



Alexi Miely

# Voimalaitoskattilan tulistimien sekä nuohouksen modernisointi automaatio-suunnittelun osalta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

13.12.2023

# Tiivistelmä

Tekijä:	Alexi Miely
Otsikko:	Voimalaitoskattilan tulistimien sekä nuohouksen modernisointi automaatiosuunnittelun osalta
Sivumäärä:	29 sivua + 2 liitettä
Aika:	13.12.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Automaatiotekniikka
Ohjaajat:	Insinööri Samu Prokkola Lehtori Tuomas Leppänen

---

Insinööriyön tavoitteena on kuvata voimalaitoskattilan tulistimien ja nuohouksen modernisointiprojektia automaatiosuunnittelun osalta osana voimalaitoksen modernisointia. Lisäksi työssä tarkastellaan lähemmin voimalaitoskattilan toimintaa ja rakennetta sekä voimalaitoksissa positiointiin käytettävää KKS-tunnusjärjestelmää. Automaatiosuunnittelu tehtiin osana suomalaisen insinööritoimisto Finn-Mesco Oy:n toimittamaa toiminnallista suunnittelua.

Insinööriyössä esitellään syvemmin voimalaitoskattilan toimintaa ja rakennetta sekä kuvaillaan automaatiosuunnittelun työvaiheita. Automaatiosuunnittelu toteutettiin pääosin COMOS-suunnitteluohjelmistolla. Automaatiosuunnittelu ja tuotettujen dokumenttien toimittaminen toteutuivat aikataulun mukaisesti.

Avainsanat: automaatio, voimalaitoskattila, tulistin, nuohoin, COMOS

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Aleksi Mielty  
Title: Modernization of the Superheaters and Sootblowing of the Power Plant Boiler in Terms of Automation Design  
Number of Pages: 29 pages + 3 appendices  
Date: 13 December 2023

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering  
Professional Major: Automation Engineering  
Supervisors: Samu Prokkola, Engineer  
Tuomas Leppänen, Senior Lecturer

---

The purpose of this thesis is to describe the modernization project of the superheaters and sootblowing of the power plant boiler in terms of automation design, as part of the modernization of the power plant. In addition, the thesis takes a closer look at the operation and structure of the power plant boiler and the KKS-identification system, which is used for positioning in power plants. The automation design was conducted as part of the functional design delivered by the Finnish engineering company Finn-Mesco Oy.

In the thesis, the operation and structure of the power plant boiler is presented in detail and the phases of automation design are described. Automation design was mainly done with COMOS-planning software. The automation design and the delivery of the produced documents were carried out according to the project schedule.

Keywords: automation, power plant boiler, superheater, sootblower, COMOS

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Höyryvoimalaitos ja höyrykattila	2
2.1	Höyrykattila peruskäsitteenä	2
2.2	Höyrykattila teollisessa yhteydessä	3
2.3	Höyryvoimalaitos ja sen osat	4
3	Höyrykattilatyypit	4
3.1	Luonnonkiertokattila	5
3.2	Pakkokiertokattila	6
3.3	Läpivirtauskattila	7
4	Höyrykattilan komponentit	8
4.1	Syöttöveden esilämmitin	8
4.2	Höyrystin	8
4.3	Lieriö	9
4.4	Tulistin	10
5	Lämpöpintojen huolto	12
5.1	Lämpöpintojen likaantuminen	12
5.2	Lämpöpintojen puhdistus	13
5.2.1	Puhallusnuohoimet	13
5.2.2	Muut puhdistusratkaisut	17
6	Suunnittelu	19
6.1	COMOS	19
6.2	KKS-tunnusjärjestelmä	20
6.2.1	Historia	21
6.2.2	Tyypit sekä rakenne	21
6.3	Automaatiosuunnittelu	23
6.3.1	Toimintakaaviot ja signaaliluettelo	23
6.3.2	Toimintokuvaukset	24
6.3.3	Kynnysarvoluettelo	24

6.3.4 Näyttökuva	25
6.4 Nuohointen määrän lisäys ja sekvenssiohjaus	25
6.5 Tulistimissa kulkevan vesihöyryn lämpötilan säätö	26
7 Yhteenveto	26
Lähteet	28
Liitteet	
Liite 1: Nuohoussekvenssikaavio	
Liite 2: Tulistimen lämpötilan laskennan toimintakaavio	

## Lyhenteet

PI-kaavio: *Putkitus- ja instrumentointikaavio*. Kaaviomuotoinen dokumentti, joka sisältää kohteena olevan prosessin kannalta tärkeimmät laitteet ja instrumentit.

KKS: *Kraftwerk-Kennzeichnensystem (saksa)*. Saksalaislähtöinen voimalaitoksissa positiointiin käytetty merkintäjärjestelmä.

HMI: *Human-Machine Interface (englanti)*. Ihmisen ja koneen välinen käyttöliittymä.

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on kuvata voimalaitoskattilan tulistimien ja nuohouksen modernisointiprojektia automaatio suunnittelun osalta osana voimalaitoksen modernisointia. Opinnäytetyössä kuvataan projektiin liittyviä automaatio suunnittelun vaiheita sekä perehdytään voimalaitoskattilan toimintaan ja komponentteihin.

Loppuasiakkaan tavoitteena on minimoida uusiutumattomien polttoaineiden käyttöä voimalaitoskattilassa. Kattilan nykyiset lämpöpinnat eivät sovellu kovin hyvin suurelle biopolttoaineosuudelle, mikä aiheuttaa huoltokustannuksia sekä käyttökatkoja lämpöpintojen likaantumisen vuoksi. Automaatio suunnittelun osalta projektissa luodaan signaaliluettelo, säätö-, sekvenssi ja logiikkakaaviot, toimintakuvaukset, hälytys- ja lukitus pisteluettelo sekä näyttökuvat operointinäyttöjä varten.

Insinöörityö on toteutettu toimeksiantona kotimaiselle insinööritoimisto Finn-Mesco Oy:lle. Finn-Mesco Oy on vuonna 1975 perustettu instrumentointiin, prosessiautomaatioon ja -sähköistykseen erikoistunut suunnittelutoimisto, joka toimii pääosin energia-, kaivannais-, elintarvike ja rakennusaineteollisuuden aloilla. Finn-Mescon tarjoamat palvelut sisältävät muun muassa esi- ja perussuunnittelun, hankintasuunnittelun, automaatio- ja logiikkajärjestelmien suunnittelua ja ohjelmointia sekä laite- ja kokonaistoimitukset. Finn-Mesco Oy:n tytäryhtiö on Insinööritoimisto Ahti Pönttämä Oy.

Projektin osapuolien ehtojen mukaisesti opinnäytetyössä ei mainita projektia nimeltä eikä toimeksiantajan lisäksi projektin muita osapuolia.

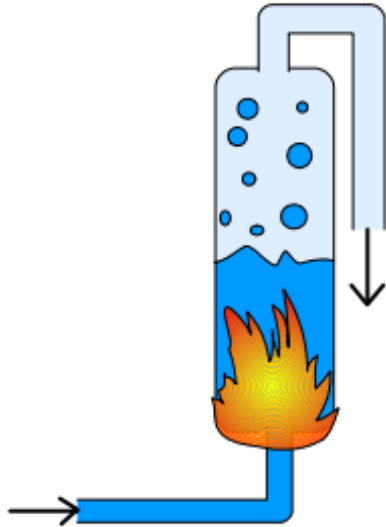
## 2 Höyryvoimalaitos ja höyrykattila

### 2.1 Höyrykattila peruskäsitteenä

Perinteisessä yhteydessä kattila voidaan ajatella suljettuna säiliönä, joka tarjoaa tavan siirtää polttoaineen polttamisesta tuotettua lämpöä työstettävään väliaineeseen, kunnes se kuumenee tai muuttuu kaasuksi. Yksinkertaisesti selitettynä höyrykattilan toimintaperiaate perustuu väliaineen kaasuuntumiseen, tässä tapauksessa veden höyrystymiseen. Höyrykattilan sisältämä vesi lämpenee ja lopulta höyrystyy polttoaineen palaessa ja kuumentuessa kattilan sisältämää vettä. Prosessissa syntynyt höyry kulkeutuu kattilasta muualle hyötykäyttöä varten. Kattilasta pois höyrystynyttä vettä korvataan kattilaan syötettävällä syöttövedellä (ks. kuva 1). Kattilan paine pyritään pitämään vakiona, joten syöttövedettä syötetään kattilaan samassa suhteessa kattilasta poistuvan höyryn kanssa. (1, s. 3.)

Mitä enemmän polttoainetta poltetaan, sitä enemmän lämpöä syntyy, jolloin höyryä tuotetaan enemmän ja kattilan paine nousee. Toisaalta, jos polttoainetta poltetaan vähemmän, höyryn muodostuminen vähenee laskien painetta. Vesi on yleisesti käytetty väliaine höyrykattilatoteutuksissa, sillä se on verrattain edullinen väliaine ja höyrystyessään vedestä höyryksi, sen tilavuus kasvaa noin 1 600-kertaiseksi (1, s. 4–5).





Kuva 1. Yksinkertaistettu piirros kattilan toiminnasta (1, s. 4)

## 2.2 Höyrykattila teollisessa yhteydessä

Teollisessa yhteydessä höyrykattilalla käsitteenä tarkoitetaan kokonaisvaltaisesti koko höyryntuotantojärjestelmää esimerkiksi höyryvoimalaitoksen turbiinin pyörittämistä varten. Kyseinen kokonaisvaltainen järjestelmä pitää sisällään erilaiset lämmönvaihtimet, kuten tuloveden esilämmitin eli ekonomaiseri, kattila ja tulistimet. Tämän lisäksi järjestelmä pitää sisällään myös erinäiset apujärjestelmät kuten polttoaineen syöttö, veden- ja tuhkan käsittely sekä savukaasukanaavat. (1, s. 3.)

Höyrykattilassa käytettävä lämpö tuotetaan kattilan tulipesässä, jossa polttoainetta poltetaan. Polttoaineeseen sitoutunut kemiallinen energia vapautuu poltettaessa ja muuttuu savukaasujen lämpöenergiaksi. Polttoaineen poltosta vapautunutta energiaa pyritään siirtämään mahdollisimman tehokkaasti höyrykattilaan syötettävään veteen sekä vedestä tuotettuun höyryyn säteilyn, johtumisen sekä konvektion kautta. ”Kunkin näiden suhteellinen osuus riippuu kattilatyypistä, suunnitellusta lämmönsiirtopinnasta sekä polttoaineista, jotka ruokkivat palamista.” (1, s. 3.)

### 2.3 Höyryvoimalaitos ja sen osat

Höyryvoimalaitos on voimalaitos, jossa polttoaineeseen sitoutunutta kemiallista energiaa hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti veden höyrystymisen avulla sähkön sekä mahdollisesti myös kaukolämmön tuottamiseen lämmönsiirtimien välityksellä. Höyryvoimalaitoksen toiminnan mahdollistavat peruskomponentit ovat syöttövesisäiliö, turbiini, syöttövesi- ja lauhdepumput sekä tulistimella varustettu höyrykattila. (2, s. 21.)

Höyryvoimalaitoksessa polttoaineesta tuotettu lämpöenergia pyritään sitomaan erilaisten lämmönvaihtimien kautta mahdollisimman tehokkaasti höyrykattilaan syötettävään veteen sekä vedestä tuotettuun höyryyn. Tuotettu höyry kulkeutuu höyrykattilasta turbiiniin, jossa osa vesihöyryn paine- ja lämpöenergiasta muutetaan mekaaniseksi energiaksi turbiinin akselia pyörittämällä. Turbiinin pyörivä akseli pyörittää generaattoria, jossa mekaaninen energia muutetaan viimein sähköksi. (2, s. 21–22.)

Turbiinista ulos virtaava energiansa luovuttanut höyry kierrätetään muuttamalla se takaisin vedeksi vesijäähdytteisessä lämmönsiirtimessä. Lämmönsiirtimessä viimeinenkin höyryyn sitoutunut energia siirtyy lämmön muodossa vastaanotettavaan lämpenevään veteen. Vedeksi muuttunut ja jäähtynyt höyry ohjataan syöttövesisäiliön kautta takaisin kattilaan, luoden tällä tavoin kiertoprosessin. (2, s. 22.)

## 3 Höyrykattilatyypit

Nykyaikaiset höyrykattilat luokitellaan niiden vesihöyrypiirin rakenteen perusteella kahteen pääluokkaan: suurvesitilakattiloihin sekä korkeampiin painetasoihin soveltuviin vesiputkikattiloihin (3, s. 103.)

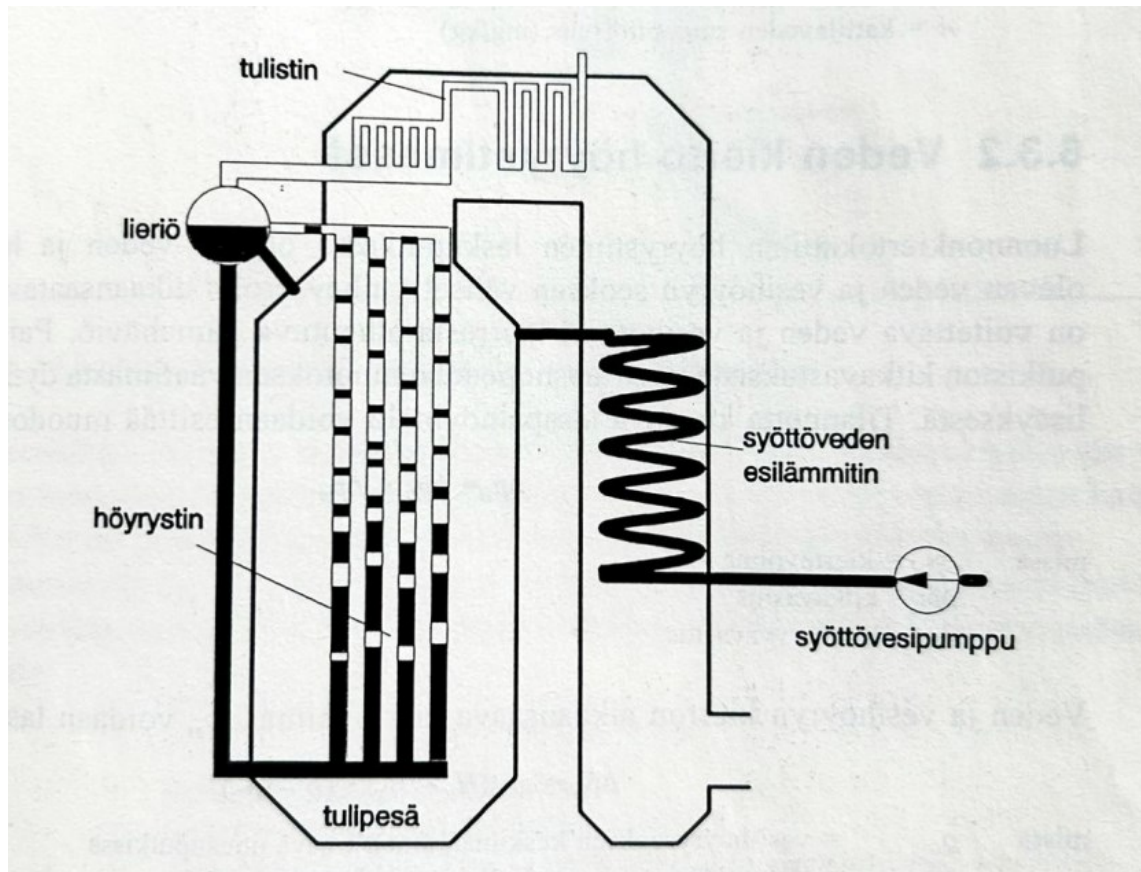
Suurvesikattiloissa savukaasut kulkevat tulitorven kautta tuliputkille ja veden höyrystyminen tapahtuu niiden ulkopuolella. Suurvesitilakattiloita käytetään

pitkälti teollisuudessa matalapaineisen prosessihöyryn tuotantoon silloin, kun höyryn tarve on niin vähäistä, ettei sähköntuotanto ole kannattavaa. (3, s. 103.)

Vesiputkikattiloissa vesi ja höyry kiertävät tulipesää ympäröivässä putkistossa. Korkeisiin painetasoihin soveltuvuuden vuoksi vesiputkikattiloita käytetään voimalaitoskattiloina. Voimalaitosprosessien vesiputkikattilat voidaan jaotella niiden vedenkierron mukaan luonnonkiertokattiloihin, pakkokiertokattiloihin sekä läpivirtauskattiloihin. Vesiputkikattiloiden keskeisimmät lämmönsiirtimet ovat syöttöveden esilämmitin, eli ekonomaiseri, höyrystin sekä tulistimet. Luonnonkierto- ja pakkokiertokattilat sisältävät näiden lisäksi myös höyrylieriön, jonka tehtävänä on erotella höyryä vedestä. (3, s. 103–105.)

### 3.1 Luonnonkiertokattila

Luonnonkiertokattila on vesiputkikattila, jossa veden ja vesihöyryn kierto pohjautuu veden ja vesihöyryn väliseen tiheyseroon. Esilämmittimen kautta virranut ja valmiiksi lähelle kylläistä lämpötilaa lämmennyt syöttövesi johdetaan lieriöön, josta tiheä höyrystymätön vesi siirtyy laskuputkia pitkin höyrystinputkien alapäähän. Tulipesää ympäröivissä höyrystinputkissa höyrystyvän veden ja vesihöyryseoksen tiheys on pienempi kuin edellä mainituissa laskuputkissa virtaavan kylläisen veden, joten seos alkaa nousta höyrystinputkia pitkin kohti lieriötä, jossa vesihöyry erotetaan höyrystymättömästä vedestä, joka jatkaa jälleen kiertoa kohti höyrystinputkien alapäätä. Erotettu vesihöyry johdetaan lieriöltä tulistiiniin. Kuvassa 2 on havainnollistettu luonnonkiertokattilan toimintaperiaatetta. (3, s. 105–106.)



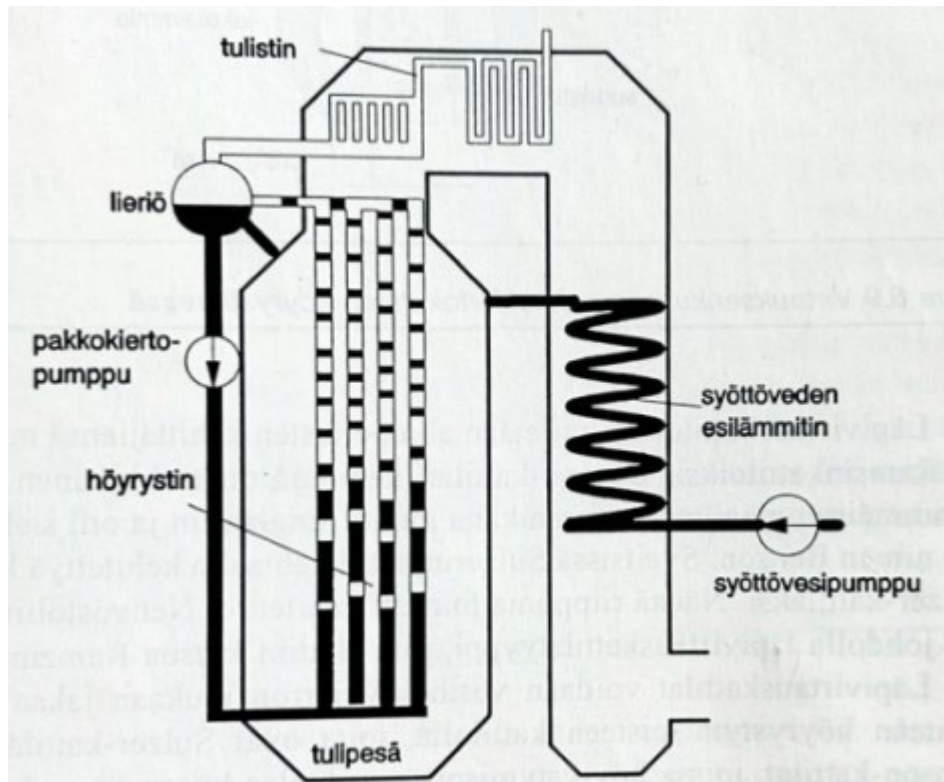
Kuva 2. Luonnonkiertokattilan toimintaperiaate (3, s. 105)

Luonnonkiertokattilan etuna on pakko- tai läpivirtauskattilaa pienempi omakäyttötehon tarve, sillä luonnonkiertokattilassa tapahtuva höyrystimen veden kierto on toteutettu ilman pumppua. Toisaalta rajoittavana tekijänä luonnonkiertokattilan käytölle on korkeat höyrinpainet, sillä veden ja vesihöyryn tiheysero pienee paineen noustessa. Veden kriittisessä paineessa (221 bar) vesi ja vesihöyry saavuttavat yhtä suuren tiheyden  $315 \text{ kg/m}^3$ . Luonnonkierron toteutumisen kannalta tulistimelta ulostulevan höyryn paineen on oltava alle 170 bar, jolloin veden tiheys on vielä noin viisinkertainen verrattuna vesihöyryn tiheyteen. (3, s. 105–106.)

### 3.2 Pakkokiertokattila

Pakkokiertokattila on vesiputkikattila, jonka toimintaperiaate on hyvin samanlainen kuin luonnonkiertokattilan, lukuun ottamatta veden kiertoa höyrystimessä. Pakkokiertokattilassa hyödynnetään pakkokiertopumppua, jolla lieriössä oleva

vesi johdetaan höyrystimille, josta vesi- vesihöyryseos virtaa pumpun aikaansaaman paineen avulla takaisin lieriöön (ks. kuva 3).



Kuva 3. Pakkokiertokattilan toimintaperiaate (3, s. 111)

Pakkokiertopumppu mahdollistaa korkeampien höyrynpaineiden kanssa työkentelyn, joskaan ei ylikriittisellä paineella (>221 bar), sillä pumpusta huolimatta lieriössä tapahtuva veden ja höyryn erottelu perustuu tiheyseroihin. (3, s. 110–111.)

### 3.3 Läpivirtauskattila

Läpivirtauskattila poikkeaa rakenteellisesti luonnon- ja pakkokiertokattiloista, sillä siinä ei ole lieriötä veden ja höyryn erottelua varten. Läpivirtauskattilaan syötetty vesi ei siis kierrä kattilan sisällä, vaan poistuu kattilan toisesta päästä tulistuneena höyrynä. Läpivirtauskattilan rakennetta voidaankin kuvailla yksinkertaisimmillaan pitkäksi putkeksi, jossa kulkeva vesi höyrystyy ulkopuolisen lämmön vaikutteesta. (3, s. 111–112.)

## 4 Höyrykattilan komponentit

### 4.1 Syöttöveden esilämmitin

Syöttöveden esilämmittimessä, eli ekonomaiserissa lämmitetään kattilaan syötettävää syöttövettä lähemmäksi sen kylläistä lämpötilaa. Esilämmittimet jaotellaan niiden toimintatavan perusteella höyrystäviin ja höyrystämättömiin. Höyrystämättömässä esilämmittimessä syöttöveden lämpötila jätetään noin 20 °C kiehumispistettä alhaisemmaksi, ettei kattilan kuormitusvaihtelut aiheuttaisi kiehumisvaaraa missään olosuhteissa. Höyrystävässä esilämmittimessä syöttövesi saavuttaa kiehumispisteensä ja osittain höyrystyy. (3, s. 179.)

Ekonomaiserilla parannetaan höyrykattilan hyötysuhdetta merkittävästi hyödyntämällä tehokkaasti jäljelle jäänyttä savukaasuun sitoutunutta lämpöenergiaa. Savukaasun lämpötila voi olla jopa 800 °C vielä tulistimien jälkeen. Ekonomaiserissa savukaasun lämpöenergia siirtyy syöttövedeen samalla jäähdyttäen savukaasun 250–450 °C lämpötilaan ekonomaiserin jälkeen. (3, s. 179.)

Ekonomaiserin putkien lämmönsiirtopinta-alaa on yleensä kasvatettu rivoituksella, sillä savukaasun lämmönsiirto-ominaisuudet eivät ole yhtä hyvät kuin putkien sisällä virtaavan veden. Kääntöpuolena putkien rivoitus tekee niistä huomattavasti vaikeampia pitää puhtaana savukaasujen mukana kulkeutuvasta lentotuhkasta sekä kuona-aineista. Näin ollen kattiloissa, joiden polttoaineena käytetään korkean tuhkapitoisuuden omaavia polttoaineita, käytetään myös sileitä rivoittamattomia putkia. (3, s. 180; 1, s. 6.)

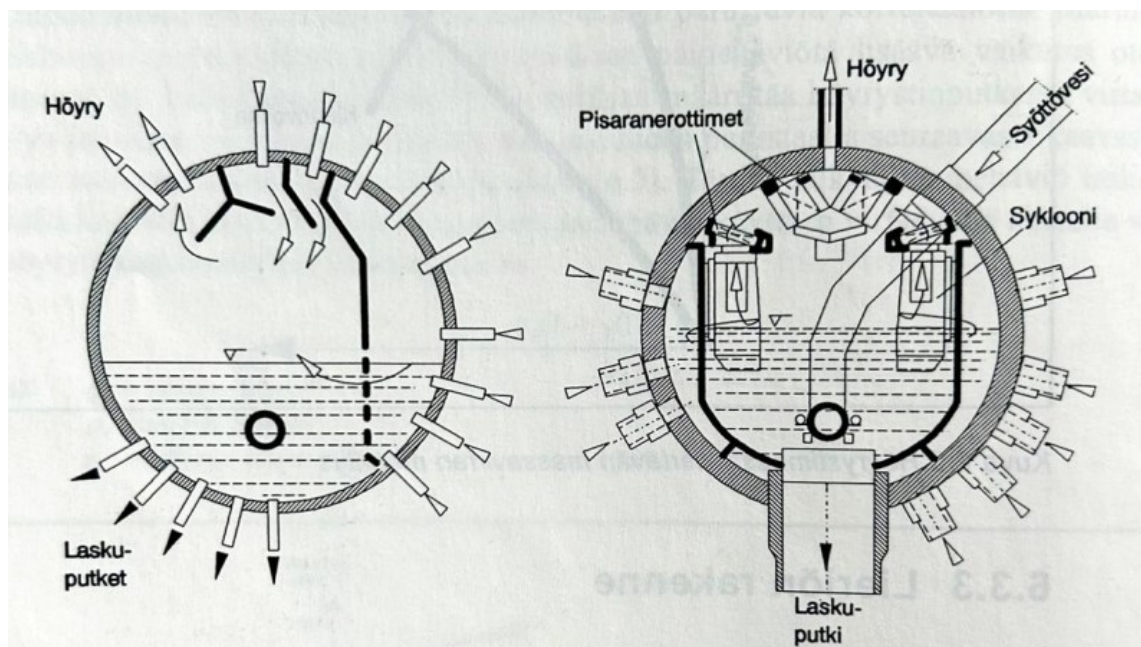
### 4.2 Höyrystin

Höyrystin on kattilan osa, jossa vesi pääosin höyrystyy. Höyrystin koostuu tulipesää ympäröivistä höyryputkista, joissa syötetty vesi höyrystyy tulipesästä vapautuvan lämpöenergian takia. Ekonomaiserissa lämmennyt vesi johdetaan lieriön ja sen laskuputkien kautta höyrystinputkien alapäähän, josta höyrystyvä veden ja vesihöyryn seos palaa takaisin lieriöön erotettavaksi. Höyrystymätön vesi

jatkaa matkaansa uuden syöttöveden mukana laskuputkia pitkin höyrystinputkien alapäähän. Höyrystinputkissa kiertävä vesi jäähdyttää höyrystinputkia, jonka vuoksi ne voidaan sijoittaa tulipesän ympärille. (3, s. 106–109.)

### 4.3 Lieriö

Lieriö on tärkein komponentti luonnon- ja sekä pakkokierto-kattiloissa. Lieriön tehtävänä on erotella höyrystinputkissa höyrystynyt kylläinen höyry höyrystymättömästä kylläisestä vedestä. Lieriön tehtävä kattilajärjestelmässä on tärkeä, sillä kattilassa kiertäneeseen veteen on liuenneena haitallisia suoloja, jotka päätyessään tulistimiin tai turbiineihin aiheuttaisivat haitallisia kerrostumia. Lieriön toiminta perustuu painovoimaan, jonka avulla vesi ja höyry erotetaan näiden tiheyseron takia. Painovoimaan perustumisen vuoksi erotus on sitä tehokkaampaa, mitä hitaammin ja pidemmän aikaa vedestä erottunut höyry virtaa lieriössä matkalla tulistinputkiin. Vesi ja höyry erotellaan toisistaan useilla rinnakkain kytkeytyillä sykloneilla, joissa höyry ja vesipisarot erottuvat keskipakoisvoiman vaikutuksesta (ks. kuva 4). Sykloneiden jälkeen höyry kulkee pisaranerottimien läpi, joissa raskaat vesipisarot erottuvat virtaavasta höyrystä. (3, s. 109–110.)



Kuva 4. Lieriön rakenne (3, s. 110)

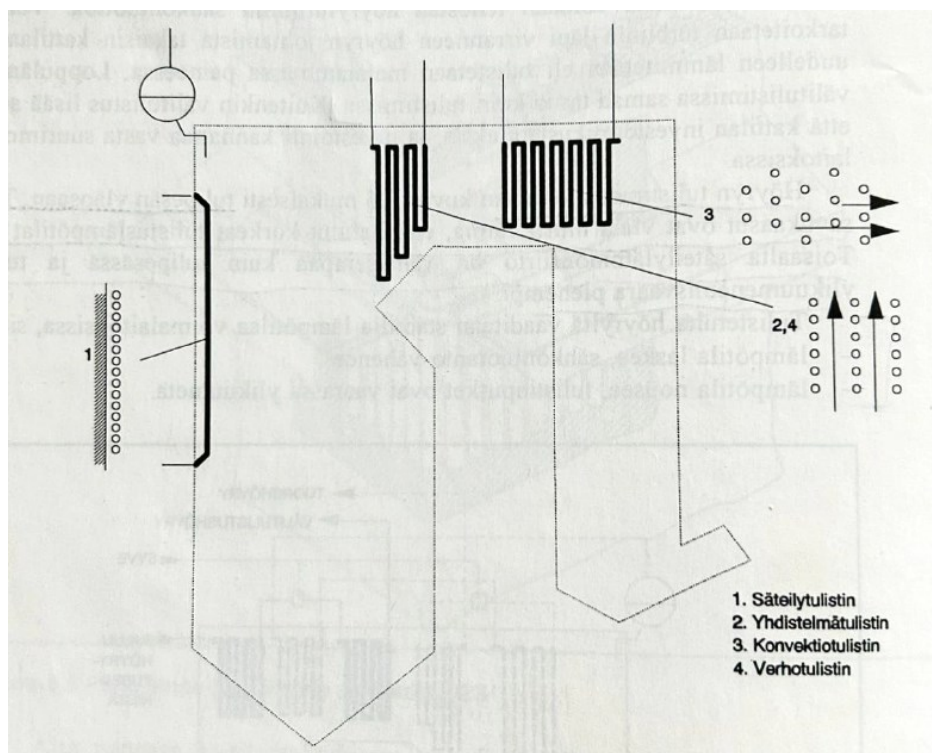
Veden ja höyryn erotteluprosessissa syöttöveden mukana kulkeutuneet epäpuhtaudet jäävät pääasiassa kattilaveteen. Epäpuhtauksia voidaan pyrkiä pitämään halutulla tasolla puhaltamalla osa lieriöön jääneestä epäpuhtauksilla väkevöityneestä vedestä ulos ja korvaamalla ulospuhallettu vesi puhtaammalla syöttövedellä. (3, s. 109–110.)

#### 4.4 Tulistin

Tulistin on lämmönsiirrin, jonka tarkoituksena on kuumentaa eli tulistaa kylläistä vesihöyryä, sillä mitä kuumempaa höyry johdetaan höyryturbiiniin, sitä enemmän se tuottaa liike-energiaa. Höyry virtaa tulistimen putkissa samalla, kun kuumat savukaasut kuumentavat höyryä virraten putkien ulkopuolella. Materiaalien aiheuttamien teknisten rajoitteiden vuoksi vesihöyryä voidaan tulistaa maksimissaan noin 550 °C asti, joten höyry tulistuu noin kaksisataa astetta tulistimessa ennen kuin se johdetaan höyryturbiinille. Välitulistuksella tarkoitetaan höyryturbiinin sähköntuottoa tehostavaa ratkaisua, jossa turbiinin läpi virrannutta höyryä johdetaan takaisin kattilaan tulistettavaksi matalammassa paineessa. (3, s. 173.)

Tulistetun höyryn lämpötila pyritään pitämään stabiilina, sillä lämpötilan lasku vaikuttaa negatiivisesti sähköntuotantoon. Toisaalta lämpötilan kohotessa tulistinputket altistuvat ylikuumenemisen vaaralle. Tulistuslämpötilaa voidaan säädellä esimerkiksi vesiruiskuilla, joilla tulistetun höyryn sekaan suihkutetaan jäähdyttävää syöttövettä tulistusvaiheiden välissä. Tulistintyypit jaotellaan sijoitustansa mukaisesti säteily-, verho-, konvektio sekä yhdistelmätulistimiin. Eri tulistintyyppien sijoittelua on havainnollistettu kuvassa 5. (3, s. 173–174.)





Kuva 5. Tulistimien sijoittelu (3, s. 174)

Säteilytulistin sijaitsee usein tulipesän yläosan seinällä, jolloin lämpöenergia siirtyy siihen tulipesän liekeistä pääosin säteilemällä. Säteilytulistimelta vaaditaan hyvin suuria höyryn virtausnopeuksia lämmönsiirrinputkiston jäähdyttämistä varten, sillä tulipesästä siirtyvä valtava määrä lämpöenergiaa altistaa sen helposti ylikuumentumiselle. Verhotulistin on harvemmin käytetty säteilytulistimen periaatteella toimiva savukaasujen poistoaukkoon rakennettu tulistin. Verhotulistinta käytetään suojaamaan jäljempänä sijaitsevia tulistimia savukaasujen epäpuhtauksilta ja kuona-aineilta jäähdyttämällä sulan tuhkan sekä suoloja sisältävät savukaasut niin nopeasti, etteivät ne pääse vaikuttamaan jäljempänä sijaitseviin konvektiotulistimiin. Höyrykattiloissa yleisimmin käytetty tulistintyyppi on konvektiotulistin, joka sijoitetaan savukaasukanavaan suojaan tulipesän liekeiltä. Konvektiotulistumissa lämpöenergia siirtyy savukaasusta tulistimen putken sisällä virtaavaan höyryyn ilman säteilyä konvektiolla, eli savukaasun koskettaessa tulistimen pintoja. Yhdistelmätulistimien toiminta perustuu sekä lämpöenergian säteilyyn että konvektioon. Yhdistelmätulistin sijaitsee suoraan tulipesän yläpuolella, jolloin tulistimen uloimmat osat toimivat säteilytulistimina joutuessaan kosketukseen liekkien säteilyn kanssa ja sisemmät osat toimivat

konvektiotulistimina ollessaan kosketuksissa vain savukaasun kanssa. (3, s. 174–176.)

## 5 Lämpöpintojen huolto

Voimalaitoksen höyrykattilan tulistimien sekä nuohouksen modernisointiprojektin lähtökohtana on pyrkiä parantamaan kattilan hyötysuhdetta sekä minimoimaan uusiutumattomien polttoaineiden käyttöä höyrykattilassa. Modernisointiprojektin kohteena olevan höyrykattilan nykyiset lämpöpinnat eivät sovellu hyvin suurelle biopolttoaineosuudelle, mikä aiheuttaa huoltokustannuksia sekä käyttökatkoja lämpöpintojen likaantumisen vuoksi.

Jatkuva huoltaminen ja kunnossapito ovat avainasemassa, kun kattilan ja ylipäänsä koko voimalaitoksen käyttöaste pyritään pitämään mahdollisimman hyvänä ja maksimoimaan käyttöikä.

### 5.1 Lämpöpintojen likaantuminen

Polttoaineen epätäydellisestä palamisesta jäljelle jäänyt tuhka likaa lämpöpintoja huonontaan kattilan hyötysuhdetta, jolloin lämpötehon siirto savukaasusta veteen vaatii laajemman lämpöpinnan. Lämpöpintoihin voi esimerkiksi tarttua kiinteitä pölyhiukkasia, sulaa tuhkaa tai tuhkasta höyrystyneiden alkalien tiivistymiä, jotka voivat tarpeeksi korkeissa lämpötiloissa aiheuttaa kattilaputkia syövyttäviä sulia kerrostumia. (3, s. 193.)

Lämpöpintojen likaantumisen myötä lämmönsiirrin jäähdyttää savukaasuja heikommin, mikä kohottaa savukaasujen lämpötiloja. Paksuuntuva lämpöpinnan likakerros voi aiheuttaa estettä savukaasujen virtaukselle sekä savukaasujen lämpötilojen nousun myötä seuraavien lämpöpintojen ylikuumentumista. (3, s. 193.)

## 5.2 Lämpöpintojen puhdistus

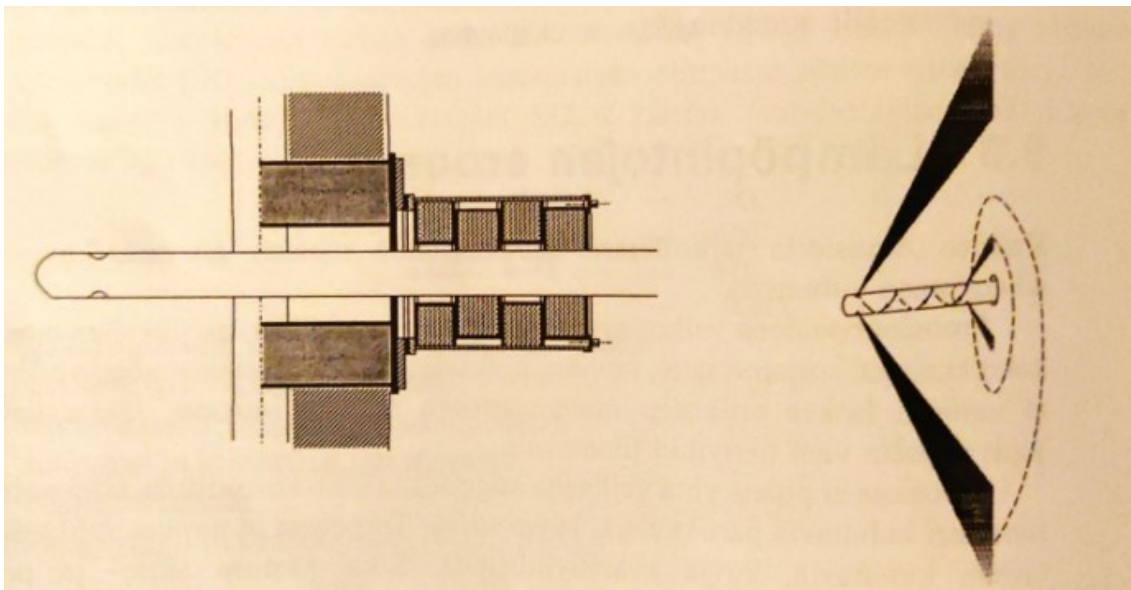
Lämpöpintojen puhdistustarvetta voidaan arvioida likaisuuden aiheuttaman savukaasujen virtauksen heikkenemisen tai lämpötilojen nousun perusteella. Kattilan lämpöpintojen puhdistuslaitteet voidaan jakaa puhallus- sekä ääninuohoiimiin, vesipesu-, kuulanuohous- sekä mekaanisiin ravistuslaitteisiin. (3, s. 193, 197.)

### 5.2.1 Puhallusnuohoimet

Puhallusnuohoimilla lika poistetaan lämpöpinnalta vesihöyryn tai ilman suihkutuksen avulla. Yleisimmin puhalluksessa käytetään vesihöyryä, sillä se saadaan tuotettua omassa laitoksessa ilman tarvetta esimerkiksi paineilman vaativalle kompressorilaitokselle. Nuohousta varten käytetyn vesihöyryn lämpötila on noin 100 °C korkeampi kuin vastaavan kylmän höyryn, jotta puhallushöyryssä olevat lämpöpintaa vahingoittavat vesipisarot eliminoituvat. Vesihöyryn paine on yleensä 20–30 bar, se otetaan reduktioventtiilin kautta korkeapainetulistimesta tai suoraan välitulistimesta. (3, s. 198–200.)

Puhallusnuohoimet ryhmitellään seinänuohoiimiin, ulosvedettäviin nuohoiimiin, pyöriviin monisuutinnuohoiimiin, haravanuohoiimiin sekä pyörivien ilmanesilämmittimien nuohoiimiin (3, s. 198).

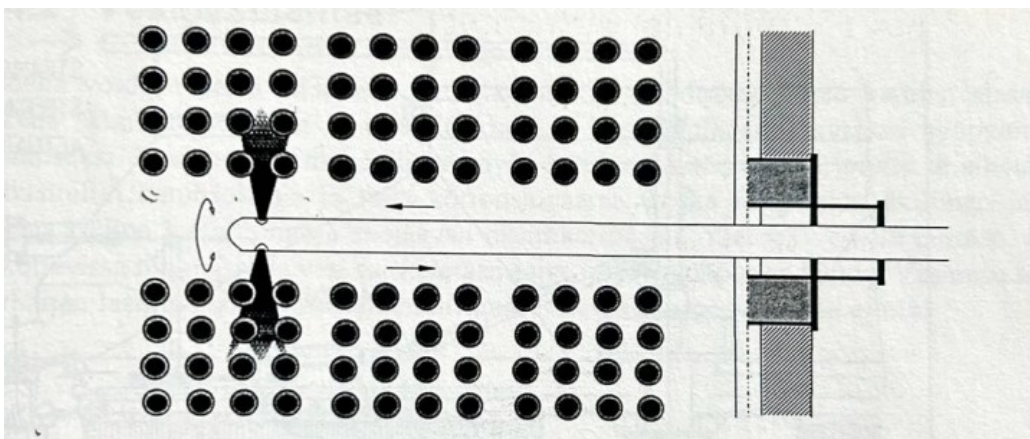
Seinänuohoimen suutinputken päässä on yleensä vastakkaisilla puolilla kaksi vinosti tulipesän seinään puhaltavaa suutinta (ks. kuva 6).



Kuva 6. Seinänuohoin (3, s. 198)

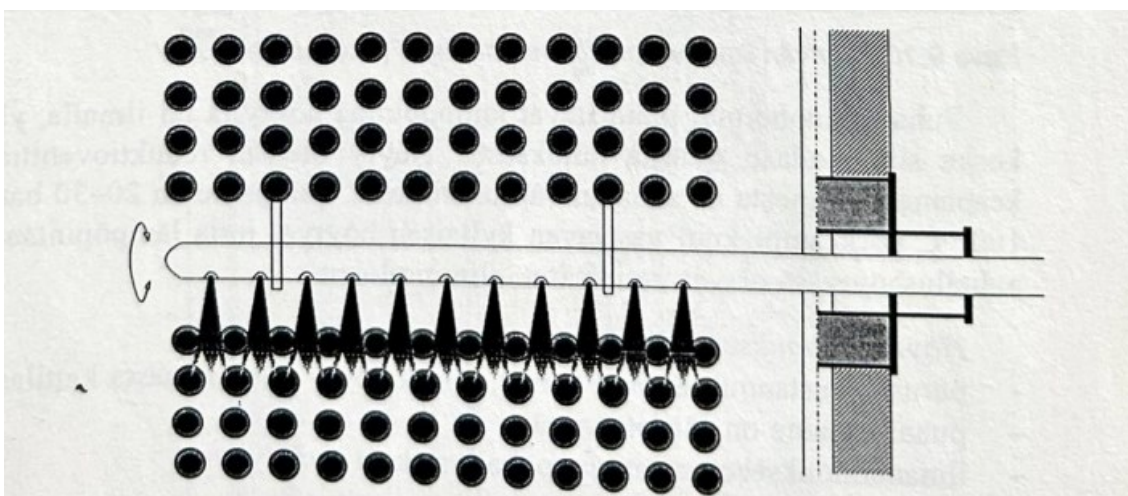
Suutinputki pyörii työntyessään ulospäin aiheuttaen spiraalimaisen puhalluskuvion. Seinänuohoin soveltuu vaikeasti irtoavan lian puhdistukseen voimakkaasti likaantuvilta kattilaseiniltä korkeissa savukaasun lämpötiloissa, kuitenkin alle 1500 °C. (3, s. 198.)

Ulosvedettävä nuohoin soveltuu tulistimien nuohoamiseen korkeissa lämpötiloissa, kuitenkin alle 1500 °C. Ulosvedettävän nuohoimen suutinputkessa on yleensä vastakkaisilla puolilla kaksi suutinta, jotka puhaltavat savukanavaan suutinputken pyöriessä (ks. kuva 7). Ulosvedettävän nuohoimen nuohousputki työntyy pyörien savukanavaan, täydellisen työntymisen jälkeen putki palaa pyörien takaisin alkiasentoonsa ulos savukanavasta. Ulosvedettävän nuohoimen nuohousputki työnnetäänkin savukanavaan vain käytön ajaksi. (3, s. 198.)



Kuva 7. Ulosvedettävä nuohoin (3, s. 199)

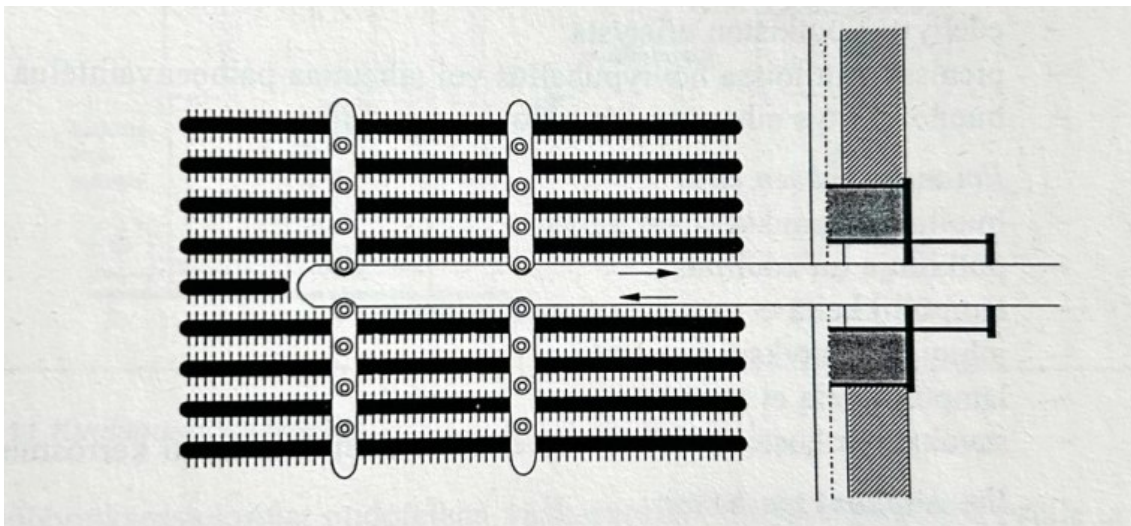
Pyörivää monisuutinnuohointa sovelletaan lämpöpintojen puhdistamiseen, jotka sijaitsevat alueilla, joissa savukaasuvirran lämpötila on alle 800°C. Pyörivän monisuutinnuohoimen suutinputkeen on sijoitettu useita suuttimia, joiden väli on mitoitettu puhdistettavien putkipintojen mukaan niin, että suuttimet puhaltavat putkipintojen väliin (ks. kuva 8). (3, s. 198.)



Kuva 8. Pyörivä monisuutinnuohoin (3, s. 199)

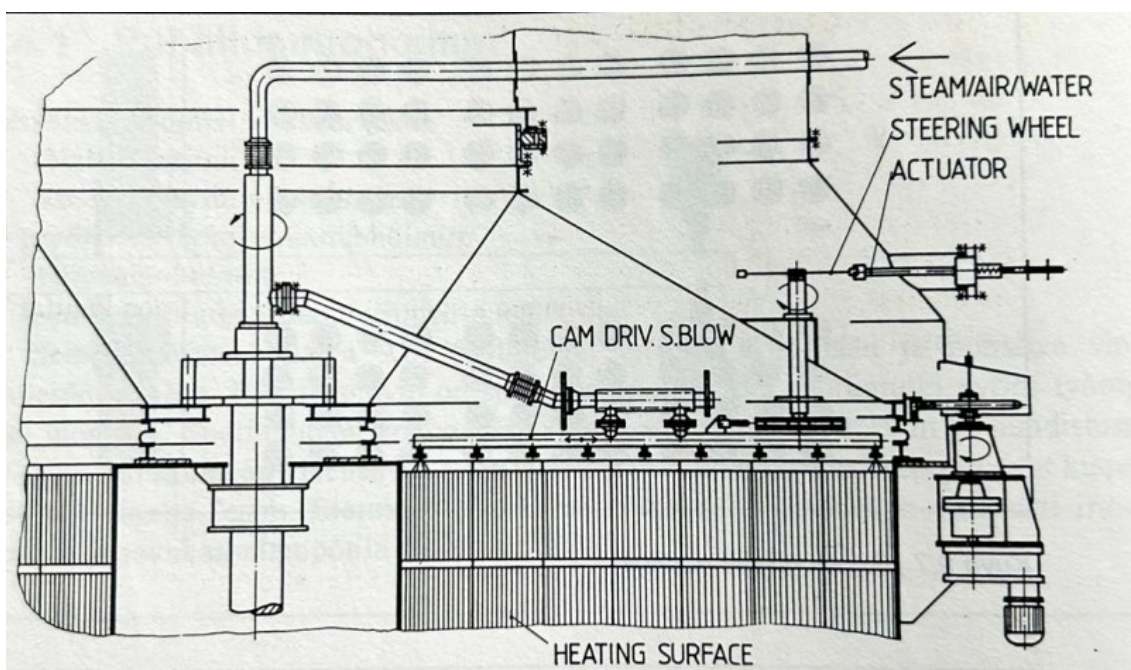
Haravanuohoin on hyvin rivoitetun lämpöpinnan puhdistukseen sopiva nuohoin, jota voidaankin käyttää esimerkiksi ekonomaiserin ripaputkien puhdistamiseen. Haravanuohoimessa on joitakin poikittaisia suutinputkia, joissa on suutin jokaisen putkiraon kohdalla (ks. kuva 9). (3, s. 198.)





Kuva 9. Haravanuohoin (3, s. 199)

Pyörivän ilmanesilämmittimen nuohoin sijoittuu sekä lämmönsiirtimen kylmälle, että kuumalle puolelle (ks. kuva 10). Käytettävän höyryn tai paineilman paineen on oltava alle 6 bar, jotta säästytään lämmityspintojen vahingoittumiselta. (3, s. 198.)



Kuva 10. Pyörivän ilmanesilämmittimen nuohoin (3, s. 200)

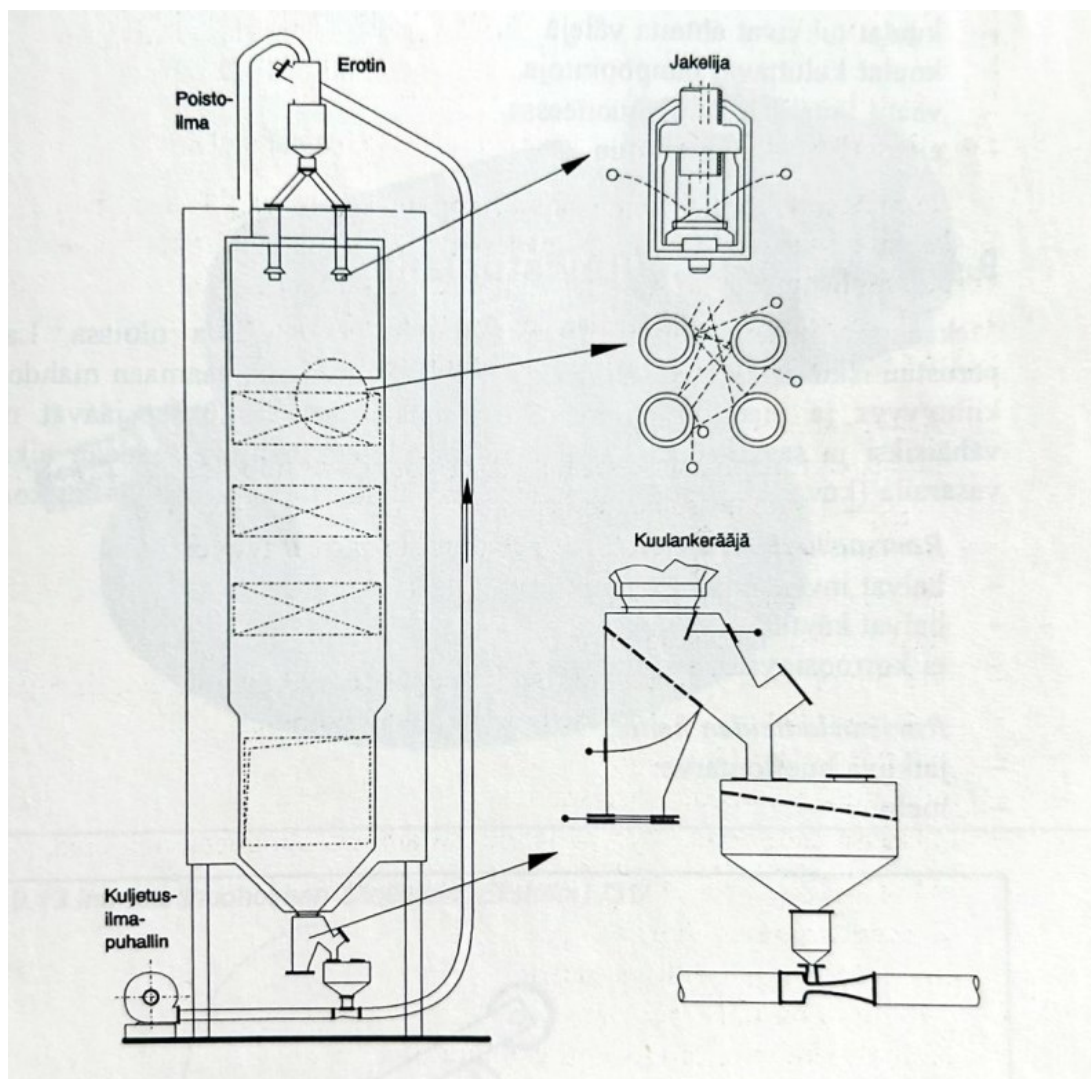
## 5.2.2 Muut puhdistusratkaisut

Muita lämpöpintojen puhdistusratkaisuja ovat muun muassa ääninuohoimet, vesipesulaitteet sekä kuulanuohouslaitteet (3, s. 197).

Ääninuohointen toiminta perustuu matalataajuisen infraäänin synnyttämiseen, joka aiheuttaa lämpöpintojen värinää irrottaen niihin kiinnittynyttä likaa. Ääninuohoimet soveltuvat helposti irtoavan lian puhdistukseen. Ääninuohointen etuna voidaan pitää halpoja käyttö- sekä huoltokustannuksia sekä se, ettei puhdistuksen yhteydessä synny haitallisia kaasuja prosessiin. (3, s. 203.)

Vesipesulaitteita voidaan käyttää vasta alasajetun kattilan puhdistamiseen lämpöpintojen ollessa vielä kuumat. Vedellä pesua ei suositella kattilan käytön aikana, vaikkakin mahdollista, sillä äkillinen lämpötilan lasku voi vaurioittaa kattilan metallipintoja suojaavaa oksidikerrosta lisäten korroosiovaaraa. Kattila on kuivattava huolellisesti vedellä puhdistamisen jälkeen, jotta vältyttäisiin metalliosien syöpymiseltä. (3, s. 201.)

Kuulanuohous on tapa puhdistaa vaakasuoriin lämpöpintoihin kertynyttä likaa mekaanisesti pienten kuulien avulla. Kuulat tiputetaan lämpöpintojen päälle, joista ne osuessaan irrottavat likaa (ks. kuva 11). (3, s. 201.)



Kuva 11. Kuulanuhoimen toimintaperiaate (3, s. 201)

Pudonneet kuulat päätyvät lopulta kuulankerääjään, josta ne palautetaan paineilman avulla takaisin ylös. Kattilan yläpuolella olevassa erottimessa kuulat erotetaan ilmavirrasta putkia pitkin jakelijoille. Jakelija sisältää kimmokekappaleen, johon osuessaan kuulat leviävät tasaisesti ympäri kattilaa. Paineilmalla toimivien kuljettimien sijasta voidaan käyttää myös kola- tai magneettikuljettimia. (3, s. 202.)

Kuulien materiaalina voi olla käytetty terästä, valurautaa tai alumiinia. Kuulien materiaali on suotavaa valita lian laadun mukaan, sillä esimerkiksi vaikeammin irtoavalle lialle tarkoitettut teräskuulat ovat pehmeitä alumiinikuulia kovempia, näin ollen ne kuluttavat enemmän lämpöpintoja. (3, s. 202.)



## 6 Suunnittelu

Automaatiosuunnittelun osalta modernisointiprojektissa luotiin toiminnallinen suunnitelma voimalaitoskattilan tulistimissa kulkevan vesihöyryn lämpötilan säädölle sekä nuohointen määrän lisäämiselle. Voimalaitoksen modernisointiprojektin automaatiosuunnittelu toteutettiin käyttäen tietokantapohjaista COMOS-laitossuunnitteluohjelmistoa, joka mahdollistaa kyselyiden ja massakäsittelyn hyödyntämisen.

### 6.1 COMOS

COMOS-suunnittelualusta on Siemensin laitossuunnitteluun ja elinkaarenhallintaan tarkoitettu ohjelmisto, joka mahdollistaa saumattoman samanaikaisen suunnittelutyön eri toimijoiden välillä globaalisti. COMOS-suunnittelualusta koostuu neljästä eri osa-alueesta. (4.)

COMOS Platform toimii luotettavana perustana samanaikaisen globaalien suunnittelun mahdollistamiseksi tarjoten suunnitteluprojektin resurssien sekä laitteiden teknisten tietojen ylläpitoa (5). COMOS Process on tehokasta prosessisuunnittelua varten luotu ratkaisu mahdollistaen prosessivirtauskaavioiden suunnittelun jo laitossuunnittelun varhaisessa vaiheessa projektin alkutietojen pohjalta (6). COMOS Automation tukee laitoksen sähkö-, instrumentointi- ja ohjaussuunnittelua tarjoten erikoisratkaisuja suunnitteluun sekä automaatiojärjestelmien konfigurointiin (7). COMOS Operations on laitoksen ylläpidon ja operoinnin tarpeisiin suunniteltu ratkaisu, joka mahdollistaa kunnossapitotehtävien tarjoten mahdollisuuden suunnittelunaikaisten tietojen hyödyntämiseen operoinnin aikana. COMOS Operations myös mahdollistaa kattavan tietojenhallinnan kaikissa laitoksen elinkaaren vaiheissa. (8.)

Automaatiosuunnittelu COMOS-ohjelmistolla tapahtuu niin sanotuissa työskentelykerroksissa, joissa tehdyt muutokset vapautetaan muun projektin käyttöön

vasta käyttäjän julkaistessa kerroksen tarkastettuaan, ettei tehty muutokset aiheuta ristiriitaisuuksia projektin muiden objektien kanssa.

COMOS:n projektipuu sisältää kaikki projektiin liittyvät objektit aina yksittäiseen laitteen signaaliin asti hierarkkisessa järjestyksessä. Projektipuun kautta navigoinnin lisäksi COMOS mahdollistaa myös objektien välisen navigoitumisen, joten esimerkiksi PI-kaaviosta on mahdollista navigoitua suoraan yksittäisen laitteen tietoihin.

Automaatiosuunnittelu aloitettiin keräämällä kaikki projektiin kuuluvat PI-kaaviot COMOS-ohjelmalla. COMOS-ohjelmalla työskenneltäessä on mahdollista sekä suotavaa hyödyntää kyselyitä, joiden avulla voidaan tehokkaasti kerätä ja suodattaa tietoja projektin sisällä. Kyselyiden ehtoina voidaan käyttää kaikkia objektien attribuutteja. Kerättyjen PI-kaavioiden perusteella pystyttiin päätellä, mitkä laitteet ja instrumentit ovat oleellisia projektin toiminnan kannalta ollen näin automaatiosuunnittelun piirissä. Voimalaitosprojektin objektit ovat positioitu hierarkkisesti COMOS-ohjelmistossa KKS-tunnusjärjestelmän mukaisesti.

## 6.2 KKS-tunnusjärjestelmä

Positiointi on tärkeä osa suunnittelua, sillä sen avulla voidaan yksilöidä ja nimetä jokainen laitoksen osa yksilöidyllä ja uniikilla tunnukseella, jotta niiden paikallistaminen sekä hallinta helpottuu suunnitteluprosessin aikana.

Saksalaisperäinen KKS-tunnusjärjestelmä on voimalaitosten positiointi- eli nimeämisjärjestelmä, jonka avulla voidaan yksilöidä voimalaitosten rakennukset, tilat, järjestelmät, mittaus- ja säätöpiirit, laitteet sekä komponentit ja instrumentit niiden tehtävän, tyyppin ja sijainnin perusteella. Lyhenne KKS tulee saksan kielien sanoista **K**raftwerk-**K**ennzeichnensystem (eng. Power plant labeling system), mikä kääntyy suomeksi voimalaitosten merkintäjärjestelmä. (2, s. 336; 9, s. 1.)

### 6.2.1 Historia

KKS-tunnusjärjestelmän juuret ulottuvat vuonna 1969 saksalaisessa tekniikan alan lehdessä julkaistuun artikkeliin ”System zur Kennzeichnung von Geräten und Anlagen in Wärmekraftwerken” (eng. System for the designation of components and plant equipment in thermal power plants). Artikkelissa esiteltiin lämpövoimalaitosten suunnittelun, rakentamisen sekä operoinnin tarpeita vastaamaan suunniteltu tunnusjärjestelmä AKS (Anlagenkennzeichnungssystem, eng. Plant Destination System). AKS-järjestelmä oli koostettu useiden eri standardien määrittelemistä tunnuksista. (10, s. 2–3.)

Saksalainen VGB PowerTech alkoi jatkokehittämään tunnusjärjestelmää alan valmistajista, viranomaisista, asiantuntijoista sekä käyttäjistä koostuvassa työryhmässä. Yksi työryhmän päätavoitteista oli luoda yhtenäinen koodisto rakennusten, toimintojen, ylläpidon, varaosien sekä tiedon rekisteröinnin luettelointia ja tunnistamista varten. Työn tuloksena muotoutui KKS-tunnusjärjestelmä, jonka ohjeistuksen VGB PowerTech julkaisi vuonna 1978. (9, s. 1; 10, s. 2.)

### 6.2.2 Tyypit sekä rakenne

KKS-tunnukset voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin eri tarkoituksia varten:

Prosessiin liittyvä tunnus (Process-related code) – Järjestelmien ja laitteiden toimintojen määrittely toiminnan perusteella.

Asennustunnus (Point of installation code) – Sähkö- tai automaatiolaitteen asennuspaikkojen määrittely esimerkiksi kaapeissa, paneeleissa tai konsoleissa.

Paikkatunnus (Location code) – Paikkatunnuksella määritetään tiloja tai paikkoja eri rakennuksissa, kerroksissa ja huoneissa, palosuoja-alueita sekä topologisia alueita. (9, s. 1.3.)

KKS-tunnus rakentuu seuraavista tunnusosista: laitososatunnus, järjestelmätunnuksen tunnusosa, järjestelmätunnus, laitteistotunnus, laitteistotunnuksen tunnusosa sekä laitetunnus (2, s. 336).

Laitososatunnuksen tarkoituksena on voimalaitoksen erottelu eri laitoskokonaisuuksiin. Tunnus on vapaasti määriteltävissä oleva numero tai kirjain, jonka esimerkiksi laitoksen suunnittelija on määrittänyt. Laitososatunnus on vapaavalintainen ja täten poisjätettävissä, mikäli sen käyttö ei ole tarpeellista. (2, s. 336.)

Järjestelmätunnuksen tunnusosa on harvoin, mutta tarvittaessa käytetty juokseva numero 0–9, jolla eritellään saman järjestelmätunnuksen omaavat järjestelmät toisistaan (2, s. 336.)

Järjestelmätunnuksella osoitetaan merkinnän viittaama järjestelmäkokonaisuus. Järjestelmätunnus koostuu standardin mukaisesta kirjainosasta sekä numeroista, jotka tarkentavat järjestelmän osan. Esimerkiksi HAC → ekonomaiserit. (2, s. 336.)

Laitteistotunnusta käytetään järjestelmän laitteiston, esimerkiksi pumpun tai venttiilin ilmaisemiseen. Laitteistotunnus rakentuu standardin mukaisesta kirjainosasta sekä numerointitunnuksista. Esimerkiksi AA → Venttiili. (2, s. 336.)

Laitteistotunnuksen tunnusosa on tarvittaessa laitteistotunnuksen tarkentamiseen käytetty tunnus. Laitteistotunnuksen tunnusosa on yhdestä kirjaimesta muodostuva tunnus, jonka määräytymistä KKS-tunnusjärjestelmä ei määrittele. Tunnusosalla tarkennetaan esimerkiksi erilaisia apulaitteita. (2, s. 336.)

Laitetunnuksella määritellään tiettyyn laitteistoon kuuluvan laitteen tyyppi sekä numero. Laitetunnus muodostuu standardin mukaisesta kirjaimesta sekä kahdesta numerosta. KKS-tunnuksen rakennetta on havainnollistettu taulukossa 1. (2, s. 337.)

Taulukko 1. KKS-tunnuksen rakenne

Laitos- osatun- nus	Järjestelmä- tunnuksen tunnusosa	Järjestelmä- tunnus	Laitteisto- tunnus	Laitteisto- tunnuksen tunnusosa	Laite- tunnus
1	(5)	LAC10	AA010	(A)	(AANN)

### 6.3 Automaatiosuunnittelu

Automaatiosuunnittelun piiriin kuuluvien instrumenttien ja laitteiden tarkistamisen jälkeen ryhdyttiin itse suunnittelutyöhön. Automaatiosuunnittelun tavoitteena on mahdollistaa kohteena olevan järjestelmän toteuttaminen, käyttö ja ylläpito tarvittavien kuvausten luomisella. (11, s. 13.)

#### 6.3.1 Toimintakaaviot ja signaaliluettelo

Instrumenteille ja laitteille luotiin toimintojen lohkokaaaviot (eng. Function block diagram), joiden tarkoituksena on kuvata graafisesti suljettuja tai avoimia ohjaussilmukoita (12, s. 36). Toimintojen lohkokaaaviot, joista käytetään myös nimitystä toimintakaaviot, sisältävät toimintoja edustavia kohteita sekä näiden keskinäisiä suhteita esittäviä piirrosmerkkejä, joiden avulla kuvataan piirin loogista toimintaa. Toimintakaavioissa tulosignaalit ovat pääsääntöisesti sijoitettu kaavion vasempaan- ja lähtösignaalit puolestaan oikeaan reunaan. Tulo- ja lähtösignaalien väliselle alueelle on sijoitettu signaalien välisten loogisten toimintojen piirrosmerkit.

Signaaliluettelo on järjestelmän lähtötietojen pohjalta luotu luettelo, joka sisältää kaikkien järjestelmään kuuluvien tulo- ja lähtösignaalien tunnisteen, kuvauksen, tyyppin sekä lähdön ja määränpään (12, s. 36).

### 6.3.2 Toimintokuvaukset

Graafisten toimintakaavioiden perusteella luodaan toimintokuvaukset, jotka kuvaavat selkokielellä piirin toimintaa. Standardi SFS-EN 62708 määrittelee toimintokuvauksen seuraavin sanoin:

Sanallinen kuvaus suljetun ohjaussilmukan tai avoimen silmukan ohjauksen tehtävästä, toiminnosta, käyttöliittymästä ja käytöstä kuiten toimintojärjestys, eräohjaus ja lukitukset. (12, s. 34.)

Projektin toimintakuvaukset luotiin toimintakuvausten luomiseen tarkoitetulla, HTML-komennoilla luotaviin tekstipohjiin perustuvalla ohjelmalla. Kyseinen ohjelma mahdollistaa toimintakuvausten luomisen ja käsittelyn massana, mikä onkin voimalaitosprojektissa hyödyllistä, sillä voimalaitoksissa on yleistä suorittaa prosessimittauksia useista eri kohdista prosessilinjaa. Näissä tilanteissa toimintakuvauksen sisältö pysyy pääosin samana, mutta mittauksen nimet ja piiritunnukset ovat kuitenkin piirikohtaiset.

### 6.3.3 Kynnysarvoluettelo

Kynnysarvoluettelo on "taulukoitettu luettelo kaikista prosessiarvoista, joista seuraa sähkö- ja automaatiolaitteen kytkemistoiminto." (12, s. 36.)

Kynnysarvoluettelo siis sisältää mittausten hälytys- tai lukitustoimenpiteisiin johtavia prosessiarvoja. Kynnysarvoluettelosta käytetäänkin myös nimitystä hälytys- ja lukituspisteluuettelo. Kynnysarvoluettelo on olennainen osa turvallisuuden hallintaa prosessiautomaation kannalta.

### 6.3.4 Näyttökuva

Näyttökuva on visuaalinen luonnos, jonka avulla hahmotellaan ohjausjärjestelmän HMI:tä eli ihmisen ja koneen välistä käyttöliittymää. Lyhenne HMI tulee englannin kielen sanoista Human-Machine Interface (12, s.3–4) ja sen tarkoituksena on antaa järjestelmän operaattorille hyödyllistä tietoa järjestelmän toiminnasta.

Voimalaitosprojektissa näyttökuvat pyritään laatimaan PI-kaavion pohjalta, jotta se olisi prosessin kannalta helppolukuinen. PI-kaavioissa on myös kuvattu, mistä mittauksista ja piireistä tietoa indikoidaan valvomon operointinäytölle.

## 6.4 Nuohointen määrän lisäys ja sekvenssiohjaus

Osana modernisointiprojektia voimalaitoskattilan nuohointen määrää on kasvatettu lämpöpintojen puhdistamisen tehostamiseksi. Nuohouksen ohjaus toteutetaan sekvenssinä, joten automaation osalta uusien nuohointen ohjausta varten oli tarpeen lisätä askeleet alkuperäiseen sekvenssiin (liite 1).

Kun operaattori käynnistää sekvenssin, lähettää sekvenssi käskyn nuohouslinjan lämmitykselle. Kun nuohouslinjassa on saavutettu riittävä lämpötila, lähtee sekvenssiltä käynnistymiskäsky ensimmäiselle nuohoimelle. Nuohoimen toimintakierros koostuu nuohoimen työntymisestä savukanavan sisään, kunnes se saavuttaa täydellisestä työntymisestä indikoivan rajakytkimensä sekä tämän jälkeisestä ulosvetäytymisestä, kunnes nuohoimen toinen rajakytkin indikoi nuohoimen olevan kokonaan ulkona savukaasukanavasta. Nuohoimen liikkuessa pyörien suihkuttaa se samanaikaisesti vesihöyryä lämpöpintoja puhdistavasti. Kun nuohoin on suorittanut täyden toimintakierroksensa, lähettää se käynnistyskäskyn seuraavalle nuohoimelle ja niin edelleen, kunnes viimeinenkin nuohoin on suorittanut kokonaisen toimintakierroksensa lähettäen sekvenssin pysäytysignaalin. Sekvenssi myös pysäytetään, samalla ohjaten kaikki nuohoimet ulos savukaasukanavasta, mikäli sekvenssin aikana ilmenee ongelma sekvenssin suorittamiseksi.

## 6.5 Tulistimissa kulkevan vesihöyryn lämpötilan säätö

Toisena osana modernisointiprojektia höyrykattilaan suunniteltiin tulistimissa kulkevan vesihöyryn lämpötilan säätö, mikä toteutetaan jäähdytysvesiruiskujen avulla. Tulistimissa kulkevan höyryn lämpötilansäädön tehtävänä on pitää höyryn lämpötila vakaana käyttöolosuhteissa tapahtuvien muutosten, kuten polttoaineen laadun sekä kuormituksen muutoksien aikana. Jäähdytysruiskuille kulkevan veden virtausta säädellään venttiilillä, jonka toimintaa ohjataan säätöpiirin avulla. Säätöpiiri ohjaa jäähdytysveden venttiilin asentoa pyrkien saamaan höyryn lämpötilan höyryn virtauksen perusteella määrätyn asetusarvon mukaiseksi.

Tulistimien materiaalin lämpötilaa mitataan ja säädellään, jotta tulistimet eivät ylikuumentuisi. Tulistimen materiaalin lämpötilaa mitataan useasta eri kohdasta tulistimen varrelta luotettavan lämpötilamittauksen saamiseksi. Tulistimen materiaalin lämpötilamittauksista lasketaan keskiarvo ilman suurinta ja pienintä mittaustarvoa. Mikäli enintään neljä lämpötilamittausta vikaantuu, lasketaan lämpötilan keskiarvo jäljellä olevista toimivista lämpötilamittauksista. Mikäli myös viides lämpötilamittaus vikaantuu, käytetään laskettuna lämpötilana viimeistä jäljellä olevaa mittaustarvoa. Piiristä lähetetään hälytys valvomolle, mikäli kaikki lämpötilamittaukset vikaantuvat, tai suurin ja pienin lämpötilamittaus poikkeavat toisistaan yli kahden prosentin verran kolmenkymmenen sekunnin ajan. Tulistimen laskennallisen lämpötilan toimintakaaviossa on havainnollistettu keskilämpötilan laskenta sekä hälytysten ehdot (liite 2). Laskettua lämpötilan keskiarvoa käytetään ohjaussignaalina ruiskutusveden venttiilin ohjauspiirissä. Lämpötilan säädön vaikutusta seurataan tulistetun höyryn lämpötilaa mittaamalla ennen jäähdytysruiskua ja sen jälkeen.

## 7 Yhteenveto

Insinööriyössä käsiteltiin voimalaitoskattilan toimintaa ja rakennetta sekä tarkasteltiin voimalaitoskattilan tulistimien ja nuohouksen modernisointiprojektia automaatiosuunnittelun näkökulmasta. Automaatiosuunnittelu sekä tuotettujen dokumenttien toimittaminen eteni aikataulun mukaisesti. Tämä insinööriyö



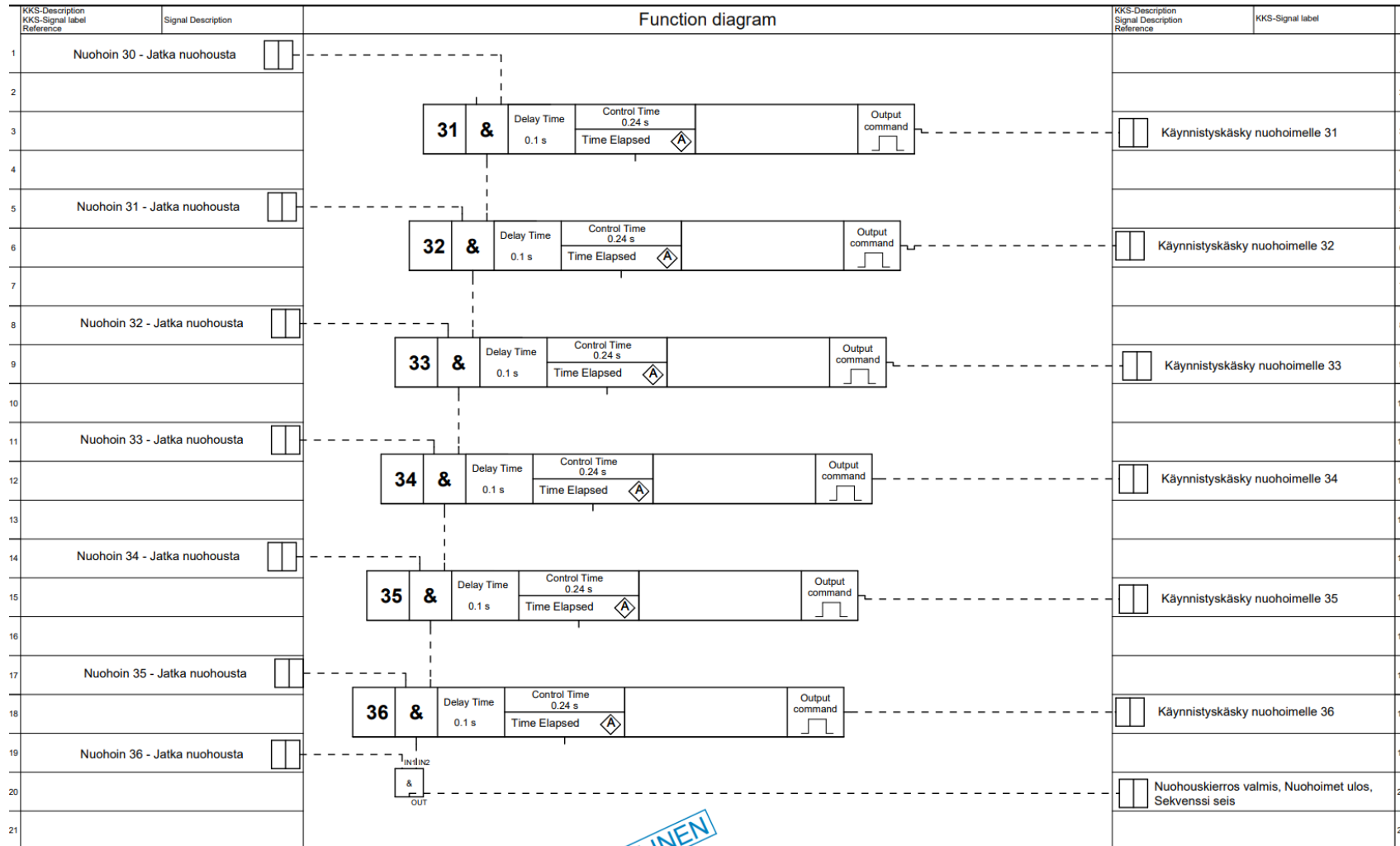
toimii hyvänä pohjana ja tietolähteenä tuoreelle insinöörille voimalaitoskattilaprojektiin tai sen toimintaan liittyvään automaatioprojektiin ryhdyttäessä, sillä voimalaitos on kokonaisuudessaan todella monipuolinen ja laaja järjestelmä, minkä toiminnan ymmärtämien voi olla selkeämpää, kun sitä tarkastellaan pienemmissä osissa. Voimalaitoksen suunnittelu toteutetaan usein usean toimijan välisellä yhteistyöllä.

## Lähteet

- 1 Teir, Sebastian. 2002. Steam boiler technology. E-kirja. Teknillinen korkeakoulu. Verkkoaineisto. <[https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1302671/mod\\_resource/content/1/SteamBoilers.pdf](https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1302671/mod_resource/content/1/SteamBoilers.pdf)> Luettu 28.10.2023.
- 2 Huhtinen, Markku; Korhonen, Risto; Pimiä, Tuomo & Urpalainen Samu. 2011. Voimalaitostekniikka. Opetushallitus.
- 3 Huhtinen, Markku; Kettunen, Arto; Nurminen, Pasi & Pakkanen, Heikki. 1994. Höyrykattilatekniikka. Opetushallitus.
- 4 COMOS – Making data work. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/plant-engineering-software-comos.html>> Luettu 11.11.2023.
- 5 Integrated data management worldwide with COMOS Platform. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:d799c5df-812b-480a-a18e-15ada2701612/comos-platform-en.pdf>> Luettu 11.11.2023.
- 6 Consistent process plant engineering with COMOS Process. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:c9dcb8d2-4fdb-4bb7-88b6-820b5835e12e/comos-process-en.pdf>> Luettu 11.11.2023.
- 7 Fast & easy EI&C engineering with COMOS Automation. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:588b462e-89e5-485c-b611-7d1c5bfaed9d/comos-automation-en.pdf>> Luettu 11.11.2023.
- 8 Secure asset management with COMOS Operations. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:91b78a3e-295a-47b9-bd31-c321fb95863d/comos-operations-en.pdf>> Luettu 11.11.2023.
- 9 KKS-HANDBOOK. Verkkoaineisto. Landsnet. <<https://www.landsnet.is/library?itemid=7d42e706-db93-46ea-90ec-c461fd6d5fae>> Luettu 7.10.2023.
- 10 Kaiser, Jörg; Königstein, Harry & Müller, Heinz. 2007. RDS-PP – Transition from the KKS to an international standard. VGB 8/2007.

- 11 Automaatiosuunnittelun prosessimalli. 2007. Verkkoaineisto. Suomen Automaatioseura ry. <[https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/automaatiosuunnittelun\\_prosessimalli.pdf](https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/automaatiosuunnittelun_prosessimalli.pdf)> Luettu 17.11.2023.
- 12 SFS-EN 62708. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioprojekteissa käytettävät dokumenttilajit. 2015. Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

### Liite 1 Nuohoussekvenssikaavio



Käynnistyskäsky nuohoimelle 31

Käynnistyskäsky nuohoimelle 32

Käynnistyskäsky nuohoimelle 33

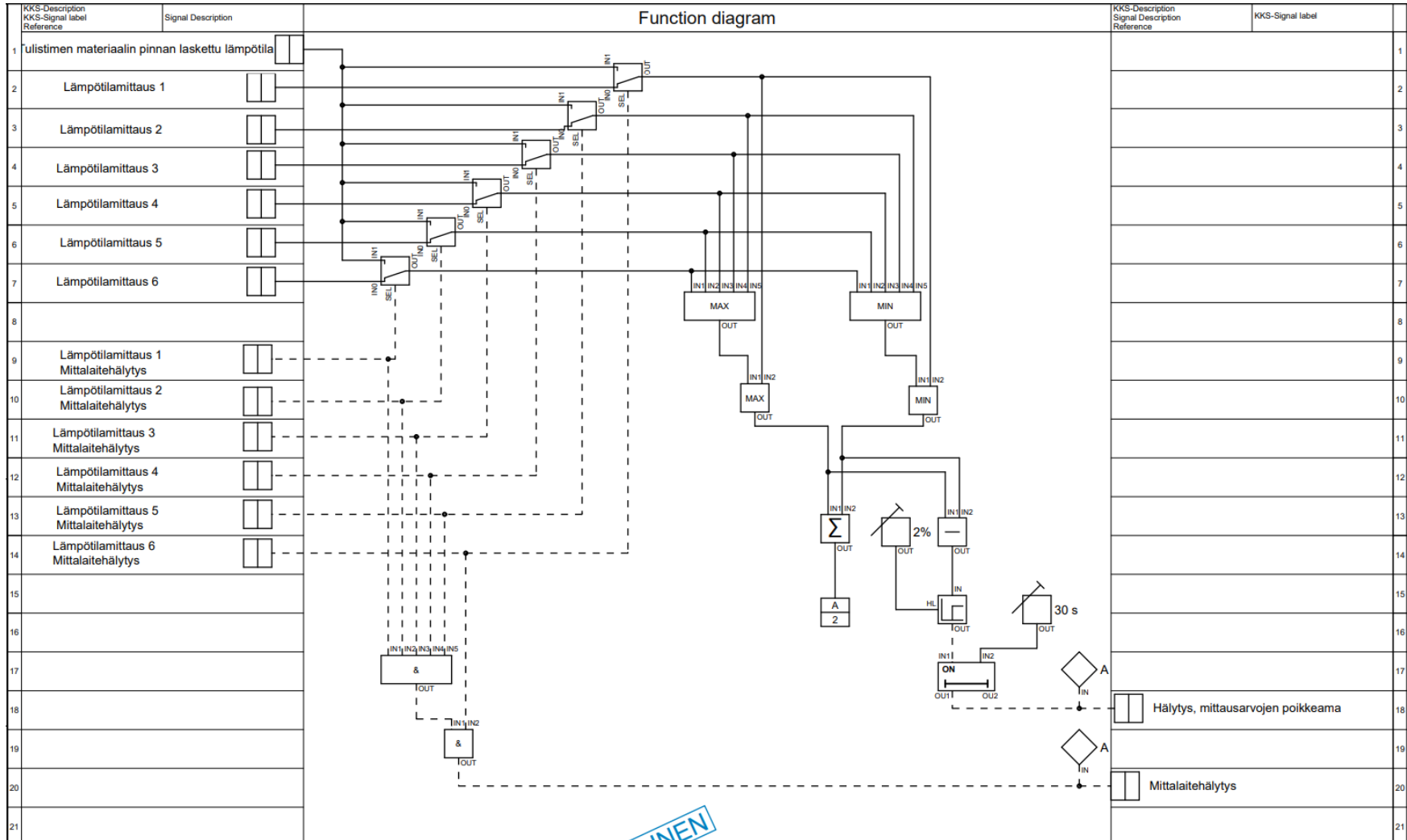
Käynnistyskäsky nuohoimelle 34

Käynnistyskäsky nuohoimelle 35

Käynnistyskäsky nuohoimelle 36

Nuohoussekvenssi valmis, Nuohoimet ulos, Sekvenssi seis

### Liite 2 Tulistimen lämpötilan laskennan toimintakaavio



INEN

