was based on preconfigured function blocks from the LCFL library, which were configured for system components such as valves, pumps, and measurement instruments. An automatic start-up and shutdown sequence, alarm handling, and a graphical user interface were implemented for the system. The program was first tested through simulation and finally during commissioning at the mill.

As a result of the work, a functional and tested automation program and a clear, consistent user interface for the steam and condensate system were delivered. The system enables steam distribution to various process requirements and efficient condensate recovery, thereby improving energy efficiency and supporting the commissioning of the mill.

The use of the LCFL library accelerated programming and improved system consistency, although some challenges were encountered, such as scaling and faceplate-related issues. These were resolved through the use of library documentation, version updates, and additional configuration. The utilization of prebuilt function block libraries proved to be an effective approach for implementing a large and complex industrial system within schedule. Careful planning, simulation, and testing are essential to ensure reliable system operation. The thesis supports the goals of industrial energy efficiency and sustainable development and demonstrates that modern automation can enhance process controllability, safety, and usability.

### **Keywords/tags (subjects)**

Automation, PLC, HMI, Siemens, LCFL-library, laminated veneer lumber, steam and condensate system

### **Miscellaneous (Confidential information)**

For example, the confidentiality marking of the thesis appendix, see Project Reporting Instructions, section 4.1.2

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>6</b>
1.1	Aiheen rajaus ja tavoitteet .....	7
1.2	Pasram Oy .....	7
<b>2</b>	<b>Tutkimusmenetelmä</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Kertopuutehdas osana tehdasintegraattia</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Kertopuun valmistus ja käyttö</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Höyry- ja lauhdejärjestelmä</b> .....	<b>11</b>
5.1	Höyry- ja lauhdejärjestelmän rakenne .....	11
5.2	Höyrykattila .....	12
5.3	Lauhteenpoisto ja palautus .....	13
5.4	Energiatehokkuus .....	15
5.5	Kestävän kehityksen tavoitteet .....	16
5.6	Automaatiojärjestelmät osana höyry- ja lauhdejärjestelmää .....	17
5.7	Höyryjärjestelmän laitteisto ja ohjaus .....	17
<b>6</b>	<b>Automaatiosuunnittelu</b> .....	<b>18</b>
6.1	Laitteisto .....	18
6.2	TIA Portal -ohjelmointiympäristö .....	19
6.3	SIMATIC Control Function Library .....	20
6.3.1	LCFL-kirjaston perusteet ja toiminta .....	20
6.3.2	Soveltaminen ja konfigurointi höyry- ja lauhdejärjestelmässä .....	21
6.3.3	Ongelmatilanteet ja LCFL-kirjaston käyttöohje .....	23
6.4	Ohjelman rakenne ja sekvenssi .....	25
<b>7</b>	<b>Käyttöliittymä</b> .....	<b>26</b>
7.1	Käyttöliittymän yleisnäkymä .....	26
7.2	LCFL-Faceplatet .....	27
7.3	Hälytykset .....	28
<b>8</b>	<b>Työprosessi ja menetelmät</b> .....	<b>29</b>
8.1	Ohjelmointi ja simulointi .....	30
8.2	Käyttöönotto ja testaus .....	31

<b>9 Tulokset</b> .....	<b>32</b>
<b>10 Pohdinta</b> .....	<b>33</b>
<b>Lähteet</b> .....	<b>34</b>

## **Kuviot**

Kuvio 1. Kuva uudesta tehtaasta (Äänekoski Kerto LVL -tehdas n.d.) .....	9
Kuvio 2. LVL:n valmistusvaiheet (Hiziroglu 2016) .....	10
Kuvio 3. Höyryn kierto teollisuuslaitoksessa (Lauhteenpoistimen valinta 2022) .....	11
Kuvio 4. Höyrykattilan ainevirrat (Huhtinen 2025b).....	12
Kuvio 5. Höyrykattilan toimintaperiaate (Huhtinen 1994) .....	13
Kuvio 6. Lauhteenpalautus (Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä 2015) .....	14
Kuvio 7. Esimerkki hönkähöyryn talteenottolaitteisto (Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä 2015) .....	16
Kuvio 8. Ohjelmoitavan logiikan valinta TIA Portalissa .....	19
Kuvio 9. Uuden projektin käyttöliittymä .....	20
Kuvio 10. Kirjasto välilehti TIA Portalin oikeassa reunassa .....	21
Kuvio 11. Virtausmittauksen skaalaus- ja monitorointitoimilohkot .....	22
Kuvio 12. LCFL-toimilohkojen konfigurointi Data Block.....	23
Kuvio 13. PID-säätimen faceplate, yksiköinä pelkästään prosentit .....	24
Kuvio 14. Ohjelman pää rakenne TIA Portalissa .....	25
Kuvio 15. Käyttöliittymän aloitusnäkyä eli reduktioasema .....	26
Kuvio 16. Säätöventtiilin faceplate .....	28
Kuvio 17. Käyttöliittymän hälytystaulukko .....	29
Kuvio 18. S7-PLCSIM käyttöliittymä .....	30
Kuvio 19. Extended download to device saa yhteyden simulaatioon .....	31

# 1 Johdanto

Höyryn käyttö teollisuuden eri prosessissa sekä lämmityksessä on erittäin yleistä nykymaailmassa. Vesihöyryn suosion syy löytyy suuresta lämpösisällöstä eli entalpiasta. Ilmiö perustuu faasimuutokseen, jossa aineeseen sitoutuu suuri määrä energiaa, kun se höyrystyy. Tästä syystä höyrykattilat ja höyrykehittimet ovat yleisessä käytössä teollisuusaloissa, jotka tarvitsevat suuria lämpö ja energiamääriä. Höyry- ja lauhdejärjestelmän energiatehokkuutta parantamalla saavutetaan suuria taloudellisia säästöjä. (Höyrykehitin ja höyrykattilat n.d.) Höyryn siirtäminen ja kuljettaminen on helppoa, kuten myös sen lämpötilan hallitseminen. Se on myös edullisempaa verrattuna esimerkiksi kuumaöljyjärjestelmiin. (Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä 2015.)

Uudelle kertopuutehtaalle tarvitaan prosessia varten höyry- ja lauhdejärjestelmä. Tämän järjestelmän toimintaan tarvitaan automaatiota ohjaamaan mm. säätöventtiileitä ja käynnistyssekvenssiä, käsittelemään antureiden mittauksia ja luomaan hälytyksiä, sekä tarjoamaan käyttöliittymän operaattorille.

Opinnäytetyön aiheena on höyry- ja lauhdejärjestelmän automaatiosuunnittelu Metsän kertopuutehtaalle. Kerto on Metsä Groupin oma tavaramerkki ja kansainvälisillä markkinoilla tällaisista viilulaminaattituotteista käytetään yleisesti lyhennettä LVL (Laminated Veneer Lumber). Höyry- ja lauhdelinjat rakennuttaa Metsä Groupiin kuuluva Metsä Fibre Oy ja niitä hyödyntää koko tehdas eri prosessitarpeisiin. Projekti on toteutettu syksyllä 2025 toimeksiantona Pasram Oy:lle osana Metsä Groupin Core-projektia. Projektin alihankintaketjussa oli mukana toteutussuunnittelijana Sweco, sekä asentajina Sähköasennus Mirotex Oy. Sweco on suunnittelun ja konsultoinnin asiantuntijayritys, jonka toimisto sijaitsee Jyväskylässä. Sähköasennus Mirotex Oy on Kiteeltä lähtöisin oleva yritys ja tarjoaa sähköasennus- ja suunnittelupalveluja teollisuudelle, yrityksille ja kuluttajille. Kerto LVL -tehdas tulee tuottamaan rakennusteollisuudessa käytettäviä palkki- ja levymateriaaleja, jotka huomattavasti pienentävät rakennusten hiilijalanjälkeä verrattuna muihin materiaaleihin (Kerto LVL n.d.).

## 1.1 Aiheen rajaus ja tavoitteet

Opinnäytetyö on raporttimainen projektikuvaus, joka keskittyy höyry- ja lauhdejärjestelmän ohjelman ja käyttöliittymän suunnitteluun hyödyntäen Siemensin LCFL- toimilohkokirjastoa. Tämä rajaus liittyi omaan osuuteeni projektin toteutuksessa eniten ja lisäksi LCFL-kirjastosta ei suomenkielistä dokumentaatiota löydy. Kirjaston käytössä tehtiin paljon tiedonselvitystä ja kokeiluja, jotta opittiin käyttämään sekä soveltamaan sitä ohjelman tekemisessä. Työssä näytetään esimerkkejä automaatio suunnittelun prosessista ja päätöksistä sekä kirjaston käytöstä.

Automaatio suunnittelun lisäksi opinnäytetyössä tarkastellaan myös kertopuutehtaan höyry- ja lauhdejärjestelmään liittyvää energiakulutuksen minimointia ja tehokkuutta. Energiatehokkuus on oleellinen aihe teollisuudessa ja kestävä kehityksen tavoitteissa. Fossiilisten polttoaineiden käyttöä on vähennettävä mahdollisimman paljon teollisuudessa ja panostettava uusiutuviin lähteisiin. Toimeksiannon tavoitteena oli luoda ja toimittaa toimiva automaatio-ohjelma tehtaalle, jotta saataisiin kyseinen järjestelmä jakamaan höyryä eri prosessitarpeisiin tehtaalla. Tärkein tehtävä oli varmistaa ohjelman ja käyttöliittymän toimivuus, jotta lopputuloksena järjestelmän prosessi olisi luotettava sekä helppokäyttöinen luovutettaessa asiakkaalle.

## 1.2 Pasram Oy

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Pasram Oy, joka on suomalainen automaatioalan suunnittelutoimisto. Yritys perustettiin vuonna 2012 Jyväskylässä. Pasram Oy on Karellin veljesten perustama ja se tarjoaa automaatioon erikoistuneita palveluja teollisuuden ja infrastruktuurin tarpeisiin, jotka korostuvat varsinkin Siemens logiikkajärjestelmien automaatoratkaisuissa. Heidän tarjoamaan toimintaan kuuluu alkuvaiheen suunnittelu, toteutus, käyttöönotto sekä ylläpito. Lisäksi yrityksen palveluihin kuuluu sähkö- ja automaatio suunnittelu, ICT ja tuotekehitys, tuote- ja jälleenmyynti sekä keskusvalmistus ja asennuspalvelut. ICT ja tuotekehitykseen kuuluu ohjelmistokehitys, tietoliikenneverkkojen suunnittelua sekä toteutusta sekä käyttöliittymiin liittyvä osaamista. Pasram toimittaa monipuolisesti automaatiokomponentteja, laitteita ja tarvikkeita. Komponentti valmistajiin kuuluu: ABB, Schneider Electric, Weidmüller, Siemens sekä SMC Automation. (Pasram Oy yritys n.d.)

Pasramin automaattioratkaisut räätälöidään eri teollisuudenalojen erityistarpeisiin. Pasram tarjoaa modernisointeja, suunnittelupalveluja sekä elinkaarituen palveluille. Modernisointi kuuluu järjestelmien täydelliset tai osittaiset päivittämiset tehokkuuden parantamiseksi. Suunnittelupalveluissa tarjotaan kattavat sähkö- ja prosessisuunnittelupalvelut, sekä riskianalyytit. Tarjontaan kuuluu myös huoltosopimukset toiminnan jatkuvuuden varmistamiseksi ja käyttökatojen minimoimiseksi. Erikoisosaamista Siemensin lisäksi löytyy myös ABB:n ja Schneider Electricin ohjelmistoista ja järjestelmistä. (Pasram Oy yritys n.d.)

## 2 Tutkimusmenetelmä

Työn tarkoituksena oli kehittää toimiva automaatiojärjestelmä kertopuutehtaan höyry- ja lauhdepuolelle. Tavoitteena oli tehdä toimiva ja testattu automaatio-ohjelma sekä käyttöönotto.

Työssä hyödynnettiin laadullista tutkimusta sekä soveltavaa eli tutkimuksellista kehittämistyötä toimivan ratkaisun kehittämiseksi. Hyödynnettiin siis olemassa olevaa tietoa ja sovellettiin sitä kyseisen höyryjärjestelmän teorian sekä ratkaisujen avaamisessa ja työprosessin selostuksessa. Soveltavassa tutkimuksessa keskitytään yhteiskunnallisiin haasteisiin, joihin tarvitaan kestävästä kehitystä tukevia ratkaisuja (Soveltava tutkimus 2025). Se sopii siis kertopuutehtaan höyryjärjestelmän automaatioon ja energiatehokkuuden tutkimiseen. Työn raportissa esitellään projektin ohjelmasta kuvallisia esimerkkejä ja selostetaan toimintaa.

## 3 Kertopuutehdas osana tehdasintegraattia

Äänekosken uuden tehtaan esisuunnittelu alkoi vuonna 2020 ja rakennusvaihe käynnistyi huhtikuussa 2023 (Pakkanen 2024). (Ks. kuvio 1.) Tehtaan on tarkoitus käynnistä 2026 loppupuolella. Investoinnin arvo on noin 300 miljoonaa euroa ja sen on laskettu tuovan noin 150 uutta työpaikkaa. Tuotantokapasiteeksi on laskettu noin 160 000 kuutiota vuodessa. (Kaski 2023.) Kertopuutehdas tulee uutena lisäyksenä alueella kehittyvään puunjalostusteollisuuden energia- ja resurssitehokkaaseen integraattiin, johon kuuluu vuonna 2017 valmistunut Metsä Groupin biotuotetehdas, kartonki- ja koivuviilutehdas, puupohjaisten tekstiilikuitujen koetehdas sekä 3D-kuitutuotteita valmistava koetehdas (Äänekosken biotuotetehdas n.d.). Integraatin tarkoituksena on hyödyntää täysimääräisesti tuotannossa syntyvät sivuvirrat ja puun jalostusarvo. Uusi tehdas on resurssitehokas ja hiilijalanjälkeä pienentävä, kertopuutuotteet ovat materiaalitehokkaita ja varastoivat hiiltä. (Sweco toteutus suunnittelijaksi Metsä Groupin Äänekosken Kerto LVL -tehtaaseen 2023.)

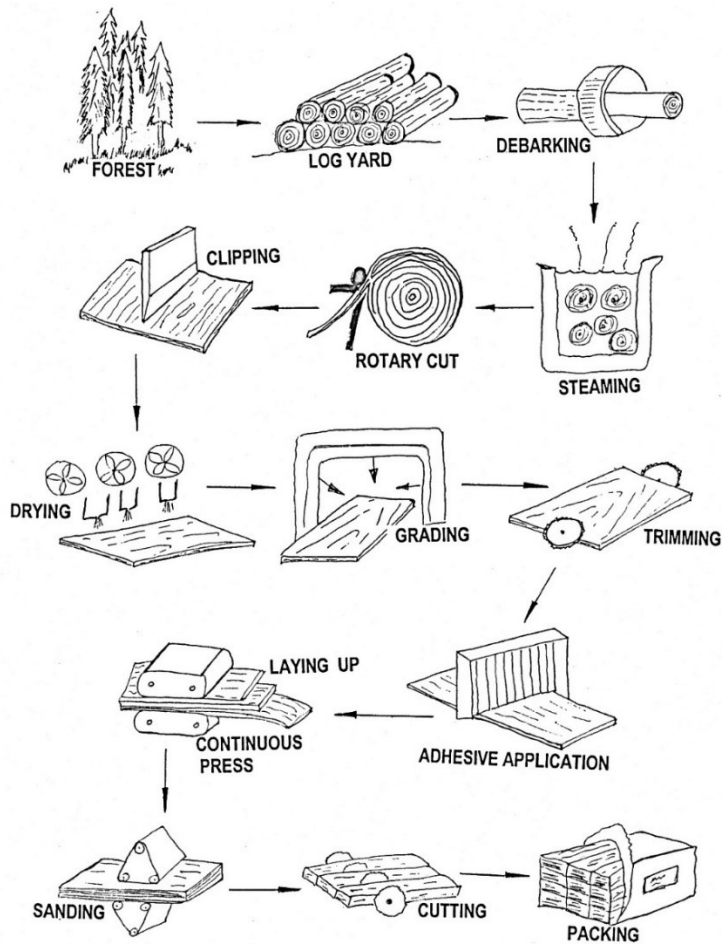


Kuvio 1. Kuva uudesta tehtaasta (Äänekoski Kerto LVL -tehdas n.d.)

Kertopuutehtaan rakennuttaminen biotuotetehtaan naapuriin on kannattavaa, sillä se tarjoaa synergiaetuja. Höyry- ja sähköenergia, sekä prosessivesi ostetaan ja tuodaan suoraan biotuotetehtaalta kertopuutehtaan käyttöön. Tämän lisäksi kuljetukseen liittyvässä kulutuksessa säästetään, sillä kertopuutehtaan sivussa syntyvät tuotteet, kuten massahakkeet ja energiahakkeet hyödynnetään biotuotetehtaan tuotannossa. Metsä Woodin toimialajohtaja Jaakko Anttilan mukaan Äänekosken suuren tehdasintegraatin toiminta samalla näkyy positiivisena hyötynä energiataloudessa, infrassa ja veden käsittelyssä. Tämä hyöty syntyy siitä, kun maksimoidaan puuraaka-aineen korkea jalostusaste sekä muut tehtaissa syntyvät sivuvirrat saman integraatin alueella. (Pakkanen 2024.)

## 4 Kertopuun valmistus ja käyttö

Kertopuu eli viilupuu (LVL) on rakenteellinen puutuote, jonka valmistus tapahtuu sorvatuista kuusi- ja mäntyviiluista säänkestäväksi liimaamalla. (Ks. kuvio 2.) Sen valmistus aloitettiin vuonna 1941 ja sen käyttökohteita ovat kaikenlaiset rakennusprojektit uudisrakennuksista saneerauksiin ja korjauksiin. Kertopuu soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa vaaditaan suurta kantavuutta, mittapysyvyyttä ja suoruutta. Metsä Woodin lisäksi Suomessa viilupuuta valmistaa Stora Enso. (Viilupuu LVL 2020.) Metsä Groupin kerto LVL-tehtailla käytetään standardin ISO 9001 mukaista laadunhallintajärjestelmää sekä tuotteiden laatua ja suoritustasoa valvotaan säännöllisesti. Metsän kertopuutuotteet ovat CE-merkittyjä. (Kerto LVL n.d.)



Kuvio 2. LVL:n valmistusvaiheet (Hiziroglu 2016)

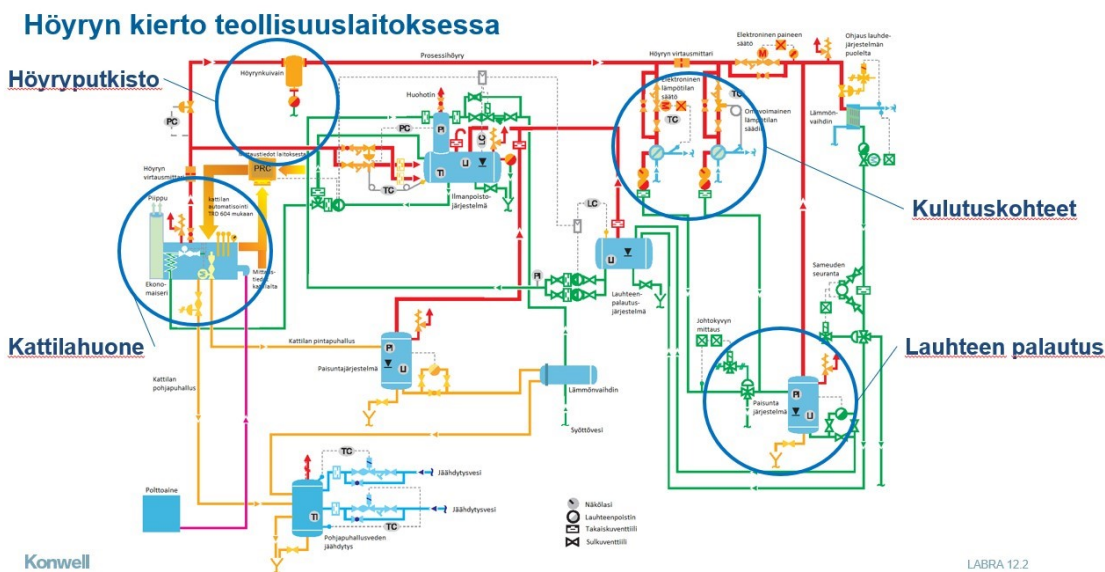
Viilupuun valmistus määritellään SFSEN 14374 standardin mukaisesti. Yhteen liimattavat kuusiviilut ovat 3 mm paksuisia. Viilupuun enimmäisleveys on 2,5 metriä ja enimmäispituudeltaan 25 metriä. Yleisesti valmistetut viilut ovat hiomattomia ja paikkaamattomia, mutta tilauksesta tarjotaan myös sellaisia, jonka lapepinnat ovat hiottuja. (Viilupuu LVL 2020.) Laminoidun viilupuun monipuolisuuden takia sitä hyödynnetään monissa eri rakennusalan sovelluksissa. Käyttökohteita ovat erilaiset kantavat palkit, pilarit, ristikot, kehät, ikkuna- ja oviteollisuuden komponentit sekä rakennuksissa jäykistävinä osina. (Hiziroglu 2016.)

## 5 Höyry- ja lauhdejärjestelmä

### 5.1 Höyry- ja lauhdejärjestelmän rakenne

Työn kohteen kertopuutehtaan höyry- ja lauhdejärjestelmä koostuu höyry- ja lauhdetilasta sekä jakelu- ja keräilyverkostosta. Kaikki tehtaan eri prosessit käyttävät höyryä epäsuorasti ja normaalissa ajotilanteessa lauhtunut höyry kerätään täysin lauhdejärjestelmään. Pääsääntöisesti höyryä ohjataan viulun kuivaamiseen ja kertopuun kuumapuristukseen, mutta sitä hyödynnetään myös kiertoveden lämmitykseen. Kertopuutehtaalle höyry tuodaan ensisijaisesti biovoimalaitoksen reduktioaseman kautta. Höyry toimitetaan biotuotetehtaalta tulistettuna putkisiltaa pitkin lauhtumisen välttämiseksi. Lauhteesta saatua energiaa käytetään tehtaan lämmitystarpeissa, jonka jälkeen lauhde palautetaan putkisiltaa pitkin takaisin biotuotetehtaalle. Lauhteet kerätään järjestelmään kuuluviin pää- ja apulauhdesäiliöihin sekä pumppaussäiliöön.

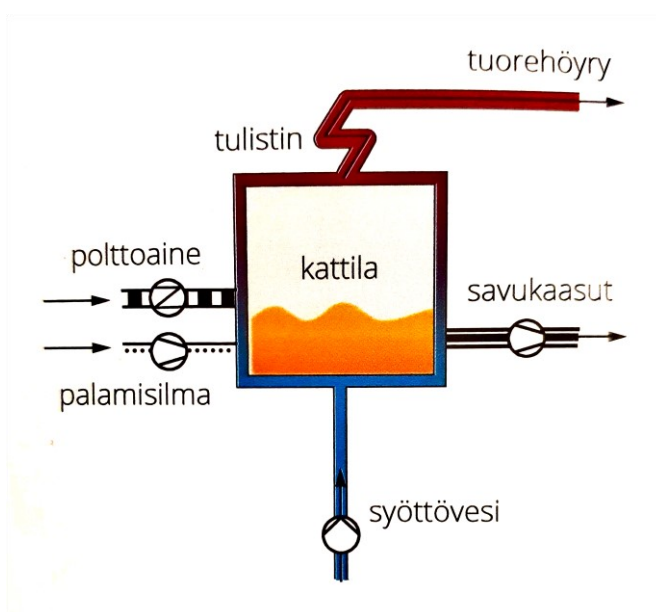
Motivan julkaiseman mittausoppaan mukaan yleisesti höyry- ja lauhdejärjestelmän kokonaisuus koostuu höyryn ja lauhteen siirtoputkistosta, höngityssäiliöistä, lämmönsiirtimistä, lauhtuttimista sekä lauhteenpoistimista ja säiliöistä. (Ks. kuvio 3.) Lisäksi järjestelmiin kuuluu erilaisia säätöventtiilejä, toimilaitteita ja mittausinstrumentteja. (Höyry-lauhde-siirtojärjestelmä energiatehokkuus 2012.)



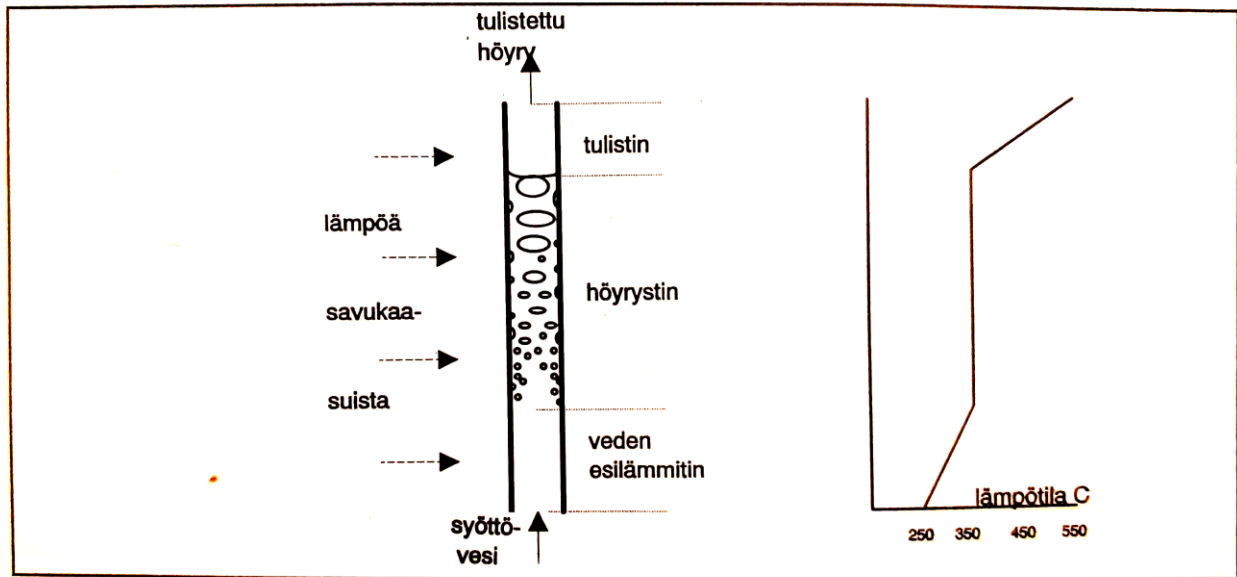
Kuvio 3. Höyryn kierto teollisuuslaitoksessa (Lauhteenpoistimen valinta 2022)

## 5.2 Höyrykattila

Höyrykattilan tehtävä on tuottaa höyryä kattilaan syötetystä vedestä. Nykyiset kattilat ovat pitkiä putkia, joihin toisesta päästä syötetään vesi ja toisesta tulee ulos tulistettua höyryä. (Ks. kuvio 4.) Höyrystymisprosessissa vettä ensiksi lämmitetään sen höyrystymislämpötilaan, jonka jälkeen vesi alkaa höyrystymään painetta vastaavassa lämpötilassa (150–220 bar). Lopussa muodostunut höyry tulistetaan lämmittämällä aiempaa korkeammalla lämpötilalla. Lämpötilat yleisesti ovat 450–550 celsius asteen alueella. (Huhtinen 1994, 7.) (Ks. kuvio 5.) Tämä veden lämmitysprosessi vaatii energiaa toteutuakseen. Fossiilisten polttoaineiden käyttö on vähentynyt viime vuosina. Näihin kuuluu kivihiili, turve ja maakaasu. Nykyajan teollisuudessa panostetaan uusiutuvien polttoaineiden hyödyntämiseen kuten puun, kuoren ja teollisuudesta tulevien sivuvirtoihin sekä jätteisiin. Lämpöenergiaa syntyy, kun kattilaan syötetään polttoainetta sekä palamisilmaa. Syntyy reaktio, jossa polttoaineen kemiallinen energia muuttuu savukaasuihin sitoutuneeksi lämpöenergiaksi, jota siten hyödynnetään jäähdyttämällä savukaasuja lämmönvaihtimissa. Tämän jälkeen savukaasut puhdistetaan ja johdetaan savupiipun kautta ympäristöön. (Huhtinen 2025b, 6–7.)



Kuvio 4. Höyrykattilan ainevirrat (Huhtinen 2025b)

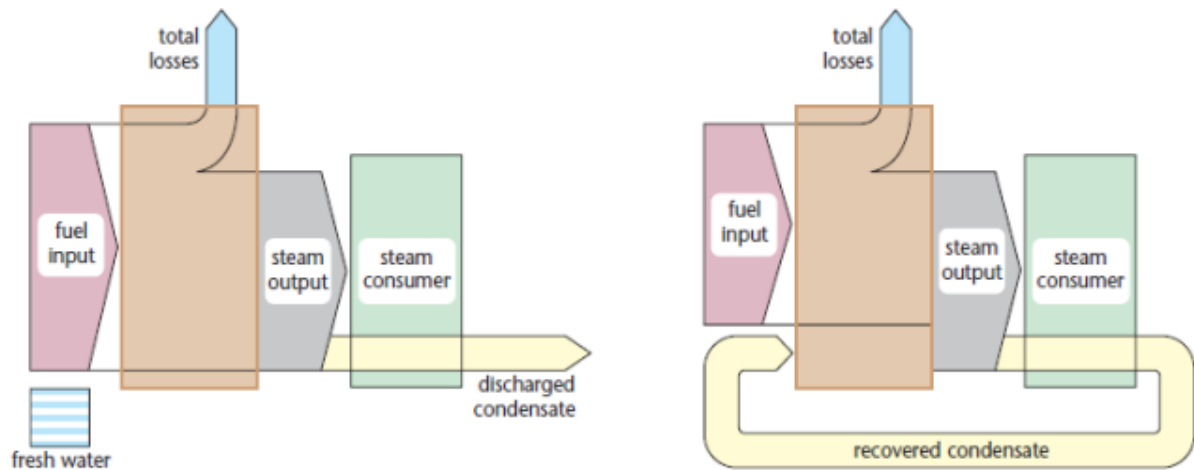


Kuvio 5. Höyrykattilan toimintaperiaate (Huhtinen 1994)

Höyrykattiloita on rakenteeltaan kahdenlaisia: suurvesitila- ja vesiputkikattiloita. Ensimmäisessä vesi höyrystyy tuliputkien ulkopuolella ja jälkimmäisessä taas putkien sisällä. Putkikattiloita käytetään voimalaitoksissa, koska niiden rakenne soveltuu korkeammille paineille paremmin. Nämä vesiputkikattilat jaetaan vedenkierron mukaan kolmeen eri tyyppiin, jotka ovat luonnonkierto-, pakkierto- ja läpivirtauskattila. (Huhtinen 2025b, 58.)

### 5.3 Lauhteenpoisto ja palautus

Tärkeä osa höyryjärjestelmää on tehokas lauhteenpoisto ja sen vaikutus energiatehokkuuteen kulutuksen ja tuottavuuden kannalta on suuri. (Ks. kuvio 6.) Lauhdetta kertyy höyryputkiin, joista se tulee poistaa. Poistaminen toteutetaan monesta oleellisesta syystä. Tärkeitä syitä on lauhteen viemä tilavuuden määrää putkessa, jossa höyry kulkee, putkien sekä laitteiston vaurioituminen, lämmönsiirron heikentyminen ja putkien tukkeutuminen, joka estää höyryn liikkumisen kohteeseen. (Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä 2015.)



Kuvio 6. Lauhteenpalautus (Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä 2015)

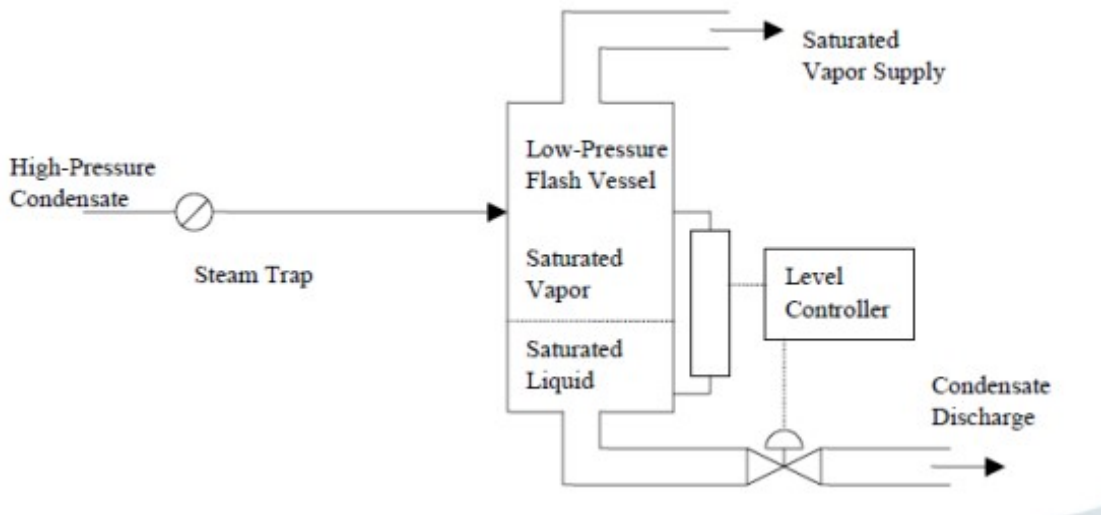
Lauhde poistetaan käyttämällä lauhteenerottimia. Erottimia on erilaisia ja ne jaetaan ryhmiin toimintaperiaatteiden mukaan. Nämä kolme ryhmää ovat mekaaniset-, termodynaamiset- ja termostaattiset lauhteenerottimet. Oikean tyyppisen lauhteenerottimen valitseminen on tärkeää, jotta sen kriittisimmät tehtävät toteutuvat tehokkaasti, eli muodostunut lauhde sekä muut ilmat ja kaasut poistetaan nopeasti ja samalla estetään höyryn karkaaminen. Säännölliset kunnossapito tarkastukset voidaan toteuttaa visuaalisesti, akustisesti, termisesti tai valvontalaitteistolla ja näin varmistaa energiatehokas toiminta. Yleisiä vikoja, joita ilmenee ovat tukkeutuminen, höyryn vuoto, lauhteen puutteellinen erottuminen sekä väärä mitoitus ja käyttö. (Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä 2015.)

Lauhteenpalautusten hyöty höyryjärjestelmässä on merkittävä. Jopa pienillä lauhdemäärillä säästetään, koska energiaa ei tarvitse tuhjata korvaavan veden lämmitykseen. Kaikkia lauhdetta ei pystytä usein palauttamaan. Palautusaste, joka tyypillisesti saavutetaan, on noin 80 %. (Lauhteen talteenottoratkaisut n.d.) Lauhteenpalautuksen muihin hyötyihin kuuluu polttoaineen säästö, prosessin tehostuminen, lisäveden tarpeen ja sen puhdistustarpeen väheneminen sekä jäteveden käsittelytarpeen vähentyminen. (Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä 2015.)

## 5.4 Energiatehokkuus

Energiatehokkuudella tarkoitetaan hyötysuhdetta eli kuinka tehokkaasti energiaa hyödynnetään käytössä. Energiatehokkuutta parantamalla, saadaan vastaava tai parempi vaikutus, pienemmällä energiamäärällä. (Omakotitalon energiatehokkuus – mitä siitä pitäisi tietää? 2019.) Tärkein syy energiatehokkuuden huomioon ottamisessa on sen vaikutukset ympäristöön. Energiatehokkuuden parantaminen tarkoittaa, että käytämme aiempaa vähemmän energiaa ja fossiilisia polttoaineita, joka vähentää hiilidioksidipäästöjä. Tämän seurauksena vähennämme kasvihuonekaasupäästöjä, joiden pienentäminen on kaikkialla maailmassa tärkeää tällä hetkellä, ilmastonmuutosta vastaan kamppaillessa. Uusiutuvat energianlähteet ovat energiatehokkuudessa avainasemassa. Niitä hyödyntämällä fossiilisten polttoaineiden sijasta, säästämme luonnonvaroja huomattavasti. (Miksi energiatehokkuus on tärkeää? N.d.)

Energiatehokkuus höyry- ja lauhdejärjestelmän suunnittelussa ja käytössä on tärkeää taloudellisten säästöjen kannalta. Energiatehokkuuteen vaikuttaa suunnittelu, lauhteenkäsittely ja häviöiden minimointi. Suunnitteluvaiheessa otetaan huomioon putkiston mitoitus, painetason valitseminen sekä häviöiden minimointi. Lauhteenkäsittelyssä lauhteen-, lian- ja ilmanpoiston pitää olla riittävä ja oikein toteutettu. Lauhteenerottimien täytyy olla valittu oikein, lauhteenpalautus tehokasta sekä varmistettava, että hönkähöyry hyödynnetään. (Ks. kuvio 7.) Häviöiden vähentämiseen vaikuttaa vuotojen minimointi, putkistojen sekä komponenttien eristäminen ja järjestelmän laitteiden oikeanlainen ja tehokas toiminta. (Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä 2015.)



Kuvio 7. Esimerkki hönkähöyryn talteenottolaitteisto (Energiehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä 2015)

## 5.5 Kestävän kehityksen tavoitteet

Suomen YK-liiton kestävän kehityksen tavoitteissa 7 ja 9 käsitellään edullista ja puhdasta energiaa, sekä kestävää teollisuutta. YK-liiton mukaan maailmassa 80 prosenttia energiasta syntyy hiilestä, öljystä ja kaasusta. Vain 10 prosenttia energiasta ei sisällä hiiltä. Nämä luvut pitäisi kääntää päinvastaiseksi, torjuaksemme ilmastonmuutosta. Tavoitteessa 7.3 mainitaan energiatehokkuuden tuplaaminen vuoteen 2030 mennessä. Energatehokkuuden parantaminen ja energiansäästö ovat tärkeitä kehityksenkohteita teollisuudessa, sillä niiden avulla voidaan leikata jopa 40 % maailmanlaajuisesta energiantarpeesta vuosiin 2050–2060 mennessä. Tavoitteessa 9 keskitytään kestävän infrastruktuurin ja teollisuuden kehittämiseen vähentämällä kasvihuonepäästöjä. Hiilidioksidipäästöt valmistettua yksikköä kohti on vähentynyt vuosien 2004–2014 välillä, mutta globaalisti tuotannon päästövähennyksiä ei ole vielä nähty, koska tuotantoa on siirretty Aasiaan halvempien kustannusten takia. Yrityksille tuoton tekeminen on monesti tärkeämpää, kuin kestävä teollisuus, joka johtaa tuotantojen siirtämiseen muihin maihin. (Kestävän kehityksen tavoitteet n.d.)

Kestävän kehityksen tavoitteiden huomioiminen teollisuudessa on siis tärkeää, eikä niitä saisi jättää huomioimatta. Teollisuuden vihreä siirtymä ei ole uhka vaan mahdollisuus. Investoiminen energiatehokkaisiin koneisiin ja tuotantoon mahdollistaa energiankulutuksen pienentämistä huomattavasti. Pidentämällä laitteiston, tuotannon ja tuotteiden elinkaarta vähennetään kuormaa,

joka syntyy ympäristölle. Lisäksi siirtyminen uusiutuviin energialähteisiin vähentäisi maapallon rajallisten resurssien kuluttamista sekä kasvihuonekaasupäästöjä.

## 5.6 Automaatiojärjestelmät osana höyry- ja lauhdejärjestelmää

Automaatiojärjestelmä termillä viitataan yleisesti tietokonepohjaiseen järjestelmään, jolla ohjataan tuotantolaitoksen prosesseja. Yksinkertaista PI-kaaviota muistuttava operointinäytön eli käyttöliittymän avulla laitoksen operaattori pystyy seuraamaan tuotannon mittausarvoja ja tilatietoja. Yleisesti näihin mittauksiin ja tilatietoihin kuuluu esimerkiksi lämpötiloja, painemittauksia, syöttöveden virtauksia ja pumppujen käynti sekä vikatietoja. Operointinäytöltä voidaan usein käynnistää tai pysäyttää tuotantoprosessin automaattinen sekvenssi tai manuaalisesti ohjata yksittäisten laitteiden tiloja. Lisäksi käyttöliittymä tarjoaa mahdollisuuden esittää visuaalisesti prosessin erityyppisiä ja taseisia hälytyksiä. (Urpalainen 2025a, 166.)

Hälytysten tarkoitus voi vaihdella neutraalista ilmoituksesta, varoitukseen, kriittiseen hälytykseen tai virheeseen järjestelmässä. Monet hälytykset prosesseissa perustuvat operaattorin määrittelemiin asetus- ja raja-arvoihin. Operaattorin tehtäviin kuuluu seurata mahdollisten hälytysten ilmenemistä yleisesti erillisellä hälytys välilehdellä löytyvästä taulukosta, jonka perusteella voidaan ennakoida ja välttää vahinkoja sekä kustannuksia. Mittaus- ja hälytystietoja voidaan myös tallentaa historiatietoihin, uudelleen tarkasteltavaksi. Säättöpiireillä tarkoitetaan automaatiojärjestelmän ohjelmassa tapahtuvaa laitteen ohjausta, jonkun halutun muutoksen mukaan. Säättöpiiri voi olla manuaalitulassa tai automaattitulassa. Manuaalitulassa operaattori pystyy itse määrittelemään esimerkiksi säättöventtiilin asennon tai pumpun pyörimisnopeuden. Automaattitulassa operaattori määrittää asetusarvon (setpoint, SP) ja ohjelma sitten pyrkii asetettuun arvoon sekä ylläpitämään sitä, prosessin muutoksiin reagoiden. (Urpalainen 2025a, 166.)

## 5.7 Höyryjärjestelmän laitteisto ja ohjaus

Työssä annettiin järjestelmälle ohjauskäskyjä ja luettiin tila- ja mittaustietoja erilaisilta toimilaitteilta sekä antureilta. Yleistä laitteistoa projektissa olivat säätö- ja sulkuventtiilit, pumput ja erilaiset anturit virtaus-, pinta-, paine- ja lämpömittauksia varten. Paine- ja virtausanturien mittaustiedot vietiin omille PID-säätimille, jotka ohjasivat aina tietyn säättöventtiilin tai pumpun asentoa.

Tähän toimintaan perustui järjestelmän automaatio-ohjaus. Lisäksi projektissa käytettiin useampaa AUMA valmistajan tuottamaa toimilaitetta. AUMA toimilaitteita liikutetaan sähkömoottorien avulla. Toimilaitteen sisällä oleva ohjausyksikkö tallentaa liikeradan ja valvoo käytettyä vääntömomenttia. (Electric actuators for industrial valve automation n.d.)

Esimerkkejä käytetyistä venttiileistä prosessissa on höyryn paineen säätö reductioventtiileillä ohjauspiirin kautta painemittausten perusteella ja ruiskutusveden syötön säätö ohjauspiirin kautta automaattiventtiilillä, lämpömittausten perusteella. Esimerkkinä pumppujen toiminnasta järjestelmässä on kahdennetut pumput, jotka palauttavat lauhteen takaisin biotuotetehtaalle. Toinen pumppu on käytössä, kun toinen on varalla. Lisäksi järjestelmässä oli pumppu lauhteen paineen korottamiseen, siltä varalta, että päälauhdesäiliön paine ei yksinään riitä lauhteen siirtämiseksi.

## 6 Automaatiosuunnittelu

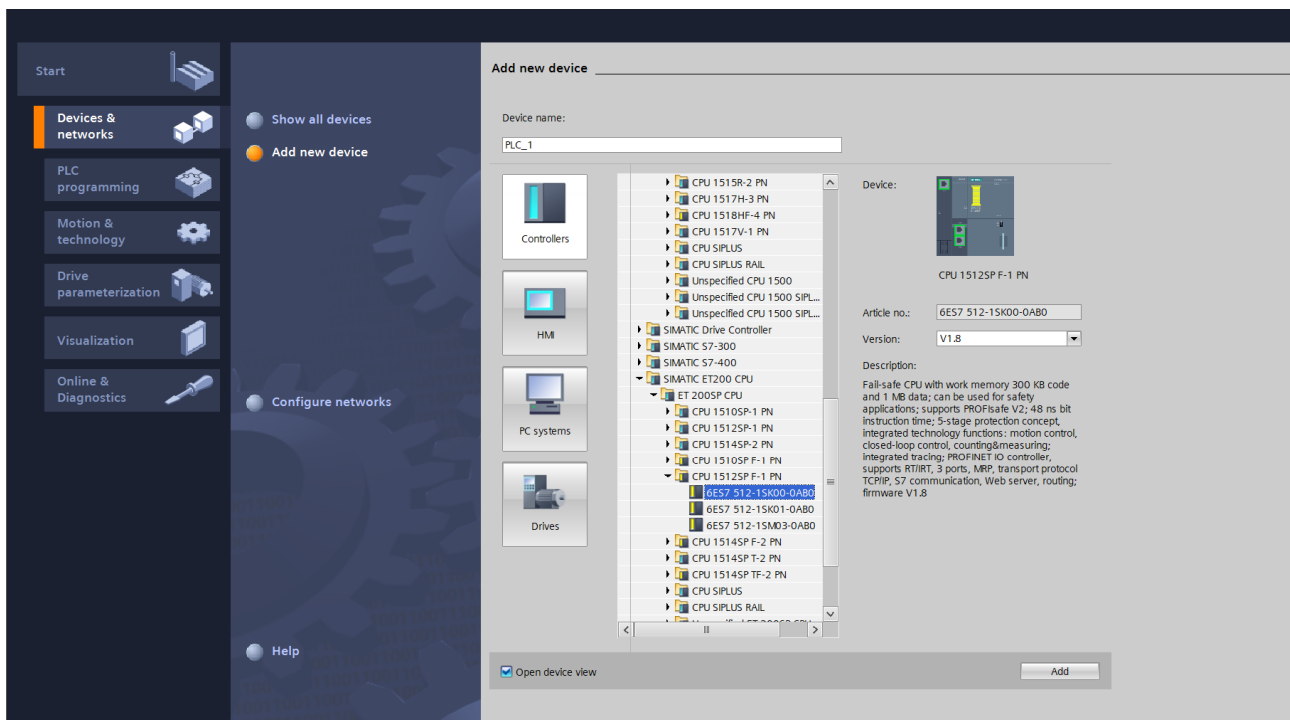
### 6.1 Laitteisto

Höyry- ja lauhdejärjestelmä työssä käytettiin monenlaista laitteistoa projektin toteutuksessa. Näihin kuului ohjelmoitava logiikka, käyttöliittymän paneeli sekä ohjelmointiympäristö työkaluna. Ohjelmointiympäristönä toimi TIA Portal V19. Ohjelmoitavalla logiikalla eli PLC:llä (Programmable logic controller) tarkoitetaan ohjausjärjestelmää, joka ohjaa järjestelmän eri laitteita halutulla tavalla. Näiden laitteiden ohjaus kytketään logiikkaan väylän tai langoitettujen IO-signaalien avulla. Lisäksi ohjausjärjestelmään voidaan liittää tietokone tai kosketusnäyttö käyttöliittymäksi, jonka avulla tarkastellaan ja ohjataan prosessia. (Urpalainen 2025a, 172.)

Tässä projektissa oli käytössä Siemensin 1512 sarjan logiikka 1512SP F-1 PN, joka on liitettyä SIMATIC:in ET 200SP I/O järjestelmään. ET 200SP:seen kuuluu digitaalitulot/lähdöt, analogiatulot/lähdöt, AI energiamittarit, kommunikaatiomodulit, teknologiamoduulit, moottorin käynnistimet ja teholahteet. ET 200SP sarjan fail-safe I/O modulit mahdollistaa turvajärjestelmien integroimisen ohjausjärjestelmään. (SIMATIC ET 200SP n.d.) Käyttöliittymä paneelina toimi SIMATIC HMI MTP1500 Unified Comfort. Käyttöliittymä mahdollistaa höyryjärjestelmän operaattorin käynnistää automaattisekvenssi tai manuaalisesti ohjata eri toimilaitteita prosessissa. Tämän lisäksi käyttöliittymä auttaa tarkastelemaan prosessin mittauksia sekä valvomaan hälytyksiä.

## 6.2 TIA Portal -ohjelmointiympäristö

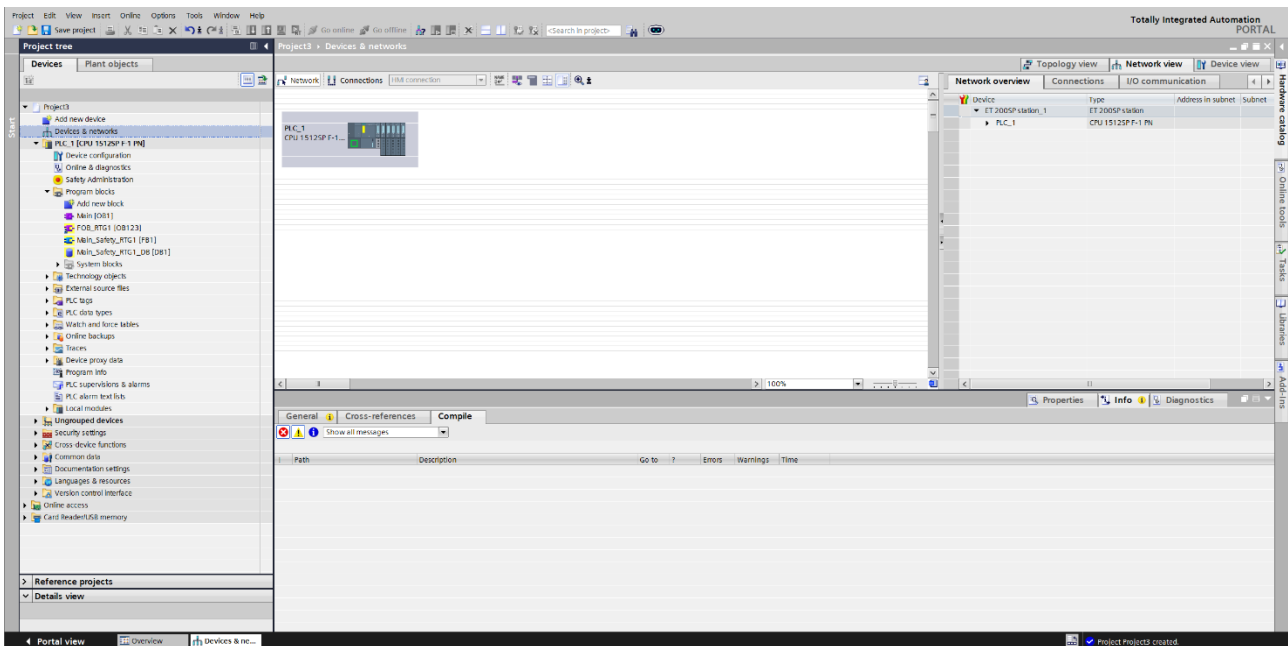
Ohjelmointiympäristönä projektissa toimi TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal). Se on kokonaisvaltainen suunnitteluohjelmistoalusta automaattioratkaisuihin tarkoitettu ohjelmointiympäristö, jonka on kehittänyt Siemens. Tia Portal sisältää laitteiston konfiguroinnin lisäksi ohjelman sekä käyttöliittymän suunnittelu- ja simulointityökalut. Ohjelmointikielinä on käytössä Ladder Logic (LAD) Function Block Diagram (FBD) ja Structured Text (ST). Työssä käytettiin ohjelmaversio 19:ta, joka julkaistiin 2023 marraskuussa. (TIA Portal V19 tehostaa ohjelmointia entisestään 2023.) TIA Portal sisältää perusohjelmistot STEP 7, WinCC, SINAMICS Startdrive, SIMOCODE ES ja SIMOTION SCOUT TIA sekä lisätoimintoina uusia vaihtoehtoja, kuten TIA Portal Multiuser toiminnon, Modular Type Package:n (MTP) ja laajennettuja suojaustoimintoja (UMAC). (TIA Portal n.d.)



Kuvio 8. Ohjelmoitavan logiikan valinta TIA Portalissa

Uuden projektin työstäminen alkaa valitsemalla uusi CPU eli logiikka, jota ohjataan. (Ks. kuvio 8.) Vasemmalla käyttöliittymässä löytyy TIA Portal projektin ohjelmapuu. (Ks. kuvio 9.) Ohjelmapuusta pääsee lisäämään uusia laitteita, kuten paneelin tai logiikan. ”Devices & Networks” kohdasta pääsee tarkastelemaan projektiin lisättyjä fyysisiä laitteita ja niiden yhteyksiä. Ohjelmakoodin luomi-

nen tehdään ”Program Blocks” kansion alle projektipuussa. Sieltä löytyvään ”Main OB (Organisation Block)” kohtaan tuodaan kaikki ohjelmakiertoon haluttavat funktiot. Uusia funktioita luodaan Program Block kansion alle käyttämällä haluttua ohjelmointikieltä. ”PLC Tags” alle lisätään taulukkomuodossa kaikki järjestelmän käytössä olevat I/O:t. Niille tulee oma osoite sekä nimi, jotta ne tunnustetaan ohjelmassa selkeästi ja hyödyntäminen on sujuvaa.



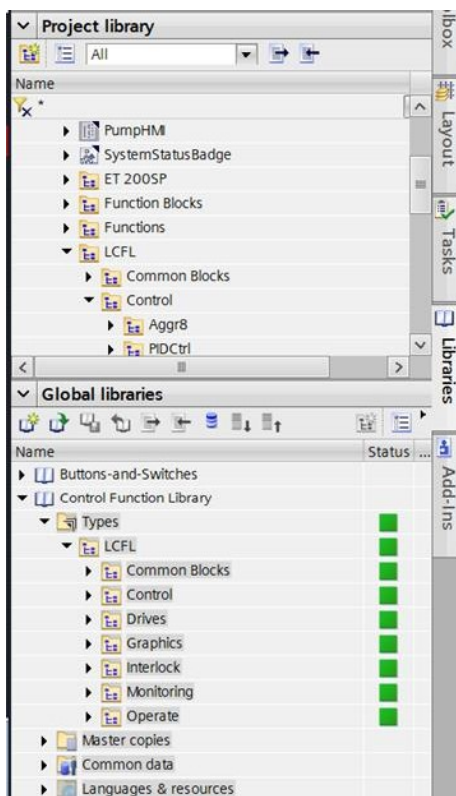
Kuvio 9. Uuden projektin käyttöliittymä

## 6.3 SIMATIC Control Function Library

### 6.3.1 LCFL-kirjaston perusteet ja toiminta

Tia Portal ohjelmointiympäristön sisällä hyödynnettiin Siemensin omaa toimilohkokirjastoa nimeltään SIMATIC Control Function Library. Tästä kirjastosta on eri versioita ja projektin alkaessa uusin, oli 3.1.0. Myöhemmin kirjasto päivitettiin versioon 4.0. LCFL-kirjaston saa tallennettua tietokoneelle Siemensin SiePortal sivustolta ilmaiseksi. Tallentamisen jälkeen LCFL-toimilohkokirjasto lisätään projektiin käyttöliittymän oikeasta reunasta ”Library” välilehdeltä. (Ks. kuvio 10.) Kun LCFL-kirjasto on lisätty Globaaliin kirjastoon (Global Library), kirjaston sisältö eli ”Master Copies” voidaan kopioida suoraan projektin omaan kirjastoon (Project Library) ja lohkot ovat nyt käytettävissä kyseisessä projektissa.

Kirjaston sisällä lohkot jaotellaan selkeästi käyttäjää varten, jotta tiettyjen lohkojen löytäminen olisi helppoa. Esimerkiksi Control kansion alta löytyy PID-säätimet, Drives kansion alta eri moottorien ohjaukset ja Monitor kansion alta mittausanturien valvontalohkot. Lisäksi jokaisen kansion alta löytyy jaottelut S7-1500- ja 1200 sarjan logiikoille. Kirjasto on siis käytettävissä vain edellä mainittujen sarjojen ohjaimilla. Nämä määrittelyt ja muut tarkemmat laitteisto ja ohjelmisto määrittelyt löytyvät LCFL-kirjaston manuaalista. (SIMATIC Control Function Library n.d.) Toimilohko kansioissa jaotellaan myös erikseen "PLC Hardware" ja "PLC Software". Jokaiselle toimilohkolle on suunniteltu myös omanlainen Faceplate käyttöliittymää varten, jotka löytyvät WinCC Unified jaottelun alta.

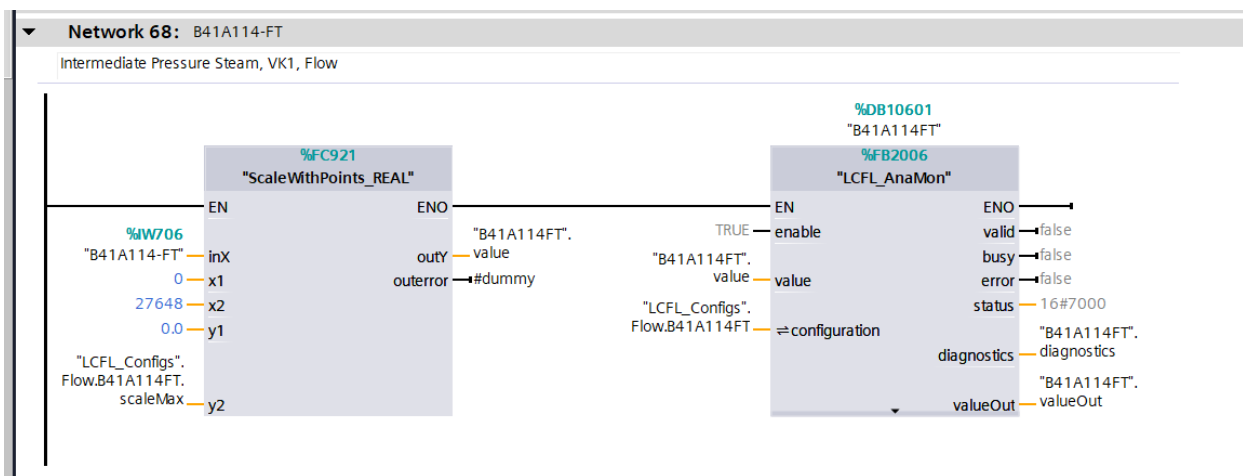


Kuvio 10. Kirjasto välilehti TIA Portalin oikeassa reunassa

### 6.3.2 Soveltaminen ja konfigurointi höyry- ja lauhdejärjestelmässä

LCFL-kirjastosta saa lisättyä TIA Portal ohjelmaan valmiita toimilohkoja. Tässä työssä niitä hyödynnettiin eri suuremittausten valvomiseen, pumppujen ohjauksiin, PID-säätimiin sekä venttiiliohjauksiin. Valmis LCFL-kirjasto helpottaa ja nopeuttaa ohjelman tekemistä, kun toimilohkot ovat valmiiksi ohjelmaan tuotavissa ja ne ovat jo valmiiksi Siemensin tekijöiden testaamia. Näin aikaa ja

vaivaa säästyy ja suunnittelija voi keskittyä automaatio-ohjelman edistämiseen eikä yksittäisten toimilohkojen tekemiseen. LCFL-kirjaston toimilaitteille oli myös toisistaan poikkeavia toimilohkoja, kuten esimerkiksi analogia- ja digitaalimittauksille tai säätö- ja sulkuventtiileille. "PLC Hardware" ja "PLC Software" tyyppisistä toimilohkoista tässä projektissa valittiin käyttöön "PLC Hardware". Jokaisessa toimilohkossa on määritelty omanlaiset sisääntulot (input) ja ulostulot (output), joihin käyttäjä määrittelee erilaisia osoitteita. Esimerkiksi analogiamittauslohkoon tuodaan skaalattu mittatieto sisääntulojalkaan "value" ja "valueOut" jalasta saadaan käsitelty tieto ulos. (Ks. kuvio 11.)



Kuvio 11. Virtausmittauksen skaalaus- ja monitorointitoimilohkot

LCFL-kirjaston toimilohkot vaativat toimiakseen konfiguroinnin. Konfigurointi tapahtuu omissa Data Blockissaan eli LCFL\_Configs DB:ssä, joka lisätään ohjelmapuuhun. Kyseiseen Data Blockiin luodaan sitten jokaiselle tarvittavalle toimilaitteelle ja anturille oma rivi. (Ks. kuvio 12.) Data tyyppiksi pystyy valitsemaan LCFL-kirjaston mukana tulleen TypeConfig:in, josta sitten löytyy kyseisen toimilohkon eri konfiguroitavat parametrit. Esimerkiksi analogiamittauksen lohkolle parametreista asetetaan arvot Faceplate mittarin minimi ja maksimi skaalaukselle, mittausyksikkö, sekä ala- ja yläraja hälytysten raja-arvot. Venttiileille määritetään turva-asema vikatilanteen sattuessa, sekä monitorointiaika eli missä ajassa sen pitäisi saavuttaa ohjauskäskyn antama tila. PID-säätimille määritellään setpointin eli asetusarvon minimi- ja maksimiluvut sekä manipulated valuen eli ulostulon rajat. Lisäksi PID-säätimissä määritellään suhteen, integroinnin ja derivoinnin määrät. Pum-

puissa oleellista on pyörimisnopeuden määrittelyt. Nämä konfiguroinnit toistetaan kaikille toimilaitteille erikseen, ja kyseiset arvot määrittyvät höyryjärjestelmän tarpeiden ja laitteen mallin mukaan.

LCFL_Configs										
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervision	Comment
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Flow	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	B41A110FT	"LCFL_typeConfigA...		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Configuration data for display an analogue value...
4	B41A114FT	"LCFL_typeConfigA...		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Configuration data for display an analogue value...
5	tagName	String[30]	'B41A114-FT'	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Instance name identification
6	scaleMin	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Value scale low limit
7	scaleMax	Real	20.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Value scale high limit
8	unit	Int	1328	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Value unit
9	alarmHighEn	Bool	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enables alarm high limit (1: Enabled; 0: Disabled)
10	alarmHighLim	Real	19.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Limit value for "alarm high"
11	warningHighEn	Bool	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enable warning high limit (1: Enabled; 0: Disabl...
12	warningHighLim	Real	19.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Limit value for "warning high"
13	toleranceHighEn	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enable tolerance high limit (1: Enabled; 0: Disab...
14	toleranceHighLim	Real	85.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Limit value for "tolerance high"
15	toleranceLowEn	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enable tolerance low limit (1: Enabled; 0: Disabl...
16	toleranceLowLim	Real	15.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Limit value for "tolerance low"
17	warningLowEn	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enable warning low limit (1: Enabled; 0: Disabl...
18	warningLowLim	Real	15.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Limit value for "warning low"
19	alarmLowEn	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enables alarm low limit (1: Enabled; 0: Disabled)
20	alarmLowLim	Real	5.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Limit value for "alarm low"
21	alarmHighMessageEn	Bool	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enable message for alarm high limit (1: Enabled...
22	warningHighMessageEn	Bool	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enable message for warning high limit (1: Enabl...
23	toleranceHighMessageEn	Bool	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enable message for tolerance high limit (1: Ena...
24	toleranceLowMessageEn	Bool	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enable message for tolerance high low (1: Enab...
25	warningLowMessageEn	Bool	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enable message for warning low limit (1: Enable...
26	alarmLowMessageEn	Bool	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enable message for alarm low limit (1: Enabled...
27	B41A201FT	"LCFL_typeConfigA...		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Configuration data for display an analogue value...
28	B41A205FT	"LCFL_typeConfigA...		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Configuration data for display an analogue value...
29	B42A199FT	"LCFL_typeConfigA...		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Configuration data for display an analogue value...
30	B42A202FT	"LCFL_typeConfigA...		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Configuration data for display an analogue value...
31	B42A206FT	"LCFL_typeConfigA...		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Configuration data for display an analogue value...
32	B42A209FT	"LCFL_typeConfigA...		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Configuration data for display an analogue value...
33	Level	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
34	Other	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
35	Pressure	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
36	Temperature	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
37	On/Off Valves	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
38	MonAnaVlv	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
39	PID	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Kuvio 12. LCFL-toimilohkojen konfigurointi Data Block

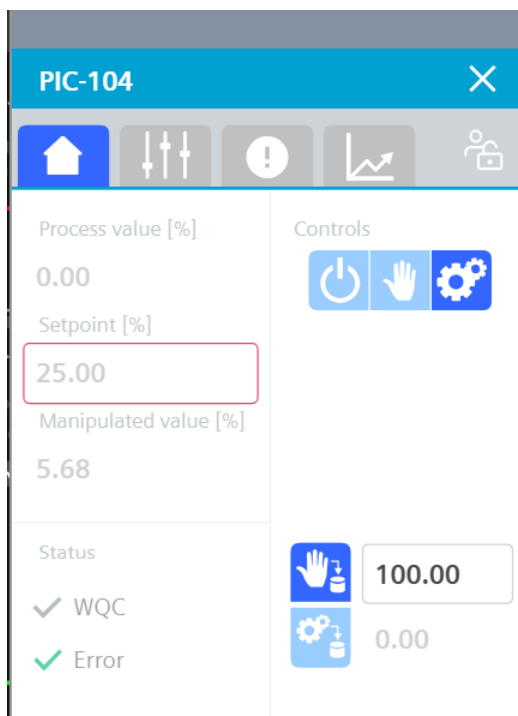
Kun konfiguroinnit toimilaitteille on luotu LCFL\_Configs Data Blockissa, ne täytyy viedä omille toimilohkoilleen. Jokaisessa LCFL-toimilohkossa on sisääntulona "Configuration" jalka, johon voidaan tuoda valmiiksi parametroitu tietue (struct). Tämän jälkeen kyseinen toimilaitteen lohko saa käyttöönsä määritellyt konfiguraatiot.

### 6.3.3 Ongelmatilanteet ja LCFL-kirjaston käyttöohje

Automaatio-ohjelmaa tehdessä vastaan tuli muutamia ongelmia, joista osaan löytyi ratkaisut ja toisiin ei. Esimerkiksi yksi lopputulokseen vaikuttava ongelma oli kirjaston faceplateissa. PID-säätimien yksiköt eivät käyttöliittymässä vaihtuneet, vaikka tätä yritettiin monesti. (Ks. kuvio 13.)

Selvittämisen jälkeen ilmeni, että ongelma on LCFL kirjaston 3.1 versiossa. Vastausta hakiessa teknisestä tuesta ja kirjaston version päivittämällä kyseinen ongelma saatiin korjattua.

Lisäksi vaivaa ja selvittelyä vaati AnaMon eli analogia mittausten valvontalohkon skaalaus. Toimilohko ei sisällä itsessään skaalausta milliampeereista tai volteista haluttuun suureeseen vaan konfiguroinnissa tehty yksikön sekä mittausalueen määrittely mahdollistaa vain faceplatessa näkyvän ulkoisen esitysmuodon. Tämä aiheutti sekaannusta ja lopulta jouduttiin lisäämään oma skaalauslohko kaikkiin analogiamittauksiin, jotta mittausten tulokset näkyisivät halutussa suuressa esimerkiksi celsius asteina. Mittausten raaka-arvo tuotiin omaan skaalauslohkoon, josta skaalattu arvo vietiin käsiteltäväksi LCFL-kirjaston monitorointilohkoon, jota sitten hyödynnettiin hälytysten lähettämässä ja käyttöliittymässä esittämisessä.



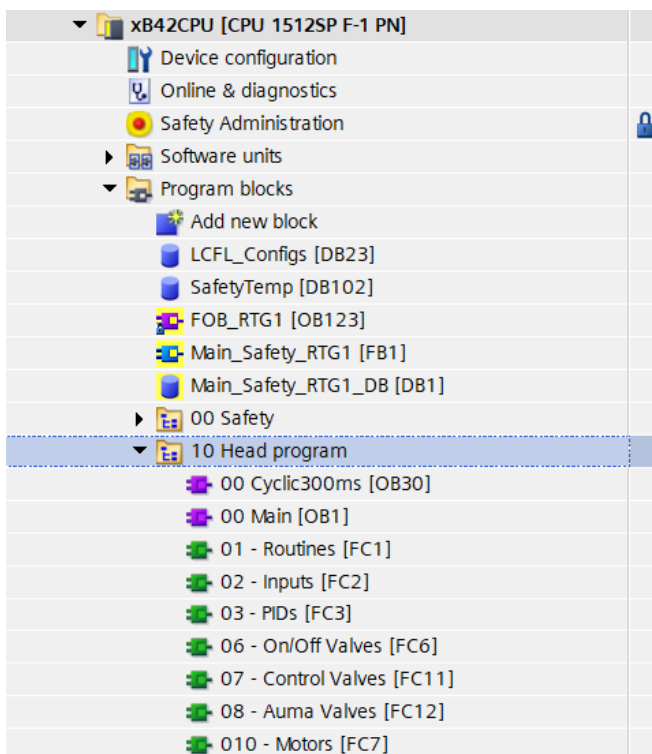
Kuvio 13. PID-säätimen faceplate, yksiköinä pelkästään prosentit

Näiden ongelmien selvittämistä ja korjaamista ei auttanut, että kaikki kirjaston toimilohkot ovat salasanalla suojattuja, eli automaatio suunnittelijat eivät pääse katsomaan ja muokkaamaan lohkojen toimintaa. Tämä olisi monessa tapauksessa helpottanut ja nopeuttanut ohjelman tekemistä sekä korjaamista.

Kirjaston käytössä kuitenkin helpotti Siemensin LCFL-kirjaston verkosta löytyvä käyttöohje. Manuaalissa on avattu kaikkien eri toimilohkojen sekä faceplatejen perustoimintaa. Sieltä siis löytyy mitä datatyyppettä toimilohko käyttää ja kuvaukset sen sisään- ja ulostuloille. Myös toimilohkojen konfiguroinnissa käytettävissä datatyypeissä eli TypeConfig:eissa on kommentoitu sisään- ja ulostulojen toimintaa ja tarkoitusta. Faceplateista on selitetty eri painikkeiden toiminnat. Käyttöohjeesta löytyy lisäksi myös taulukkomuodossa kaikkien eri suureyksiköiden INT tyyppiset arvot, joita käytetään sitten toimilohkojen konfiguroinnissa. Ilman tätä taulukkoa ei yksikköjen asettaminen oikeaksi onnistu.

## 6.4 Ohjelman rakenne ja sekvenssi

Ohjelman rakenteessa TIA Portalin sisällä jaoteltiin eri funktioihin anturien tulot, sulkuventtiilit, säätöventtiilit, AUMA tyyppiset venttiilit, PID-säätimet sekä pumput. (Ks. kuvio 14.) Lisäksi jokainen erillinen toimilaitte on jaoteltu omaan Networkiin funktion sisällä, sekä nimetty ja kommentoitu selkeästi. Tämä rakenne helpotti ohjelman rakentamista, lukemista ja käyttöönottoa. Kun eri osa-alueen toimilaitteet on nimetty ja järjestelty järkevästi, käyttöönotto ja tarvittavat korjaukset tulevaisuudessa ovat helpompia toteuttaa.



Kuvio 14. Ohjelman pää rakenne TIA Portalissa

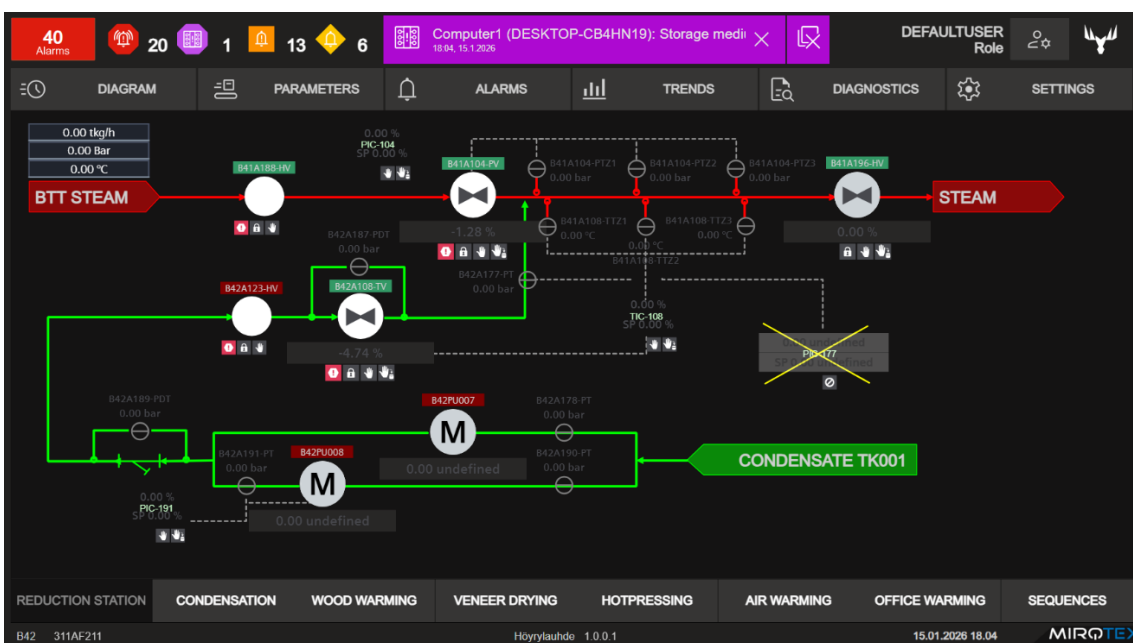
Ohjelmaan tehtiin myös pääsekvenssi, joka mahdollistaa höyry- ja lauhdejärjestelmän automaattisen käynnistämisen ja alasajon. Se asettaa toimilaitteet automaattitilaan ja käynnistyy vaiheittain seuraten, että laitteet käynnistyvät oikeassa järjestyksessä ja ajassa. Sekvenssi tehtiin hyödyntäen sekä Ladder että SCL ohjelmointia ja sen toiminta perustuu askeleisiin. Sekvenssi alkaa askelnumerosta nolla ja käynnistyspainikkeen painamisen jälkeen alkaa käydä seuraavia askeleita läpi, sen myötä, kun askeleiden ehdot täyttyvät.

## 7 Käyttöliittymä

### 7.1 Käyttöliittymän yleisnäkymä

Käyttöliittymä on niin sanottu ”ikkuna valvottavaan kohteeseen”, mutta myös itse automaatiojärjestelmään. Tässä tapauksessa kertopuutehtaan höyry- ja lauhdejärjestelmän toiminta on valvottavana. Käyttöliittymä muodostuu fyysisestä laitteista sekä ohjelmapuolesta ja sen tehtävä on toteuttaa vuorovaikutus ihmisen ja järjestelmän välillä. (Heimbürger 2011.)

Käyttöliittymänä projektissa toimi SIMATIC HMI MTP1500 Unified Comfort joka hyödyntää WinCC Unified -visualisointityökalua visualisointia varten. Sen konfigurointi tapahtui WinCC Unified visualisointi työkalulla TIA Portal ympäristössä. Unified paneelin visualisointi pohjautuu web-tekniikkaan, johon kuuluu HTML5, SVG ja JavaScript (SIMATIC Unified Comfort n.d.).



Kuvio 15. Käyttöliittymän aloitusnäky eli reduktioasema

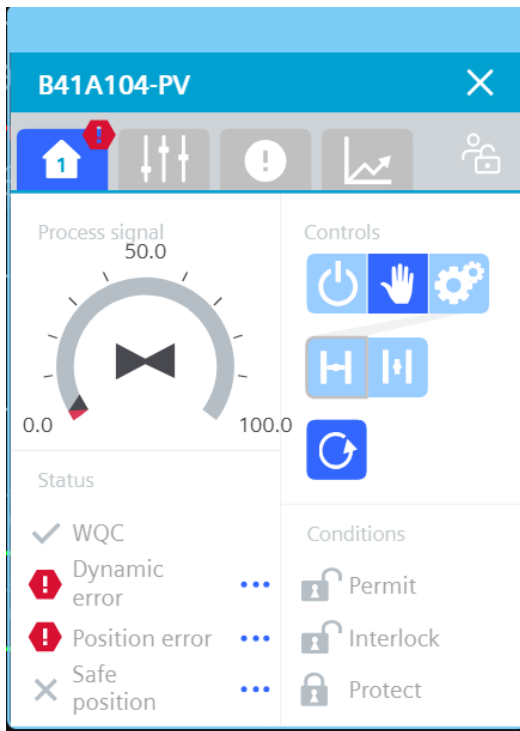
Käyttöliittymän ylhäällä on navigointipainikkeet diagrammeille, parametreille, hälytyksille, trendeille, diagnostiikalle ja asetuksille. (Ks. kuvio 15.) Parametri sivulla pystytään antamaan helposti asetusarvot tietyille järjestelmän tärkeimmille PID-säätimille. Hälytyssivulla sijaitsee taulukko, jossa näkyy aktiiviset hälytys ja varoitukset ja trendisivulla pystytään seuraamaan järjestelmän käyttäytymistä viivakaaviota tarkastelemalla. Lisäksi yläreunassa näkyy aktiiviset hälytysten määrä, sekä kirjautumispainike ja tämänhetkinen käyttäjä. Asetuksista pystyy vaihtamaan käyttöliittymän väriteeman ja kielen.

Näytön alareunassa on navigointipainikkeet, jolla voi vaihtaa näkymää eri diagrammisivuille. Sivuuilla on kuvattu höyry- ja lauhdejärjestelmän eri laite kokonaisuudet. Nämä eri välilehdet ovat reduktioasema, lauhdepuoli, hönkä lämmitys, viilunkuivaus, kuumapuristimet, ilmanlämmitys, toimistonlämmitys ja sekvenssi. Sivut on jaettu niin, että ne olisivat helppolukuisia ja käyttöisiä operaattorille. Sekvenssisivulla on järjestelmän sekvenssin aloitus- ja pysäytyspainikkeet.

## 7.2 LCFL-Faceplatet

Faceplateilla tarkoitetaan HMI-käyttöliittymässä esiintyviä pohjia järjestelmän eri toimilaitteille, kuten pumpuille, venttiileille ja mittauksille. (Ks. kuvio 16.) Niistä voidaan valvoa tämänhetkisiä tilatietoja sekä antaa ohjauksia ja määrittellä rajoituksia. Ne löytyvät kirjastosta kyseisen toimilaitteen kansioista "WinCC Unified" ja ovat valmiita käytettäväksi kuten toimilohkot. Valmiiden faceplatejen käyttäminen nopeuttaa ja helpottaa käyttöliittymän suunnittelua. Aikaa säästyy, kun ei tarvitse itse suunnitella jokaiselle toimilaitteelle oman näköistä käyttöliittymää. Kun faceplatet tulevat valmiista LCFL-kirjastosta, ovat kaikki myös ulkonäöltään valmiiksi yhtenäisen näköisiä, joten käyttöliittymä on ammattimaisen näköinen. Lisäksi niiden toiminta on Siemensin tekijöiden testaama, joten faceplatejen toimintaan voi luottaa ja keskittyä ohjelman valmiiksi tekemiseen, eikä yksittäisten faceplatejen korjaamiseen.

Faceplatet on suojattu LCFL-kirjaston omalla OS Level nimisellä suojaustasolla. Tämä tarkoittaa sitä, että konfiguroinnissa määritellään haluttu suojaustaso jokaisella faceplatelle. Käyttöliittymään on luotu Java muodossa kirjoitettu koodi, joka muuttaa OS Level tason riippuen kuka on kirjautuneena tällä hetkellä. Jos faceplaten OS Level on isompi kuin käyttäjän, operaattorilla on vain katseluoikeudet eikä hän pääse käyttämään kyseistä faceplatea.



Kuvio 16. Säätoventtiilin faceplate

### 7.3 Hälytykset

Järjestelmän hälytykset toteutettiin TIA-portaalin ProDiag (Process Diagnostics) -toimintoa käyttäen. Se on suunniteltu esiintyvien virheiden valvontaan ja määrittämiseen. Valvonnat (supervision) voivat olla joko globaaleja järjestelmänlaajuisille tageille tai Data Blockeille (DB) tai paikallisia (local), jotka ovat funktiolohkojen sisällä oleville parametreille.

ProDiag näyttää virheen tyypin, syyn ja sijainnin HMI-käyttöliittymässä. Hälytykset välilehdellä on taulukko sekä yläpalkissa löytyy kuvakkeet, joista näkyy montako varoitusta ja hälytystä on aktiivisena. Taulukossa voi valita haluaako tarkastella aktiivisia vai menneitä hälytyksiä. Lisäksi on painikkeet, joista voi kuitata aktiiviset hälytykset luetuiksi. (Ks. kuvio 17.)

Hälytysten valvontaa ei tarvitse erikseen ohjelmoida, vaan ne tapahtuvat konfiguroimalla. Toimilohkojen konfigurointia tehdessä pystytään päättämään mitkä kyseisen toimilaitteen hälytyksistä ovat käytössä. Näihin vaihtoehtoihin kuuluu alarajan varoitus ja hälytys sekä ylärajan varoitus ja hälytys. Riippuen kyseisen toimilaitteen osuudesta järjestelmässä voidaan sitten valita mitkä hälytykset ovat tarpeellisia ottaa käyttöön.

Alarm ID	Description	Status
B42A166-HSV	Message for dynamic error (1: Message active; 0: Message inactive)	Active
B42A167-HSV	Message for dynamic error (1: Message active; 0: Message inactive)	Active
B42A135-HSV1	Message for dynamic error (1: Message active; 0: Message inactive)	Active
B42A135-HSV2	Message for dynamic error (1: Message active; 0: Message inactive)	Active
B42A171-PV	Message for dynamic error (1: Message active; 0: Message inactive)	Active
B42A171-PV	Message for position error (1: Message active; 0: Message inactive)	Active
B42A175-PV	Message for dynamic error (1: Message active; 0: Message inactive)	Active
B42A175-PV	Message for position error (1: Message active; 0: Message inactive)	Active
B42A182LS	Message for value (1: Message active; 0: Message inactive)	Inactive
B42A186LS	Message for value (1: Message active; 0: Message inactive)	Inactive
B42A184LS	Message for value (1: Message active; 0: Message inactive)	Inactive
WatchDog_132		Inactive
WatchDog_240		Inactive
WatchDog_Raute1		Inactive
B42A128LT	Message for warning low limit (1: Message active; 0: Message inactive)	Active
B42A131LT	Message for warning low limit (1: Message active; 0: Message inactive)	Active
B42A138LT	Message for warning low limit (1: Message active; 0: Message inactive)	Active

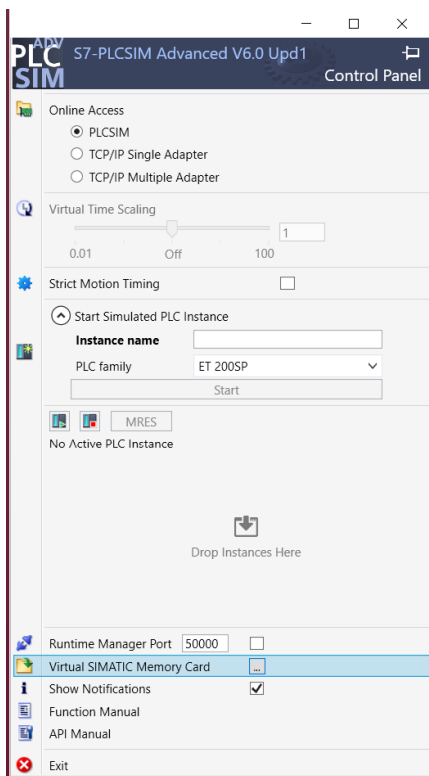
Kuvio 17. Käyttöliittymän hälytystaulukko

## 8 Työprosessi ja menetelmät

Tässä osiossa käydään läpi projektin toteutuksen eri vaiheita syksyn aikana. Projektin toteutuksessa suurin osa ajasta kului automaatio suunnittelun ja ohjelmoinnin tekemiseen Pasram Oy:n toimistolla Jyväskylässä. Ohjelmointialustana toimi TIA Portal V19, jonka pohjaprojektin toimitti Mirotext Oy. Tästä pohjasta sitten rakennettiin valmis ja testattu ohjelma, joka otettiin käyttöön Äänekosken uudella tehtaalla. Ennen työmaalle menemistä, oli tärkeää testata simuloimalla ohjelman ja käyttöliittymän eri alueita ja toimilohkoja, toiminnan varmistamiseksi. Korjauksia tehtiin vielä paikan päällä kertopuutehtaalla, mutta suurin osa projektista oli valmis jo toimistovaiheessa. Kaikissa työn vaiheissa kommunikointi asiakkaan ja muiden projektissa vaikuttavien tahojen kanssa oli tärkeää, jotta saatiin ajantasaista tietoa laitteistosta ja niiden halutusta toiminnasta. Sähkö- ja automaatio suunnittelijoina tieto höyry- ja lauhdejärjestelmän prosessiin liittyvästä teoriasta oli vähäinen. Tietoa hankittiin etsimällä itse, sekä kysymällä asiantuntijoilta, jotka olivat projektissa mukana.

## 8.1 Ohjelmointi ja simulointi

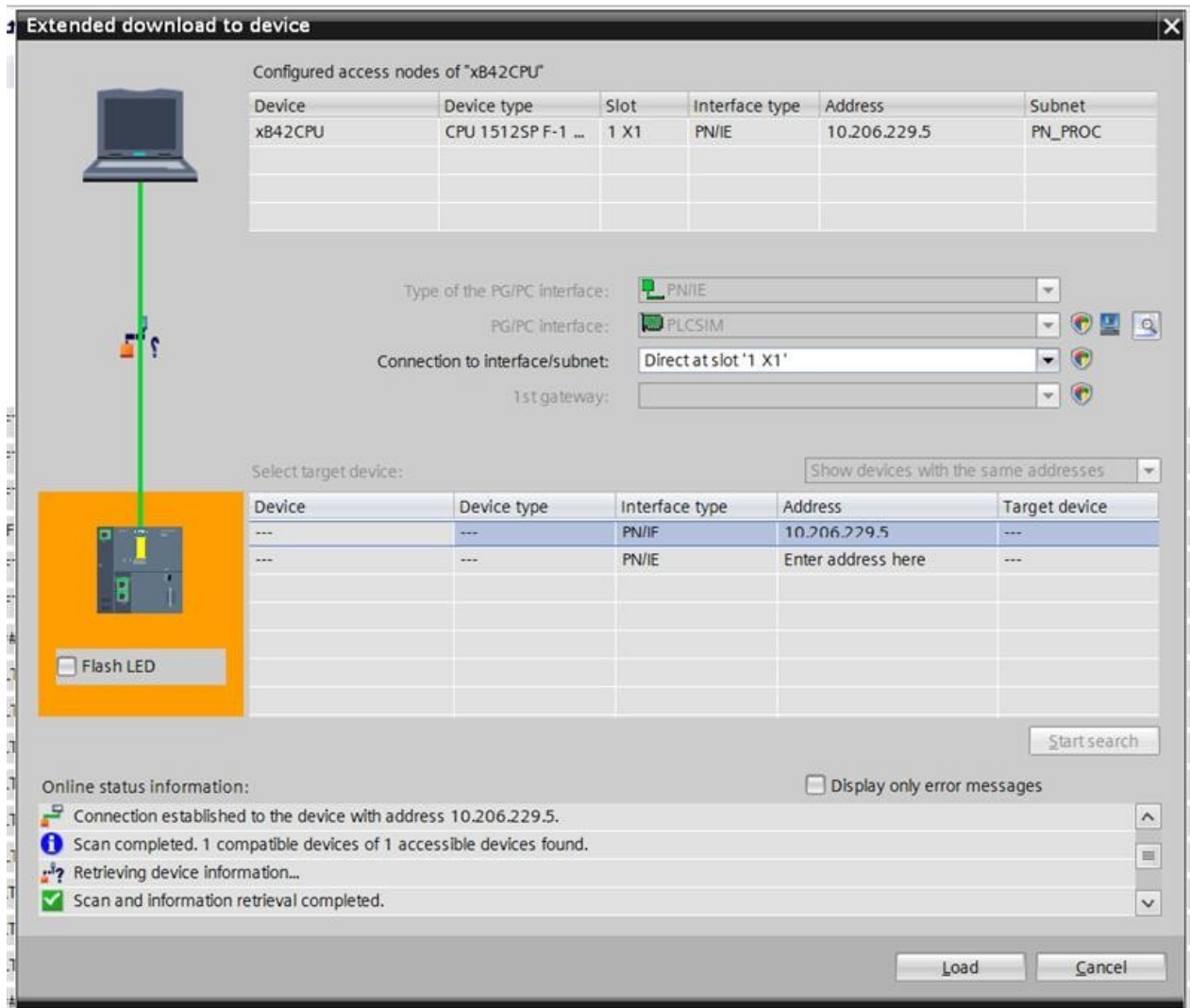
Tia Portal V19 koodin simuloinnissa käytettiin S7-PLCSIM Advanced V6.0 ohjelmistoa. (Ks. kuvio 18.) Tämä mahdollistaa eri ohjelmakoodin lohkojen toiminnan testaamisen yksin ja yhdessä muiden kanssa. Näin pystyttiin varmistamaan, että ohjelman eri lohkot toimivat tarkoitetun mukaisesti, löytämällä ja korjaamalla vikoja. Ennen simuloinnin käynnistystä käytetään TIA Portalin ohjelmankääntö ominaisuutta (compile). Kääntäminen tarkistaa koko ohjelmakoodin ja esittää sitten mahdolliset varoitukset ja virheet. Varoitukset eivät estä ohjelman toimimista, mutta ne kannattaa aina tarkistaa ja korjata mahdollisesti pois. Virheet taas estävät ohjelmakoodin lataamisen ja oikeanmukaisen toiminnan, joten ne täytyy korjata välittömästi. Tämän takia ohjelmankääntö on testausvaiheessa tärkeää, aina kun lisää uusia lohkoja ja toimintoja ohjelmaan.



Kuvio 18. S7-PLCSIM käyttöliittymä

S7-PLCSIM:iä käyttäessä valittiin PLCSIM vaihtoehto Online Access kohdassa ja PLC family alusvetovalikosta taas ET 200SP sarja. Instance name kohtaan täytyy joka simulointikerralla luoda uusi instanssi nimi, jotta simuloinnin voi käynnistää. Kun nämä valinnat on tehty ja Start nappia painettu,

voidaan simulaattoriin yhdistää TIA Portalissa painamalla Extended Download to Device. (Ks. kuvio 19.)



Kuvio 19. Extended download to device saa yhteyden simulaatioon

## 8.2 Käyttöönotto ja testaus

Käyttöönotto Suolahden tehtaalla suoritettiin syyskuun lopussa ja se sujui ilman merkittäviä vastoinkäymisiä tai vahinkoja, joka tällaisen laitteiston ja järjestelmän kanssa olisi mahdollista. Vaarassa voi laitteiston hajoamisen lisäksi olla myös työntekijät itse, paineistettujen putkien lähellä toimiessaan. Yksi ongelma, joka huomattiin vasta paikan päällä käyttöönotto testauksia suorittaessa oli, että useimpien säätöventtiilien ohjaukset olivat ohjelman ja fyysisen toimilaitteen kanssa ristissä. Tällaiset ongelmat olivat onneksi helppo korjata, joten käyttöönotto sujui jouhevasti.

Käyttöönnotossa ohjelman kääntäminen on myös tärkeää, että ei lataa logiikalle virheellistä koodia. Logiikka voi myös mennä stopille, eli pysäyttää ohjelmakoodin pyörittämisen, jos ladataan muokattua koodia, jossa on tehty muutoksia turvaohjelmaan. Tämän kanssa kannattaa olla varovainen, että mitään kriittistä ei ole tapahtumassa työmaalla, johon logiikan pysäyttäminen vaikuttaisi.

## 9 Tulokset

Työn tavoitteena oli suunnitella ja toimittaa Metsä Groupille testattu ja toimiva automaatio-ohjelma kertopuutehtaan höyry- ja lauhdejärjestelmään. Automaatio-ohjelman lisäksi työhön kuului käyttöliittymän suunnittelua. Ohjelmointiympäristönä käytettiin TIA Portal V19 ja sen sisällä sovellettiin Siemensin LCFL- toimilohkokirjastoa.

Työn tuloksena syntyi toimiva ja testattu ohjelma toimeksiantajalle Pasram Oy:lle. Toimistolla testattiin simuloimalla, että höyryjärjestelmän automaatio-ohjelma on sopivassa vaiheessa viedä testattavaksi työmaalle, jotta käyttöönotto voi alkaa. Valmis toimeksianto mahdollistaa kertopuutehtaalta höyryn jakamisen ja lämmityksen. Tämä edistää käyttöönottoa ja testauksia tehtaan muissa osissa, jotka tarvitsevat höyryä. Kun höyry- ja lauhdejärjestelmää on valmis ja luotettava, voidaan keskittyä muiden osioiden testaamiseen.

LCFL-kirjaston hyödyntäminen työssä helpotti ja nopeutti ohjelman suunnittelua. Se mahdollisti sujuvan työskentelyn ja projektin etenemisen aikataulussa. LCFL-toimilohkojen ja faceplatejen hyödyntämisessä oli omat haasteensa, mutta Siemensin ohjekirjasta sekä teknisestä tuesta sai tarvittavaa apua. Tällaisen kirjaston käyttämisessä on siis hyötyä isoissa projekteissa, jotka vaativat erilaisten toimilaitteiden ohjauksia ja käyttöliittymiä. Toimilohkot ovat valmiiksi testattuja ja faceplateet ovat yhtenäisen näköisiä ja helposti luettavia. Aikaa ja vaivaa säästyy suunnittelijalta, kun jäljelle jää kirjaston soveltamista ja konfigurointia. Simulointi ja testaaminen on toki tärkeää, koska kirjaston versiotkaan eivät aina ole täydellisiä ja vikoja saattaa löytyä. Lisäksi aina ei tiedä toimilohkojen tarkkaa toiminnallisuutta, koska ne ovat salasanalla lukittuja, eli niitä ei pääse itse tarkastelemaan. Ohjekirjan lukeminen ja testaaminen osoittautuu tässä siis tärkeäksi.

## 10 Pohdinta

Toimeksiannon toteuttaminen opetti useita eri asioita, niin isoja kuin pienempiä. Suuressa mittakaavassa ensimmäisen ison automaatio-ohjelman ja käyttöönoton toteuttaminen tuo mukanaan paljon opittavaa. Koulun kursseilla oppii alan perusteita, mutta vasta työelämän projekteissa pääsee itse syventymään asioihin laajemmin. Isossa työssä täytyy selvittää eri toimilaitteiden mallien toimintaa ja niiden oikein soveltamista ohjelmassa. LCFL-kirjaston käyttö helpotti projektin tekemistä tässä paljon. Tällaisen kirjaston käyttö ei ollut entuudestaan tuttua, joten sen tutkimisessa ja hyödyntämisessä oli opeteltavaa. Onneksi Siemensin käyttöohjeet ja työkaverien kanssa tekeminen auttoi paljon.

Päivittäinen tekeminen useamman kuukauden ajan mahdollisti rutiininomaisen työskentelyn TIA Portal ohjelmointiympäristössä, joten eri ominaisuuksien käyttö ja soveltaminen tuli tutuksi. Koulussa käytettiin myös samaa ohjelmaa, joten perusteet olivat kuitenkin tutut. Tästä huolimatta projektin tekeminen opetti paljon ohjelman käytöstä ja hyvistä tavoista ohjelman rakenteen ja luettavuuden kannalta. Jatkossa TIA Portalin käyttö ja tulevien projektien toteuttaminen on entistä helpompaa, kun on saanut kokemusta isommasta työstä.

## Lähteet

Electric actuators for industrial valve automation. N.d. Viitattu 22.12.2025. <https://www.valvesco.be/wp-content/uploads/2018/02/actuator-electric-Auma.pdf>

Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä. 2015. Koulutusmateriaali. Viitattu 11.12.2025. [https://www.motiva.fi/files/10350/Energiatehokas\\_hoyry- ja\\_lauhdejarjestelma\\_VERKKOKOULUTUSAINEISTO\\_2015.pdf](https://www.motiva.fi/files/10350/Energiatehokas_hoyry- ja_lauhdejarjestelma_VERKKOKOULUTUSAINEISTO_2015.pdf)

Heimbürger, H. 2011. Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt. 2. p. Helsinki: Suomen automaatioseura.

Hiziroglu, S. 2016. Laminated Veneer Lumber (LVL) as a Construction Material. Viitattu 5.1.2026. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/laminated-veneer-lumber-lvl-as-a-construction-material.html>

Huhtinen, M., Huttunen, J., Korhonen, C., Korhonen, R., Pimiä, T., Urpalainen, S. & Sallinen, M. 2025a. Voimalaitostekniikka: 1, Höyryvoimalaitokset. Helsinki: Opetushallitus.

Huhtinen, M., Huttunen, J., Korhonen, C., Korhonen, R., Pimiä, T., Urpalainen, S. & Sallinen, M. 2025b. Voimalaitostekniikka: 2, Höyrykattilat. Helsinki: Opetushallitus.

Huhtinen, M. 1994. Höyrykattilatekniikka. 6. p. Helsinki: Edita.

Höyry-lauhde-siirtojärjestelmä energiatehokkuus. 2012. Mittausopas. Viitattu 11.12.2025. [https://www.motiva.fi/files/6319/Hoyry- lauhdesiirtojarjestelman\\_energiatehokkuuden\\_mittausopas\\_verkkoon.pdf](https://www.motiva.fi/files/6319/Hoyry- lauhdesiirtojarjestelman_energiatehokkuuden_mittausopas_verkkoon.pdf)

Höyrykehitin ja höyrykattilat. N.d. Viitattu 10.12.2025. <https://www.energytech.fi/teollisuudelle/hoyrynkehitin>

Kaski, H. 2023. Metsä Group rakentaa Äänekoskelle kertopuutehtaan – investoinnin arvo on 300 miljoonaa euroa. Yle verkkouutinen. Viitattu 6.1.2026. <https://yle.fi/a/74-20036720>

Kerto LVL. N.d. Tuotesivu. Viitattu 20.1.2026. <https://www.metsagroup.com/fi/metsawood/tuotteet-ja-palvelut/tuotteet/kerto-lvl/>

Kestävän kehityksen tavoitteet. N.d. Viitattu 22.12.2025. <https://www.ykliitto.fi/kestava-kehitys>

Lauhteenpoistimen valinta. 2022. Blogi. Viitattu 22.12.2025. <https://konwell.fi/blogit/lauhteenpoistimen-valinta/>

Lauhteen talteenottoratkaisut. N.d. Viitattu 18.12.2025. <https://www.spiraxsarco.com/global/en-FI/ajankohtaista/condensate-recovery>

Miksi energiatehokkuus on tärkeää? N.d. Viitattu 15.12.2025. <https://energiaykkonen.fi/miksi-energiatehokkuus-on-tarkeaa/>

Omakotitalon energiatehokkuus – mitä siitä pitäisi tietää? 2019. Blogi. Viitattu 15.12.2025. <https://www.optiwatti.fi/omakotitalon-energiatehokkuus-mita-siita-pitaisi-tietaa/>

Pakkanen, S. 2024. Työmaa: Kertopuutehdas täydentää Äänekosken integraatin. Verkkouutinen. Viitattu 27.12.2025. <https://rakennustaito.fi/tyomaa-kertopuutehdas-taydentaa-aanekosken-integraatin/>

Pasram Oy Yritys. N.d. Viitattu 8.12.2025. <https://www.pasram.fi/company>

SIMATIC Control Function Library. N.d. Järjestelmä ohjekirja. Viitattu 19.1.2026. [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/188/109815188/att\\_1122245/v1/LCFLHMRSenUS\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/188/109815188/att_1122245/v1/LCFLHMRSenUS_en-US.pdf)

SIMATIC ET 200SP. N.d. Tuotesivu Viitattu 14.1.2026. <https://www.oem.fi/tuotteet/logiikat-ja-kaytot/io-jarjestelmat/simatic-et-200sp- -P1865899>

SIMATIC Unified Comfort. N.d. Tuotesivu. Viitattu 6.1.2026. <https://www.oem.fi/tuotteet/logiikat-ja-kaytot/hmi-paneelit/simatic-unified-comfort- -P1901944>

Soveltava tutkimus. 2025. Viitattu 8.12.2025. <https://lapinamk.fi/tutkimus-ja-kehitys/soveltava-tutkimus/>

Sweco toteutussuunnittelijaksi Metsä Groupin Äänekosken Kerto LVL -tehtaaseen. 2023. Viitattu 27.12.2025. <https://www.sweco.fi/ajankohtaista/lehdistotiedotteet/sweco-toteutussuunnittelijaksi-metsa-groupin-aanekosken-kerto-lvl-tehtaaseen/>

TIA Portal. N.d. Tuotesivu. Viitattu 14.1.2026. <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>

TIA Portal V19 tehostaa ohjelmointia entisestään. 2023. Viitattu 18.12.2025. <https://www.siemens.com/fi/fi/yhtio/stories/tuoteuutiset/tia-portal-v19-tehostaa-tekemista-entisestaan.html>

Viilupuu LVL. 2020. Viitattu 5.1.2026. <https://puuinfo.fi/puutieto/insinööri tuotteet/viilupuu-lvl/>

Äänekosken biotuotetehdas. N.d. Viitattu 27.12.2025. <https://www.metsagroup.com/fi/metsafibre/metsafibre/sellun-tuotanto/aanekosken-biotuotetehdas/>

Äänekoski Kerto LVL -tehdas. N.d. Viitattu 31.1.2026. <https://www.metsagroup.com/fi/metsa-wood/metsa-wood/tuotantoyksikot/aanekoski-kertolvl-tehdas/>