



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

ANDERS ALHONPÄÄ

Kiteyttimeen pinnanmittaus ja automaattihuuhtelu

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOINSINÖÖRI
2020

TIIVISTELMÄ

Alhonpää, Anders: Kiteyttimen pinnanmittaus ja automaattihuuhtelu
Opinnäytetyö, AMK
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Syyskuu 2023
Sivumäärä: 54

Työssä tutkittiin kuparielektrolyysin liospuhdistamon kiteyttimen pinnanmittauksen epävarmaa toimintaa, joka vaikeuttaa prosessin ohjattavuutta. Ongelmana on siis pinnanmittauksen ajoittainen epävarma toiminta. Tällöin syntyy katvealueita kiteyttimen pinnan tason havainnoimiseen. Tämä johtaa siihen, että prosessin optimaalinen ajo on haastavampaa toteuttaa. Pinnanmittauksen häiriintyminen voi esimerkiksi johtaa tilanteeseen, jossa kiteyttimen pinta pääsee nousemaan yli tai laskemaan alle ajoalueen vaikuttaen kiteyttimen lioskiertoon negatiivisesti. Epävarman pinnanmittauksen lisäksi työssä perehdyttiin liospuhdistamon prosessiin sekä kiteyttimeen ja sen nykyiseen pinnanmittaukseen.

Työssä tutustuttiin kirjallisuuden pohjalta myös toisen yrityksen kiteyttimen rakenteeseen ja sen toimintaa vertailukohtaan saamiseksi. Tämän jälkeen selvitettiin eri ratkaisuvaihtoehtoja pinnanmittauksen toimintavarmuuden parantamiseksi. Vaihtoehtoja lähdettiin selvittämään eri näkökulmista, jotta päästäisiin halutunlaisiin tuloksiin.

Ensimmäisenä lähdettiin tutkimaan ratkaisuvaihtoehtoa, jossa nykyisestä kiteyttimen rakenteesta poiketen, pisaneroinen olisikin erillinen komponentti kiteyttimen ulkopuolella. Ratkaisussa selvitettiin mahdollisen demisterin sijoittamista, työstä aiheutuvia kustannuksia, vaadittavaa seisokkia ja uusia pinnanmittausvaihtoehtoja. Lisäksi tutkittiin mahdollisuutta hyödyntää ultraäänitekniologiaa erillisen demisterin kanssa.

Toisena vaihtoehtona lähdettiin selvittämään erillistä putkea, johon pinnanmittaus saataisiin sijoitettua. Näin saadaan järjestettyä optimaalisemmat olosuhteet pinnanmittaukselle. Tämän kautta voidaan päätyä toimintavarmempaan pinnanmittaukseen. Työssä selvitettiin esimerkiksi erillisen putken sijoittamista, ratkaisuun liittyviä kustannuksia, työn vaatimaa seisokkiaikaa sekä uusia pinnanmittausvaihtoehtoja. Lisäksi selvitettiin mahdollisuutta yhdistää ultraäänitekniologiaa erillisen putken yhteyteen. Näin saadaan vähennettyä prosessiin menevän veden määrää.

Avainsanat: Ultraääni, kuparisulfaatti, suutin, kide, kiteytin, pinnanmittaus

Abstract

Alhonpää, Anders: Crystallizer surface measurement and automatic flush
Bachelor's thesis
Electrical and Automation Engineering
September 2023
Number of pages: 54

In the work, the uncertain operation of the crystallizer surface measurement of the copper electrolysis solution purification plant which complicates the controllability of the process, was studied. So, the problem is periodic uncertain operation of the surface measurement. This creates blind spots to observe the surface level of the crystallizer. This leads to the optimal run of the process being more challenging to implement. For example, failure to measure the surface can lead to a situation where the surface of the crystallizer can rise over or descend below the driving range, negatively affecting the solution cycle of the crystallizer. In addition to uncertain surface measurement, the process of the solution purification plant and crystallizer and its current surface measurement was familiarized.

In the work based on literature also the structure of the crystallizer of another company was familiarized to obtain a reference. After this different solution options were explored to improve the reliability of surface measurement. Options were explored from different perspectives to achieve the desired results.

The first step was to explore solution option where unlike the current crystallizer structure, a demister would be a separate component outside the crystallizer. The solution explored the possible placement of the demister, cost of work, required downtime, and new surface measurement options. The possibility of using ultrasonic technology with separate demister was also studied.

The second step was to explore separate pipe on which the surface measurement could be placed. This will allow more optimal conditions for the surface measurement. This can lead to a more reliable surface measurement. The work explored for example placement of the separate pipe, costs associated with the solution, the downtime required by the work along with new surface measurement options. In addition, the possibility of combining ultrasonic technology on the separate pipe was studied. This way the amount of water going into the process can be reduced.

Keywords: Ultrasonic, copper sulphate, nozzle, crystal, crystallizer, surface measurement

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 BOLIDEN HARJAVALTA OY	9
3 RATKAISTAVA ONGELMA	10
3.1 Ratkaistava ongelma ja sen synty	10
3.2 Rajaus ja menetelmät	11
4 LIUOSPUHDISTAMO	13
5 KITEYTTIMEN RAKENNE	14
5.1 Liuospuhdistamon kiteytin	14
5.1.1 Kiteyttimen rakenne	14
5.1.2 Pinnanmittaus	17
5.1.3 Kiteyttimen toiminta	19
5.2 Norilsk Nickel Harjavalta Oy	20
5.2.1 DTB kiteytin ja sen rakenne	20
5.2.2 Kiteyttimen toiminta	21
6 DEMISTERIN EROTTAMINEN	23
6.1 Demisterin toiminta	23
6.2 Haihdutin	23
6.2.1 Pinnanmittaus	23
6.2.2 Haihduttimen demisteri	24
6.2.3 Kiteyttimen nykyinen demisteri	25
6.3 Kiteyttimen erillinen demisteri	26
6.3.1 Sijoittaminen	26
6.3.2 Kustannukset	26
6.3.3 Työstä aiheutuva seisokki	27
6.3.4 Erillisen demisterin muut hyödyt	28
6.3.5 Ratkaisuun sopiva pinnanmittaus	28
6.3.6 Ensimmäinen pinnanmittauksen vaihtoehto	29
6.3.7 Toinen pinnanmittauksen vaihtoehto	31
7 ERILLINEN SÄILIÖ TAI PUTKI PINNANMITTAUKSELLE	33
7.1 Erillinen säiliö tai putki	33
7.1.1 Sijoittaminen	33
7.1.2 Kustannukset	35
7.1.3 Työstä aiheutuva seisokki	35
7.1.4 Ratkaisuun sopiva pinnanmittaus	36
7.1.5 Ensimmäinen pinnanmittauksen vaihtoehto	37

7.1.6 Toinen pinnanmittauksen vaihtoehto	38
8 KITEYTTIMEN AUTOMAATTIHUUHTELU	39
8.1 Toiminta.....	39
9 ULTRAÄÄNI.....	41
9.1 Ultraääneen perehtynyt yritys	41
9.2 Toiminta.....	41
9.3 Käyttökohteet	42
9.4 Hyödyt	43
9.5 Erillinen demisteri ja ultraääni.....	43
9.6 Erillinen putki ja ultraääni.....	43
9.6.1 Kustannukset	44
9.6.2 Työstä aiheutuva seisokki.....	44
9.7 Nykyinen pinnanmittaus ja ultraääni	45
9.7.1 Kustannukset	45
9.7.2 Työstä aiheutuva seisokki.....	45
9.8 Vaikutukset prosessiin.....	46
10 HUUHTELU VAIHTOEHTOJA.....	47
10.1 Suutin mahdollisuudet	47
10.1.1 Ohjelmisto.....	48
11 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	49
LÄHTEET	52

TERMILUETTELO

Puhdas lauhde

Puhdasta lauhdetta muodostuu primäärihöyryn lauhtuessa haihduttimen kuumentimella lauhteeksi. Primäärihöyry ei pääse suoraan kosketuksiin prosessiliuoksen kanssa, jolloin siihen ei myöskään pääse epäpuhtauksia joukkoon.

Epäpuhdas lauhde

Epäpuhdasta lauhdetta muodostuu nikkelihaihduttimelta kuparikiteyttimen kuumentimelle ohjatun höngän lauhtuessa kuumentimella lauhteeksi. Epäpuhdasta lauhdetta muodostuu myös kuparikiteyttimellä kiehumisen seurauksena, jolloin siitä muodostuva hönkä ohjataan pintalauhtimelle, jossa se lauhtuu lauhteeksi. Kuparikiteyttimeltä ja nikkelihaihduttimelta tuleva hönkä sisältää epäpuhtauksia, jotka siirtyvät myös lauhteen joukkoon.

Kiteytin

DTB-kiteytin saa energiansa nikkelihaihduttimen höngästä. Kiteytys tapahtuu alipaineessa, ja alipaine saadaan aikaan tyhjiöpumpulla ja lauhduttimilla. Kiteytin on termisesti yhteydessä haihduttimeen.

Haihdutin

Haihdutin saa energiansa primäärihöyrystä ja kiteytys tapahtuu alipaineessa. Alipaine saadaan aikaan tyhjiöpumpulla ja lauhduttimella. Haihdutin on termisesti yhteydessä kiteyttimeen.

Demisteri

Kuparikiteyttimellä oleva pisaraerotin, jonka avulla alipaineen seurauksena kiteyttimeltä hönkälinjan kautta poistuvat pisarat palautuvat takaisin kiteyttimelle.

1 JOHDANTO

Liuospuhdistamon tehtävänä on pitää elektrolyytin pitoisuudet tavoitteissa ja poistaa liuksesta epäpuhtaudet. Kiteytin on osa tätä osaston prosessia ja se on tärkeä, koska kiteyttimeen avulla saadaan laskettua elektrolyytin kuparipitoisuutta. Tämän osaston kiteyttimeen kanssa on haasteellisuutta pinnanmittauksen kanssa. Kiteyttimeessä oleva pinnanmittaus häiriintyy kuparisulfaatin kiteytyessä kiteyttimeen reunamille. Tämän seurauksena kertynyt kuparisulfaatti peittää pinnanmittauksen ja vaikuttaa näin sen toimivuuteen. Kuparisulfaatin kiteytymistä tapahtuu riippuen esimerkiksi prosessin tilasta ja ajojakson ajotavasta. Tämän vuoksi kiteytymistä tapahtuu välillä vaihtelevissa määrin. Tavoitteena tällä opinnäytetyöllä on selvittää mahdollista ratkaisua kiteyttimeen pinnanmittauksen vakaamman toiminnan saavuttamiseksi selvitys- ja tutkimustyön avulla.

Pinnanmittauksen toimivuuden varmuudella saadaan varmistettua prosessihoitajille mahdollisuus ohjata prosessia vaadittavalla tarkkuudella. Näin prosessi saadaan pidettyä optimaalisessa ajossa ajojakson aikana ilman katvelanteita, jolloin kiteyttimeen pinnasta ei ole tarkkaa tietoa. Lisäksi voidaan reagoida oikeilla prosessisäädöillä tilanteen niitä vaatiessa tai pitämällä prosessin arvot olemassa olevissa arvoissa. Toimivalla pinnanmittauksella vältytään myös tilanteilta, joissa esimerkiksi ajettaisiin säiliö yli kapasiteettinsa.

Liuospuhdistamossa on olemassa automaattihuuhtelu, jolla saadaan kiteyttimeen pinnanmittauksen toiminta toteutumaan. Huuhtelussa käytetään puhdasta lauhdetta sen korkean lämpötilan vuoksi, jota ei ole esimerkiksi epäpuhtaalla lauhteella. Korkeammalla lämpötilalla saadaan reunamille kertynyt kuparisulfaatti sulamaan nopeammin pois säiliön reunoilta. Puhdas lauhde saadaan kylkihuuhteluun puhdaslauhdesäiliöistä. Näin pinnanmittausta pyritään pitämään puhtaana toimivuuden takaamiseksi. Nykyisellään huuhtelu aiheuttaa kuitenkin vedenkulutuksen kasvamista. Prosessia suosii, mikäli vedenkulutusta ei olisi liikaa.

Opinnäytetyön luvussa 2 tullaan kertomaan aluksi yleistä Boliden Harjavalta Oy:stä, jotta yrityksestä saa yleiskäsityksen. Tämän jälkeen kerrotaan ratkaisutavasta ongelmasta, joka liuospuhdistamossa on. Tämän jälkeen kerrotaan tarkemmin liuospuhdistamosta osastona, jotta päästään yleiseen käsitykseen yleisesti osaston asioista. Kyseisestä kuvauksesta siirrytään kuvaukseen kiteyttimeen liittyen mukaan lukien liuospuhdistamon sekä Norilsk Nickel Oy:n kiteyttimet. Näistä avataan esimerkiksi niiden rakennetta ja toimintaa. Seuraavaksi päästään ensimmäiseen ratkaisuvaihtoehtoon eli demisterin erottamiseen. Tämän yhteydessä kerrotaan muun muassa niin demisterin toiminnasta, haihduttimesta, sijoittamisesta, kustannuksista kuin eri pinnanmittausvaihtoehtoista. Ensimmäisen ratkaisuvaihtoehdon jälkeen siirrytään toiseen vaihtoehtoon eli erilliseen säiliöön tai putkeen. Ratkaisun yhteydessä kerrotaan esimerkiksi sijoittamisesta, kustannuksista ja eri pinnanmittaus vaihtoehtoista. Vaihtoehtoista edetään kiteyttimen automaattihuuhteluun, jossa sen alustusta ja toimintaa. Tästä päästään ultraääneen, josta kerrotaan muun muassa sen toiminnasta ja yhteensopivuudesta eri ratkaisuvaihtoehtoihin. Näiden vaihtoehtojen jälkeen päästään eri huuhteluvaihtoehtoihin ja näistä johtopäätöksiin. Työssä näkyvät valokuvat on julkaistu Boliden Harjavallan luvalla.

2 BOLIDEN HARJAVALTA OY

Opinnäytetyön tilaaja on Boliden Harjavalta Oy, joka on perustettu vuonna 1936. Porissa sijaitseva kuparielektrolyysi aloitti puolestaan vuonna 1941. Vuonna 1949 Harjavallassa kehiteltiin liekkisulatusmenetelmä, joka on edelleen yksi yleisin sulatustapa puhuttaessa kuparirikasteista. Henkilöstömäärä on 550. Vuonna 2021 Boliden Harjavalta Oy tuotti 151 000 tonnia kuparia, 83 000 kiloa hopeaa, 7000 kiloa kultaa ja 715 000 tonnia rikkihappoa. (Boliden Group n.d.)

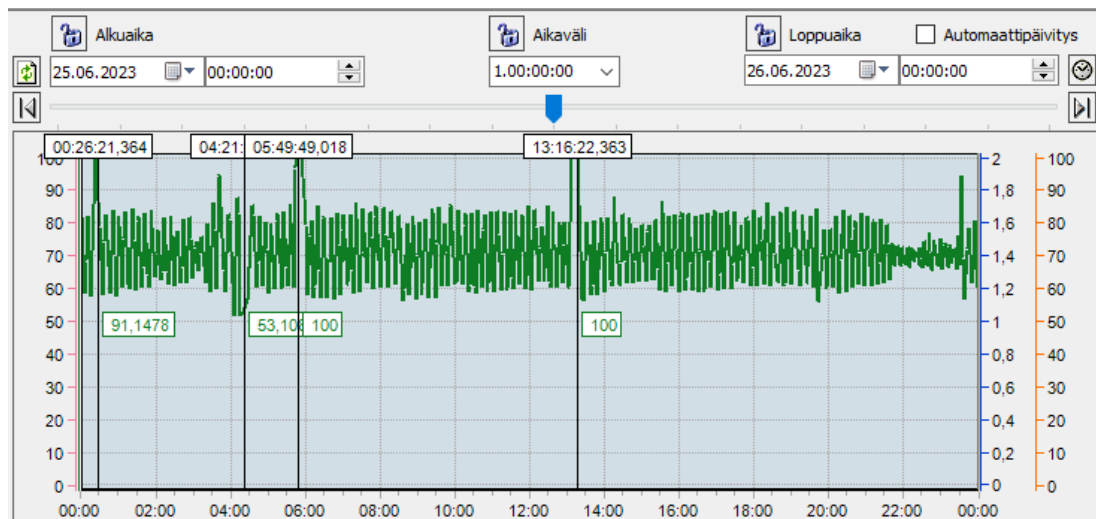
3 RATKAISTAVA ONGELMA

3.1 Ratkaistava ongelma ja sen synty

Ratkaistava ongelma on kiteyttimen pinnanmittaus, joka ei toimi sen tasoisella toimintavarmuudella, kuin se voisi. Pinnanmittauksen toimintavarmuuden heikkous tulee esiin varsinkin aikoina ja ajojaksoina, kun ajettavat liuospoistomäärät ovat tavoitteiltaan korkeammalla tasolla. Tällöin kiteytymistä tapahtuu normaalia enemmän. Tämä johtuu suuremmasta prosessin läpikulkevasta liuosmäärästä. Prosessin ajotavan ja tahdin ollessa rauhallisempi ongelmaa ei puolestaan ilmene. Tämänkaltainen ajotapa ei kuitenkaan ole aina mahdollinen tavoitteiden ja ajomuutosten vuoksi.

Kiteytyminen tapahtuu tasaisesti kiteyttimen seinämille koko kiteyttimen laajuudelta ajojakson edetessä. Kiteytyvä kuparisulfaatti alkaa näin ollen peittämään pinnanmittauksen kohtaa kiteyttimen seinämällä. Tämä johtaa pinnanmittauksen harhautumiseen. Pinnanmittaus ei tällöin ole aina käytettävissä, kun sitä tarvitaan. Itse pinnanmittaus ei välttämättä ole toisin sanoen epäkuntoinen, vaan ei sovellu kyseiseen kohteeseen ajotavan ollessa tietynlainen. Tämän vuoksi ongelma syntyy ja tilalle tarvitaan toisenlaista ratkaisumenetelmää.

Esimerkiksi 25.6. kiteyttimen pinnanmittauksen kanssa ilmeni ongelma, jossa kiteyttimen pinnanmittaus näyttää esimerkiksi yli sadan prosentin lukemaa, vaikka pinta on ollut todellisuudessa alempana. Kuvassa 1 päästään näkemään kiteyttimen pinnanmittauksen toimintaa trendistä katsottuna.



Kuva 1. Kuva kiteyttimen pinnanmittauksen trendistä. (Event Trend DNA Report, 2023)

3.2 Rajaus ja menetelmät

Ratkaistava ongelma rajautuu liuospuhdistamon prosessiin, joka kiteyttintä ympäröi ja tarkemmin itse kiteyttimeen. Kiteyttimen osalta tarkkailussa on esimerkiksi sen osat ja toiminta. Tarkemmin ottaen opinnäytetyössä perehdytään kiteyttimen pinnanmittaukseen. Tämän lisäksi työssä yhtenä osana on myös mukana kiteyttimeen ja sen pinnanmittaukseen liittyvä automaattihuuhtelu. Näin työn rajaus saadaan pidettyä tarkoituksenmukaisena ja selkeänä. Ongelmaa on tarkoitus lähestyä eri näkökulmista, jotta päästään kohteessa olevaan ongelmaan laajalti kiinni. Näin saadaan esille eri ratkaisumenetelmiä, joiden kautta voidaan päästä haluttuun lopputulokseen.

Työn menetelminä toimii ensinnäkin laaja selvitystyö, jonka avulla saadaan selvitettyä kyseisen kohteen lähtötilannetta. Selvitystyön avulla pyritään myös löytämään eri suuntia, joiden kautta voidaan lähteä selvittämään kyseessä olevaa ongelmaa. Tämän lisäksi tarkoituksena on tutustua ja tutkia paikan päällä kyseessä olevaa kiteyttintä. Tämän lisäksi tarkoituksena on käydä keskusteluja, joilla saadaan selvitettyä nykyistä tilannetta sekä eri ratkaisuvaihtoehtoja. Kokeellinen puoli riippuu kustannuksista sekä aikataulusta ja sitä on tarkoitus toteuttaa mahdollisuuksien mukaan. Mikäli kokeellinen puoli onnistuu, sen

tuloksista on tarkoitus kirjoittaa koonti, josta selviää tulokset ja niistä saadut johtopäätökset.

4 LIUOSPUHDISTAMO

Liuospuhdistamo on osa Boliden Harjavallan Porin pään yksikköä. Liuospuhdistamo sijaitsee elektrolyysihallin yhteydessä sen vieressä. Liuospuhdistamon avulla elektrolyysiliuos saadaan pidettyä halutunlaisena. Liuospuhdistamossa tarkastellaan ja seurataan elektrolyysihallin arvoja analyysien avulla. Analyysejä saadaan muutamana kertana viikossa poikkeustilanteita lukuun ottamatta. Elektrolyysihallia jaetaan eri alueisiin, jolloin tiedetään esimerkiksi jonkin tietyn kiertosäiliön tai vakioinnin arvot.

Analyysien saapuessa voidaan reagoida eri muutoksin. Esimerkiksi kuparipitoisuuden noustessa tilanteeseen pystytään vaikuttamaan liuospoistoilla. Poistoja siis nostetaan (Kari Pihala, 2012, s. 16). Kupari saadaan poistettua prosessista esimerkiksi kuparisulfaatti muodossa (Kari Pihala, 2012, s. 16). Huomattaessa kupari tason olevan alhainen, voidaan puolestaan liuottamalla kuparisulfaattia (Kari Pihala, 2012, s. 16). Nämä voidaan tehdä esimerkiksi takaisinliuotuspanoksina. Tämä lisäys pystytään kohdistamaan suoraan esimerkiksi tiettyyn vakioinnin alueeseen. Liuospoistoilla kyetään vaikuttamaan myös nikkelin ja arseenin määrään (Kari Pihala, 2012, s. 19). Tämä onkin yksi määräävä tekijä liuospoistoja pohtiessa, koska arseeni ja nikkeli ovat määrääviä epäpuhtauksia (Kari Pihala, 2012, s. 19). Näiden lisäksi seurannassa on myös muita arvoja, joihin reagoidaan tarpeen mukaisella menettelyllä. Näitä ovat muun muassa kloridi ja happopitoisuudet.

Liuospuhdistamon on jaettu kolmeen toimenkuva-alueeseen. Kuparielektrolyysin prosessinohitajan (pumppari) vastuualueeseen kuuluu liuoskierrat ja liuostenkäsittely. Liuospuhdistamon prosessinohitajan (suolamies) vastuualueeseen kuuluu kiteyttämö ja haihduttamo. Liuospuhdistamon päivävuoron päävastuualue on kuparipoisto ja siihen liittyvät allastyöt. (Henkilö A, 2023)

5 KITEYTTIMEN RAKENNE

Kiteyttimen rakenne voi olla erilainen kulloisenkin prosessin tarpeiden mukaan. Ratkaisumalleilla voi olla täten samankaltaisia pääpiirteitä, mutta muuten eroja voidaan löytää perehtymällä eri malleihin. Seuraavissa luvuissa tutustutaan kahden eri kohteen kiteyttimien rakenteeseen ja toimintaan.

5.1 Liuospuhdistamon kiteytin

5.1.1 Kiteyttimen rakenne

Kiteytin, joka prosessissa on, sisältää eri osia ja laitteita sekä näiden välisiä yhteyksiä. Rakenne voidaan jakaa eri osiin selvyyden saamiseksi. Tämän lisäksi voidaan eritellä putkistot ja ulkoiset laitteet yhtenä kokonaisuutena siten, että saadaan kiteyttimen niin sanottu sisä- ja ulkopuoli.

Kiteyttimen sisäosa voidaan jakaa kahteen osaan. Näiden nimet ovat aktiivitila ja rauhoitustila. Aktiivitulassa on esimerkiksi kiteyttimen sekoitin. Aktiivitila sijaitsee kiteyttimen keskiosassa. Aktiivitulassa sekoittimen avulla kideliuksessa kideliuos sekoittuu ja nousee kohti kiteyttimen yläosaa. Rauhoitustila sijaitsee kiteyttimen ulkoreunassa ulkovaipassa. Siellä kideliuos on rauhoitettussa tilassa. Yläosassa kiteytintä sijaitsee demisteri, johon pisarat jäävät ja palaavat tästä takaisin kiteyttimen kideliukseen. Demisteri vaatii oman huuhtelunsa tukkeutumisen estämiseksi. (Henkilö A, 2023) Kuvassa 2 nähdään kiteyttimen sisälle, jolloin pystytään havainnoimaan kiteyttimen rakennetta tarkemmin.



Kuva 2. Kuva kiteyttimeen sisältä sisäpuolen rakenteen havainnollistamiseksi 2023. Kuvan keskellä oleva osuus on aktiivitila ja sen ulkopuolella oleva osuus, joka on suljettu ylhäältä, on rauhoitustila.

Kiteytimestä lähtee ja tulee omat linjansa. Esimerkiksi rauhoitustila, johon kideliuoksen kevyemmät kiteet nousevat, johtaa kiertolinjaan. Tässä linjassa kulkee kideliuos, jossa kevyemmät kiteet kulkeutuvat mukana. Tämä linja johdtaa kohti kiteyttimeen kuumenninta, joka sijaitsee kiteyttimeen ulkopuolella. Kuumentimessa on omat lohkot, joiden sisällä on tarvittava määrä putkistoa sisällä. Siellä liuos kulkeutuu kuumentimen päästä päähän. Kuumenninta lämmitetään vielä energian saamiseksi haihduttajan höngällä. Kuumentimen jälkeen liuos palaa takaisin kiteyttimeen. (Henkilö A, 2023)

Kiteyttimeen aktiivitilassa raskaampi kideliuoksen kide kulkeutuu tuotelinjaan. Tuotelinjassa raskaammat kiteet kulkeutuvat sakeuttimeen saattoliuoksen mukana. Sakeutin erottaa kiteet liuksesta suurimmilta osin. Loppu erottelu tapahtuu lingolla, joka kuuluu kiteyttimeen. Kyseessä oleva linko toimii keskipaikoisvoimalla. (Henkilö A, 2023)

Kiteyttimen yläosassa sijaitsevan demisterin jälkeen erottunut hönkä kulkeutuu pintalauhduttimelle omaa linjaa pitkin. Pintalauhdutin on rakenteeltaan vastaavanlainen kuin kiteyttimen kuumennin. Sielläkin sisällä on siis omat lohkonsa sekä putkistonsa. Nämä määrät prosessin tarpeen mukaan. (Henkilö A, 2023)

Kokonaisuutena voidaan todeta, että kiteytin koostuu muustakin kuin vain itse kiteyttimestä, koska siinä on suuressa määrin vaikuttavia tekijöitä ja muuttujia. Myös kokoluokaltaan, kiteytin putkistoineenkin, on kohtalaisen suuri. Kyseessä olevan kiteyttimen koko putkistoineen on noin 30 kuution luokkaa. (Henkilö A, 2023)

Kuvassa 3 nähdään liuospuhdistamon kiteyttimen sijainti. Kuvassa 3 ei näy kiteytin kauttaaltaan, vaan kuva on otettu liuospuhdistamon toisesta kerroksesta, josta kiteytin nousee aina ylempään ”välikerrokseen” ja siitä ylöspäin. Kuvasta 3 havaitaan myös tila, joka liuospuhdistamon kiteyttimen ympärillä on käytettävissä.



Kuva 3 (Henkilö A, 2023). Kuva liuospuhdistamon kiteyttimestä toukokuussa 2023.

5.1.2 Pinnanmittaus

Kiteyttimen pinnanmittaus on tuikeilmaisoin Berthold LB 4405. Sen säteilylähde on isotooppina Co-60 (Henkilö B, 2023). Pinnanmittaus tapahtuu nykyisen pinnanmittauksen lähettimen ja vastaanottimen välisellä alueella (Henkilö A, 2023). Pinnanmittaus ei tapahdu tällä hetkellä yläkautta, vaan säiliön kyljen kautta (Henkilö A, 2023). Tämä ominaisuus rajoittaa pinnanmittauksen tietylle alueelle.

Nykyinen pinnanmittaus toimii siten, että siinä on kummallakin puolella kiteytintä osat, joista toinen on säteilylähde ja toinen vastaanotin. Säteilylähde sijaitsee keskellä osaa (Henkilö D, 2023). Sen ympärillä on lyijyä, joka toimii eristeenä (Henkilö D, 2023). Tämä säteilylähde lähettää säteilyä kohti vastaanotinta, joka nimensä mukaan vastaanottaa säteilyä (Henkilö D, 2023). Säteilyn määrä muutetaan pulsseiksi (Henkilö D, 2023). Mikäli siis pinta on korkeammalla kiteyttimessä, tulee vähemmän pulsseja. Vastaavasti pinnan ollessa alempana, tulee pulsseja enemmän. Toisin sanoen enemmän liuosta vähemmän pulsseja, vähemmän liuosta enemmän pulsseja (Henkilö D, 2023). Kyseisen pinnanmittaus kyetään myös kalibroimaan (Henkilö D, 2023). Kalibroidessa tulee huomioida taustasäteily (Henkilö D, 2023). Tämä vähennetään vaaditulla tavalla. Kestoltaan pinnanmittaus on pitkäaikainen (Henkilö D, 2023). Kuvassa 4 on nähtävissä nykyisen pinnanmittauksen lähetin, joka on keltainen väriltään. Kuva 4 otettu kiteyttimen kyljestä.



Kuva 4. Kiteyttimen nykyisen pinnanmittauksen lähetin vuodelta 2023.

Kuvassa 5 puolestaan näkyy nykyisen pinnanmittauksen vastaanotin. Kuva 5 kiteyttimen kyljestä vastakkaiselta puolelta lähetintä.



Kuva 5. Kiteyttimen pinnanmittauksen vastaanotin vuodelta 2023.

5.1.3 Kiteyttimen toiminta

Kiteyttimen toiminnassa lämpötilalla ja alipaineella on merkitystä. Lämpötilan tulee olla prosessin vaatimalla alueella. (Nokelainen, 2020, s. 3). Lämpötilaa voidaan seurata prosessinhoitajan toimesta, jotta varmistutaan sen hetkisestä tilanteesta. Tarvittaessa lämpötilaa säädetään prosessin vaatimusten mukaisesti. Tilanteen mukaan optimaalisin lämpötila voi vaihdella eri ajojaksojen aikana.

Alipaineen säätö voidaan toteuttaa absoluuttipaineen säädöllä. Tämä säätö ohjaa jäähdytysveden virtausta, joka virtaa lauhduttimessa. Pienenkokoiset kiteytimet liukenevat kiteyttimessä. Tällöin jo olemassa olevat kiteet kasvavat, koska liukenemisestä aiheutuva kiteyttimen ylikylläisyyden purkautuminen tapahtuu. (Nokelainen, 2020, s. 3). Alipainetta kyetään myös seuraamaan ja siihen tehdään muutoksia, mikäli ne koetaan tarpeelliseksi.

Kaikkien eli niin kiteyttimen lämpötilan, alipaineen sekä virtausten tulee pysyä stabiilina. Tämän kokonaisuuden lisäksi prosessinhoitajan tulee poistaa

emäliuosta kiteyttimestä vaadittavan määrän ja valvoa tuoteliuoksen ominaispainon arvoa alueella, jolla sen halutaan olevan. (Nokelainen, 2020, s. 3). Poistettavan emäliuoksen määrä, määräytyy esimerkiksi prosessin mukaan.

5.2 Norilsk Nickel Harjavalta Oy

Norilsk Nickel Harjavalta Oy tuottaa tuotteita, jotka ovat räätälöityjä laadukkaista raaka-aineista (Norilsk Nickel Harjavalta Oy, n.d.). Nämä tuotteet ovat nikkeli tuotteita, jotka valmistetaan koko ajan korkealaatuisemmiksi (Norilsk Nickel Harjavalta Oy, n.d.). Yritys panostaa siis nikkeli tuotteisiin, jotka ovat soveltuvia korkeaan teknologiaan (Norilsk Nickel Harjavalta Oy, n.d.). Seuraavassa kappaleessa tutustumme heidän DTB kiteyttimeen.

5.2.1 DTB kiteytin ja sen rakenne

Norilsk Nickel Oy:n DTB-kiteyttimessä sekoitin sijaitsee kiteyttimen alaosassa. Sekoitin toimii kiteyttimessä kierrätyspumppuna, joka on sisäinen. Kiteyttimen sisällä on myös putki kidemassan nousua varten. Kiteyttimen yläosassa on puolestaan kaasutila sekä demisteri. Demisterissä saadaan erotettua liuospi-sarat vesihöyrystä, joka haihtuu kiteyttimessä. (Tero Korkeakoski, 2014, s. 14-15)

Kiteyttimestä löytyy myös rauhoitusalue. Rauhoitusalue on alue, jossa kiteet saadaan luokitettua. Tällä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi pienemmät kiteet nousevat ylemmäs raskaita kiteitä helpommin. Rauhoitusalueesta lähtee kuummennuskierto. Tämä lähtee rauhoitusalueen alaosasta. Rauhoitusalueen yläosasta puolestaan lähtee hienojakoisin kide hienokiteen ulosottoon. Muita yhteitä ovat esimerkiksi imukoneen yhde, joka sijaitsee demisterin jälkeen kiteyttimen yläosassa. (Tero Korkeakoski, 2014, s. 14-15) Kuvassa 6 nähdään DTB kiteyttimen sisälle. Kuvasta 6 paljastuu näin osittain kiteyttimen rakennetta eli esimerkiksi eri tilat ja keskellä kulkeva osuus. Näiden lisäksi kuvassa 6 pystytään tulkitsemaan liuoksen suunta eri vaiheissa, joita kyseisessä kuvassa näkyy.



Kuva 6. DTB-kiteytin. (GEA Group Aktiengesellschaft, 2023)

5.2.2 Kiteyttimen toiminta

DTB-kiteytin on tyypiltään alipainekiteytin, koska kiteytyminen vaatii haihtumisen alhaisessa lämpötilassa. Tämän toteutumiseen tarvitaan alipaine. Kiteytin toimii liuoskierrolla, joka tapahtuu sisäisesti sekoittimen avulla. Massa, joka liikkuu, on kidemassaa. Kidemassa nousee ylöspäin ja putoaa taas takaisin alaspäin kiertoa tehden. Tämä tapahtuu niin, että sisäpuolella putkessa, suunta on ylöspäin ja putken ulkopuolella suunta on alaspäin. Kierrossa kiteyttimen ulkopinnoilla suuremmat kiteet kulkeutuvat alaspäin ja pienemmät ylöspäin. Tätä kutsutaan hydrostaattiseksi erottamiseksi. (Tero Korkeakoski, 2014, s. 14-15)

Kiteyttimen rauhoitusalueen alaosassa sijaitsee kierto, jota kutsutaan kuumentuskierro nimellä. Tänne kulkeutuu raskaammat kiteet. Tämä kierto kulkeutuu pumpun kautta lämmönvaihtimeen. Kevyemmät kiteet puolestaan nousevat rauhoitusalueen yläosaan. Täältä kevyemmät kiteet kulkeutuvat kohti emäliuosäiliötä lämmönvaihtimen kautta. Tuotetta poistuu jatkuvatoimisesti kiteyttimestä. Tästä kulkeutuvasta massasta erotetaan tuotekide. Tämä tapahtuu ruuvisakeuttimella. Tässä vaiheessa eroava emäliuos palautuu linjaa pitkin

takaisin emäliuossäiliöön. Tästä emäliuos kulkeutuu takaisin kiteyttimelle. (Tero Korkeakoski, 2014, s. 14-15)

Kiteyttimessä alkaa normaalissa ajotilanteessa muodostumaan kasvettumia eli kuparikiteytyksiä. Jossain vaiheessa nämä kasvettumat alkavat vaikuttamaan virtaukseen, joka kuumennuskierrossa on. Tällöin joudutaan kiteyttimien tekemään keittäminen, jolloin alipaine poistetaan kiteyttimestä. Tällöin kasvettumat saadaan sulamaan pois kertymäpaikoilta. Tähän kuuluu aikaa vuoron verran. Mikäli tätä ei toteuteta, virtaus muuttuu alentuvasti kuumennuskierrossa. Kiteyttimessä tapahtuu myös epäpuhtauksien kumuloitumista, joka kohdistuu kiteytyspiiriin. Kiteestä poistuu siten esimerkiksi koboltti- tai nikkelisulfaattia. Nämä kaksi ovat ensisijaisesti poistuvia sulfaatteja. Näistä päästään eroon kiteyttimen keittämisen avulla ja käyttämällä keittosuodatinta. Keittosuodattimella suodatetaan siis kyseistä liuosta. Näitä menetelmiä käytetään määrättyjen määräväleihin mukaisesti. (Tero Korkeakoski, 2014, s. 14-15)

6 DEMISTERIN EROTTAMINEN

6.1 Demisterin toiminta

Liuospuhdistamon nykyisessä ratkaisumallissa demisteri sijaitsee kiteyttimen sisällä sen yläosassa. Tämän vuoksi kiteyttimen pinnanmittauksen ratkaisumahdollisuudet rajautuvat. Tämä johtuu siitä, että demisteri vie kiteyttimen koko alan yläosassa. Näin demisteri toimii koko laajuudeltaan palauttaen pisarat takaisin kiteyttimen sisään. Demisterin toiminta perustuu lamelleihin, joihin hönkä alipaineen seurauksena törmää (Henkilö A, 2023). Tällöin höngän mukana nousseet pisarat palautuvat takaisin kiteyttimeen ja hönkä jatkaa kulkuaan kohti pintalauhdutinta (Henkilö A, 2023).

6.2 Haihdutin

Liuospuhdistamossa sijaitseva haihdutin, on pakkokierto kiteytin. Tämä tarkoittaa, että liuos, joka on lämmitetty, kierrätetään lämmönvaihtimen läpi. Tämä tapahtuu suurella nopeudella ja pumpppuna toimii pakkokiertopumppu. Liuosta kierrätetään Cu-poiston, syöttösäiliön ja esilämmityssäiliön kautta jatkuvatoimisesti. Haihduttimessa pidetään lioksen lämpötila arvossa, joka siihen asetetaan. (Nokelainen, 2020, s. 6-7)

Veden höyrystyminen tapahtuu nikkelikiteyttimessä ja kiertoliuoksen imeytyminen hönkäkuvussa. Täältä liuos kulkeutuu uudelleen lämmönvaihtimeen. Uusi liuos saadaan ajettua lämmityskierto esilämmittimen kautta. Väkevöitynyt liuos ohjataan paisuntasäiliöön. Sieltä liuos jatkaa eteenpäin seuraavaan säiliöön. (Nokelainen, 2020, s. 6-7)

6.2.1 Pinnanmittaus

Haihduttimessa oleva pinnanmittaus on tuikeilmaisesti Gammapilot M FMG60. Sen säteilylähde isotooppina on Cs-137 (Henkilö B, 2023). Kyseinen pinnanmittaus sopii äärimmäisiin olosuhteisiin esimerkiksi prosessin lämpötila voi olla

mikä tahansa ja prosessin paine voi olla tasoltaan mikä tahansa (Endress+Hauser Group Services AG, n.d.). Tyypiltään se on kosketukseton mitaustekniikka ja kyseiseltä tuikeilmaisimelta onnistuu myös esimerkiksi tiheyden ja massavirran mittaaminen (Endress+Hauser Group Services AG, n.d.). Tämä pinnanmittaus on toiminut haihduttimen puolella hyvin ja toiminta on ollut halutunlaista myös haastavimmilla ajokajoilla (Liuospuhdistamon prosessinhoitaja, 2023). Ainoa ongelma, joka kyseisen pinnanmittauksen kanssa on tullut vastaan, on siis pinnanmittauksen hajoaminen (Liuospuhdistamon prosessinhoitaja, 2023). Tätä ei kuitenkaan ole tapahtunut usein ja pinnanmittaus on ollut täten kaikin puolin vakaa toiminnassaan (Liuospuhdistamon prosessinhoitaja, 2023).

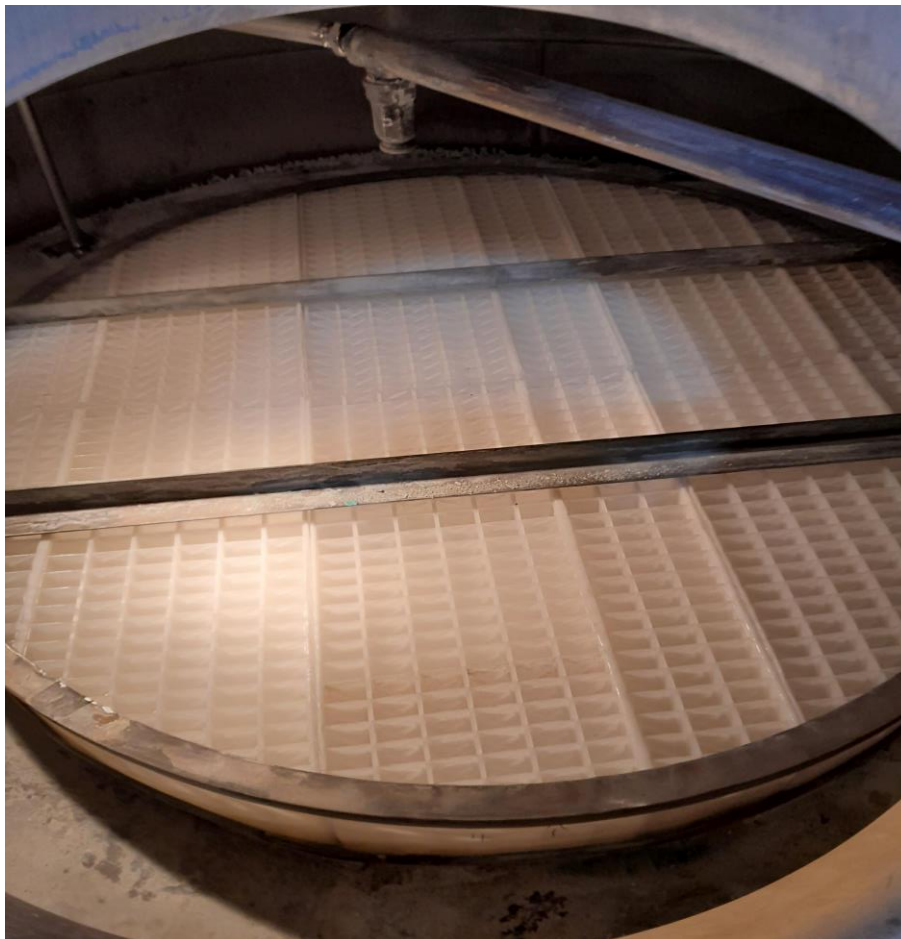
Haihduttimessa olevaa pinnanmittausta voidaan myös harkita kiteyttimen puolelle. Pinnanmittaus on kuitenkin ollut toimiva, kun sen historiaa tutkitaan. Ainoana todennäköisenä ongelmakohtana tulisi vastaan haihduttimen ja kiteyttimen erilaiset olosuhteet, jotka näissä alipainelaitteistoissa sisällä vallitsee. Haihduttimen puolella ei siis tapahdu kiteytymistä, joka on ollut ongelmana kiteyttimen puolella. Tämä puoltaisi siihen, että kyseinen pinnanmittaus ei välttämättä olisi kiteyttimessä yhtään nykyistä parempi. Toki toisaalta, mikäli pohditaan ja harkitaan esimerkiksi erillistä demisteriä kiteyttimeen tai erillistä putkea, kannattaa tämänkin vaihtoehto katsoa läpi. Muutosten yhteydessä saataan saada olosuhteita haihduttimen kaltaiselle pinnanmittaukselle suotuisammaksi.

6.2.2 Haihduttimen demisteri

Haihduttajassa demisteri ei ole kiteyttimen tavoin kiteyttimen sisällä, vaan se sijaitsee erillisenä komponenttina. Näin ollen demisteri ei ole haihduttimessa vaikuttamassa pinnanmittauksen valintaan. Demisteri sijaitsee kiteyttimen kuumentimen ja haihduttimen välissä ja mahdollisuutena on ajaa demisteristä myös suoraan pintalauhduttimelle (Henkilö A, 2023).

6.2.3 Kiteyttimen nykyinen demisteri

Kiteyttimen demisterin rakenne on muodoltaan aaltomaista sivusta päin sen sisäpuolelta katsottuna. Kiteyttimen demisterin rakenne oli ennen sen kaltainen, että aaltomaisuus, joka alkoi toiselta puolelta, jatkui samansuuntaisena kauttaaltaan demisterin halki (Lemmenranta, 2023). Nykyään sen aaltomaisuus on puoleen väliin asti yhteen suuntaan ja tämän jälkeen suunta vaihtuu toiseen suuntaan (Lemmenranta, 2023). Keskikohdassa aaltomaisuudet rakenteet kohtaavat toisensa vastakkain (Lemmenranta, 2023). Demisteri vaihdetaan kokonaisuudessaan aina edellisen demisterin kulloisenkin käyttöajan päätteeksi. Kuvassa 7 nähdään uusi demisteri, joka on juuri asennettuna.



Kuva 7. Kuva uudesta kiteyttimen demisteristä 2023.

6.3 Kiteyttimen erillinen demisteri

6.3.1 Sijoittaminen

Kiteyttimen demisterin erottaminen on prosessi puolelta mahdollista, eikä siltä puolelta pitäisi tulla ongelmaa vastaan (Heikkilä, 2023). Kuitenkin liuospuhdistamossa erillistä kiteyttimen demisteriä suunniteltaessa mahdollisena ongelmakohtana on tilan riittävyys (Heikkilä, 2023). Kiteytin ja sen ympäröimä prosessi ovat toisin sanoen vieneet nykyisellään käytettävissä olevasta kapasiteetista suuren osan. Tätä ongelmaa ei ole esimerkiksi ollut haihduttimen puolella. Kuitenkin mahdollisuus kiteyttimen erilliselle demisterille on olemassa. Tämä saattaa vaatia esimerkiksi muiden laitteiden siirtämistä tai putkistolinjojen uudelleen suunnittelua.

Yhtenä ratkaisuvaihtoehtona on sijoittaa erillinen demisteri kiteyttimen hönkälinjaan. Tällöin se sijoitetaan kiteyttimen yläosaan. Tämä vaatii omat muutoksensa. Esimerkiksi hönkälinjaa tarvitsee putkistomuutoksen tekemistä. Lisäksi tulisi varmistaa kaikille nykyisille venttiileillä pääseminen. Tämä tarkoittaa vanhan tason poistamista sekä muokkaamista ja mahdollisten uusien tasojen lisäämistä. (Henkilö A, 2023) Näin saadaan kunnossapidollekin tasoja huolto- toimenpiteitä varten. Välttäään myös joiltakin telinetöiltä, kun on jo olemassa olevia työskentelytasoja. Tämänkaltaisella demisterin sijoittamisella saadaan palveltua myös lisälauhdutinta (Henkilö A, 2023).

6.3.2 Kustannukset

Kustannukset saattaa olla toinen haasteellisuus, joka tulee vastaan erillisen demisterin toteutuksessa (Heikkilä, 2023). Tulee siis pohtia saatavaa hyötyä suhteessa kuluihin. Pohdittaessa erillistä uutta demisteriä kiteytimeen suoraa hinta-arviota tarkalleen on hankala määrittellä. Nykyisen kiteyttimen sisällä sijaitsevan demisterin tietojen avulla kuitenkin on mahdollista saada vertailukohdaksi siihen, mitä suunnilleen erillinen demisteri tulisi kyseiseen paikkaan ja

käyttöön maksamaan. Erillinen demisteri tulisi kuitenkin olemaan saman kiteyttimen kanssa toiminnassa kuin nykyinenkin demisteri. Uuden demisterin kapasiteettivaatimus ja koko tulisivat olemaan ainakin samankaltaiset nykyiseen verrattaessa. Näin ollen hinta-arviota nykyisen kiteyttimen demistteristä pystytään pitämään ainakin suuntaa antavana lähteenä.

Nykyisen liuospuhdistamon demisterin eli pisaraerottimen elementin halkaisija on 1500 millimetriä (Henkilö C, 2023). Sen tarkempi nimi on droplet separator ETV 15- PVDF DN 1500 (Henkilö C, 2023). Hinta tälle on kokonaisuudessaan suurehko (Henkilö C, 2023). Tähän kuuluvat kokonaisuudessaan nykyisen demisterin kaikki osat. Kuten huomataan kustannukset tämän kaltaiselle hankkeelle, on melko suuret. Tämän vuoksi tämänlaista muutosta harkittaessa tulisi käydä läpi mahdollisia muita hyötyjä, joita tällä muutoksella voitaisiin liuospuhdistamossa saavuttaa. Lisäksi tulee selvittää, onko tällaiseen hankkeeseen resursseja, kun huomioidaan muut muutostyöt, kuten putkistojen siirtämiset ja tasojen tekemiset sekä siirtämiset.

6.3.3 Työstä aiheutuva seisokki

Kolmas asia, joka tulee ottaa huomioon tämän kaltaisessa projektissa, on siitä aiheutuva seisokki. Tarvitaan toisin sanoen erillinen pidempi seisokki, ellei projektia saada yhdistettyä johonkin normaalia pidempikestoiseen seisokkiin. Toki suunnitteleamalla ja pitkälle viedyllä ennakkotöiden tekemisellä saavutetaan tarvittavan seisokin pituuden minimoimista. Tällöin tuotanto puolta saadaan pidettyä päällä pidempään. Lisäksi voitaisiin tämänlainen työ sovittaa johonkin normaalia pidempään seisokin yhteyteen. Tämä ei ole kuitenkaan sen kaltainen muutostyö, joka olisi saatava toteutettua nopeimmalla aikataululla ainakaan tämänhetkisillä ajotavoitteilla ja ajotavoilla. Lisäksi mikäli haihdutinta tarvittaisiin, voidaan tämä eriyttää kiteyttimestä, koska se on nykyisellä prosessilla testatusti mahdollista. Näin ainakaan tästä ei aiheutuisi ongelmaa ja esimerkiksi puhtaan lauhteen riittävyys elektrolyysihallin puolelle pystyttäisiin varmistamaan.

6.3.4 Erillisen demisterin muut hyödyt

Erillistä kiteyttimen demisteriä suunniteltaessa tulee huomioida esimerkiksi, että voiko tällä ratkaisulla saada jonkinlaista muutakin hyötyä, kuin ainoastaan pinnanmittaukseen liittyen. Yhtenä hyötynä voisi olla esimerkiksi huuhtelun vähentyminen, joka saattaisi toteutua tällä tavalla demisterin ollessa erillisenä kiteyttimestä.

6.3.5 Ratkaisuun sopiva pinnanmittaus

Mikäli päädytään erillisen demisterin ratkaisumalliin, tulee tälle löytää pinnanmittaus, joka sopii uudenlaiseen tilanteeseen. Pinnanmittauksesta tulee toisin sanoen saada mahdollisimman paljon hyötyä irti, jotta ratkaisuun investoiminen on kannattavaa. Tätä lähdetään selvittämään esimerkiksi Endress+Hauser Oy:n kautta, koska heillä on laajalti vaihtoehtoja, joiden kautta sopiva pinnanmittaus saattaa löytyä tai ainakin saada mahdollisuuksia ratkaisua varten.

Esimerkiksi guided wave radar tyyppinen pinnanmittaus on yhtenä vaihtoehtona. Tämä laite toimii siten, että ilmaisinta pitkin kulkeutuu laitteen lähettämä pulssi (Emerson Electric Co., 2023). Pulssin osuessa pintaan, suurin osa energiasta heijastuu (Emerson Electric Co., 2023). Heijastuminen puolestaan kulkeutuu takaisin laitteelle, josta pulssi on lähtenyt. Syy, minkä vuoksi pinta on mahdollista havainnoida, johtuu pulssin osuudesta, joka matkaa ilmaisinta pitkin alas (Emerson Electric Co., 2023). Tämän tutkan teknologia perustuu mikroaaltoihin, jolloin esimerkiksi paine, pöly tai viskositeetti eivät vaikuta pinnanmittaukseen (Emerson Electric Co., 2023). Tämä johtuu siitä, että mikroaaltoihin vaikuttavat ainoastaan sen kaltaiset materiaalit, jotka kykenevät heijastamaan energiaa. (Emerson Electric Co., 2023)

Toinen vaihtoehto voisi puolestaan olla Non Contact radar. Tämän toiminta lähtee liikkeelle tutkan lähettämällä aallolla (Honeywell International Inc., 2023). Tämä aalto emittoituu määrätyn frekvenssin läpi (Honeywell International Inc., 2023). Aalto liikkuu, kunnes se kohtaa jonkin pinnan, jolla on eri

eristävyys ilmaan verrattuna (Honeywell International Inc., 2023). Kohtaamisen jälkeen heijastunut aalto matkaa takaisin kohti lähtöpistettä (Honeywell International Inc., 2023). Kun aalto palaa takaisin, tapahtuu linkitys (Honeywell International Inc., 2023). Viive linkittyy siis aallon etenemisen kanssa (Honeywell International Inc., 2023). Tämän jälkeen kyetään prosessoimaan palautuneen aallon ja emittoituneen aallon frekvenssien ero. (Honeywell International Inc., 2023)

6.3.6 Ensimmäinen pinnanmittauksen vaihtoehto

Yhtenä vaihtoehtona pinnanmittaukseen voisi olla, erillistä demisteriä pohdittaessa, Honeywell:in kautta tullut ratkaisuvaihtoehto. Tämä pinnanmittaus olisi Smartline level guided wave radar slg700 tutka, jolla on esimerkiksi moduulirakenne, kehittynyt näyttö ja paras suoritus, kun vertaillaan luokkaa (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Honeywell on tunnettu puhuttaessa suoritusostasesta sekä tarkkuudesta (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Tällä tutkalla voidaan mitata niin liuoksia, kuin rajapintojakin monissa erinäköisissä kohteissa (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Esimerkiksi painealue, jota kyseinen tutka kestää, on aina 400 baariin asti, joka soveltuu kiteyttimeen, koska se on alipainelaitteisto (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Lämpötila-alue tutkalla on puolestaan -60 asteesta 450 asteeseen asti (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Tämänkin voidaan todeta sopivan kiteyttimen olosuhteisiin.

Laipat kyseisellä tutkalla alkavat DN40 eli 1 1/2 tuumasta ja NPT kierre on lähtökooltaan 3/4 tuumaa siitä kasvaen (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Tarkkuus puolestaan tällä tutkalla on kolmen millimetrin sisällä tai prosenteissa 0,03 prosenttia (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Toistettavuus on luokaltaan yhden millimetrin sisällä ja resoluutio on tasan yksi millimetri (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Tarkkuus olisi siis tällä tutkalla riittävällä tasolla käyttötarkoitukseensa nähden ja tämän puolesta sopisi kohteeseen. Tutka on kaksi johtoinen ja sen silmukan teho on 4–20 milliampeeria (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Output vaihtoehtoina ovat HART ja

Foundation Fieldbus (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Lähetikonfiguraation kirjoitussuojaus löytyy, sisäisen lähettimen johdotus on hoidettu estäen maasilmukoiden syntymisen, sähköisen transientin immuniteetti on olemassa aina kahteen kilovolttiin asti ja paikallisen näytön ominaisuudet ovat hyvät (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.).

Näiden ominaisuuksien lisäksi tutkalla on muitakin ominaisuuksia. Esimerkiksi kenttäkonfiguraatio onnistuu kolmen ulkoisen painikkeen mahdollisuuksilla, paluu takaisin viimeiseen hyvään kalibrointiin mahdollista, universaalit liittimet mahdolliset, mukana tulevat diagnostiikka mahdollisuudet ovat kokonaisvaltaiset, joustavuus SIL 2/3 vaatimukseen löytyvät täysin standardina ja tutkan näyttö tukee monta kehittyntä mahdollisuutta (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Näistä yksi on esimerkiksi kahdeksaan erilliseen näyttöön löytyvät kapasiteetit kolmella erilaisella formaatilla, joita ovat trendi, pylväsdiagrammi sekä prosessimuuttuja (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Tutkassa on myös useat kielivaihtoehdot, kaksi indikaatiota (diagnostista), konfiguroitava näyttö sisältäen kierrätysajan ja position säädökset, jotka ovat mahdollista 90 asteen asteikolla (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.).

Ainoana ongelmakohtana erillisen demisterin kanssa tulee mahdollisesti se, että pinnanmittauksen tapahtuessa kiteyttimen yläpuolelta, kiteyttimen rakenne sekä olosuhteet voivat olla haitaksi. Aktiivitulassa siis pinta pääsee kuohtahtelemaan "sienen" tavoin (Henkilö B, 2023). Tämä voi aiheuttaa kyseessä olevan tutkan häiriintymisen. Tällöin voidaan ajatella mahdollista tutkan sijoittamista rauhoitustilan puolelle, mutta tässä tulee ongelmaksi puolestaan rauhoitustilan rakenne. Rauhoitustilassa kun ei ole yläpuoli auki, vaan se on suljettu, jolloin pinnanmittauksen toteuttaminen yläpuolen kautta rauhoitustilan kohdalta on epätodennäköinen ratkaisu. Tämä vaatii kuitenkin lisäselvittämistä sekä mahdollista testaamista. Näin saadaan varmempaa tietoa mahdollisesta tutkan toimivuudesta tällä ratkaisumenetelmällä.

6.3.7 Toinen pinnanmittauksen vaihtoehto

Toinen tutkavaihtoehto, joka Honeywell:in kautta saatiin, on Smartline level non contact radar Sln700. Tämä tutka on soveltuva niin liuksien kuin myös kiinteiden aineiden pinnanmittaukseen (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Kyseinen tutka mahdollistaa tarkkuutta sekä stabiilisuutta, kun pohditaan pinta-aplikaatioita (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Lisäksi tutka tarvitsee vähän kunnossapitotöitä ja on helppokäyttöinen jopa vaativien prosessi pinnanmittausten kanssa (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.).

Teknologia, jota tässä tutkassa käytetään, on 80 GHz FMCW (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Tutkalla on kapea säde sekä lisäksi pieni sokea-alue (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Tämän lisäksi immuniteetti ajateltaessa painetta, lämpötilaa tai pölyä, löytyy kyseiseltä tutkalta (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Tämä esimerkiksi on eduksi, kun ajatellaan kyseistä tutkaa liuospuhdistamoon. Harhakaiun vaimennukseen löytyy myös vaihtoehto (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Tutka on myös helppo asentaa paikalleen, eristeen jatkuvaa tarvetta ei ole, pieni antenni mahdollistaa käytön monenlaisissa prosesseissa ja korkea resoluutio löytyy saavuttaen näin paremman tiedon prosessista paremman tarkkuuden vuoksi (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Mittausalue tällä tutkalla on 30 metriä liuksien kanssa (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Tämä on sopiva kohteeseen, sillä tällä mittausalueella saadaan toteutettua tarvittavan laaja pinnanmittaus.

Tarkkuus on kahden millimetrin sisällä (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Sekin on täten tarpeeksi hyvä kohteeseen. Lämpöalue on -40 asteesta 200 asteeseen, painealue on aina 25 baariin asti (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Nämä rajat eivät myöskään tämän takia tule esteeksi kiteyttimen pinnanmittauksen kohdalla. Jännite, joka kyseisellä tutkalla on, liikkuu 12 voltista 30 volttiin (tasavirta) (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Output vaihtoehtoina on 4-20 milliampeeria & HART tai vaihtoehtoisesti RS-485 / Modbus (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.).

Tämän tutkan kohdalla tulee ainoastaan ongelmana mahdollisesti kiteyttimen haasteelliset olosuhteet. Tämän vuoksi tämä tulee huomioida, mikäli tätä tutkaa aiotaan yhdistää erillisen demisterin ratkaisumalliin. Aiemmin esille tulut rauhoitustilan kohdalle tähdätty asennus voisi olla avuksi, mutta kuten edellisenkin tutkan kanssa rauhoitustilan yläpuolen suljettu rakenne tekee tästä epätodennäköisen ratkaisun. Tämänkin kanssa vaaditaan lisätutkimusta sekä mahdollista testaamista. Vain näin saadaan tarpeeksi tarkkaa tietoa kyseisen tutkan toimimisesta kyseisessä kohteessa.

7 ERILLINEN SÄILIÖ TAI PUTKI PINNANMITTAUKSELLE

Erillisen demisterin lisäksi toisena vaihtoehtona on rakennuttaa kiteyttimen pinnanmittaukselle erillinen pienempi säiliö tai putki, jossa pinnanmittaus voitaisiin toteuttaa optimaalisemmassa ympäristössä. Tällä ratkaisulla pystyttäisiin täten rauhoittamaan pinnanmittaus omaan tilaansa.

Tämänkaltaista toteutusta ei tällä hetkellä ole tiedettävästi käytössä liuospuhdistamossa tai elektrolyysin alueella (Henkilö A, 2023). Tämä johtuu siitä, että samankaltaisia ongelmia ei ole tullut vastaan esimerkiksi muissa säiliöissä (Henkilö A, 2023). Näin ollen tämän tyyppistä ratkaisua kannattaa harkita, sillä se voitaisiin saada toimimaan kyseisen kiteyttimen kanssa, varsinkin tilan ollessa kohteessa rajallinen. Voidaan siis saada hyödynnettyä erilaista pinnanmittausta tai nykyistäkin, koska putkeen saadaan järjestettyä ainakin osittain paremmat olosuhteet. Tähän esimerkiksi syynä se, että pinnanmittaus saadaan asennettua suoraan erillisen putken yläpuolelta.

7.1 Erillinen säiliö tai putki

7.1.1 Sijoittaminen

Erillisen säiliön sijoittaminen olisi vaivattomampi verrattaessa erilliseen demisteriin, koska se voitaisiin saada pienempään tilaan. Kuitenkin tämäkin ratkaisu tulisi vaatimaan oman tilansa. Näin voitaisiin joutua tekemään kuitenkin ainakin jonkin koko luokan muutoksia. Vielä säiliötä pienempään tilaan saadaan sovitettua erillinen putki. Se pystyttäisiin saamaan prosessiin ilman prosessimuutoksia, joita aiheutuu todennäköisemmin esimerkiksi erillisen demisterin tai säiliön kanssa. Näin erillisen putken avulla välttyttäisiin kustannuksista, joita seuraisi esimerkiksi erillisen pienen säiliön vuoksi.

Esimerkiksi uuden putken sijoittaminen voidaan toteuttaa nykyisiä kiteyttimen näkölaseja hyödyntämällä (Henkilö A, 2023). Näkölasien avulla voidaan välttyä esimerkiksi työltä, joka vaaditaan reikien ja laippojen tekemiseen.

Näkölasien avulla alustava työ olisi näin tehtynä ja ainoastaan uuden putken rakentaminen sekä kiinnittäminen vaatisi työtä pinnanmittauksen asentamisen lisäksi. Näkölasejahan on kiteytymisen kyljessä tällä hetkellä kolme kappaletta, joista pääsee näkemään kiteytymisen pinnan. Tämä kuitenkin vaatii esimerkiksi sen, että kiteymää ei ole tapahtunut niiden kohdalla. Tähän on olemassa kuitenkin huuhtelu, mutta tämä lisää prosessiin menevää vesimäärää. Halkaisija, joka näkölaseilla olisi mahdollista saavuttaa, olisi kooltaan kohtalainen ajateltaessa pinnanmittausta, joka tähän kohteeseen saataisiin asennettua. Kiteytymisen näkölasit ovat nähtävissä kuvassa 8. Kuvasta 8 voidaan havaita, että erillisestä putkesta saataisiin halkaisijaltaan kohtalaisen laaja. Tämä edesauttaa siihen, että kiteytyminen ei vaikuttaisi pinnanmittaukseen niin nopeasti.



Kuva 8. Kuva kiteytymisen näkölaseista 2023.

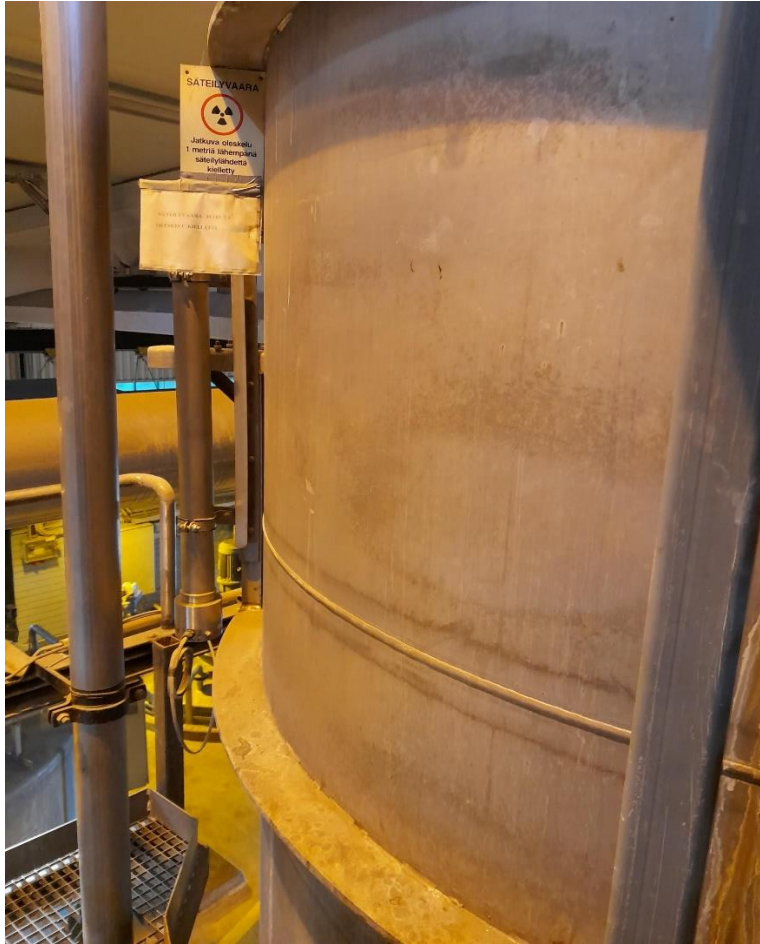
7.1.2 Kustannukset

Kustannukset saadaan myös rajattua, kun prosessiin lisättäisiin erillinen säiliö tai putki kokonaan erillisen demisterin sijaan. Näin ei esimerkiksi tule kustannuksia tasojen siirtämisestä tai tekemisestä. Lisäksi putkistomuutoksien aiheuttamat kustannukset saadaan karsittua käytännössä kokonaan.

7.1.3 Työstä aiheutuva seisokki

Esimerkiksi kiteyttimen erillisen putken asentamiseen kuluva seisokkiaika on lyhyempi kuin ajateltaessa kokonaan erillistä demisteriä. Tämä johtuu esimerkiksi siitä, että putki pystyttäisiin suunnittelemaan ja toteuttamaan ensin mahdollisimman pitkälle ennen itse asennusta. Lisäksi hyötynä on valmiiksi kiteyttimen kyljessä sijaitsevat näkölasit, joiden kautta käytettävissä olisi valmiit laipat. Näin ollen erillisten reikien tekemiseen ei kuluisi myöskään aikaa. Ajoittaminen kyseisestä työstä aiheutuvalle seisokille ei ole myöskään ongelma, sillä liuospuhdistamon joka viikkoinen ajokausojen välinen seisokki antaa valmiin noin kahdeksan tunnin kestoisen seisokkiajan tämänlaisen työn toteuttamiseen. Siten tarvittaisiin alustavasti vain aika putken ja pinnanmittauksen asentamiseen.

Näkölaseja hyödyntäessä tulee kuitenkin vastaan se, että pituus näkölasien välillä on noin 850 mm. Nykyinen pinnanmittausalue on puolestaan noin 700 mm. Näin ei saada laajennettua mahdollista pinnanmittausaluetta, joka saavutetaan tekemällä erillinen putki eri kohtaan kiteytintä. Tämä kohta on näkyvissä kuvassa 9. Tämä paikka olisi hyvä erilliselle putkelle, koska se sijaitsisi tällöin paikassa, jossa ei liikuta. Putki ei näin ollen olisi kenenkään tiellä ja se sijaitsee demisterin alapuolella. Lisäksi tähän kohtaan on helppo asentaa putki, koska kohteesta löytyy valmiiksi taso asennusta varten. Taso myös näkyvissä kuvassa 9. Näin myös näkölasit jäävät edelleen käytettäväksi esimerkiksi prosessinohitajille



Kuva 9. Kuva kiteyttimen seinämän kohdasta 2023, johon erillinen putki saadaan asennettua.

7.1.4 Ratkaisuun sopiva pinnanmittaus

Mikäli päädytään ratkaisumalliin, jossa käytetään esimerkiksi erillistä putkea hyödyntäen kiteyttimen nykyisiä näkölaseja, tulee pohtia kohteeseen tällöin sopivaa pinnanmittausta. Näin voidaan saavuttaa mahdollisimman suuri hyöty kyseisestä muutoksesta, joka tähän ratkaisuun tullessa tarvittaisiin tehdä. Toki yhtenä ratkaisuna kannattaa miettiä nykyistä pinnanmittausta. Näin saadaan ainakin karsittua eri vaihtoehtoja pois. Endress+Hauser Oy:n kautta lähdetään myös etsimään sopivaa vaihtoehtoa, koska heillä on laajahko valikoima eri pinnanmittauksia. Pinnanmittaukseen voisi hyvin sopia saman tyyppiset ratkaisumallit, jotka tulivat esille jo erillisen demisterin sopivan pinnanmittauksen kanssa.

7.1.5 Ensimmäinen pinnanmittauksen vaihtoehto

Ensimmäisenä vaihtoehtona pinnanmittaukselle on Honeywell:in tarjoama Smartline level guided wave radar slg700 tutka, joka soveltuu myös tähän ratkaisumalliin, koska olosuhteet ovat pääosin samat kuin erillisen demisterin ratkaisussa. Tutkan tiedoista on kerrottuna tarkemmin jo erillisen demisterin ratkaisumallin puolella.

Kyseisellä tutkalla on esimerkiksi etuna sopivuuden kannalta useampi eri seikka. Esimerkiksi kyseisen tutkan paineenkestoalue on aina 400 baariin asti (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Sen näin ollen pitäisi soveltua liuospuhdistamon kiteyttimeen. Tämän lisäksi kyseinen tutka kestää alipainelaitteiston eli vaikkapa kiteyttimen. Painealueen lisäksi lämpötila-alue on tällä tutkalla sopiva kiteyttimeen. Tutka kestää lämpötilan -60 asteesta aina 450 asteeseen asti (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.).

Näiden lisäksi niin tarkkuus ja toistettavuus muun muassa ovat kiteyttimen pinnanmittauksen tarpeet kohtaavat. Tarkkuus kun on kolme millimetriä, joka on prosentti puolella ajateltuna 0,03 prosentin luokkaa (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Toistettavuus on puolestaan tutkalla yhden millimetrin alueella (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.). Lisäksi näyttöjen määrät ja formaatit ovat kohdallaan, sillä niitä on mahdollisuus saada kahdeksan kappaletta niin prosessimuuttujalla, pylväsdiagrammina kuin myös trendinä (Honeywell International Inc, 2021, s. 5.).

Myös ongelma, joka erillisen demisterin kanssa tulee, ei vaikuta erillisen putken yhteydessä. Toisin sanoen pinnanmittauksen tapahtuessa erillisessä putkessa saadaan se kiteyttimen rauhoitustilan kohdalle. Näin sitä ei jouduta asentamaan yläkautta, joka on rauhoitustilassa suljettuna. Lisäksi aiemmin mainittua ”sientä” ei pääse muodostumaan, koska tutka ei tule olemaan aktiivitalan kohdalla, vaan se sijaitsee sen vaikutusalueen ulkopuolella. Lisäksi erilliseen putkeen voidaan saada ultraääni, mikäli se saadaan kyseiseen kohtaan toteutumaan. Näin ollen ainakaan suurempaa ongelmakohtaa tämän tutkan ja erillisen putken yhdistämisessä ei ole nähtävissä. Tietenkin testaamista ja

lisätutkimusta tullaan tarvitsemaan, jotta tutkan toimintaa päästään seuraamaan tarpeellisessa määrin.

7.1.6 Toinen pinnanmittauksen vaihtoehto

Toisena vaihtoehtona erillisen putken kombinaatioon pinnanmittauksen kanssa on Honeywell'in Smartline level non contact radar sln700. Tällä tutkalla on monta ominaisuutta, jotka vahvistavat tutkimusta suuntaan, jossa kyseinen tutka voisi olla osuva valinta kiteyttimen pinnanmittaukseen.

Kyseisen tutkan ominaisuuksia on avattuna jo tarkemmin erillisen demisteri ratkaisumallin osuudessa. Tutkalla on siis esimerkiksi lämpötila-alue -40 asteesta 200 asteeseen asti (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Tämän lisäksi paineenkesto on aina 25 baariin asti (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Tämä tutka sopii myös alipainelaitteistoon, joka selvisi asiasta kyseltäessä. Tarkkuus tällä tutkalla on kaksi millimetriä ja mittausalue liuoksia käsiteltäessä on jopa 30 metriin asti (Honeywell International Inc, 2021, s. 6.). Tutkan tarkkuus on täten riittävällä tasolla kiteyttimeen ja 30 metrin mittausalue on kohteeseen sopiva, sillä ei ole olemassa pakottavaa tarvetta saada tietää pintaa koko kiteyttimen kattavalta korkeudelta.

Myös tämä pinnanmittausratkaisu voisi sopia paremmin erillisen putken yhteyteen kuin erilliseen demisteriin kiteyttimen sisällä aiheutuvan ”sienen” vuoksi eli asennusta ei tarvitse tehdä kiteyttimen yläosaan. Tällöin ei tule ongelmaa rauhoitustilan yläosan umpinaisuuden vuoksi. Näin ollen ei tältä osin suurempaa ongelmaa pitäisi tulla vastaan. Tietysti tutkimalla ja testaamalla saadaan lisää informaatiota, jota voidaan hyödyntää toimivuuden varmistamiseksi.

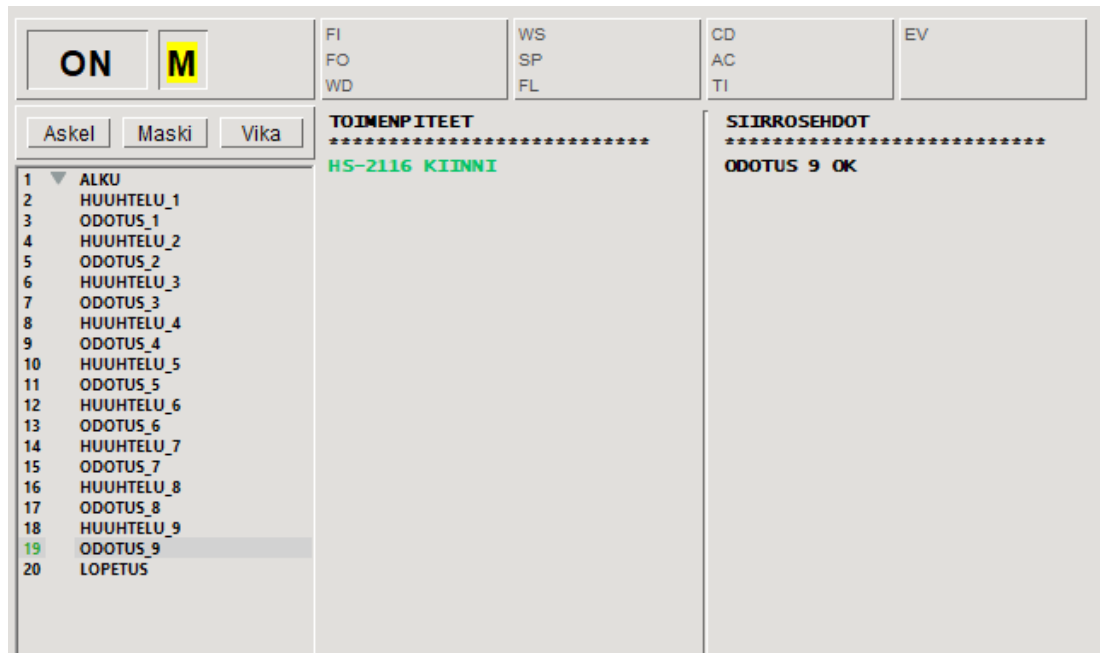
8 KITEYTTIMEN AUTOMAATTIHUUHTELU

Liuospuhdistamon kiteyttimessä on olemassa automaattihuuhtelu. Automaattihuuhteluun kuuluu yhteensä yhdeksän kappaletta eri huuhteluita ja kymmenen kappaletta venttiileitä. Näistä venttiileistä kuusi kappaletta sijaitsee kiteyttimen yläosassa. Nämä venttiilit ovat HS-2111, HS-2112, HS-2113, HS-2114, HS-2115 ja HS-2116. Nämä kuusi kuuluvat siis suoraan kiteyttimen automaattihuuhteluun. Tämän lisäksi on olemassa vielä neljä muuta huuhtelu venttiiliä. Näistä kolme kuuluvat kiteyttimen tuotelinjaan, jotta tarvittavat puhdistukset saadaan toteutumaan. Nämä kolme venttiiliä ovat HS-2121, HS-2122 ja HS-2123. Viimeinen venttiili, joka jää jäljelle, on HS-22307. Tämä sijaitsee haihduttimen puolella. Tarkemmin ottaen kyseessä on haihduttimen pisaraerottimen huuhtelu.

8.1 Toiminta

Kyseessä olevassa automaattihuuhtelussa on määriteltynä huuhteluaika sekä odotusaika. Huuhteluaikaan on tällä hetkellä määriteltynä 10 sekuntia. Odotusaika on puolestaan tällä hetkellä määriteltynä 15 minuuttia. Huuhtelu pyörii siis siten, että aina vuorotellen jokin venttiili aukeaa ja pysyy auki 10 sekunnin ajan, jonka jälkeen tulee odotusaika. Tästä mennään taas eteenpäin seuraavaan venttiiliin. Järjestys, joka kyseessä olevassa automaattihuuhtelussa on, tapahtuu syklistä ja järjestys pysyy kierroksesta seuraavaan aina samana.

Automaattihuuhtelu alkaa ensimmäisellä huuhtelulla, jolloin HS-2111 ja HS-2112 venttiilit aukeavat. Näiden jälkeen on odotusaika, jonka jälkeen HS-2113 aukeaa. Näiden kahden jälkeen aukeaa HS-22307. Seuraavaksi aukeavat järjestyksessä HS-2121, HS-2122 ja HS-2123 odotusajat väliin huomioiden. Näiden jälkeen aukeavat järjestyksessä HS-2114, HS-2115 ja HS-2116 odotusajat jälleen väliin huomioiden. Seuraavassa kuvassa 10 päästään näkemään huuhtelujärjestystä, joka kiteyttimen automaattihuuhtelussa on käytössä.



Kuva 10. Kuva kiteyttimen automaattihuuhtelussa vallitsevasta järjestyksestä huuhteluineen ja odotuksineen. (DNA, 2023)

9 ULTRAÄÄNI

Yhtenä vaihtoehtona huuhtelun sijaan on ultraääni. Tätä voidaan hyödyntää eri ratkaisuvaihtoehtojen yhteydessä. Esimerkiksi suoraan itse kiteyttimeen voidaan pohtia mahdollista ultraäänen soveltuvuutta. Tämän lisäksi ultraääntä voidaan mahdollisesti hyödyntää erillisen demisterin yhteydessä tai vastaavasta erillisen putken yhteydessä. Tätä varten tarvitaan selvitystä ultraäänen soveltuvuudesta esimerkiksi kiteyttimeen, demisterin tai putken pintaan. Lisäksi tulee huomioida ultraäänen mahdollinen vaikutus prosessiin. Mikäli vaikutuksia ilmenee, tulee arvioida ultraäänen kannattavuus punnitien vaikutukset eri näkökulmista. Tutkittaessa ultraääntä ja eri vaihtoehtoja, joita on olemassa tähän liittyen, tulee vastaan eri mahdollisuuksia. Seuraavaksi tutustutaan löytyneeseen ultraääneen perehtyneeseen yritykseen.

9.1 Ultraääneen perehtynyt yritys

Altum Technologies on vuodesta 2016 vastannut äänensiirron suorituksesta. Yritys pystyy kontrolloimaan ultraäänen voimaa kokonaisvaltaisesti puhdistuen eri laitteistoja likaantumiselta. Tässä asiassa Altum technologies on ensimmäinen laatuaan. Puhdistus tapahtuu siten, että tuotanto ei pääse pysähtymään. Yrityksen käyttämä teknologia on hajottava. Tämän vuoksi pystytään esimerkiksi minimoimaan aikaa, jota kunnossapitoon kuluu. Tämän lisäksi yrityksen teknologian avulla kyetään minimoimaan vaarallisten kemikaalien käyttöä ja energian kulutusta. (Altum Technologies, 2023)

9.2 Toiminta

Altum Technologies ultraäänen avulla voidaan mahdollistaa nykyisten likaantumisen lisäksi ennaltaehkäisemään esimerkiksi likaantumista (Altum Technologies, 2023). Altum Technologies mahdollistaa perinteisen ultraääni puhdistuksen yhdistämisen säteen muokkaamiseen tarkoitettuun ohjelmistoon. Tällä ohjelmistolla pystytään toteuttamaan kohdennettua voimankäyttöä ja näin saadaan aikaan tehokasta puhdistamista. Toiminta on mahdollistettu

toteutettavaksi ulkoisesti, jolloin tuotannon puolen laitteistoon ei tarvitse tehdä muutoksia, vaan ne kyetään pitämään ennallaan. Tämänkaltaista menetelmää kyetään ohjaamaan ja monitoroimaan. Tämä tapahtuu IoT'n kautta. (Altum Technologies, 2020). Kuvassa 11 voidaan havainnoida Altum Technologies menetelmää visuaalisesti. Näin päästään näkemään, miltä ratkaisu näyttää kuvitteellisessa kohteessa.



Kuva 11. Kuvassa Altum Technologies menetelmä (Altum Technologies, 2023)

9.3 Käyttökohteet

Altum Technologies ratkaisu mahdollistaa puhdistuksia useilla eri toimialoilla, joita on erikaltaisilla alueilla. Näitä toimialoja ovat esimerkiksi energia, paperi, ruoka, vesi, öljyt sekä kaasut, kemikaalit, kaivuu sekä mineraali, lääketeollisuus ja ydinvoimala (Altum Technologies, 2023). Kuten voidaan huomata, ratkaisu on hyödynnettävissä monenlaisissa paikoissa. Tarkemminkin tätä voidaan rajata. Esimerkiksi putkistot ovat yhtenä kohteena, joihin Altum Technologies menetelmää voidaan käyttää (Altum Technologies, 2023).

APPLICATIONS). Tämän lisäksi haihdutin mukaan lukien pumpput sekä venttiilit toimivat käyttökohteina. (Altum Technologies, 2023. APPLICATIONS).

9.4 Hyödyt

Ultraäänen avulla saavutetaan monenlaisia hyötyjä, joita ei välttämättä muilla keinoilla voida saada. Esimerkiksi Altum Technologies ratkaisu mahdollistaa vähemmän seisokkiaikaa, jota aiheutuu puhdistuksista normaalisti (Altum Technologies, 2023). Lisäksi kyseisellä ratkaisulla saadaan madallettua kunnossapitotöistä aiheutuvia kuluja ja saadaan alentumaan puhdistuksista aiheutuvia päästöjä (Altum Technologies, 2023). Manuaalisia puhdistustöitä joudutaan tekemään myös vähemmän (Altum Technologies, 2023.).

9.5 Erillinen demisteri ja ultraääni

Jos päädytään erilliseen demisteriin, voidaan harkita esimerkiksi demisterin puhdistamiseen yhdistettävää ultraääniteknologiaa. Tässä voi kuitenkin tulla ongelmaksi se, miten demisterin keskiosa saataisiin pidettyä tarpeeksi puhtaana. Lisäksi ongelmaksi voi muodostua demisterin rakenteellinen kestävyys. Hyötynä on erillisen demisterin tuoma mahdollisuus yläpuoliseen pinnanmittaukseen, joka ei välttämättä häiriinny kiteyttimen seinämille muodostuvasta kiteestä. Tällöin ei kiteyttimelle tarvita ultraääniteknologiaan perustuvaa puhdistusta pinnanmittauksen osalta. Tästä päädytään siihen, että ultraääniteknologian yhdistäminen ei ole kannattavin ratkaisu erillisen demisterin kanssa.

9.6 Erillinen putki ja ultraääni

Toisin kuin erillisen demisterin kanssa, tutkittaessa ultraäänen tarjoamia mahdollisuuksia, voidaan huomata sen olevan hyödyllisempi ratkaisu erillisen putken kanssa. Ensinkin alueellisesti alue, johon ultraääntä tarvitaan, ei olisi suuri. Putken ympärillä on myös tilaa tarpeeksi ultraäänelle, jos putki on 150 millimetrin päässä seinämästä (Malmberg, 2023). Tämän lisäksi tällä tavalla pinnanmittaus voitaisiin saada toimintavarmemmaksi. Tällä menettelyllä myös

veden pääseminen prosessiin huuhtelun kautta saataisiin loppumaan. Lisäksi ultraäänen ollessa jatkuvatoiminen, vältetään erilliseltä huuhtelun vaatimalta työltä. Kokonaisuutena tämä ratkaisu voisi olla siis toimiva.

9.6.1 Kustannukset

Kustannusten kohdalla erillisellä putkella on se hyvä puoli, että siitä ei tulisi pinta-alaltaan suurta aluetta, jos käytetään esimerkiksi ratkaisussa kiteyttimen näkölaseja hyödyksi. Kohde ei myöskään vaatisi suuria muita töitä, jotka voisivat muuten nostaa kustannuksia. Toisena vaihtoehtona on erillinen putki kiteyttimen kylkeen, jolloin kustannukset saattavat nousta hieman, mutta liikutaan kuitenkin samoilla alueilla.

Kustannusten arvioiminen ultraäänen osalta tällä ratkaisulla tarkalleen on hankalaa. Kuitenkin arvioituna asennukseen tulee varata tietty summa (Malmberg, 2023). Tähän laskelmaan tulee arvioida mukaan päivärahat, matkakulut ja majoittautumiset (Malmberg, 2023). Laitteistovuokra on puolestaan toinen, johon kuuluu tietty summa kuukaudessa (Malmberg, 2023). Hintaluokka tulee olemaan näin ollen sen kaltainen, että tätä tulee harkita ja pohtia tarkkaan saatavan hyödyn näkökulmasta.

9.6.2 Työstä aiheutuva seisokki

Työstä aiheutuva seisokki olisi arviolta neljä tuntia (Malmberg, 2023). Tässä aikataulussa huomioituna antureiden asennukseen kuluva aika sekä kaapeleiden vedot niille, keskusyksikön virtoihin laitto ja lisäksi asennuksen validointi sekä testaukset etäyhteyteen liittyen (Malmberg, 2023). Tähän oletuksena, että valmisteluja on tehtynä eli esimerkiksi sähköjen veto valmiiksi keskusyksikön sijoituskohteeseen (Malmberg, 2023). Seisokki on näin mahdollista saada sisältymään jonkin viikon normaali seisokkiin, jonka kesto on kahdeksan tuntia.

9.7 Nykyinen pinnanmittaus ja ultraääni

Yhtenä vaihtoehtona on selvittää ultraäänen yhdistämistä nykyiseen kiteytymen malliin. Eli ei tehtäisi ollenkaan muita muutoksia, kuten erillisen demisterin tai erillisen putken kohdalla. Nykyinen pinnanmittaus on kuitenkin itsellään toimiva ja siihen vaikuttaa ulkoiset tekijät, joita voitaisiin päästä muuttamaan ultraäänen avulla. Tarvitaankin tutkimista, jotta saadaan selville, olisiko mahdollista saada esimerkiksi pinnanmittauksen kohtiin ultraääni avuksi.

Näin saataisiin nykyisellään kiteytyvät kohdat pidettyä puhtaana paremmin. Toisena hyötynä olisi se, että automaattihuuhtelu saataisiin näin poistettua kokonaan pinnanmittauksen osalta nykyisestä prosessista, eikä näin ollen ylimääräistä vettä pääsisi enää vastaavissa määrin prosessiin kyseessä olevasta kohdasta. Kuten erillisen putken kohdalla, välttyttäisiin tälläkin osasta nykyisellään aiheutuvasta puhdistustyöstä.

9.7.1 Kustannukset

Kustannusten puolella nykyisen pinnanmittauksessa on se hyvä puoli, että pinnanmittaus on valmiina. Lisäksi erillisiä muutostöitä kunnossapidon puolelta ei tarvita. Ultraäänen osuus on siis ainoa selvä kustannus tällöin. Tämän arvioimisessa voidaan verrata kustannuksia, joita aiheutuu ultraäänen osalta erillisen putken yhteydessä.

9.7.2 Työstä aiheutuva seisokki

Seisokki tällä ratkaisulla voi olla lyhyempi, koska esimerkiksi putkistomuutoksia tai uusien putkien asennuksia ei tarvita. Ainoa selkeä seisokki aiheutuu ultraäänen asennuksesta. Tässä vertailukohtana voidaan hyödyntää seisokkia erillisen putken ratkaisussa kuluvasta ajasta ultraäänen asennukseen liittyen.

9.8 Vaikutukset prosessiin

Yhtenä tärkeänä osana ultraääntä tutkiessa tulee huomioida, mitä muuta tämä voi aiheuttaa prosessille. Tulee siis tutkia vaikutuksia itse kiteyttimen toimintaan ja arvioida niitä mahdollisimman tarkasti. Toki kaikkea ei varmasti voida eikä saada selvitettyä ennen kuin tämmöinen ratkaisu toteutetaan ja saadaan luotua trendiä eri arvoista. Yhtenä mahdollisuutena on kokeilla ultraääntä ensin johonkin pienempään alueeseen. Näin voidaan kokeilla ultraääntä kohdassa, josta ei aiheudu laajoja ongelmia prosessiin, mikäli ultraääni ei toimisi-kaan oletetulla tavalla. Ainakaan prosessimittareihin Altum Technologies:ssa ei olla huomattu olevan minkäänlaista vaikutusta (Malmberg, 2023). Tämän lisäksi myöskään aiemmin esiteltyihin mittalaitetyyppeihin ultraäänellä ei pitäisi olla vaikutusta (Malmberg, 2023).

10 HUUHTELU VAIHTOEHTOJA

10.1 Suutin mahdollisuudet

Lechler:llä on olemassa monia erilaisia suutintyypppejä (Lechler, n.d.). Nämä on jaettu staattisiin, vapaasti pyöriviin, kontrolloidusti pyöriviin ja vaihteisto-ohjattuihin (Lechler, n.d.). Näistä voidaan löytää mahdollisesti vähemmän vettä käyttävät ratkaisut verrattuna nykyisin käytössä oleviin (Lechler, n.d.). Staattiset pesupallot ovat esimerkiksi edullisia ja rakenteeltaan kestäviä (Lechler, n.d.). Kuitenkin niiden käyttämät vesimäärät ovat suuria (Lechler, n.d.). Näin ollen nämä eivät sovellu kiteyttimen kanssa. Vapaasti pyörivätkään suuttimet eivät välttämättä sovellu kiteyttimeen. Tämä johtuu optimaalisesta huuhteluvaikutuksesta pieniin ja keskisuuriin säiliöihin (Lechler, n.d.). Kiteyttimen koko saattaa olosuhteineen olla tämän takia tälle puhdistusteholuokalle liian vaativa kohde.

Kontrolloidulla pyörinnällä varustetut suuttimet voivat olla sopivampi vaihtoehto kiteyttimen kanssa. Näissä siis suutinpään ohjaus toteutuu nesteellä (Lechler, n.d.). Alennusvaihteella oleva turbiinipyörä puolestaan mahdollistaa pyörimisen hallitsemisen (Lechler, n.d.). Näillä suuttimilla saadaan aikaseksi myös suurempi iskuvoima (Lechler, n.d.). Täten vaihtoehto voi olla ainakin osaltaan sopiva kiteyttimeen. Kyseisten suuttimien lisäksi vaihteisto-ohjatut suuttimet voivat olla sopivia kiteyttimeen ainakin verrattaessa niitä staattisiin tai vapaasti pyöriviin suuttimiin. Vaihteisto-ohjatuissa sisäistä vaihteistoa ohjaa pesuneste, jonka apuna on turbiinipyörä (Lechler, n.d.). Suihkupää tällä mallilla pyörii akselien ympäri, joita on kahdeksan (Lechler, n.d.). Näiden suuttimien etuna on niiden suihkutusjakso (Lechler, n.d.). Tämä johtuu siitä, että suihkut liikkuvat ohjelmoidun mallikohtaisen ristikon mukaisesti säiliön pinnalla (Lechler, n.d.). Näillä suuttimilla saavutetaan suihkupaine, joka on korkeimmalla tasolla (Lechler, n.d.). Nämä soveltuvat esimerkiksi haasteellisiin puhdistuskohteisiin (Lechler, n.d.). Lisäksi suurin osa suuttimista, joita Lechler:ltä löytyy, ovat haponkestävästä tehtyjä (Thomas Lindholm, 2023). Nämä suuttimet voisivat tämän vuoksi olla sopivia kiteyttimeen.

10.1.1 Ohjelmisto

TankClean on Lechler:in tarjoama ohjelmisto, jolla saadaan kehitettyä suunnittelua (Lechler, n.d.). Kyseessä on simulointiohjelmisto, jolla pystytään rajaamaan suunnittelussa eteen tulevia haasteita (Lechler, n.d.). Esimerkiksi sisäänrakennetut laitteet voivat tuottaa haasteita suunnittelussa (Lechler, n.d.). Tämä johtuu siitä, että näin ei aina selviä, mikäli huuhtelussa jää katvealueita (Lechler, n.d.). Esimerkiksi kiteyttimen sekoitin ja muut rakenteet saattavat olla liuospuhdistamon kohteessa haasteita aiheuttavia syitä. Tämän tyyppisiä haasteita saadaan kuitenkin karsittua TankClean -ohjelmiston avulla (Lechler, n.d.). Saavutetaan siis optimaalinen ratkaisu puhdistamiseen (Lechler, n.d.). Kyseistä ohjelmistoa voidaan käyttää kaikkien tuotteiden kanssa, joita Lechler tarjoaa (Lechler, n.d.).

TankClean ohjelmistolla voidaan saavuttaa varmuutta suunnitteluun liittyen, koska ratkaisut saadaan tehtyä ilman katvealueita (Lechler, n.d.). Lisäksi prosessin luotettavuuteen voidaan vaikuttaa räätälöityjen ratkaisumahdollisuuksien vuoksi. (Lechler, n.d.). Prosessin optimointi on myös mahdollista tämän ohjelmiston avulla, koska siitä löytyy simulointimahdollisuus (Lechler, n.d.). Näin voidaan esimerkiksi kiteyttimen kanssa hyödyntää simulointia ja tätä kautta selvittää optimaalisin ratkaisuvaihtoehto ilman eri suuttimien kokeilemistä itse kohteessa. Simuloinnilla saadaan myös vähennettyä esimerkiksi testiajoja ja niistä aiheutuvia nestemääriä (Lechler, n.d.).

11 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Liuospuhdistamossa havaittiin kiteyttimen pinnanmittauksen toiminnassa epävarmuutta. Kiteyttimen pinnanmittaus ei siis aina näyttänyt pintaa oikein ja näin ollen pääsi muodostumaan katvealueita. Todettiin, että esimerkiksi nämä katvealueet hankaloittavat prosessin hallittavuutta. Lisäksi prosessin optimaalinen ajo hankaloituu ja ongelman vuoksi voidaan ajautua tilanteeseen, jossa kiteyttimen pinta pääsee nousemaan yli tai laskemaan alle ajoalueen vaikuttaen kiteyttimen liuoskiertoon negatiivisesti.

Tavoitteena työssä oli selvittää pinnanmittauksen nykyinen tilanne ja perehdyttiin liuospuhdistamoon sekä eritoten osaston kiteyttimeen. Perehtymistä toteutettiin muun muassa keskustelujen avulla ja tässä onnistuttiin hyvin. Tutustuttiin esimerkiksi siihen, mikä on nykyisen pinnanmittauksen toimintaperiaate ja opittiin näin lisää pinnanmittauksesta. Tämän lisäksi työssä perehdyttiin toisen yrityksen kiteyttimeen ja sen toimintaan. Näin saatiin muodostettua vertailukohtaa liuospuhdistamon kiteyttimeen ja opittiin lisää kiteyttimen toiminnasta. Tämän jälkeen lähdettiin selvittämään eri vaihtoehtoja kiteyttimen pinnanmittaukseen. Selvitystä pyrittiin tekemään eri näkökulmista, jotta päästäisiin parhaan mukaan haluttuun lopputulokseen. Työn ohella tutustuttiin myös esimerkiksi haihduttimen pinnanmittaukseen ja sen erilliseen demisteriin sekä kiteyttimen nykyisen automaattihuuhtelun toimintaan. Tämä onnistui hyvin ja uuden asiaa opittiin.

Ensimmäisenä vaihtoehtona lähdettiin selvittämään ratkaisuvaihtoehtoa, jossa demisteri erotettaisiin kiteyttimen ulkopuolelle erilliseksi komponentiksi. Tällöin saataisiin mahdollisesti laajempia mahdollisuuksia pinnanmittaukseen liittyen. Lähdettiin siis selvittämään esimerkiksi erillisen demisterin sijoittamista, jossa haasteita tulee vastaan rajallisen tilan takia. Lisäksi selvitettiin mahdollisia kustannuksia, joita tämän ratkaisumallin myötä tulisi. Kustannukset tulisivatkin olemaan kohtalaisen suuret, mikäli tähän ratkaisuun päädyttäisiin. Tämän vuoksi olisi tärkeää saada jatkotutkittua mahdollisia muita hyötyjä, joita tällä voitaisiin saavuttaa. Sijoittamisen ja kustannusten lisäksi selvitettiin työhön

liittyvää vaadittavaa seisokkiaikaa sekä selvitettiin mahdollisia pinnanmittausvaihtoehtoja, jotka voisivat sopia kyseiseen ratkaisumalliin. Ultraäänitekniologian yhdistämistä tähän myös harkittiin ja tutkittiin. Tähän selvittämiseen kului välillä aikaa odotettua enemmän, sillä yrityksillä saattoi välillä kestää vastata odotettua kauemmin. Kuitenkin nämäkin tiedot saatiin lopulta kokoon.

Toisena vaihtoehtona selvitettiin erillisen putken saamista kiteyttimeen, johon pinnanmittaus saataisiin erotettua. Putken sijoittamiseen harkittiin esimerkiksi kiteyttimen näkölasien hyödyntämistä. Sijoittamisessa kuitenkin kiteyttimen kyljessä oleva tyhjä tila vaikutti paremmalta paikalta, koska kohdassa ei kuljeta ja näkölasit jäävät prosessinhoitajien käyttöön. Kohdassa selvitettiin ja todettiin myös olevan tarpeeksi tilaa kyseiseen toteutukseen. Erilliseen putkeen liittyen arvioitiin myös siitä aiheutuvia kustannuksia sekä selvitettiin mahdollisen seisokin pituutta. Näiden lisäksi selvitettiin mahdollisia vaihtoehtoja pinnanmittaukseen, mikäli päädytään tähän ratkaisuvaihtoehtoon. Pinnanmittausvaihtoehtoksi löydettiin kyselemällä Smartline level guided wave radar slg700 ja Smartline level non contact radar sln700. Näihin kahteen pinnanmittaukseen perehdyttiin esimerkiksi teknisten tietojen kautta. Tähän kului myös oma aikansa, mutta samalla opittiin eri tutkavaihtoehtoja.

Ultraäänitekniologian yhdistämistä myös lähdettiin selvittämään erilliseen putkeen liittyen. Kyseltiin ja selvitettiin esimerkiksi teknologian vaatimia tiloja. Tämän lisäksi selvitettiin mahdollisia vaikutuksia, joita kyseinen teknologia saattaisi aiheuttaa prosessiin. Selvitetiin myös ultraääneen liittyviä kustannuksia ja seisokkiaikaa, jota teknologian asennus vaatisi. Työssä lisäksi tutustuttiin ultraäänitekniologian tuloksiin, joihin aiemmissa käyttökohteissa on päästy. Ultraäänestä opittiin paljon ja siitä saatiin hyvin hyötyä työhön liittyen.

Lopulta tämän aikavälin selvitystyöllä päästiin lopputulokseen, että työssä pohdituista ratkaisuvaihtoehtojista järkevin voisi olla erillinen putki. Tällöin pinnanmittaukselle saadaan helpommin optimaalisemmat olosuhteet, jolloin pinnanmittauksen tulisi toimia vakaammin. Ratkaisua puoltaa myös esimerkiksi erillisen putken sijoittamisen toteutuksen hyvä mahdollisuus, kustannusten järkevyys verrattaessa erilliseen demisteriin sekä seisokkiaika, joka ei ole

haasteellinen tuotannollisesti ajateltuna. Näiden lisäksi putkeen voidaan yhdistää ultraääniteknologiaa, jolloin esimerkiksi prosessiin menevän veden määrä saadaan vähenemään. Työssä saatiin siis onnistuneesti koottua esimerkiksi juuri tämä ratkaisu ja yleisesti ottaen eri mahdollisuuksia saatiin tuota hyvin esille.

Kustannuksellisista sekä ajallisten syitten takia tähän ratkaisuun liittyen ei kokeellista puolta saatu toteutumaan. Kuitenkin tämän aikataulun mahdollistamalla selvitystyöllä ja tutkimisella voidaan lähteä selvittämään kokeellista puolta, mikäli ratkaisussa nähdään potentiaalia ja kannattavuutta tulevaisuuteen ajatellen.

Erillisenä vaihtoehtona on myös jatkaa nykyisellä pinnanmittauksella hyödyntäen eri pesusuutin vaihtoehtoja, joita työssä tutkittiin. Näin ei tarvitsisi tehdä muutoksia muuhun kuin huuhteluun, jolloin myös kustannukset todennäköisesti jäisivät muita vaihtoehtoja alhaisemmiksi. Suunnitteluvaiheessa pystytään hyödyntämään suunnitteluohjelmistoa, jota työssä selvitettiin. Tästä ohjelmistosta opittiin myös paljon uutta. Tällä tavoin saadaan selville optimaalisin suutinvaihtoehto ilman koeajoja ja mahdollisimman kattava huuhtelu kiteytymen pinnanmittauksen toimivuuden parantamiseksi.

Jatkotoimintaehdotuksena lähdetään ensin hyödyntämään edelle mainittua suunnitteluohjelmistoa ja valitaan sen mukaan optimaalisin suutinmalli. Tämän jälkeen seurataan pinnanmittauksen toimintaa ja kootaan saadut tulokset yhteen. Mikäli pinnanmittauksen toiminta ei varmene täällä, tehdään tarkemmat suunnitelmat erillisestä putkesta sekä siihen liitettävästä ultraäänestä ja valitaan uusi pinnanmittaus vaihtoehto tähän ratkaisuun. Tämän jälkeen lähdetään toteuttamaan ratkaisua ja seurataan pinnanmittauksen toimintaa muutosten jälkeen. Näin päästään joka tapauksessa hyvin eteenpäin optimaalisen pinnanmittauksen saavuttamisessa, oli ratkaisu sitten joku työssä esiintyvistä, joku niistä johdettu tai kokonaan erillinen.

LÄHTEET

Altum Technologies. (12.2020). THE ULTIMATE GUIDE TO POWER ULTRASOUND, THE TECHNOLOGY. Haettu 22.6. osoitteesta <https://altumtechnologies.com/wp-content/uploads/2020/12/Altum-Power-Ultrasound-Ultimate-Guide.pdf>

Altum Technologies. (2023). Altum Technologies HOME. Haettu 21.6. osoitteesta <https://altumtechnologies.com/>

Altum Technologies. (2023). APPLICATIONS. Haettu 23.6. osoitteesta <https://altumtechnologies.com/applications/>

Altum Technologies (2023). INDUSTRIES. Haettu 22.6. osoitteesta <https://altumtechnologies.com/industries/>

Altum Technologies. (2023). Haettu osoitteesta <https://altumtechnologies.com/> 21.6.2023.

Bo Malmberg. (1.8.2023). Bo Malmberg sähköposti.

Bo Malmberg. (4.8.2023). Bo Malmberg sähköposti.

Boliden Group. (n.d). SULATOT BOLIDEN HARJAVALTA. Haettu 8.5. osoitteesta <https://www.boliden.com/fi/operations/smelters/boliden-harjavalta/>

Christopher Heikkilä KBR. (26.5.2023). KBR:n Christopher Heikkilän sähköposti.

DNA. (2023). Haettu prosessiautomaation DNA-ohjelmasta 27.6.2023.

Emerson Electric Co.. (2023). About Guided Wave Radar. Haettu 17.7. osoitteesta <https://www.emerson.com/en-us/automation/measurement-instrumentation/level/continuous-level-measurement/about-guided-wave-radar>

Endress+Hauser Group Services AG. (n.d.). Radiometric - Gammapilot FMG60. Haettu 30.5. osoitteesta <https://www.fi.endress.com/fi/tuotteet/pin-tamittaus/Radiometric-level-Gammapilot-fmg60?t.tabId=product-specification>

Event Trend DNA Report. (2023). Haettu prosessiautomaation DNA-ohjelmasta 26.6.2023.

GEA Group Aktiengesellschaft. (2023). Haettu osoitteesta <https://www.gea.com/en/products/evaporators-crystallizers/solution-crystallization-plants/oslo-crystallizer.jsp> 14.5.2023.

Henkilö A. (11.5.2023). Henkilökohtainen keskustelu Boliden Harjavalta Oy:n työnjohtajan, Henkilö A, kanssa.

Henkilö A. (2023). Pyydetty henkilöltä A 16.5.2023.

Henkilö A. (28.5.2023). Henkilökohtainen keskustelu Boliden Harjavalta Oy:n työnjohtajan, Henkilö A, kanssa.

Henkilö A. (3.9.2023). Henkilökohtainen keskustelu Boliden Harjavalta Oy:n työnjohtajan, Henkilö A, kanssa.

Henkilö A. (4.6.2023). Henkilökohtainen keskustelu Boliden Harjavalta Oy:n työnjohtajan, Henkilö A, kanssa.

Henkilö A. (6.6.2023). Henkilökohtainen keskustelu Boliden Harjavalta Oy:n työnjohtajan, Henkilö A, kanssa.

Henkilö A. (6.8.2023). Henkilökohtainen keskustelu Boliden Harjavalta Oy:n työnjohtajan, Henkilö A, kanssa.

Henkilö B. (26.6.2023). Henkilökohtainen keskustelu Boliden Harjavalta Oy:n, Henkilö B, kanssa.

Henkilö B. (30.5.2023). Henkilö B:n sähköposti.

Henkilö C. (14.6.2023). Henkilö C:n sähköposti.

Honeywell International Inc. (2021). Smartline level transmitters.

Honeywell International Inc.. (2023). SmartLine Non Contact Radar Level Transmitters. Haettu 17.7. osoitteesta <https://process.honeywell.com/us/en/products/field-instruments/level-transmitters/smartline-non-contact-radar-level-transmitters>

Jari Lemmenranta. (31.5.2023). Henkilökohtainen keskustelu kunnossapidon työntekijän, Jari Lemmenranta, kanssa.

Kari Pihala. (2012). Kuparielektrolyysin prosessisuureiden seuranta. [AMK-opinnäytetyö, Satakunnan ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201203293902>

Henkilö D. (29.6.2023). Henkilökohtainen keskustelu, henkilön D, kanssa.

Lechler. (n.d.). Säiliöpesusuuttimet. Haettu 25.7. osoitteesta <https://www.lechler.com/fi/tuotteet/tuote-valikoima/yleinen-teollisuus/tankcleaning>

Lechler. (n.d.). TankClean Ohjelmisto. Haettu 25.7. osoitteesta <https://www.lechler.com/fi/tuki/yleisen-teollisuuden-tuki/tankclean-software>

Liuospuhdistamon prosessinhoitaja. (19.6.2023). Henkilökohtainen keskustelu Boliden Harjavalta Oy:n, liuospuhdistamon prosessinhoitaja, kanssa.

Mari Nokelainen. (2020). Kupari- ja nikkelisulfaatin valmistus 1.4.

Mari Nokelainen. (2020). Kupari- ja nikkelisulfaatin valmistus 2.1.

Norilsk Nickel Harjavalta Oy (n.d.). Nornickel Harjavalta, Tuotteemme. Haettu 16.8. osoitteesta <https://www.nornickel.fi/tuotteemme>

Tero Korkeakoski. (2014). Kobolttisulfaatin kiteytyksen ehs-suunnitelma. [AMK-opinnäytetyö, Satakunnan ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014121119390>

Thomas Lindholm. (2.8.2023). Thomas Lindholm:n sähköposti.