



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Markus Lahti

# KALIUMSULFAATTITEHTAAN RAAKA- AINEEN SYÖTÖN LAYOUT-SUUNNITTELU

Yara Suomi Oy, Kokkolan tehtaat

Tekniikka  
2021

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Markus Lahti
Opinnäytetyön nimi	Kaliumsulfaattitehtaan raaka-aineen syötön layout-suunnittelu
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	28 + 4 liitettä
Ohjaaja	Juha Hantula & Jani Rutanen

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Yara Suomi Oy:n Kokkolan tehtaat. Opinnäytetyön aiheena on raaka-aineen syöttölinjaston layout-suunnittelu kaliumsulfaattitehtaalte. Layout-suunnittelun tavoitteena on optimoida raaka-aineen syöttö, parantaa lopputuote laatua ja parantaa materiaalivirtaa. Edellä mainituilla tavoitteilla pienennetään raaka-aine hävikkiä ja parannetaan lopputuotteen laatua.

Raaka-aineen syötön layout-suunnittelussa hyödynnettiin layout-suunnittelun teoriaa. Uuden layoutin tarkoitus on parantaa lopputuotteen laatua, sekä minimoida raaka-aine hävikkiä.

Työssä on esitelty kaliumsulfaatin tuotanto prosessi, sekä siinä käytetyt raaka-aineet ja hyödykkeet. Prosessin kuvaus etenee raaka-aineiden käsittelystä lopputuotteen varastointiin. Layout toteutettiin 3D-mallintamalla Siemens NX 12 -ohjelmalla. Suunnittelutyössä on huomioitu tilassa olevat esteet ja sellaiset kokonaisuudet, joita ei voi siirtää. Tarkempi raaka-aineen annostelu ja lopputuotteen pH:n säädön hallinta on toteutettu hihnavaa'alla. Työssä on otettu huomioon myös mahdolliset häiriötilanteet hihnavaa'alla, kunnossapito sekä työturvallisuus.



# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Yara Suomi Oy.....	8
1.2	Yara Kokkolan tehtaat.....	8
1.3	Kaliumsulfaattitehdas .....	9
1.4	Kaliumsulfaattitehtaan lopputuotteet.....	9
1.5	Työn tavoitteet ja rakenne.....	10
2	KALIUMSULFAATIN TUOTANTOPROSESSI .....	11
2.1	Tuotannossa käytettävät raaka-aineet .....	11
2.2	Prosessin kuvaus vaiheittain .....	12
2.2.1	Kalисуolan ajo tehtaalle .....	13
2.2.2	Kalисуolan annostelu uuneille .....	13
2.2.3	Rikkihapon syöttö uuneille.....	14
2.2.4	Raaka-aineiden annostelu uuneihin ja tuotteiden valmistus .....	14
2.3	Kaliumsulfaatin jälkikäsittely, neutralointi ja varastointi .....	14
2.3.1	Jälkikäsittely .....	15
2.3.2	Neutralointi .....	15
2.3.3	Lopputuotteen varastointi .....	15
2.3.4	Suolahapon valmistus .....	16
2.3.5	Absorperilaitos .....	16
3	SUUNNITTELU TYÖN KULKU .....	18
3.1	Layout-suunnittelun teoriaa .....	18
3.2	Nykyinen tilanne .....	18
3.3	Tiedon kerääminen .....	19
3.4	Layout suunnittelun aloittaminen .....	19
3.5	Layout suunnitteluun vaikuttavat tekijät.....	20

3.6	Layoutin viimeistely .....	21
3.7	Materiaalivirtaus.....	22
3.8	Työturvallisuus.....	24
4	TULOSTEN TARKASTELU .....	25
4.1	Jatkokehitys.....	26
5	YHTEENVETO .....	27
	LÄHTEET .....	28

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuvio 1.</b> Kaliumsulfaattitehtaan ilmakehu. (Yara Suomi Oy 2019) .....	10
<b>Kuvio 2.</b> Yksinkertaistettu kaaviokuva kaliumsulfaatin valmistusprosessista. ....	13
<b>Kuvio 3.</b> jälkikäsittelylaitoksen lattia, seinät ja pilarit. ....	20
<b>Kuvio 4.</b> Layouttiin vaikuttavien tekijöiden mallinnus.....	21
<b>Kuvio 5.</b> Valmis layout-suunnitelma. ....	22
<b>Kuvio 6.</b> Kalsiumoksidin syötön A-reitti. ....	23
<b>Kuvio 7.</b> Kalsiumoksidin syötön B-reitti. ....	23
<b>Kuvio 8.</b> Numeroin merkatut ruuvikuljettimet sekä hihnavaaka. ....	24
<b>Taulukko 1.</b> Tuotannossa käytettävät raaka-aineet ja hyödykkeet. (Yara Suomi Oy 2019, 7) .....	11
<b>Taulukko 2.</b> Konkreettiset tavoitteet.....	19
<b>Taulukko 3.</b> Konkreettisten tavoitteiden toteutus.....	25

## **LIITELUETTELO**

Liitteitä ei julkaista liikesalaisuuksien vuoksi.

**LIITE 1.** Jälkikäsittelyn layout.

**LIITE 2.** Jälkikäsittely layout.

**LIITE 3.** Hoitotasojen & kaapelihyllyjen layout kuva.

**LIITE 4.** Hihnavaa'an malli & päämitat.

## **1 JOHDANTO**

Kemian teollisuudessa tuotannon raaka-aineiden syöttäminen prosessiin on tarkkaa määrältään ja laadultaan. Tuotteen valmistettavuuden ja laadun kannalta on tärkeää, että raaka-aineet käytetään optimoidusti. Tässä opinnäytetyössä on suunniteltu uusi kalsiumoksidin syöttölinjasto, jolla optimoidaan kalsiumoksidin syöttömäärä tarkasti hihnavaa'alla. Optimoidulla kalsiumoksidin syötöllä saadaan raaka-aine hävikkiä pienemmäksi sekä tuotteen laatua parannettua. Näin saadaan parannettua prosessin kustannustehokkuutta. Suunnittelutyössä on otettu huomioon mahdolliset esteet, työturvallisuus ja kunnossapito. Työ on tehty Yara Suomi Oy, Kokkolan tehtaiden, Kaliumsulfaattitehtaan jälkikäsitteilylaitokseen.

### **1.1 Yara Suomi Oy**

Yara Suomi Oy on Yara Internationalin tytäryhtiö, jonka päätuotteita ovat lannoitteet, teollisuuskemikaalit ja ympäristönsuojatuotteet. Suomessa tuotantolaitoksia on kolme ja ne sijaitsevat Kokkolassa, Siilinjärvellä ja Uudessakaupungissa. Suomessa Yara työllistää noin 900 henkilöä. (Yara 2021 a)

Yrityksen liikevaihto vuonna 2019 oli 789,1 miljoonaa euroa. (Suomen asiakastieto 2021)

### **1.2 Yara Kokkolan tehtaot**

Yaran Kokkolan toimipaikka sijaitsee Kokkolan suurteollisuusalueella Ykspihlajassa. Yaralla on tehdasalueella kaksi tehdasta, Kaliumsulfaatti- ja rehufosfaatti-tehdas. Tehdastoiminnan lisäksi alueella on ammoniakkin sekä fosforihapon varastointia ja toimitusta. Kokkolan tehtaot työllistävät noin 75 työntekijää ja urakoitsijoita noin 45 henkilöä. (Yara 2021 b)

Valmiita tuotteita ja tuotteiden raaka-aineita kuljetetaan rauta- ja maanteitse sekä laivoilla. Rautatiekuljetuksin tuotteita ja raaka-aineita liikkuu noin 300 000 tonnia



vuodessa. Laivakuljetuksin tuotteita ja raaka-aineita liikkuu noin 650 000 tonnia vuodessa. (Yara 2021 c)

### **1.3 Kaliumsulfaattitehdas**

Kaliumsulfaattitehdas (Kuvio 1) on aloittanut toimintansa vuonna 1962, jolloin tehtaassa valmistettiin natriumsulfaattia. Kaliumsulfaatin valmistus aloitettiin vuonna 1976. Kaliumsulfaattia käytetään Yaran NPK-lannoitetuotannon raaka-aineena tai sellaisenaan lannoitteena. (Yara 2021 b) Tuotantokapasiteetti on noin 220 000 tonnia vuodessa. Sivutuotteena tuotannossa syntyy suolahappoa noin 80 000 tonnia vuodessa. (Yara 2021 c)

### **1.4 Kaliumsulfaattitehtaan lopputuotteet**

Kaliumsulfaattitehtaalla valmistetaan kolmea lopputuotelaatua. Standardi kalsiumsulfaatti (SOPSTD), neutraloitu kalsiumsulfaatti (SOPNE) sekä vesiliukoinen kalsiumsulfaatti (SOPWS). (Yara Suomi Oy 2019, 5)



**Kuvio 1.** Kaliumsulfaattitehtaan ilmakekuva. (Yara Suomi Oy 2019)

### 1.5 Työn tavoitteet ja rakenne

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella toimiva kalsiumoksidin syöttölinjasto, jonka tarkoituksena on tehdä kalsiumoksidin annostelusta tarkempaa ja parantaa lopputuotteen pH:n säädön hallintaa. Tuotannon ongelmana kohtana on ollut lopputuotteen laadun epätasaisuus, johon pyritään löytämään layout-suunnittelun kautta toimiva ratkaisu. Työssä tavoitteena on ottaa huomioon ennen kaikkea Yaran tarpeet sekä huomioida työlle asetetut vaatimukset ja mahdolliset esteet.

Ensimmäinen pääluku johdattelee opinnäytetyön aiheeseen sekä kohde organisaatioon. Toisessa pääluvussa keskitytään kaliumsulfaatin tuotantoprosessiin, tuotannon raaka-aineisiin sekä kuvataan prosessi vaiheittain. Kolmas pääluku kuvaa itse suunnittelu työtä ja avaa layout suunnittelua tarkemmin. Neljäs ja viides pääluku sisältävät työn tulokset sekä yhteenvedon.

## 2 KALIUMSULFAATIN TUOTANTOPROSESSI

Kaliumsulfaattitehtaan tuottama kaliumsulfaatti valmistetaan Mannheim-prosessilla, jossa tuotannon pääraaka-aineita ovat väkevä rikkihappo ja kaliumkloridi. Kyseisessä prosessissa näiden kahden raaka-aineen reaktiossa sivutuotteena syntyy kloorivetykaasua (HCl).

Reaktio tapahtuu kahdessa vaiheessa:



Reaktio vaatii pitkän reaktioajan, hyvän sekoituksen ja korkean lämpötilan. Kyseinen reaktio saadaan aikaan Mannheim-uuneissa, jotka ovat sisähalkaisijaltaan 6 metriä. Uunit ovat tiilivuorattuja ja niitä on tehtaassa 16 kappaletta. (Yara Suomi Oy 2019, 3–4)

Prosessissa syntyvä HCl-kaasu jäähdytetään ja kaasu johdetaan putkistoja pitkin absorptiovaiheeseen. Absorptiolaitoksessa HCl-kaasu imeytetään veteen 33 % suolahapoksi. (Yara Suomi Oy 2019, 5)

### 2.1 Tuotannossa käytettävät raaka-aineet

Tuotannossa käytetään useita eri raaka-aineita ja hyödykkeitä, jotta tuotantoprosessia voidaan pitää yllä, valmistaa tuotteita ja puhdistaa kaasuja. Raaka-aineet ja hyödykkeet löytyvät taulukosta 1.

**Taulukko 1.** Tuotannossa käytettävät raaka-aineet ja hyödykkeet. (Yara Suomi Oy 2019, 7)

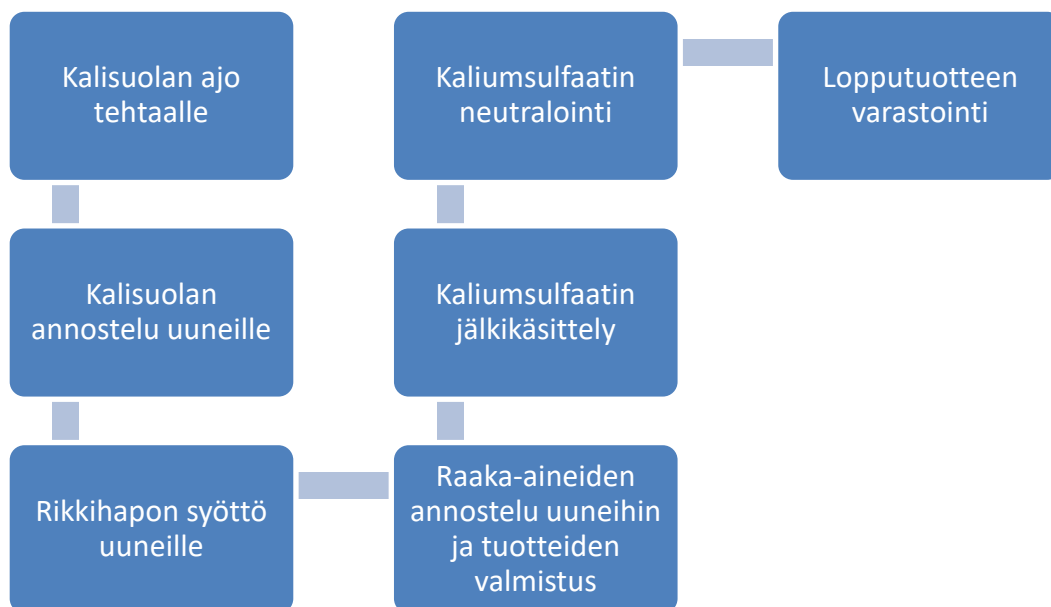
Raaka-aineet ja hyödykkeet	Käyttötarkoitus
Kalisuola (KCl, kaliumkloridi).	Kalisuola toimitetaan pääsääntöisesti laivalla, myös junatoimitukset ovat mahdollisia. Kali-

	suola varastoidaan raaka-ainevarastoon. Kalisuolaa toimitetaan kahtena eri laatuna, karkeana ja hienona, joita sekoittamalla saadaan prosessille sopiva suhde.
Rikkihappo (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ).	98.8 % rikkihappo toimitetaan putkella Boliden Kokkola Oy:n rikkihappotehtaalta käytettäväksi Mannheim-uunien reaktiossa.
Kalsiumoksidi (CaO, sammuttamaton kalkki).	Kaliumsulfaattia neutraloidaan tuoteladun mukaan jälkikäsittelyssä kalsiumoksidilla. Kalkki on varastoitu 50 ja 70 tonnin siloihin.
Pinnoitusöljy.	Kaliumsulfaatin joukkoon syötetään tuoteladun mukaan kirkasta pinnoitusmineraaliöljyä, jolla estetään tuotteen pölyämistä.
Raskaspolttoöljy.	Raskasta polttoöljyä käytetään Mannheim-uunien lämmityksen ylläpitoon.
Kevytpolttoöljy.	Kevyttä polttoöljyä käytetään uunien ylösajolämmitykseen sekä poltinlaitteiden ja putkilinjojen huuhteluun.
Kalsiumkloridiliuos.	Kalsiumkloridiliuosta käytetään savukaasujen jäähdyttämiseen. SOP-tehtaan vieressä sijaitseva Tetra Chemicals Europe Oy:n tuotantolaitos toimittaa putkella liuksen suoraan prosessiin.

## 2.2 Prosessin kuvaus vaiheittain

Tässä kappaleessa käydään tarkemmin läpi kaliumsulfaatin valmistusprosessi vaiheittain. Prosessi alkaa raaka-aineiden käsittelyllä ja niiden kuljettamisella tehta-

seen. Ennen lopputuotteen varastointia tehdään tuotelaadun mukaan lopputuotteelle jälkikäsittely ja tarvittaessa lopputuote neutraloidaan. Sivutuotteena prosessissa syntyy HCl-kaasua, josta valmistetaan suolahappoa.



**Kuvio 2.** Yksinkertaistettu kaaviokuva kaliumsulfaatin valmistusprosessista.

### 2.2.1 Kalisuolan ajo tehtaalle

Kalisuola siirretään raaka-ainevarastosta hihnakuuljettimilla tehtaassa oleviin kalisuolasiloihin, joita on kaksi kappaletta. Toiseen siloon ajetaan hienorakeinen suola ja toiseen karkearakeinen suola. Lastaaminen hihnakuuljettimelle raaka-ainevarastossa tapahtuu pyöräkuormaajalla. (Yara Suomi Oy 2019, 8)

### 2.2.2 Kalisuolan annostelu uuneille

Kalisuola annostellaan silloista tärysyöttäjillä ja ruuvikuljettimilla, jotka ovat säädettäviä. Edeltävien laitteiden jälkeen kalisuola nostetaan elevaattoreilla kolakuljettimille, jotka ovat tehtaan yläosassa. Kolakuljettimia on kaksi kappaletta, toinen ajossa ja toinen laiterikkojen varalle.

Kolakuljetin pudottaa suolan uunien yläpuolella oleviin bunkkereihin. Ylimääräinen suola ajetaan kuljettimilla takaisin elevaattoreille ja takaisin kolakuljettimelle.

Haluttu suolan määrä annostellaan jokaiseen uuniin uunikohtaisella hihnavaa'alla. Tasainen suolan määrä varmistetaan pohjasuppilon täryttimellä. Hihna-va'alta suola putoaa syöttöruuville ja ruuvilta uuniin. (Yara Suomi Oy 2019, 8–9)

### **2.2.3 Rikkihapon syöttö uuneille**

Rikkihappo valmistetaan Boliden Kokkola Oy:n rikkihappotehtaalla. Rikkihappo toimitetaan kaliumsulfaattitehtaalle eristettyä putkilinjaa pitkin pumppaamalla.

Jokaiselle Mannheim-uunille on oma uunikohtainen syöttö. Syötettävän hapon määrää säädetään automaattiventtiilillä. Rikkihapon määrä määräytyy kalisuolan määrän mukaan, sekä uunin olosuhteiden mukaan. (Yara Suomi Oy 2019, 9)

### **2.2.4 Raaka-aineiden annostelu uuneihin ja tuotteiden valmistus**

Kaliumkloridi ja rikkihappo annostellaan sopivassa suhteessa Mannheim-uunin reaktiotilan keskelle. Uunissa olevat sekoittajat, eli armit siirtävät tuotetta säteen suunnassa uunin ulkokehälle ja reaktio tapahtuu samalla lämmön vaikutuksesta. Raaka-aineet ovat uunissa useita tunteja. Tässä vaiheessa syntyy reaktiossa sivutuotteena HCl-kaasua. Kaasu johdetaan jäähdyttimien läpi kohti absorptiolaitosta. HCl-kaasun jäähdyttimiä on kaksi kappaletta jokaista uunia kohden.

Valmis kaliumsulfaatti putoaa kuumasta uunista jäähdytys- ja jauhatusrumpuihin. Rumpuja on kaksi kappaletta uunia kohden. Rummussa oleva tuote jäähtyy ja jauhaantuu hienommaksi samanaikaisesti. Jäähtynyt tuote tippuu rummun purkausaukosta alapuolella olevalle kokoajakuljettimelle ja jatkaa siitä matkaa jälkikäsittelyyn. (Yara Suomi Oy 2019, 10)

## **2.3 Kaliumsulfaatin jälkikäsittely, neutralointi ja varastointi**

Jäähdytetty kaliumsulfaatti ohjataan jälkikäsittelyyn vievälle kolakuljettimelle. Kuljetin siirtää kaliumsulfaatin seulottavaksi jälkikäsittelyosastolle.

### **2.3.1 Jälkikäsittely**

Jälkikäsittelyssä tuote seulotaan ja murskataan. Tuotetta seulotaan ja murskataan niin kauan, kunnes se saavuttaa sopivan hienousasteen. Mikäli valmistettava lopputuote vaatii kalsiumsulfaatin neutralointia, syötetään tuotteen sekaan kalsiumoksidia. (Yara Suomi Oy 2019, 15)

### **2.3.2 Neutralointi**

Valmistettaessa kaliumsulfaattilaatua SOPSTD ja SOPNe, tuotetta neutraloidaan kalsiumoksidilla. Tarvittaessa on mahdollista käyttää muita neutralointiaineita.

SOPSTD-laatua valmistaessa ainesten sekoittuminen ja neutralointi tapahtuu ruuvikuljettimessa, jonka jälkeen ruuvikuljetin pudottaa kalsiumsulfaatti- ja kalsiumoksidiseoksen kuljettimelle, jolta seos ohjataan varastoon vieville kuljettimille.

SOPNe-laatua valmistaessa neutralointi viedään pidemmälle. Samainen kuljetin, joka pudottaa SOPSTD- laadun varastoon vieville kuljettimille siirtääkin kalsiumsulfaatti- ja kalsiumoksidiseoksen ruuvikuljettimelle. Ruuvikuljetin syöttää seoksen rumpuun, jossa varsinainen neutralointi tapahtuu. Lisäksi seoksen sekaan rumpuun ruiskutetaan talousvettä.

Neutraloitu lopputuote nostetaan elevaattorilla rumpuseulalle. Rumpuseulan ylitte, eli murskausta tarvitsevat kokkareet murskataan telamurskaimella ja ajetaan takaisin elevaattorille. Seulan alite eli tuote, joka on mennyt seulan läpi ja on tarpeeksi hienorakeista, ajetaan ruuvikuljettimella kolakuljettimelle, josta lopputuote ajetaan varastoon. Ennen kolakuljetinta SOPNe-laatuun suihkutetaan pinnoitus öljyä lopputuotteen pölyämisen estämiseksi. (Yara Suomi Oy 2019, 17)

### **2.3.3 Lopputuotteen varastointi**

Tuotelaadun mukaan varastoidaan tuote sen laadulle sopivalle paikalle. Tuotetarastoon vievät kuljettimet syöttävät varaston katossa olevia kolakuljettimia. Kola-

kuljettimilla voidaan valita lopputuotteen varastointi pääty, pohjoinen- tai eteläpääty.

Kolakuljettimien pohjassa on pudotusluukkuja, joista on osa automaatiojärjestelmällä ohjattavia ja osa käsin avattavia. Ventilaadusta poikkeava tuote varastoidaan tiettyyn paikkaan uudelleen käsittelyä varten. (Yara Suomi Oy 2019, 18)

#### **2.3.4 Suolahapon valmistus**

Mannheim-uuneissa syntyvä kloorivetykaasu (HCl) imetään uuneista vaaka- ja pystyputkea pitkin HCl-jäähdyttimiin. Jäähdyttimissä on tehokas merivesijäähdytys ja kaasun lämpötila putoaa useita satoja asteita.

Jäähdyttimen ylimmän lohkon sisään sumutetaan kiertohappoa, johon osa kaasuista imeytyy ja väkevöityy. Väkevöitynyttä happoa laimennetaan vesilisäyksellä kiertohapposäiliössä. Kiertohapon väkevyyttä mitataan automaattisella tiheysmittauksella ja väkevyyttä säädetään talousvedellä. Automaattisen mittauksen tuloksia verrataan viikoittaisiin laboratorioanalyysiin.

Jäähdyttimien kuntoa ja lämpötiloja tarkkaillaan säännöllisesti, tarvittaessa jäähdyttimien putkistoja pestään merivedellä. Pesu suoritetaan, kun jäähdyttimen lämpöarvot poikkeavat normaaliarvoista.

Loput jäähtyneet kaasut imetään kokoojaputkiin ja siitä absorperilaitokselle. Kokoojaputkissa on tasainen alipaine. Alipainetta säädetään tarvittaessa. Osa suolahaposta valmistuu uunien HCl-jäähdyttimissä ja loput absorperilaitoksella. (Yara Suomi Oy 2019, 20)

#### **2.3.5 Absorperilaitos**

Absorperilaitoksessa on viisi rinnakkain olevaa absorperitornia. Puhallin imee jäähtyneen HCl-kaasun kokoojaputkistosta kaasunjakoputkeen ja siitä kuhunkin absorperitorniin. Absorptionesteenä käytetään talousvettä. Hapon väkevyyden pide-



tään mahdollisimman tasaisena. Väkevyyttä tarkkaillaan useita kertoja työvuo-rossa. Absorperitornissa syntyy 32–34 % suolahappoa, joka pumpataan välisäiliön ja aktiivihiilisuodattimien kautta Tetra Chemicals Europe Oy:n kalsiumkloriditeh-taan varastosäiliöihin. (Yara Suomi Oy 2019, 21)

### 3 SUUNNITTELUTYÖN KULKU

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella toimiva layout kaliumsulfaatin jälkikäsitteilyyn, jossa on tarkempi kalkin annostelu ja lopputuotteen pH:n säädön hallinta. Työssä on otettu huomioon hallissa olevat muut laitteet, mahdolliset esteet, työturvallisuus ja laitteiden kunnossapito.

#### 3.1 Layout-suunnittelun teoriaa

Tässä työssä layoutilla tarkoitetaan sitä, miten laitteet kuten hihnaavaaka ja ruuvikuljettimet sijaitsevat tehdastiloissa. Lisäksi layoutilla on varmistettu materiaalivirtaus mahdollisissa häiriö tilanteissa sekä turvallisuus tehtaan henkilökunnalle ja mahdollisille vierailijoille.

Layout-suunnittelussa on otettava huomioon useita erilaisia tekijöitä. Näitä tekijöitä ovat muun muassa raaka-aineet, materiaalit, materiaalivirrat, tuotantomäärät sekä tukitoiminnot kuten kunnossapito. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & MiETTinen 2009, 481)

Edellä mainittujen asioiden lisäksi layout-suunnitteluun vaikuttavat tilankäyttö, sillä jälkikäsitteilylaitoksessa on kaliumsulfaatin valmistus prosessiin liittyviä muita laitteita.

Layoutsuunnittelussa tulee huomiota kiinnittää materiaalivirtoihin, siten että materiaalin kuljetus matkat ja siirrot ovat niin lyhyet kuin mahdollista. Tavoitteena on materiaali virtojen selkeys sekä tuotannon keskeytymätön toimivuus. Onnistunut suunnittelu huomioi myös tulevaisuudessa syntyvät tarpeet mahdollisille muutoksille. (Haverila ym. 2009, 482)

#### 3.2 Nykyinen tilanne

Kalkin syötön ruuvikuljettimet ovat alkuperäiset, noin 20 vuotta vanhat. Ruuvien syöttö on asetettu vakioksi ja niiden ajo tapahtuu tarpeen mukaan, ilman mitään

tarkempaa määrän mittausta. Tulevaisuudessa tämä voi olla pullonkaula. Kun halutaan parantaa tuotteen laatua, tarvitaan tarkempaa mittausta ja seuranta kalkan syötön määrään. Tämän työn konkreettiset tavoitteet ovat esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Konkreettiset tavoitteet.

<b>Tavoitteet</b>
Optimoida kalsiumoksidin syöttö.
Tehokas ja taattu materiaalivirtaus.
Tuotelaadun parantaminen.
Tehokas tuotantotilan käyttö.
Turvallinen tehtaalla työntekijöille, sekä vierailijoille.

### 3.3 Tiedon kerääminen

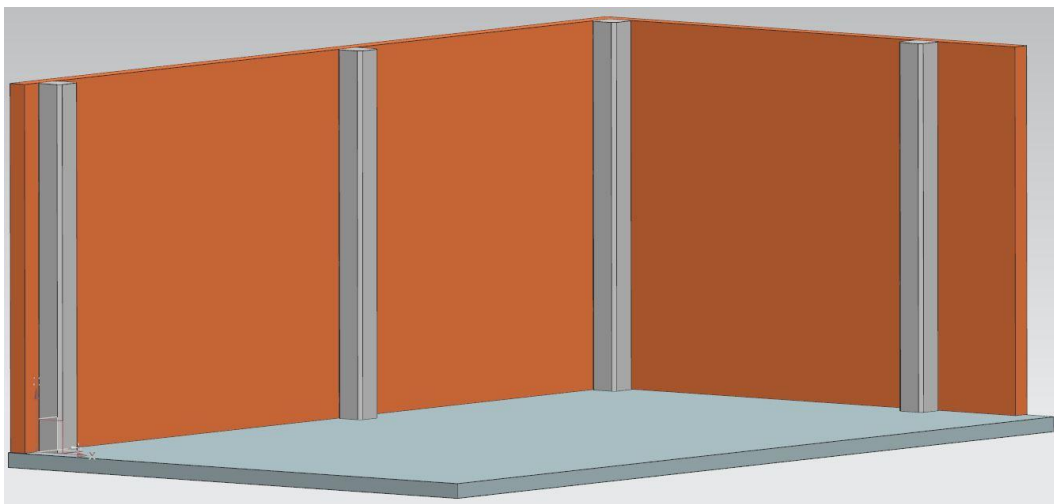
Jälkikäsittelylaitoksen kalkan syöttölinjaston suunnittelua varten tarvittiin jälkikäsittelylaitoksen piirustukset sekä tietoa siitä, mitä muutoksia halutaan nykyiseen tilanteeseen verrattuna. Tehtaan työntekijöitä haastatteleminen sai hyvän kuvan siitä, minkälainen ratkaisu olisi toimiva. Menemällä paikanpäälle katsomaan nykyistä tilannetta tehtaan työntekijöiden kanssa, selvisi minkälaiset vaatimukset ja rajoitteet on otettava suunnittelu työssä huomioon.

### 3.4 Layout suunnittelun aloittaminen

Piirustuksia ja muita dokumentteja apuna käyttäen alkoivat tarkistusmittaukset. Näissä mittauksissa varmistettiin, että vanhat piirustukset pitävät paikkaansa, sillä jälkikäsittelylaitokseen on tehty muutoksia saatuihin piirustuksiin verrattuna. Mittauksissa apuvälineinä käytettiin laseretäisyysmittaria sekä rullamittaa.

Tarkastus mittauksien jälkeen alkoi tarvittavien kokonaisuuksien mallintaminen Siemens NX12 -ohjelmalla.

Ensimmäiseksi mallinnettiin jälkikäsitteilylaitoksen lattia, seinät ja pilarit (Kuvio 3). Seinien ja pilareiden paikoitukset katsottiin vanhasta layout-piirustuksesta. (Liite 1)

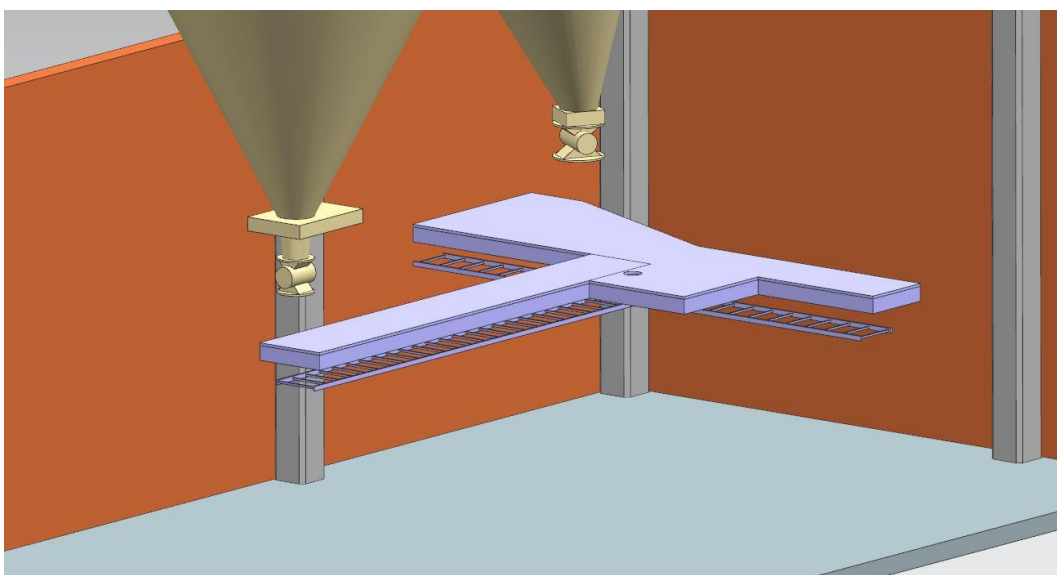


**Kuvio 3.** jälkikäsitteilylaitoksen lattia, seinät ja pilarit.

### **3.5 Layout suunnitteluun vaikuttavat tekijät**

Edellä mainittujen osuuksien jälkeen mallinnettiin ruuvikuljettimien sekä hihnavaa'an paikoituksiin vaikuttavat tekijät. Vaikuttavia tekijöitä ovat kalkkisiilojen pudotuksien paikat, hoitotasot sekä hoitotasojen alapuolella olevat kaapelihyllyt (Kuvio 4). Vanhan layout-kuvan mitat tarkastettiin ja mittaustulosten mukaan paikoitettiin kalkkisiilot ja niiden pudotukset. Kulutasojen sekä kaapelihyllyjen paikoitukset mitattiin käsin. (Liite 2)

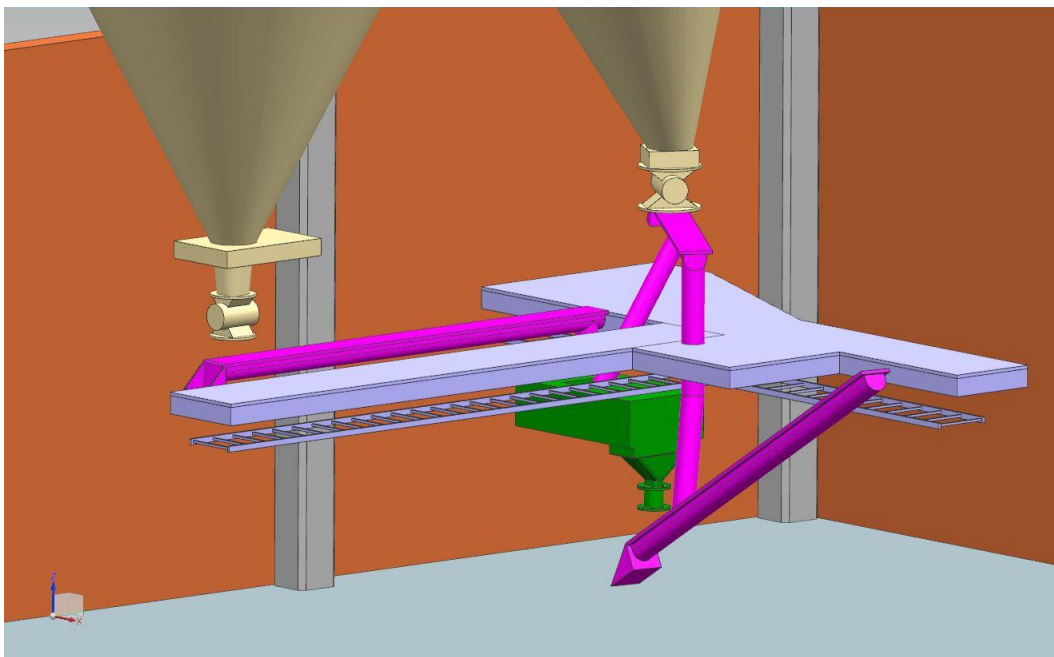
Hoitotasojen sekä kaapelihyllyjen päämitat sekä korkeudet löytyvät liitteestä 3. (Liite 3)



**Kuvio 4.** Layouttiin vaikuttavien tekijöiden mallinnus.

### 3.6 Layoutin viimeistely

Ruuvikuljettimien sekä hihnavaa'an paikoituksiin vaikuttavien tekijöiden mallinnuksen jälkeen, mallinnettiin ruuvikuljettimet sekä hihnavaaka paikoilleen (Kuvio 5). Kalkkisiilojen alapuolella olevat ruuvikuljettimet ovat sijoitettu siten, että niiden kunnossapitotoimenpiteet ovat mahdollista suorittaa hoitotasolta. Tarvittaessa ruuvikuljettimet voidaan laskea hoitotasolle tai lattialle huollettavaksi. Hihnavaaka on sijoitettu kaapelihyllyn alapuolelle ja tämä mahdollistaa huoltamisen lattiatasolta. Hihnavaaka on mallinnettu Yaran antamien tietojen perusteella. (Liite 4.)

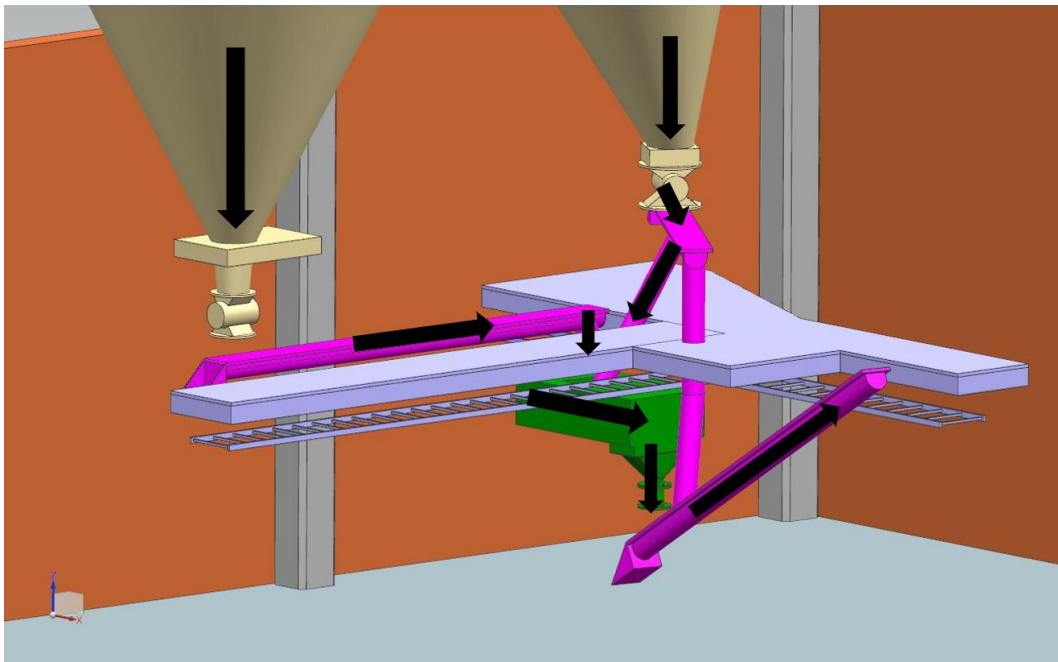


**Kuvio 5.** Valmis layout-suunnitelma.

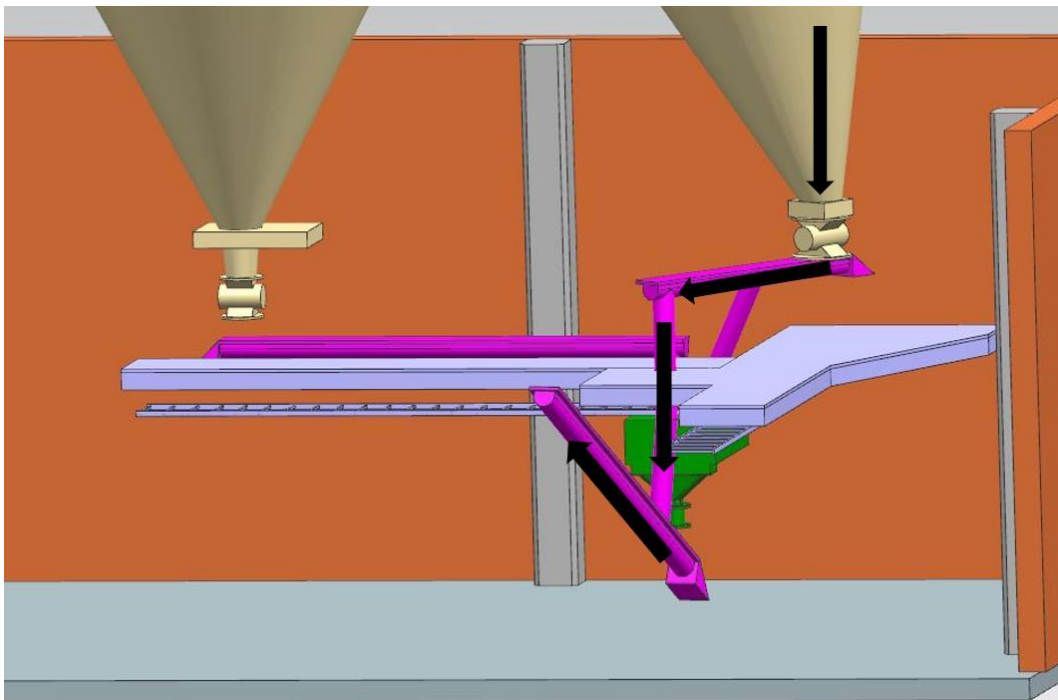
### **3.7 Materiaalivirtaus**

Yhtenä huomioitava tekijänä layout suunnittelussa on tuotannon keskeytymätön toiminnallisuus, eli on mahdollista käyttää vaihtoehtoista reittiä raaka-aineen syötössä. Normaalitilanteessa käytetään nuolien osoittamaa reittiä kuviossa 6. Tätä reittiä kutsutaan A-reitiksi.

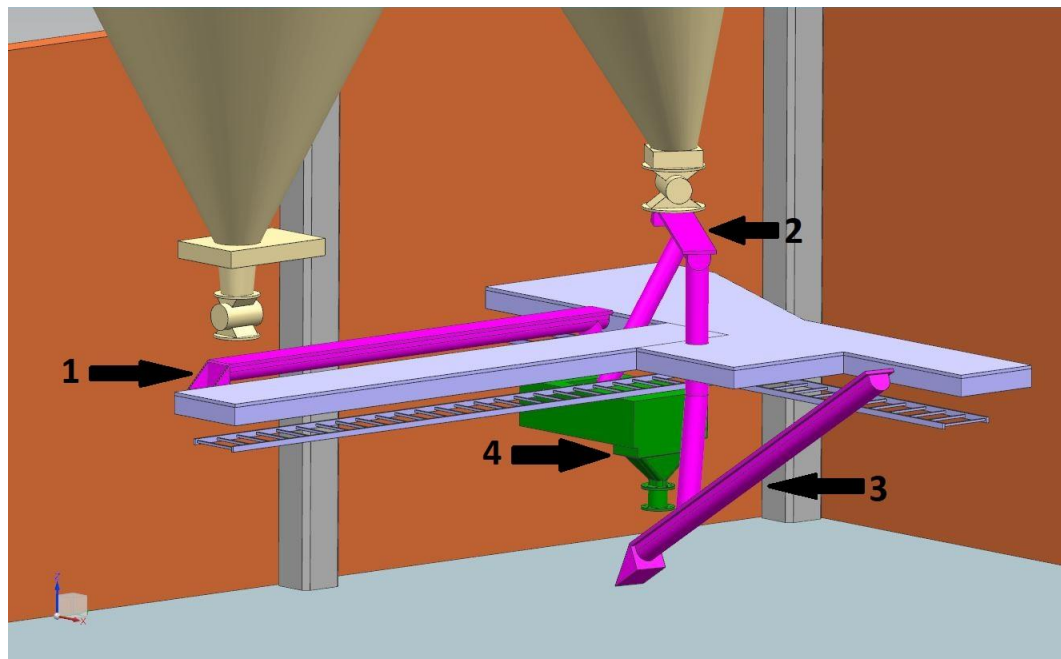
Mikäli hihnavaa'alla tulee toimintahäiriö, voidaan käyttää B-reittiä (Kuvio 7). B-reitissä ohitetaan hihnavaaka ja kalsiumoksidi ajetaan suoraan ruuville numero 3 (Kuvio 8).



**Kuvio 6.** Kalsiumoksidin syötön A-reitti.



**Kuvio 7.** Kalsiumoksidin syötön B-reitti.



**Kuvio 8.** Numeroin merkatut ruuvikuljettimet sekä hihnavaaka.

### 3.8 Työturvallisuus

Kunnossapidon lisäksi huomiota kiinnitettiin työntekijöiden työturvallisuuteen. Yaralla turvallisuuteen kiinnitetään huomiota toiminnan lähtökohtana. (Yara 2021 d) Työturvallisuuden toteuttaminen tarkoittaa sitä, että mahdollisia riskejä arvioidaan ennalta ja työympäristö suunnitellaan sellaiseksi, että vaara tekijät voidaan tunnistaa ja minimoida. (Työturvallisuuslaitos 2021) Tavoitteena onkin, että riski vahinkojen ja onnettomuuksien tapahtumiselle on pienin mahdollinen. (Yara 2021 d)

Työturvallisuus on huomioitu uudessa syöttölinjastossa laitevalinnoilla ja laitteiden paikoituksilla. Laitteet ovat valittu siten, että laitteet ovat tiiviitä eikä kalsiumoksidi pääse pölyämään laitteista hengitysilmaan vaarantaen työntekijöiden turvallisuuden. Laitteiden paikoitus on tehty siten, että ne ovat mahdollisimman helposti ja turvallisesti operoitavia.



## 4 TULOSTEN TARKASTELU

Suunnittelun tuloksena on kalsiumoksidin syöttölinjasto, joka koostuu ruuvikuljettimista ja hihnavaa'asta. Suunnittelussa syöttölinjastossa on huomioitu lähellä olevat esteet tai sellaiset kokonaisuudet, joita ei voi siirtää. Tällainen on esimerkiksi kaapelihylly hoitotason alapuolella. Tarkempi kalkin annostelu ja lopputuotteen pH:n säädön hallinta tapahtuu hihnavaa'alla. Ruuvikuljettimet on nostettu mahdollisimman lähelle lokerosyöttimien pudotusta pölyämisen vähentämiseksi.

Merkittävin muutos suunnittelutyössä alkuperäiseen linjastoon verrattuna on hihnavaaka. Hihnavaaka mittaa tarkasti kalsiumoksidin määrän, tarkemmalla mitauksella tuotteen laatua voidaan parantaa ja kalsiumoksidin syöttöä optimoida kustannustehokkaammin. Kalsiumoksidilla säädetään lopputuotteen pH-arvoa. Kalsiumoksidin syötössä on otettu huomioon mahdolliset häiriötilanteet hihnavaa'alla ja hihnavaaka on mahdollista ohittaa, mekaanisen- tai sähkövian takia. Ohitus tapahtuu käyttämällä vaihtoehtoista reittiä B.

Alun perin vain toisessa siilossa oli lokerosyötin, tällainen lisättiin myös toiseen siiloon. Lokerosyötin tasaa syötettävää kalsiumoksidin määrää ruuvikuljettimelle.

Taulukossa 2. on määritelty layout-suunnittelun konkreettiset tavoitteet, Taulukossa 3. Käsitellään asetettujen tavoitteiden toteutuminen.

**Taulukko 3.** Konkreettisten tavoitteiden toteutus.

Tavoitteet	Toteutus
Optimoida kalsiumoksidin syöttö.	Kalsiumoksidin syöttö optimoidaan hihnavaa'alla.
Tehokas ja taattu materiaalivirtaus.	Syöttölinjaston laitteen ovat sijoitettu mahdollisimman suoraviivaisesti, varmistettu raaka-aineen syöttö A- ja B-reiteillä.

Tuotelaadun parantaminen.	Tarkempi kalsiumoksidin syöttö parantaa lopputuotteen tuotelaatua.
Tehokas tuotantotilan käyttö.	Syöttölinjaston laitteen ovat sijoitettu lähelle siilojen pudotuksia sekä kaliumsulfaatin ja kalsiumoksidin sekoitin ruuvia.
Turvallinen tehtaan työntekijöille, sekä vierailijoille.	Syöttölinjaston ruuvikuljettimet ja hihnavaaka ovat tiiviitä ja siten syöttölinjasto on tiivis kokonaisuus, eikä Kaliumoksidi pääse pölyämään sisäilmaan.

#### 4.1 Jatkokehitys

Layout-suunnitteluvaiheen jälkeen alkoi detail-suunnittelu. Detail-suunnitteluvaiheessa kävi ilmi, että hihnavaa'an tarvitsema tila onkin suurempi kuin layout-suunnittelu vaiheessa. Laite olisi ollut haastava sijoittaa tuotantotilaan, joten tästä syystä hihnavaaka päätettiin hylätä. Ruuvikuljettimelle asennettiin säteilijä, joka mittaa kalsiumoksidin määrää ruuvikuljettimella. Lisäämällä pelkkä säteilijä ruuvikuljettimelle säästää tilan käyttöä, sillä säteilijän koko on huomattavasti kompaktimpi verrattuna hihnavaakaan. Lisäksi säteilijän hankintahinta on pienempi kuin hihnavaa'an.

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi toimiva layout-ratkaisu, jossa on otettu huomioon tehtaalla työskentelevien henkilöiden toiveet ja kehitysideat. Kalsiumoksidin syöttö optimoidaan hihnavaa'alla, jolla säädetään lopputuotteen pH-arvoa tarkemmin. Materiaalivirtaus suunniteltiin mahdollisimman suoraviivaiseksi. Opinnäytetyössä suunniteltu layout on yksi mahdollisuus toteuttaa kalsiumoksidin syötön optimointi. Työssä saavutettiin haluttu lopputulos, vaikka hihnavaaka päätettiin hylätä detail-suunnitteluvaiheessa.

Opinnäytetyön haaste oli luoda uusi layout, sillä käytettävissä oli vähän dokumentteja. Dokumenttien vähäisyys lisäsi työn mielenkiintoa, sillä itse mittaamalla paikan päällä ja todentamalla mittaustulokset relevanteiksi piti se suunnitteluideat realistisina. Opinnäytetyötä tehdessä työ opetti, että suunnittelun alkuvaiheessa kiinnitettävä huomiota suunnittelutyön laatuun, sillä alkuvaiheessa tehdyillä virheillä on kauaskantoiset seuraamukset.

## LÄHTEET

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy

Suomen Asiakastieto. 2021. Yara Suomi Oy. Viitattu 12.2.2021.  
<https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/yara-suomi-oy/09488655/yleiskuva>.

Työterveyslaitos. 2021. Työturvallisuus. Viitattu 21.2.2021.  
<https://www.ttl.fi/tyoymparisto/tyoturvallisuus/>.

Yara Suomi Oy. 2019. Sisäinen tietokanta. SOP-tehtaan prosessikuvaukset. Viitattu 12.2.2021.

Yara. 2021 a. Yara Suomi. Viitattu 12.1.2021. <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/>.

Yara. 2021 b. Yara Suomen Kokkolan tehtaat. Viitattu 12.2.2021.  
<https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/toimipaikat/kokkola/>.

Yara. 2021 c. Kokkolan tehtaat. Viitattu 12.2.2021. <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/toimipaikat/kokkola/tehtaat/>.

Yara. 2021 d. Turvallisuus Kokkolan tehtailla. Viitattu 21.2.2021.  
<https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/toimipaikat/kokkola/turvallisuus/>.