



Katariina Vall

# Voimalaitoksen elektrodikattilan laadunvalvonta laboratoriotyöntekijän näkökulmasta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Laboratorioanalytiikka (AMK)

Laboratorioanalytiikka

Opinnäytetyö

10.4.2025

## Tiivistelmä

Tekijä:	Katariina Vall
Otsikko:	Voimalaitoksen elektrodikattilan laadunvalvonta laboratoriotyöntekijän näkökulmasta
Sivumäärä:	27 sivua + 1 liite
Aika:	10.4.2025
Tutkinto:	Laboratorioanalyttikko (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Laboratorioanalytiikka
Ohjaajat:	Lehtori Miika Kuivikko Laborantti Sanna Koskelainen

---

Tämä opinnäytetyö suoritettiin Lahti Energia Oy:n kemian laboratoriossa. Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui perehtyminen joulukuussa 2024 käyttöön otetun elektrodisen sähkökattilan toimintaan sekä sen laadunvalvontaan laboratoriotyöntekijän näkökulmasta. Tavoitteena oli kerätä opittu informaatio yhteen dokumenttiin, joka jäisi Lahti Energian laboratorion työntekijöille käytettäväksi. Lahti Energian uusi elektrodinen sähkökattila on norjaisen PARAT Halvorsen AS -yhtiön valmistama PARAT-IEH-kattila, johon Lahti Energian prosessi- ja projektipäällikkö Jarno Rosenlund on suunnitellut lisäosia ja muokkauksia, jotka ovat taanneet sähkökattilan ihanteellisen toiminnan.

Tämän opinnäytetyön aikana perehdyttiin laadunvalvontaan, sähkökattilan toimintaan, rauta-, kupari- ja silikaattipitoisuuksien mittaamiseen sekä suunniteltiin ja toteutettiin itsenäisiä tutkimuksia. Itsenäisissä tutkimuksissa pyrittiin selvittämään, pystyykö sähkökattilan vedessä muodostumaan typpihappoa, ja jos pystyy, olisiko mahdollista määrittää sen pitoisuus. Kun sähkökattilan toimintaan perehdyttiin teoriassa, selvitettiin ettei typpihapon muodostumista tule tapahtumaan. Tämä hypoteesi vahvistettiin tutkimuksilla. Tarvetta typpihapon pitoisuuden määrittämiselle ei täten ole.

Opinnäytetyön aihe oli relevantti, sillä selkeää informaatiota uudesta sähkökattilasta tai sen hyödyntämisen veden laadunvalvonnasta ei Lahti Energian kemian laboratoriossa ollut. Opinnäytetyön aloitusvaiheessa oli sähkökattila koekäytössä, mikä antoi erinomaisen lähtökohdan oppimispäiväkirjalle. Oppimistavoitteita opinnäytetyölle oli asetettu kolme: tiedonhaussa kehittyminen, ongelmanratkaisutaitojen parantaminen sekä käytännön laboratoriotaitojen kehittäminen. Nämä oppimistavoitteet saavutettiin opinnäytetyön aikana.

Avainsanat: oppimispäiväkirja, voimalaitos, sähkökattila, typpihappo, titraus, UV-Vis-spektrofotometri

## Abstract

Author: Katariina Vall  
Title: Quality control of a power plant's electrode boiler from the perspective of a laboratory worker  
Number of Pages: 27 pages + 1 appendice  
Date: 10 April 2025

Degree: Bachelor of Laboratory Services  
Degree Programme: Laboratory science  
Professional Major: Name of the professional major  
Instructors: Miika Kuivikko, Principal Lecturer  
Sanna Koskelainen, Laboratory Technician

---

This thesis was done in the chemistry laboratory of Lahti Energia Oy. The topic of the thesis was to familiarize oneself with the operation of the electrode boiler that was put into operation in December 2024, and its quality control from the perspective of a laboratory worker. The goal was to collect information in one document that could be used by the employees of the Lahti Energia laboratory. Lahti Energia's new electric boiler is a PARAT-IEH boiler manufactured by the Norwegian company PARAT Halvorsen AS, to which Jarno Rosenlund, Process and Project Manager of Lahti Energia, has designed additional parts and modifications that have guaranteed the ideal operation of the electric boiler.

During this thesis, I will become familiar with quality control, the operation of the electric boiler, the measurement of iron, copper and silicate concentrations, and independent experiments were planned and carried out. Independent experiments aimed to determine whether nitric acid could be formed in the water of the electric boiler, and if so, whether it would be possible to determine its concentration. When the operation of the electric boiler was studied theoretically, it was found that the formation of nitric acid would not happen. This hypothesis was confirmed by experiments. Therefore, there is no need to determine the concentration of nitric acid.

The topic of the thesis was relevant, as there was no clear information about the new electric boiler or its water quality monitoring in the chemistry laboratory of Lahti Energia. At the beginning of the thesis, the electric boiler was in trial use, which provided an excellent starting point for the learning diary. Three learning objectives were set for the thesis: development in information retrieval, improvement of problem-solving skills, and development of practical laboratory skills. These learning objectives were achieved during the thesis.

Keywords: learning diary, power plant, electric boiler, nitric acid, titration, UV-Vis-spectrophotometer

# Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lähtötilanteen kartoitus	2
2.1	Lahti Energian kemian laboratorio	2
2.2	Nykyinen osaaminen ja kehityksen kohteet	3
3	Teoreettinen viitekehys	4
3.1	Titrimetriset menetelmät	4
3.2	Spektrofotometriset menetelmät	5
3.3	Sähkökattilat kirjallisuudessa	6
3.4	Metodit ja materiaalit	6
4	Päiväkirjamerkinnot	7
4.1	Tutkimusviikko 1	7
4.1.1	Tiedonhaku	7
4.1.2	Oppimisen reflektointi	9
4.2	Tutkimusviikko 2	10
4.2.1	Tiedonhaku	10
4.2.2	Oppimisen reflektointi	11
4.3	Tutkimusviikko 3	12
4.3.1	Näytteenotto	12
4.3.2	Oppimisen reflektointi	14
4.4	Tutkimusviikko 4	14
4.4.1	Raudan, kuparin ja silikaatin mittaus	14
4.4.2	Oppimisen reflektointi	15
4.5	Tutkimusviikko 5	16
4.5.1	Sähkökattilan veden tutkiminen titrimetrisesti	16
4.5.2	Oppimisen reflektointi	20
4.6	Tutkimusviikko 6	21
4.6.1	Sähkökattilan veden tutkiminen spektrofotometrisesti	21
4.6.2	Oppimisen reflektointi	23
5	Yhteenveto ja pohdinta	24
	Lähteet	27

## Liite 1: Typpihapon standardisuora

# 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö toteutetaan Lahti Energia Oy:n kemian laboratoriossa. Voimalaitoksen elektrodikattilan laadunvalvonta laboratoriotyöntekijän näkökulmasta on oppimispäiväkirjan muodossa toteutettu opinnäytetyö. Oppimispäiväkirja koostuu viidestä osiosta, jotka ovat johdanto, lähtötilanteen kartoitus, teoreettinen viitekehitys, päiväkirjamerkinnot sekä yhteenveto ja pohdinta.

Tässä osiossa käydään läpi opinnäytetyön taustaa ja tavoitteita sekä kerrotaan oppimistavoitteet ja niihin kehittymissuunnitelma. Toisessa osiossa kuvaillaan oman osaamisen lähtötilanne sekä Lahti Energian kemian laboratorion valmiudet sähkökattilan laadunvalvontaan. Kolmannessa osiossa käydään läpi opinnäytetyön kannalta tärkeät termit, käytetyt materiaalit ja menetelmät, sekä niiden teoriat. Päiväkirjamerkinnot ovat kuuden viikon ajalta ja niissä kerrotaan, miten elektrodiseen sähkökattilaan tai sen veteen on perehdytty, mitä on saatu selville ja reflektoidaan omaa osaamista. Lopuksi omaa oppimista analysoidaan kokonaisuudessa ja pohditaan mahdollisia tulevaisuuden kehityskohteita.

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia Lahti Energian kemian laboratorion käyttöön dokumentti, jossa on olennaiset tiedot uuden sähkökattilan toiminnasta ja siinä käytettävän veden laadunvalvonnasta laboratoriotyöntekijän näkökulmasta. Tämä tehdään perehtymällä sähkökattilan toimintaan teoriassa sekä perehtymällä sähkökattilan vesikemiaan suorittamalla kemiallisia analyysejä. Opinnäytetyöllä pyritään ohjeistamaan laboratorion työntekijöitä sekä ratkaisemaan kattilan laadunvalvonnan mahdollisia ongelmakohtia.

Lahti Energia tavoittelee hiilineutraalisuutta vuodelle 2028 [1]. Tätä tavoitetta varten on joulukuussa 2024 otettu käyttöön PARAT-IEH elektrodinen sähkökattila kaukolämmön tuotantoon. Opinnäytetyön aloitusvaiheessa oli sähkökattila vielä koekäytössä. Koska Lahti Energian kemian laboratoriossa ei vielä ole selkeää tietoa sähkökattilan toiminnasta, saati sen laadunvalvonnasta, on aihe tärkeä ja relevantti opinnäytetyön aiheeksi.

Koska opinnäytetyö suoritetaan oppimispäiväkirjana, on tavoitteena myös kehittää omaa osaamista oppimistavoitteiden kautta. Näitä oppimistavoitteita on kolme ja niitä reflektoidaan päiväkirjamerkintöjen aikana. Oppimistavoitteet ovat seuraavat:

- tiedonhaussa kehittyminen
- ongelmanratkaisutaitojen parantaminen
- käytännön laboratoriotaitojen kehittäminen.

Näissä kolmessa kohdassa pyritään kehittymään suunnittelemalla ja toteuttamalla analyysyjä itsenäisesti sekä perehtymällä monipuolisesti kemiallisiin analyyseihin sekä sähkökattilan toimintaan. Kehittymistä seurataan vertaamalla saavutettua osaamisen tasoa opinnäytetyön sekä opintojen aloitusvaiheessa olevaan osaamiseen.

## **2 Lähtötilanteen kartoitus**

Tässä osiossa kuvaillaan, millainen on Lahti Energian kemian laboratorio ja millaiset lähtökohdat siellä ovat elektrodisen sähkökattilan laadunvalvontaan. Lisäksi kuvaillaan opinnäytetyön tekijän tämänhetkistä osaamista ja kehityskohteita tarkemmin.

### **2.1 Lahti Energian kemian laboratorio**

Lahti Energian kemian laboratoriossa tutkitaan Lahti Energian laitosten prosessi- ja ympäristövesinäytteitä. Lahti Energian kemian laboratoriossa on mahdollisuudet toteuttaa analyysyjä muun muassa titrimetrisesti sekä spektrofotometrisesti. Laboratoriossa on käytössä UV-Vis-spektrofotometri.

Opinnäytetyön aloitusaikana, oli elektrodinen sähkökattila vielä koekäytössä. Lahti Energian kemian laboratoriossa on kuitenkin aikaisemmin analysoitu, toiminnaltaan hieman erilaisten, vastussähkökattiloiden kattilavesiä. Näiden vesien perusteella tiedetään, että vedestä on ainakin hyvä seurata pH:n ja sähkönjohtokyvyn lisäksi silikaatin, raudan ja kuparin pitoisuuksia. Näitä

ominaisuuksia analysoidaan jo muistakin Lahti Energian voimalaitoksien prosessivesistä. Laboratoriossa on siis hyvät edellytykset uuden sähkökattilan veden laadunvalvontaan.

Täyttä varmuutta ei vielä ole siitä, tarvitseeko vedestä analysoida lisäksi muuta. On esimerkiksi esitetty mahdollisuus, että kattilassa syntyisi typpihappoa. Tämän opinnäytetyön aikana olisi tarkoitus selvittää, onko typpihapon muodostuminen mahdollista ja olisiko se ongelma.

## 2.2 Nykyinen osaaminen ja kehityksen kohteet

Tämänhetkinen opinnäytetyön tekijän osaamisen taso on monelta osin hyvä. Laboratorioanalyytikon opintoihin kuuluu vesianalyysikurssi, jonka aikana on saatu tietoa ja käytännön osaamista erilaisten vesien, kuten kaivovesien analysoinnista. Kurssin aikana on mahdollista perehtyä enemmän joko kemiallisiin tai mikrobiologisiin menetelmiin. Näistä olen perehtynyt enemmän mikrobiologisiin, jolloin kemiallisten menetelmien oppiminen jäi heikommaksi. Harjoittelussa Lahti Energian kemian laboratoriossa olen perehtynyt kemiallisiin menetelmiin, esimerkiksi ammoniakkin ja kokonaiskovuuden määrittämiseen, sillä laitoksen prosessivesistä tehdään pääsääntöisesti kemiallisia analyysejä. Näiden analyysien osalta osaaminen on hyvä.

Teknisestä osaamisesta huolimatta on teoreettinen tietämykseni heikompaa sähkön ja lämmön tuotannon prosesseista. Uuden elektrodisen sähkökattilan toimintaan perehtyminen on sen veden laadunvalvonnan kannalta todella tärkeää. Perehtyminen tulee laajentamaan ymmärrystä sähkön ja lämmön tuotannosta.

Oppimistavoitteita tällä opinnäytetyölle ovat kehittyminen tiedonhaussa, ongelmien ratkaisemisessa sekä käytännön taitojen kasvatus. Lisäksi toiveena on kehittyä oma-aloitteisessa tutkimisessa. Näitä oppimistavoitteita lähdetään kehittämään perehtymällä laadukkaaseen tiedonhakuun, tutkimalla kattilaveden

ominaisuuksia sekä suunnittelemalla ja toteuttamalla itsenäisiä tutkimuksia. Mikäli näissä onnistutaan, onnistutaan myös oppimistavoitteissa.

### 3 Teoreettinen viitekehys

Tässä osiossa käsitellään keskeiset käsitteet, kuten titrimetria ja spektrofotometriä ja käydään läpi niiden teorit. Kolmas keskeinen käsite eli sähkökattila käsitellään siinä suhteessa, mitä siitä löytyy kirjallisuudesta. Lahti Energian elektrodista sähkökattilasta kerrotaan tarkemmin päiväkirjamerkintöjen ohella. Lisäksi keskeisessä roolissa ovat useat alkuaineet ja yhdisteet, kuten rauta, kupari ja typpihappo. Myös opinnäytetyössä käytetyt materiaalit ja menetit sekä analyysien standardit ovat listattu tähän osioon.

#### 3.1 Titrimetriset menetelmät

Titrimetrisillä menetelmillä tarkoitetaan analyysimenetelmiä, joissa hyödynnetään titrausta. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi potentiometrinen titraus ja pH-indikaattorin käyttö, joita molempia käytetään tässä opinnäytetyössä.

Potentiometrinen titraus suoritetaan happo-emästitrauksena, ja se perustuu ekvivalenttipisteen löytämiseen. Ekvivalenttipisteessä hapon ja emäksen ainemäärät ovat samat, jolloin tutkittavan aineen konsentraatio voidaan laskea kaavan 1 mukaisesti. Tätä käytetään, kun halutaan tietää esimerkiksi liuoksessa olevan hapon pitoisuus.

Ainemäärän laskukaava:  $n = cV$  (1)

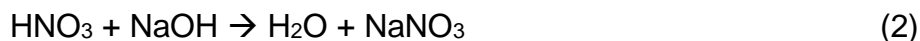
jossa  $n$  on ainemäärä,

$c$  on konsentraatio

$V$  on tilavuus.

Tässä opinnäytetyössä ekvivalenttipisteen selvittämiseen käytetään pH-mittaria. Kun pH:n muutos tasaantuu, ekvivalenttipiste on saavutettu [2, s. 145–146.] Titratavana on typpihappo ja titraus suoritetaan natriumhydroksidilla. Kun

typpihappoa titrataan natriumhydroksidilla, ne neutraloituvat, jolloin syntyy vettä ja natriumnitraattia kaavan 2 mukaisesti. Natriumnitraatti on veteen liukeneva suola.



Tässä opinnäytetyössä suoritetaan happo-emästitraus pH-indikaattorin avulla. Titratessa pH-indikaattorin avulla pH:n muutosta ei seurata pH-mittarilla vaan väriaineella, joka muuttaa väriä tunnetulla pH-alueella. Koska näyteveden pH on normaalioloissa 9–11 on pH-indikaattoriksi valikoitunut tymoliftaleiini. Tämä indikaattori vaihtaa väriä värittömästä siniseksi, kun liuoksen pH on 9,3–10,5. Tutkimuksen tarkoitus on lisätä näyteveteen typpihappoa, laskien sen pH:ta hie-man, minkä jälkeen pH nostetaan natriumhydroksidilla takaisin näytteen normaaliin pH-lukemaan seuraamalla värin muutosta. Teoriassa natriumhydroksidin kulutuksen pitäisi olla sama, kuin lisätyn typpihapon määrä.

### 3.2 Spektrofotometriset menetelmät

Spektrofotometrisillä menetelmillä tarkoitetaan tekniikkaa, jossa käytetään jotain laitetta, joka hyödyntää spektrofotometriä. Tässä opinnäytetyössä kyseinen laite on UV-Vis-spektrofotometri.

UV-Vis, ultraviolet-visible spectroscopy, on tekniikka, jonka toiminta perustuu näytteen kykyyn absorboida valoa. Kun atomi absorboi valofotonin, se saa siitä energiaa. Tällöin atomin kuorelle syntyy virittynyt tila. Kun tuo virittynyt tila purkautuu, atomi emittoi energiaa. Tämä energia on mitattavissa spektrofotometrillä [2, s. 444.]

UV-Vis-laite kohdistaa näytteeseen valoa, josta tietty määrä absorboituu ja tietty määrä emittoituu. Laitteen sisäiset detektorit mittaavat emittoitua ja absorboitua valon määrää ja antaa absorbanssiarvon [3, s. 3] Kvantitatiivinen mittaus edellyttää, että laitteelle valmistetaan standardisuora, joka vertaa näytteestä

mitattua absorbanssia tunnettuihin standardipitoisuuksiin. Tunnettujen pitoisuuksien avulla laite kertoo näytteen pitoisuuden.

Tässä opinnäytetyössä UV-Vis-spektrofotometriä käytetään raudan, kuparin ja silikaatin mittaamiseen sekä typpihapon analysoimiseen. Typpihapon absorptiopiikki pitäisi näkyä aaltopituudella 230–250 nm [4].

### 3.3 Sähkökattilat kirjallisuudessa

Markkinoilla sähkökattiloita löytyy sekä yksityishenkilöille omiin kotitalouksiin että isommassa mittakaavassa lämmöntuotantoon voimalaitoksille. Voimalaitoksille sähkökattiloita valmistaa esimerkiksi Sigma Thermal Inc., Ecotherm sekä PARAT Halvorsen AS. Suomessa sähkökattiloiden käyttö on yleistynyt ja monilla sähköyhtiöllä, kuten Vantaan Energia Oy:llä, Vaasan Voimalla ja Tampereen Energialla, onkin jo sähkökattiloita käytössä Lahti Energia Oy:n lisäksi. Tulevaisuudessa sähkökattiloilla tuotettua lämpöä tulee olemaan paljon, sillä esimerkiksi Helen Oy on rakentamassa Euroopan suurinta sähkökattilalaitosta Hanaasaareen [5]

Sähkökattiloita ja niiden hyötyä on tutkittu Euroopassa paljon, ja niiden on todettu olevan toimiva ratkaisu vanhojen fossiilisia polttoaineita käyttävien lämmityslaitteiden korvaamiseksi. Sähkökattilat hyödyntävät markkinoilla olevaa halpaa sähköä, jota useimmiten tuotetaan uusiutuvan energian, kuten tuuli- ja auringovoiman avulla. Tästä syystä sähkökattilalla tuotettu lämpö on ympäristöystävällisempää, kuin perinteisellä polttoaineella tuotettu lämpö [6]

### 3.4 Metodit ja materiaalit

Opinnäytetyössä käytettävät metodit ja materiaalit.

- UV-Vis-spektrofotometri (Shimadzu Corp., UV-1900)
- pH-mittari (Mettler Toledo, Seven Multi)
- sähkönjohtokyky mittari (SevenExcellence, Multiparameter)

- typpihappo 65 % (J.T. Baker, Cas: 7697-37-2)
- natriumhydroksidi (J.T. Baker, Cas: 1310-73-2)
- tymoliftaleiini (Thermo Scientific, Cas: 125-20-2)
- etanoli 99,5 p-% (Etax Aa).

Taulukossa 1 on listattu, mihin standardeihin tai työohjeisiin perustuvat opinnäytetyön yhteydessä suoritettut analyysit.

Taulukko 1. Analyysit ja standardit

Analyysi	Standardi
veden pH-arvon määrittäminen	SFS 3021
veden sähkönjohtavuuden määrittäminen	SFS 3022
veden raudan määrittäminen	SFS 3028
veden silikaatin määrittäminen	VBG-vesianalyysityöryhmä 1996
veden kuparin määrittäminen	VGB Mitteilungen 48, 1968, Eine einfache Methode zur Kupferbestimmung

## 4 Päiväkirjamerkinnot

### 4.1 Tutkimusviikko 1

#### 4.1.1 Tiedonhaku

Ensimmäisellä tutkimusviikolla tehtiin tiedonhakua. Tavoitteena oli perehtyä, miksi voimalaitoksen prosessivesien laadunvalvonta on tärkeää. Tiedettiin, että sähkökattilan vedestä tahdottiin tutkia sähkönjohtokykyä ja pH:ta sekä silikaatti-, rauta-, ja kuparipitoisuutta. Tästä syystä perehdyttiin tarkemmin, miksi näitä ominaisuuksia analysoidaan.

Sähkönjohtokyvyn mittaaminen tapahtuu sähkönjohtokykymittarilla ja pH:n mittaaminen tapahtuu pH-mittarilla. Silikaatti, rauta ja kuparipitoisuus mittaaminen tapahtuu UV-Vis-spektrofotometrillä. Näihin mittauksiin Lahti Energian kemian laboratoriossa on laitteistot, menetelmät ja toimintaohjeet valmiina.

pH määritellään vedyn pitoisuuden negatiivisena logaritmina kaavan 3 mukaisesti [2, s. 132].

$$pH \approx -\log [H^+] \quad (3)$$

pH:n mittaaminen kertoo, onko tutkittava liuos hapan, neutraali vai emäksinen. Voimalaitoksen prosessivesissä riittävän korkea pH taso on tärkeää, sillä korkeampi pH-taso vähentää korroosion riskiä [7, s. 5]. Tästä syystä pH-tasoa on tärkeä seurata.

Sähkönjohtokyvyllä tarkoitetaan liuoksen tai materiaalin sähkön johtavaa ominaisuutta [8]. Riittävä sähkönjohtokyky on edellytys sähkökattiloiden toimimiselle, sillä liian alhainen sähkönjohtokyky vaikuttaa kattilaveden lämpenemisen tehokkuuteen. Tavoitearvo on jokaisella sähkökattilalla eri riippuen sen koosta. Sähkönjohtokyky kertoo lisäksi veteen liuenneista aineista, sillä esimerkiksi suuret rautapitoisuudet nostavat sähkönjohtokykyä.

Raudan ja kuparin mittaaminen on tärkeää, sillä ne kertovat kattilan kunnosta. Korroosion takia rautaa liukenee veteen vaihtelevia määriä. Kuparisia osia ei paljoa kattilassa ole, mutta sitä voi liueta esimerkiksi putkista. Kun näiden aineiden pitoisuuksia seurataan vedestä, pystytään valvomaan laitteiden kuntoa.

Tällä viikolla selvitettiin myös, mitä muita ominaisuuksia sähkökattilan vedestä voisi analysoida. Koska joissain paikoissa on sähkökattiloissa typpihapon muodostuminen ollut ongelmana, pyyntönä oli, että selvitetäisiin voisiko typpihapon muodostuminen tapahtua tässä kattilassa. Lisäksi tavoitteena oli suunnitella mahdollinen menetelmä typpihapon pitoisuuden määrittämiseksi.

Typpihapon pitoisuutta voisi mahdollisesti tutkia titrimetrisillä tai spektrofotometrisillä menetelmillä. Seuraavan viikon aikana perehdytään sähkökattilan toimintaan teoreettisesti, minkä jälkeen osataan arvioida paremmin, onko typpihapon muodostuminen todellinen vai teoreettinen ongelma.

#### 4.1.2 Oppimisen reflektointi

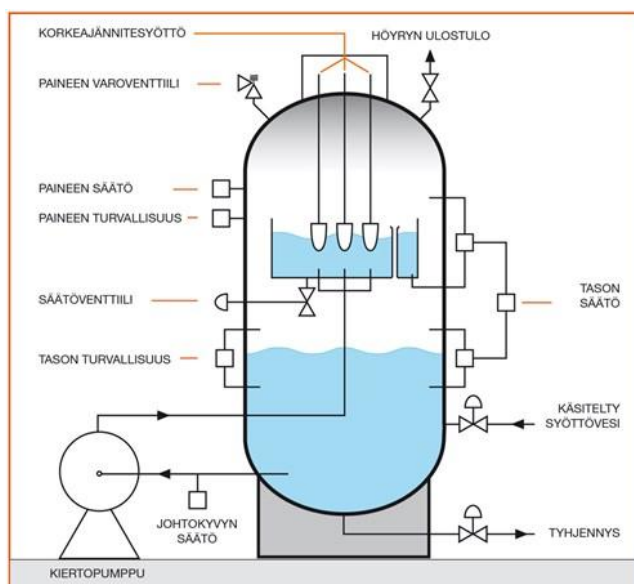
Tavoitteena tälle viikolle oli perehtyä voimalaitoksen kattilaveden laadunvalvonnan tärkeyteen ja siihen, miksi tiettyjä analyysejä tehdään. Perehtymällä näihin kehitettiin tiedonhakutaitoja, sekä kasvatettiin tietämystä voimalaitoksen laadunvalvonnasta. Tiedonhakutaitoja kehitin muun muassa pohtimalla, mistä löytää luotettavaa tietoa, koska kaikki tieto ei aina ole olennaista tai soveltuva. Hyviä tapoja oppia on pohtimalla itse, kysymällä ja hakemalla tietoa eri lähteistä ja eri kielillä. Tällöin lähteiden luotettavuutta voi analysoida monipuolisemmin. Oppimiselle on hyödyllistä, että selvittää, miksi jotain asiaa tehdään. Tässäkin tapauksessa selvittämällä, miksi jotakin pitoisuutta analysoidaan, auttaa ymmärtämään sen tärkeyttä laadunvalvonnan näkökulmasta.

Itsenäinen suunnittelu typpihapon pitoisuuden määrittämiseksi kasvatti tuntemustani eri analyysityypeistä ja niiden soveltavuuksista. Päädyin titrimetriin ja spektrofotometriin menetelmiin, sillä ne olisivat yksinkertaiset ja nopeat toteuttaa laboratorioissa. Pystyin hyödyntämään harjoittelujeni aikana saamaa käytännön osaamista, sillä tehdessäni analyysejä harjoitteluni aikana, lähdin pohtimaan, voisiko niitä soveltaa myös typpihapon pitoisuuden määrittämiseksi kattilavedessä. Ennen harjoitteluani, opintojen alusta puhumattakaan, en olisi osannut purkaa eri analyysejä osiin ja soveltamaan niiden käyttöä laboratorioissa. Tämän huomaaminen kasvatti itsevarmuuttani, sillä ohjeiden soveltaminen on osaamistasolla korkeammalla, kuin ohjeiden seuraaminen.

## 4.2 Tutkimusviikko 2

### 4.2.1 Tiedonhaku

Tällä tutkimusviikolla perehdyttiin elektrodikattilan toimintaan. Tavoitteena oli saada mahdollisimman kattava kuva kattilan toiminnasta ja pohtia, olisiko typpi-hapon muodostuminen ongelma vai ei. Lahti Energialla oleva sähkökattila on norjalaisen PARAT Halvorsen AS -yhtiön PARAT-IEH-sähkökattila, joka on kuvassa 1.



Kuva 1. PARAT-IEH-sähkökattila [9].

Yllä oleva kuva sekä tietoa kyseisestä sähkökattilasta haettiin Paratin omilta nettisivuilta. Lisätietoa saatiin Lahti Energian omalta henkilökunnalta. Sähkökattilan toiminnasta saatiin perehdytys sekä pidettiin kattava palaveri. Perehdytyksessä nähtiin kuvia kattilan sisältä sekä saatiin tietoa kattilan toiminnasta. Pidetystä palaverissa käytiin yksityiskohtaisemmin läpi kattilan yksityiskohtia ja vesikemialla.

Vaikka sähkökattila onkin PARAT-IEH-kattila, monet lisäosat kattilaan on kehittänyt Lahti Energian sähkökattilan prosessi- ja projektipäällikkö Jarno Rosenlund. Monet näistä lisäosista ja muutoksista ovat salattua tietoa. Tästä syystä

opinnäytetyössä puhutaan jatkossa kemikaalista A, eikä kattilan toimintaa kuvailla yksityiskohtaisesti.

Sähkökattilan sisällä on usea elektrodi, joiden lävitse virtaa sähköä. Nämä elektrodit ovat vedessä, jolloin sähkövirtaus lämmittää vettä. Sähkökattilan tehoa säädetään nostamalla ja laskemalla elektrodien ympärillä olevaa veden tasoa [9.] Kuuma vesi otetaan talteen ja sitä käytetään Lahden kaupungin kaukolämpöverkossa.

Kattilan ihanteellisen toiminnan kannalta käytettävän veden laadun on oltava riittävä. Veden tärkein elementti on sen sähkönjohtokyky ja sitä seurataan jatkuvatoimisilla mittareilla. Riittävä sähkönjohtokyky takaa, että vettä ei kulu turhaan. Toinen elementti on veden happipitoisuus. Liiallinen happipitoisuus kattilavedessä hapettaa ja siten kuluttaa metallisia elektrodeja. Siksi matala happipitoisuus on tarpeellinen. Myös kattilaveden pH on tärkeä ja ihanteellisesti se olisi 9–11. Sitä säädetään yleisesti esimerkiksi natriumhydroksidilla. Kattilan vesikemia noudattaa standardia SFS-EN 12953-10. Kattilan sisällä on typpikaasua, jota käytetään kattilan paineistamiseen ja veden höyrystymisen estämiseksi [9.]

Mikäli kattilassa olevat elektrodit alkavat kulua, olisi mahdollista, että kattilassa oleva typpikaasu yhdessä hapen, vedyn ja sähkönsä kanssa muodostaisi typpihappoa. Tätä on tapahtunut Suomessa jossain sähkökattiloissa, joissa veden pH on ollut 6–9. Kattilavedessä typpihapon muodostuminen laskisi pH-tasoa ja edistäisi metallisten osien kulumista. Kuitenkaan tässä sähkökattilassa ei typpihapon muodostuminen tule olemaan ongelma, tehtyjen muutoksien ja kattilassa käytettävän hyvälaatuisen veden ansiosta.

#### 4.2.2 Oppimisen reflektointi

Viikon kaksi tavoite oli muodostaa kattava ymmärrys sähkökattilan toiminnasta. Perehtyminen tapahtui erilaisilla tiedonhakumenetelmillä, hakemalla tietoa itsenäisesti ja osallistumalla opetustilanteisiin. Itsenäisesti hain tietoa tieteellisistä

artikkeleista, uutisista sekä standardeista. Näiden lähteiden ja tietojen analysointi vahvisti kykyäni soveltaa kirjallisuustietoa käytännön laboratoriotyössä. Opetustilanteista perehdytys ja palaveri antoivat käytännön läheisemmän koulutuksen sähkökattilan toiminnasta. Kysymysten esittäminen näissä tilaisuuksissa vahvisti vuorovaikutustaitoja, jotka edelleen edistävät osaamistani laboratorion ammattilaisena.

Opintojen aikana on helppo kysyä neuvoa opettajilta ja opiskelutovereilta, koska se kuuluu oppimisprosessiin. Työelämässä ollessa kysymysten esittäminen on kuitenkin hankalampaa, etenkin jos on kiinnostunut asioista, jotka eivät varsinaisesti kuulu omaan työtehtäviin. Laboratorioanalytikoille ei ole välttämätöntä ymmärtää kaikkien laitteiden toimintaa yksityiskohtaisesti, mutta niiden ymmärtäminen täydentää ammatillista osaamista ja -taitoa.

Toisena tavoitteena oli selvittää, voisiko typpihapon muodostumista tapahtua. Selvitettiin, että typpihappoa ei voi muodostua kattilassa, joka on laadunvalvonnan kannalta positiivista informaatiota. Tämä vähentää kuormaa, joka muuten tulisi laboratoriotyöntekijöille. Vaikka typpihapon muodostuminen ei ole ongelma, päätettiin silti suorittaa suunnittelemani tutkimukset, sillä itsenäinen työskentely edistää oppimista tehokkaasti. Mahdollisesti onnistutaan vahvistamaan hypoteesin siitä, ettei typpihapon muodostuminen tule olemaan ongelma.

### 4.3 Tutkimusviikko 3

#### 4.3.1 Näytteenotto

Kolmannella viikolla perehdyttiin näytteenottoon. Tavoitteena oli perehtyä oikeanlaiseen näytteenottoon, sillä oikeaoppinen näytteenotto on onnistuneen analyysin kulmakivi. On pidettävä huolta, että näytepullot ovat asialliset ja hyvin huuhdotut, näytevetä valutetaan tarvittava määrä ja veden lämpötila on noin 20 °C.

Sähkökattilasta otetaan vesinäytteet kahdesti viikossa. Olen ottanut vesinäytteitä opintojen ja harjoittelun aikana. Näytteenotto itsessään ei ollut uutta, mutta tämän kattilan näytteenottopaikka oli uusi. Koska sähkökattilassa veden lämpötila nousee todella korkealle, vesi kulkee näytejäähdyttimen läpi näytteenotopisteelle. Lämpötilaa lasketaan, koska silloin näytteenotto on turvallisempaan ja näytteestä saadaan realistisempi tulos. Esimerkiksi sähkönjohtokyky on herkkä lämpötiloille, jolloin korkeampi lämpötila näyttää korkeampaa tulosta. Tämä takaa näytteenotopisteellä on myös jatkuvatoimiset mittarit, jotka seuraavat sähkönjohtokykyä. Vettä ei valuteta kokoaikaisesti, vaan näytteenottoa varten linja huuhdellaan isommalla paineella, jonka jälkeen veden virtaus säädetään pienemmälle ja annetaan virtauksen tasaantua noin 30 minuutin ajan. Näin vältetään paineenvaihtelun aiheuttama vääristymä tuloksiin. Jos kattila ei ole toiminnassa, pitää erikseen pyytää sen laittamista päälle valvomosta.

Näytteen valutuksen tärkeyden havainnollistamiseksi päätettiin toteuttaa pieni tutkimus. Tässä tutkimuksessa näyte otettiin muutaman minuutin valutuksen jälkeen sekä 30 minuutin valutuksen jälkeen samasta näytteenotopisteestä. Riippuen millaisia analyysejä vedestä tehdään, on valutusajan oltava vähintään puoli tuntia. Esimerkiksi raudan pitoisuuden kvantitatiivista määrittystä varten on näytteen valuttava ainakin 30 minuuttia. Kuten taulukosta 2 nähdään, näytteessä, jota valutettiin vain muutama minuutin ajan, oli rautapitoisuus yli 1 000 µg/l. Näyte, jota valutettiin 30 minuuttia, oli rautapitoisuus alle 100 µg/l.

Taulukko 2. Rautapitoisuus erot riippuen näytteen valutusajasta.

Valutusaika	Rautapitoisuus (µg/l)
<b>2 min</b>	>1 000
<b>30 min</b>	<100

Näytteenotossa on otettava myös huomioon näytepullon huuhtominen. Jos näytepulloa ei ole huuhdeltu uudella näytteellä näytteenoton yhteydessä, uusi

näytevesi kontaminoituu vanhalla näytteellä. Tällöinkin lopputuloksena on väärä pitoisuus.

#### 4.3.2 Oppimisen reflektointi

Kolmannen viikon tavoite oli perehtyä oikeaoppiseen näytteenottoon. Toteutettu tutkimus konkretisoi, kuinka tärkeää se laadunvalvonnan kannalta on. Tutkimuksen avulla havaittiin, että esimerkiksi metallit ovat herkkiä antamaan vääriä pitoisuuksia, jos näyte otetaan väärin.

Tämä viikko oli todella tärkeä, sillä näytteenotto on osa jokapäiväistä laboratoriotyötä. Havaittiin, että oikeaoppinen näytteenotto on edellytys onnistuneelle analyysille, sillä näytteenotto aiheuttaa suurimman epävarmuuden tulosten oikeellisuuteen. Tämän ymmärtäminen tukee ammatillista osaamista. Kun näytteet otetaan oikean tavalla ja toistettavasti joka kerta, analyysin laatu paranee. Tällöin erityisesti laadunvalvonnan suorittaminen onnistuu, sillä saatuun tulokseen pystytään luottamaan.

### 4.4 Tutkimusviikko 4

#### 4.4.1 Raudan, kuparin ja silikaatin mittaaminen

Tällä viikolla keskityttiin ainoastaan analysoimaan pyydettyjä pitoisuuksia vedestä. Samoja mittauksia tehtiin myös muina viikkoina opinnäytetyön ja harjoittelun aikana. Tavoitteena oli kerätä käytännön osaamista ja kehittää ongelmanratkaisutaitoja, mikäli ongelmia tulisi vastaan.

Mitattavia pitoisuuksia olivat sähkönjohtokyky, pH, rauta, kupari ja silikaatti. Koska kattilan optimaaliselle toiminnalle riittävä sähkönjohtokyky on edellytys, on sitä seurattava jatkuvasti. Vaikka kattilavedessä on jatkuvatoimiset mittaukset, jotka kalibroidaan säännöllisesti, on sähkönjohtokyky silti tarkistettava laboratoriossa sähkönjohtokykymittarilla. Tämä rinnakkaismittaus toimii laadunvarmistusmittauksena, joka varmistaa, että jatkuvatoimiset mittarit toimivat ja tulos on

luotettava. Kattilan toiminnalle on myös tärkeää, että pH olisi 9–11, joten tämä tarkistetaan joka kerta pH-mittarilla. Raudan, kuparin ja silikaatin mittaamiseen käytetään UV-Vis-spektrofotometriä.

Koekäytössä sähkökattilan metalliosista liukeni paljon rautaa veteen. Tällöin veden rautapitoisuudet olivat todella korkealla ja analyysin luotettavuuden kannalta näytteen laimentaminen oikealle mitta-alueelle on tärkeää. Rautapitoisuudet vaihtelivat viikkojen sisällä paljon, jolloin näytteen laimentaminen osoittautui ongelmaksi. Välillä näytteestä tarvitsi 5-kertaisen laimennoksen ja välillä 25-kertaisen. Tämä ongelma ratkaistiin tekemällä useampi laimennossarja samasta näytteestä samaan mittauskertaan. Tällä tavalla lisättiin todennäköisyyttä siitä, että mitattu pitoisuus osuisi standardisuoralle. Kun sähkökattilalla oli ajettu tarpeeksi, raudan liukeneminenkin vähentyi. Tällöin näytteen laimentamista vähennettiin.

Kuten rautaa, myös kuparia oli vedessä koekäytön aikana enemmän. Kuparia ei kuitenkaan ollut niin paljoa, että sitä olisi tarvinnut laimentaa. Silikaatin mittauksen kanssa pidettiin huolita, että kaikki käytettävät astiat olivat muovisia, sillä silikaattia voi liueta lasisista välineistä veteen. Kuparin ja silikaatin kanssa ei ollut analyysien aikana ongelmia.

#### 4.4.2 Oppimisen reflektointi

Viikolla neljä kehitin käytännön laboratoriotaitoja tekemällä analysejä sähkökattilan vedestä itsenäisesti. Näiden analyysien aikana mitattiin näytteen alkuaipitoisuuksia ja ratkaistiin eteen tulleita ongelmia, kuten laimentamista, hyödyntäen aikaisemmin kerättyä ammattitaitoa ja kokemusta. Opintojen aikana on tehty usein laimennoksia, mutta se on ollut hyvin teoreettista ja usein laimentamisen tarpeen on tiennyt ennestään. Tämän viikon aikana pääsin hyödyntämään tätä teoreettista osaamista käytännössä.

Havaittiin, että raudan pitoisuuden tarkka mittaaminen oli ajoittain haasteellista ja siihen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Laadunvalvonnan kannalta on

tärkeää, että näytteiden analysoijat ymmärtävät näytteen ominaisuuksia oikein. Erityisesti raudan pitoisuuden mittauksen suhteen on tärkeää, että laboratorio-työntekijä ymmärtää, milloin ja miten näytettä on laimennettava, jotta saadaan luotettava tulos.

Laboratoriotyöntekijälle näytteen laimentaminen on tärkeä taito, jota näiden mittauksien yhteydessä pääsin kehittämään. Näiden analyysien yhteydessä tein itsenäisiä päätöksiä laimennoskertoimien suhteen, sen sijaan, että olisin kysynyt vastausta kollegalta. Laimentamisen haasteeksi osoittautui näytteen fyysiset ominaisuudet, kuten kirkkaus. Koska näytevesi on aina kirkasta, ei sen ulkonäöstä voi etukäteen päätellä, millaisen laimennoksen se tarvitsee. Huomasin, että näytteen laimentaminen onnistui koko ajan helpommin, sillä opin muodostamaan pätevän arvion laimennoskertoimesta näytteen edellistä tuloksista. Analyysien ja laimennoksien toistaminen kehitti ammatillista osaamista ja tukivat oppimista. Omien päätöksiä tekeminen ja ongelmien ratkaiseminen tukivat hyvin tavoitteitani tälle viikolle ja oppinäytetyölle.

## 4.5 Tutkimusviikko 5

### 4.5.1 Sähkökattilan veden tutkiminen titrimetrisesti

Viidennellä tutkimusviikolla kattilaveden ominaisuuksia tutkittiin titrimetrisesti. Tutkimukset suoritettiin itsenäisinä oppimistilanteina, jolloin tavoitteena oli kehittää tiedonhakua, käytännön osaamista sekä ongelmanratkaisutaitoja. Tutkimuksen lähtökohta oli täysin teoreettinen. Tiedettiin, että typpihapon muodostuminen ei ole realistinen ongelma. Tästä syystä tutkimuksia lähestyttiin ajatuksella, mikäli typpihappoa muodostuisi, miten sen pitoisuuden voisi määrittää. Lähtökohtana pidettiin typpihapon pitoisuus, sillä typpihapon muodostuminen on ollut todellinen ongelma joissakin paikoissa.

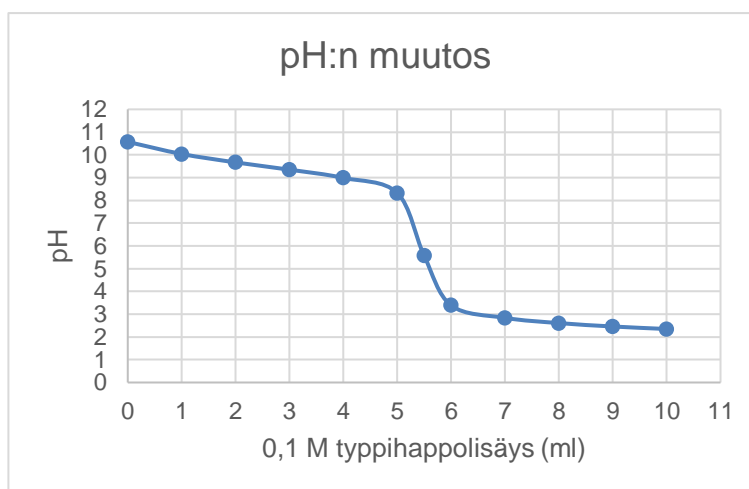
Tutkimukset aloitettiin selvittämällä, miten typpihapon muodostuminen vaikuttaisi todellisuudessa kattilaveden tärkeimpiin ominaisuuksiin eli pH:n ja sähkönjohtokyvyn arvoihin. Tutkimus toteutettiin lisäämällä 0,1 M typpihappoa 100 ml

näytevettä pienissä määrissä. Sähkönjohtokyky sekä pH mitattiin jokaisen lisäyksen jälkeen. Tulokset ovat taulukossa 3.

Taulukko 3. pH:n ja sähkönjohtokyvyn muutos, kun 100 ml näytevettä lisättiin 0,1 M typpihappoa.

0,1 M typpihappo (ml)	pH	Sähkönjohtokyky ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
0	10,57	88,67
1	10,04	173,81
2	9,67	289,55
3	9,35	409,6
4	8,99	530,35
5	8,33	644,79
5,5	5,57	694,61
6	3,39	856,39
7	2,84	1209,98
8	2,61	1558,54
9	2,46	1901,76
10	2,35	2229,88

Tällä tutkimuksella saatiin selville, että typpihapon muodostuminen nostaisi sähkönjohtokykyä ja laskisi pH-tasoa. Hypoteesina oli, että pH laskisi ja sähkönjohtokyky nousisi lineaarisesti. Näin ei kuitenkaan käynyt. pH:n ja sähkönjohtokyvyn muutokset muodostivat käyrät, jotka ovat kuvissa 2 ja 3.

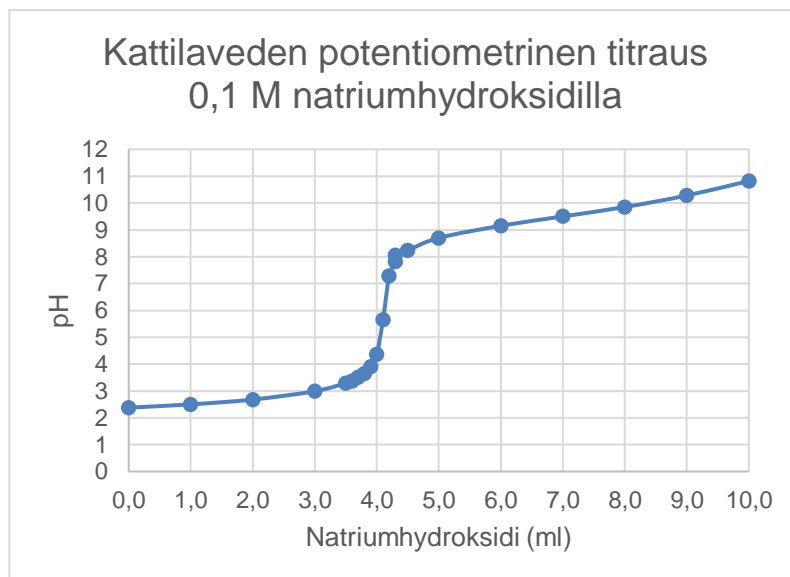


Kuva 2. Sähkökattilan veden pH:n muutos, kun lisättiin 0,1 M typpihappoa.

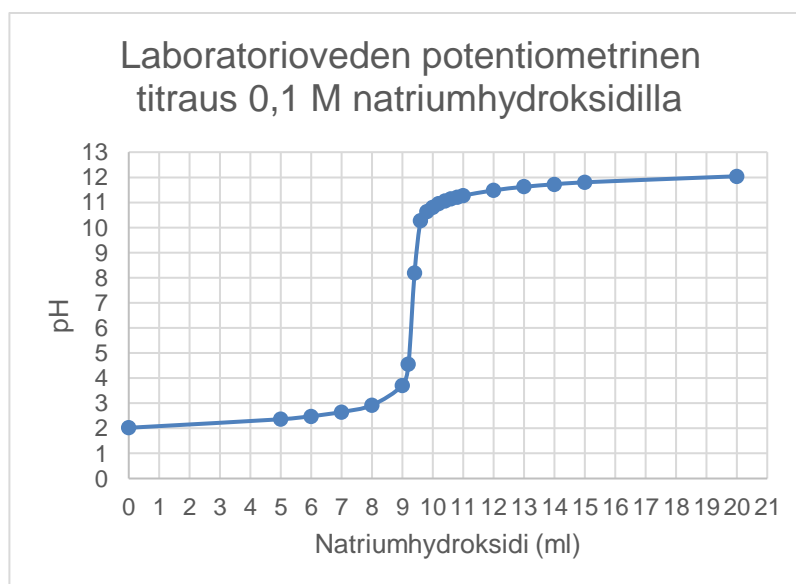


Kuva 3. Sähkökattilan veden sähkönjohtokyvyn muutos, kun lisättiin 0,1 M typpihappoa.

Typpihapon pitoisuuden määrittämiseksi suoritettiin potentiometrinen titraus, joka toteutettiin 0,1 M typpihapolla ja 0,1 M natriumhydroksidilla. Aikaisemman tutkimuksen perusteella tiedettiin, kuinka paljon lisätä typpihappoa, jotta näytevedestä saadaan hapan. Hapan näytevesi titrattiin natriumhydroksidilla emäkiseksi. Nollanäytteenä toimi laboratorion tislattu vesi, joka käsiteltiin samalla tavalla. Tulokset ovat kuvissa 4 ja 5.



Kuva 4. Sähkökattilaveden potentiometrinen titrauskäyrä.



Kuva 5. Tislattun laboratorioveden potentiometrinen titrauskäyrä.

Potentiometrinen titrauksien tuloksista laskettiin typpihapon pitoisuus. Kattilaveden toteutetusta titrauksesta typpihappopitoisuudeksi saatiin 0,041 mg/l, eli 0,04 M. Nollanäytteeseen tehdystä titrauksesta tulokseksi saatiin 0,093 mg/l, eli 0,09 M. Tuloksen olisi pitänyt molemmissa titrauksissa olla 0,1 mg/l, joka oli

käytetyn 0,1 M typpihapon pitoisuus. Titraukset toistettiin uudestaan samankaltaisilla tuloksilla.

Typpihapon pitoisuuden määrittämiseksi kokeiltiin myös titrausta pH-indikaattorin kanssa. pH-indikaattoriksi valikoitui tymoliftaleiiniin, sillä sen värinmuutosalue on 9,5–10,5, jolloin se muuttuu värittömästä siniseksi. Teoria on sama, kuin potentiometrisessä titrauksessa: jos kattilavedessä muodostuisi typpihappoa, sen pitoisuuden voisi selvittää titraamalla se 0,1 M natriumhydroksidilla. Periaatteena oli, että näytteeseen lisätään 3–6 tippaa tymoliftaleeiniä ja titrataan natriumhydroksidilla vaalean siniseksi. Tämä ei kuitenkaan onnistunut, sillä näyteveden pH oli liian korkea ja se muuttui heti siniseksi.

Näytteen pH:ta laskettiin ensin 0,1 M typpihapolla, jonka jälkeen titrattiin 0,1 M natriumhydroksidilla ekvivalenttipisteeseen. Tämä ei kuitenkaan onnistunut, sillä vaikka liuokseen lisättiin 5 ml 0,1 M typpihappoa, jo 3 ml 0,1 M natriumhydroksidin jälkeen liuos oli sinertävä.

Teoriassa potentiometrinen titraus ja pH-indikaattorin kanssa titraaminen toimisivat typpihapon pitoisuuden määrittämiseksi, mutta tämän kyseisen kattilaveden ominaisuuksien takia se ei onnistu.

#### 4.5.2 Oppimisen reflektointi

Titrimetristen tutkimuksien kautta havaittiin, että sähkökattilaan lisättävä kemikaali A aiheuttaa puskurointia. Tämä havaittiin, kun pH:n muutos ei tapahtunut lineaarisesti ja kun typpihapon pitoisuudeksi saatiin vähemmän näytevedessä, kuin nollanäytteessä. Typpihapon titrauskäyrät ja potentiometrinen titraus molemmat vahvistivat, että kemikaali A:lla on puskuroiva ominaisuus. Laadunvalvonnan kannalta tämä tarkoittaa, että typpihappoa ei pääse muodostumaan kattilaveteen. Näiden tutkimuksien tulokset vahvistavat sähkökattilan toiminnan teoriaa sekä hypoteesia typpihapon muodostumisesta.

Itsenäisesti tutkimusten suunnittelu ja toteuttaminen antoi mahdollisuuden syventää ja kehittää ammatillista osaamistani. Suunnittelemalla tutkimukset itse, pääsin kehittämään tiedonhakutaitoja. Toteuttamalla tutkimukset ja pohtimalla tutkimustuloksia, pääsin yhdistämään teoriaa ja käytäntöä kehittäen ongelmanratkaisutaitoja ja käytännön osaamista. Tämä kaikki vahvisti ammatillista osaamista.

Teorian yhdistäminen käytäntöön oli helpompaa, kun olin monipuolisesti perehtynyt tutkimusmenetelmien teoriaan sekä kattilaveden ominaisuuksiin. Tulosten tulkinta helpottui, kun ymmärsi, miksi tutkimustulos ei ollutkaan oletetun kaltainen. Onnistunut tulosten tulkinta korosti, että oppimista ja kehitystä on tapahtunut opinnäytetyön aikana.

Etenkin opintojen alussa, tulosten realistinen tarkastelu oli vaikeaa, eikä poikkeaville tuloksille löytynyt selitystä. Potentiometrinen titraus vahvisti kontrollinäytteen tärkeyttä, ja pitoisuuksien laskeminen vahvisti teorian tärkeyttä. Uskon, että tulosten tulkinnan vaikeus on johtunut siitä, että minun on välillä vaikea ymmärtää ja soveltaa teoriaa käytännössä. Huomasin, että nyt osaaminen on korkeammalla tasolla opintojen alkuun verrattuna.

Huomasin myös tällä viikolla, että asenteeni epäonnistumista kohtaan on muuttunut. Opintojen alussa epäilin kykyjäni ja tietoani, toisin kuin nyt. Nyt pystyn näkemään tilanteen realistisemmin siltä kannalta, että nämä menetelmät eivät sovellu tämän veden kanssa.

## 4.6 Tutkimusviikko 6

### 4.6.1 Sähkökattilan veden tutkiminen spektrofotometrisesti

Kuudennella ja viimeisellä tutkimusviikolla kattilaveden ominaisuuksia tarkasteltiin spektrofotometrisesti, edelleen näkökulmana teoreettisen typpihapon pitoisuuden määrittäminen. Koska teoreettista typpihappopitoisuutta ei voitu titrimetrisesti määrittää, valittiin spektrofotometrinen menetelmä. Tavoitteena oli

kasvattaa käytännön osaamista, kehittää ongelmanratkaisutaitoja sekä tutkimuksen suunnittelutaitoja.

Tutkimus aloitettiin valmistamalla standardisuora typpihapolle pitoisuuksille 1,0–100,0 mg/l aallonpituudelle 240 nm. Oikea aallonpituus löydettiin kokeilemalla. Standardiliuosten ja standardisuoran valmistus onnistui hyvin. Standardisuora on liitteenä 1. Suoran valmistuksen jälkeen UV-Vis-spektrofotometri nollattiin laboratorion tislattulla vedellä ja tehdyt standardiliuokset sekä näytevesi mitattiin samalla suoralla. Näytevesi mitattiin ilman typpihappolisäystä sekä typpihappolisäyksillä. Standardiliuoksien konsentraatiot olivat samat, kuin teoreettiset, mutta näytteen pitoisuus oli suoran ulkopuolella. Tulokset ovat taulukossa 4.

Taulukko 4. Standardiliuosten ja näytteen typpihappokonsentraatiot.

Näytteen nimi	Teoreettinen konsentraatio (mg/l)	Konsentraatio (mg/l)
<b>Nolla</b>	0	0,024
<b>Standardiliuos</b>	5	5,506
<b>Standardiliuos</b>	35	35,549
<b>Standardiliuos</b>	65	65,971
<b>Standardiliuos</b>	95	95,211
<b>Näyte</b>	0	185,191
<b>Näyte + lisäys</b>	5	193,886
<b>Näyte + lisäys</b>	35	212,215
<b>Näyte + lisäys</b>	65	245,181
<b>Näyte + lisäys</b>	95	254,857

Näytteen mittauksen aikana absorbanssiarvo vaihteli todella paljon. Monesti kun näin tapahtuu, on syynä ilmakehän läpivirtauskyvyttömyys, jolloin näyte pitää ottaa uudestaan laitteeseen. Vaikka näin toimittiin, ei absorbanssiarvon vaihtelu loppunut. Näytteissä, joihin oli lisätty tunnettu pitoisuus typpihappoa, olisi

pitoisuudet pitänyt olla samat, kuin teoreettiset. Koska tiedettiin, että näytteessä ei ole typpihappoa, on näytteessä oltava jokin yhdiste, joka häiritsee mittausta.

Ratkaisuna vaihtelevaan abrobanssiarvoon näytteeseen lisättiin typpihappoa tavoitteena laskea näytteen pH happamaksi. Edellisviikolta tiedettiin, että näytteeseen pitäisi lisätä 6 ml 0,1 M typpihappoa, jotta pH laskee tarpeeksi. Koska tämä oli liian suuri pitoisuus aikaisemmalle suoralle, yritettiin tehdä uusi suora pitoisuuksille 385–1 000 mg/l. Nämä pitoisuudet olivat kuitenkin spektrofotometrillemme liian suuria, jolloin absorbanssiksi tuli koko ajan 4,000 eikä standardisuoraa pystytty valmistamaan.

#### 4.6.2 Oppimisen reflektointi

UV-Vis-spektrofotometrillä tehtyjen mittausten avulla havaittiin, että typpihapon pitoisuuden mittaaminen sellaisenaan ei sovellu tälle laitteelle. Pienemmässä pitoisuudessa häiritseväksi aineeksi oletetaan olevan veteen lisättävä kemikaali A. Jos typpihappoa pystyisi muodostumaan kattilavedessä, menetelmän toimimattomuus olisi laadunvalvonnallisesti ongelma. Todellisuudessa laadunvalvonnallista ongelmaa ei ole, sillä typpihappoa ei kattilavedessä muodostu. Jos kuitenkin kattilaveden muodostuisi typen nitraatti- tai nitriitti-ioneja, näiden pitoisuuksia pystyttäisiin tutkia spektrofotometrisesti.

Tämän viikon tavoitteena oli kehittää ammatillista osaamista perehtymällä UV-Vis-spektrofotometrin teoriaan ja sen käyttöön pitoisuuksien määrittämiseksi. Aikaisempien harjoitteluni kautta minulla oli kokemusta UV-Vis-laitteella mittausten suorittamisesta. Kuitenkaan standardisuoria en tällä laitteella ollut valmistanut aikaisemmin. Perehdyin laitteen toimintaan etsimällä tietoa laitevalmistajan sivuilta sekä lukemalla laitteen käyttöopasta. Itsenäinen laitteen toimintaan ja käyttöön perehtyminen auttoi minua ymmärtämään laitteen toimintaa paremmin.

Kuten oikeaoppinen näytteenotto ja laimennus, on liuosten oikeanlainen valmistus jokaisen laboratoriotyöntekijän perustaitoja. Usein standardiliuosten valmistaminen tapahtuu tutkimusstandardien mukaisesti, eikä niitä tarvitse itse laskea.

On kuitenkin hyvä taito osata laskea ne myös itse. Tätä taitoa pääsin harjoittamaan tämän viikon aikana. Opintojen alussa ja ennen opinnäytetyötä on minulla ollut haasteita laskea, miten valmistan standardiliuokset. Käytännön tutkimuksen yhteydessä laskujen laskeminen vahvisti osaamistani.

Aikaisempien tutkimuksien tulosten hyödyntäminen ja soveltaminen oli palkitsevaa, sillä tunnistin aikaisemman tiedon tärkeyden ja se auttoi kehittämään kokonaiskuvaa osaamiseni laajuudesta. Tuleminen samaan lopputulokseen teoreettisen hypoteesin kanssa käytännön tutkimuksien avulla on todella palkitsevaa. Koen, että tämän viikon tutkimukset tukevat oppimistavoitteitani.

## 5 Yhteenveto ja pohdinta

Tämän opinnäytetyön aiheena oli perehtyä Lahti Energian uuden elektrodisen sähkökattilan toimintaan sekä siinä käytettävän veden laadunvalvontaan. Tavoitteena oli luoda tämä dokumentti Lahti Energian kemian laboratorion käyttöön, jossa olisi oleelliset tiedot kyseisen sähkökattilan veden laadunvalvonnasta. Tarkoituksena oli, että opinnäytetyön suorittamisen jälkeen olisi parempi ymmärrys, miten uusi sähkökattila toimii ja miten laboratoriotyöntekijä voi toimia osana laadukasta laadunvalvontaa. Koska opinnäytetyö suoritettiin oppimispäiväkirjan muodossa, oli lisäksi asetettu kolme oppimistavoitetta: tiedonhaussa kehittyminen, ongelmanratkaisutaitojen parantaminen sekä käytännön laboratoriotaitojen kehittäminen.

Sen lisäksi, että sähkökattiloiden toimintaan perehdyttiin, perehdyttiin myös erilaisiin titrausmenetelmiin sekä UV-Vis-spektrofotometrin teoriaan. Oikeaoppisen näytteenoton tärkeyttä havainnollistettiin yksinkertaisella tutkimuksella, raudan pitoisuuden määrittämistä varten perehdyttiin näytteiden laimentamiseen ja typpihapon pitoisuuden määrittämiseksi yritettiin valmistaa menetelmää.

Tiedonhaussa kehittyminen aloitettiin hakemalla tietoa erilaisista lähteistä, kuten tieteellisistä artikkeleista, standardeista, uutisista sekä koulutuksista. Luotettavaa tietoa varten haettiin lähteitä suomeksi ja englanniksi. Näiden lähteiden

luotettavuuden analysoiminen antoi mahdollisuuden kehittää kriittisen lukemisen taitoa. Tietoa on haettu muun muassa sähkökattilan toiminnasta, eri analyysistä ja analyysimenetelmistä sekä veden laadusta. Ennen tätä opinnäytetyötä oli tieteellisten artikkeleiden hyödyntäminen vaikeaa. Monet käyttämäni lähteet olivat opetussivuja, joiden tieto ei välttämättä aina ole luotettavaa. Olen oppinut, miltä sivuilta tieteellisiä artikkeleita löytyy ja millä avainsanoilla hakea tarvitsemaani tietoa. Olen perehtynyt perusteellisesti ja onnistuneesti elektrodisen sähkökattilan toimintaan ja laadunvalvontaan ja ymmärränkin nyt paremmin, miten ja miksi voimalaitoksien prosessivesiä analysoidaan. Tämä oli opinnäytetyön tarkoitus, joka on saavutettu onnistuneesti.

Ongelmanratkaisutaitoja kehitettiin teoreettisen ja käytännön tiedon avulla. Ongelmien ratkaisu ei ole kuulunut vahvuuksiini ennen tätä opinnäytetyötä. Ymmärrän nyt tämän johtuneen siitä, että teoreettinen tietotasoni ei ole ollut riittävän korkea, jotta olisin pystynyt pohtimaan ongelmien syitä, saati ratkaisuja. Tämän opinnäytetyön aikana kohdattiin useissa tutkimuksissa tilanteita, joissa lopputulos ei ollut oletetun kaltainen. Tällaisia hetkiä oli esimerkiksi, kun kattilaveden pH ei laskenut lineaarisesti typpihapon lisäyksen jälkeen. Näiden analyysien teorioiden ymmärtäminen antoi minulle mahdollisuuden tulosten kriittiseen analysoimiseen. Omien päätöksien ja suunnitelmien tekeminen sekä eteen tulleiden ongelmien ratkaiseminen antoivat mahdollisuuden kehittyä.

Käytännön taitoja kehitettiin useilla tavoilla. Opinnäytetyön aikana on haettu näytteitä, valmistettu liuoksia sekä tehty mittauksia. Tekemällä päivittäisiä laboratorion tehtäviä, on kasvatettu kokemusta ja itsevarmuutta, jotka itsessään kasvattavat ammatillista osaamista. Opinnäytetyön alussa teorian hyödyntäminen käytännössä oli minulle todella haastavaa. Esimerkiksi minulle oli haastavaa laskea pitoisuuksia enkä ymmärtänyt miten titrauskäyrää pystyn hyödyntämään apuna. Myös standardiliuosten valmistuksen laskeminen oli minulle haastavaa. Koen, että nyt kun olen käytännön tutkimuksissa tullut vastaan tilanteita, joissa olen näitä taitoja tarvinnut, osaan jatkossakin soveltaa tässä opinnäytetyössä oppimiani taitoja.

Koen, että olen haastanut itseäni tiedonhakijana, työntekijänä ja oman alan ammattilaisena. Uskon, että tulevaisuudessa pystyn hyödyntämään kehittämiäni taitoja työelämässä ja sen ulkopuolella. Hyödyntämällä käytössäni olleita resursseja, pystyin luomaan informatiivisen kokonaisuuden Lahti Energian laboratorion käyttöön ja koen, että onnistuin tekemään jotain, josta on hyötyä jatkosakin. Pystyin tutkimaan sähkökattilan vettä useammasta näkökulmasta ja perehtymään sen toimintaan tavalla, joka on hyödyllistä laitoksen työntekijöille. Koen, että tämän opinnäytetyön takia olen nyt parempi etsimään luotettavaa tietoa ja kysymään neuvoa sekä ratkaisemaan ongelmia. Koen, että olen itsevarmempi tekemästani työstä ja sen laadusta. Uskon siis onnistuneeni oppimistavoitteissani.

Sähkökattiloiden määrän uskon kasvavan tulevien vuosien aikana. Joissain paikoissa ei yhtä laadukas vesi tai lisäosia, jolloin heidän kattiloissaan varmasti tulee olemaan ongelmia tulevaisuudessa. Kuitenkin Lahti Energian sähkökattilan tilanne näyttää varsin ihanteelliselta. Jos halutaan, on mahdollista laajentaa laadunvalvontaa analysoimalla typen nitraatteja ja nitriittejä sähkökattilan vedestä. Tämä ei kuitenkaan tällä hetkellä ole tarpeellista. Jos tämä myöhemmin koetaan tarpeelliseksi, nämä analyysit voidaan toteuttaa standardien SFS 3029 ja SFS 3030 mukaisesti.

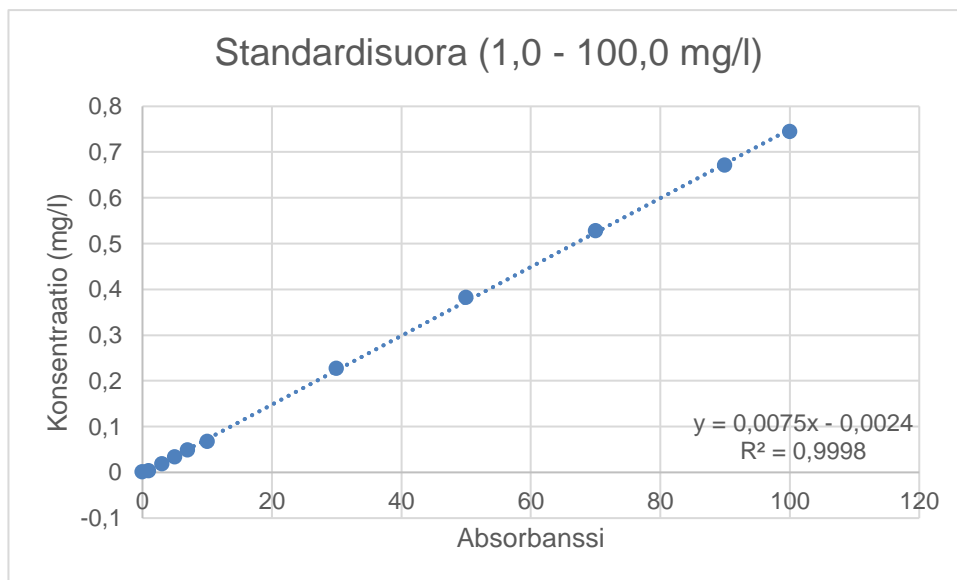
Tämän opinnäytetyön aikana olen havainnut, että tutkimuksen rakentaminen alusta loppuun on todella opettavainen kokemus. Perehtymällä ensin kattavasti teoriaan ja hakemalla tukevan teoreettisen pohjan, on käytännön tekeminen mukavampaa ja helpompaa. On ollut palkitsevaa huomata, miten pienet ideat ovat saaneet uuden muodon ja kehittyneet oikeiksi tutkimuksiksi. Tunnistan, että olen kehittynyt tämän opinnäytetyön aikana.

## Lähteet

- 1 Lahti jatkaa työtään kohti hiilineutraalia tulevaisuutta. 2024. Verkkoaineisto. Lahti Energia Oy. <<https://www.lahti.fi/uutiset/lahti-jatkaa-tyotaan-kohti-hiilineutraalia-tulevaisuutta/>>. 26.11.2024. Luettu 27.1.2025.
- 2 Harris, Daniel C. 2016. Quantitative Chemical Analysis. 9. painos. E-kirja. New York: W.H. Freeman and Company
- 3 The Basics of UV-Vis Spectrophotometry. 2021. Verkkoaineisto. Agilent Technologies Inc. <<https://www.agilent.com/cs/library/primers/public/primer-UV-Vis-basics-5980-1397en-agilent.pdf>>. Luettu 29.1.2025.
- 4 Norman, Jones R. & Dennis, Thorn G. 2011. Canadian Journal of Research: The ultraviolet absorption spectra of nitric acid solutions.
- 5 Helen rakentaa Hanasaareen Euroopan suurimman sähkökattilalaitoksen. 2024. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/uutiset/2024/helen-rakentaa-hanasaareen-euroopan-suurimman-sahkokattilalaitoksen>>. Luettu 25.2.2025.
- 6 Manni, Mattia; Nicoli, Andrea & Cotana, Franco. 2022. Energy and Buildings: Performance assessment of an electrode boiler for power-to-heat conversion in sustainable energy districts. Vol. 277.
- 7 SFS-EN 12953-10. Tulitorvikattilat. osa 10. Laatuvaatimukset syöttö- ja kattilavedelle. 2003. Suomen standardisoimisliitto.
- 8 Saini, Anuradha & Kumar, Ranjan. 2011. Thermoelectricity and Advanced Thermoelectric Materials. 1. painos. E-kirja. Woodhead Publishing.
- 9 PARAT Halvorsen AS. Tuotesivu. <<https://www.parat.no/fi/tuotteemme/industry/parat-ieh/>>. Luettu 27.1.2025.

## Liite 1: Typpihapon standardisuora

Tässä liitteessä on kappaleessa 4.6.1 mainittu standardisuora.



Kuva 1. Typpihapon standardisuora pitoisuuksille 1,0–100,0 mg/l.