

Tuomo Huhtanen

BRIKETOINTILAITOKSEN PERUSSUUNNITTELU

BRIKETOINTILAITOKSEN PERUSSUUNNITTELU

Tuomo Huhtanen
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, koneautomaatio

Tekijä: Tuomo Huhtanen
Opinnäytetyön nimi: Briketointilaitoksen perussuunnittelu
Työn ohjaaja: Pentti Huhtanen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 42 + 4 liitettä

Tämä työ on tehty Outokumpu Tornio Worksin toimeksiannosta terässulatolle. Teräksen tuotannossa syntyy jäteaineina erilaisia pölyjä ja hilseitä, jotka sisältävät teräksen raaka-aineita oksideina, kuten rautaa, nikkeliä, molybdeeniä ja kromia. Nämä jätteet on tarkoitus saada takaisin prosessiin briketoimalla ne yhdessä pelkistimen kanssa. Brikettejä käytetään siksi, koska nykyisellään pölyjen käsittely on logistisesti hankalaa ja kallista. Työssä tehtiin laite- ja layout-suunnittelua briketointilaitoksesta.

Työ aloitettiin selvittämällä materiaalivirtojen määrät ja mitoitettiin tarvittava määrä silloja pölyille ja muille briketoitaville materiaaleille. Silot valittiin sen mukaan, että niissä riittää materiaali yhden vuorokauden ajaksi. Silojen täyttövakiksi valittiin kuljetintäyttö, koska materiaalit kuljetetaan laitokselle irtotavarana, konteissa ja maansiirtoautoilla. Silojen jälkeen valittiin materiaalivirtojen mukaan sopiva sekoitin, joilla pölyt sekoitetaan sidosaineiden kanssa.

Kun laitevalinnat olivat selvillä, aloitettiin laitteiden mallinnus. Osa laitteista oli saatavana valmis 3D-malli mutta suurin osa laitteista piti mallintaa itse. Mallinnus tapahtui Autodesk Inventor 2012 -ohjelmalla. Mallinnusten jälkeen laitoksesta tehtiin kokoonpano, johon tuli kaikki tarvittavat laitteet, ja lisäksi suunniteltiin tarvittavia tukirakenteita. Koska laitteiden valmistajilta tulee omat tukirakenteet ostettaviin osiin, kaikkia tukia ei alettukaan miettimään ja mitoittamaan sen tarkemmin. Kun laitoksen 3D-esitys oli valmis, kuvat siirrettiin AutoCAD 2012 -ohjelmaan, jolla laitoksesta tehtiin 2D-kuvat. Lisäksi 2D-layout-kuvat tallennetaan dwg-tiedostoiksi, jotka jäävät yrityksen käyttöön.

Tämän opinnäytetyön tuloksena laitoksesta saatiin selville päälaitteet ja muut tarvittavat komponentit. Lisäksi laitoksen vaatimat pinta-alat ja kuutiomäärät saatiin selville. Briketeille valittiin myös sopiva varastointitapa. Laitoksesta pyrittiin myös suunnittelemaan sellainen, että sen laajentaminen on tarvittaessa mahdollista. Brikettivarastoon kehitystä voisi vielä tehdä, jotta sen voisi muuttaa täysin automatisoiduksi.

Asiasanat: briketointilaitos, briketti, layout, laitesuunnittelu, laitossuunnittelu

ALKULAUSE

Tein tämän opinnäytetyön Outokumpu Stainless Oy:n Tornion tehtaiden jaloterässulatolle syksyn 2013 ja kevään 2014 aikana. Työn aihe oli mielenkiintoinen ja sopivan haastava. Tässä työssä pääsin soveltamaan hyvin koulussa oppimaani, mutta uusiakin asioita jouduin vielä opiskelemaan.

Haluan kiittää työn tilaajaa ja valvojaa, Outokumpu Stainless Oy:n terässulaton kehitysinsinööri Kimmo Valloa, joka antoi mahdollisuuden mielenkiintoiseen ja haastavaan opinnäytetyöhön. Lisäksi hänen avustaan oli suuri hyöty työtä tehdessä. Haluan myös kiittää terässulaton kehityspäällikkö Kari Huttusta hyvistä neuvoista työn aikana.

Kiitokset kuuluvat myös työn ohjaajalle, opettaja Pentti Huhtaselle, jonka arvokas apu ja hyvät neuvot auttoivat työn teossa.

Haluan kiittää myös vanhempiani, jotka ovat tukeneet minua opiskeluideni aikana ja kannustaneet minua opintojen loppuunsaattamiseksi.

Oulussa 3.4.2014

Tuomo Huhtanen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 OUTOKUMPU OYJ	8
2.1 Outokumpu Tornio Works	8
2.2 Jaloterässlaitto	8
3 NYKYINEN PÖLYNKÄSITTELY	10
3.1 Vuosittain syntyvät pölymäärät	11
3.2 Pölymäärien kasvu	11
4 BRIKETOINTI	13
4.1 Briketointiprosessi	13
4.2 Sidosaineet	14
5 LAITESUUNNITTELU	15
5.1 Siilot	15
5.1.1 Siilojen tilavuuden laskenta	16
5.1.2 Siilojen täyttö	20
5.1.3 Siilojen tyhjennys	23
5.2 Siilojen materiaalmäärän seuranta	25
5.3 Sekoittimen valinta	25
5.4 Briketointikone	27
5.5 Tarvittavat tukirakenteet	27
5.6 Kokoonpano	28
5.7 Laitelistaus	32
5.8 Materiaalien virtauskaavio	32
6 BRIKETTIEN VARASTOINTITAVAN VALINTA	33
6.1 Varastointitilan laskeminen	33
6.2 Varastointitapa A	34
6.3 Varastointitapa B	35
7 LAYOUT-SUUNNITTELU	37
8 YHTEENVETO	39

LÄHTEET

41

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Outokummun Tornion tehtaiden pölymäärät

Liite 3 Laitelistaus päälaitteista

Liite 4 Materiaalien virtauskaavio

1 JOHDANTO

Terästeollisuudessa syntyy eri prosessien aikana erilaisia sivutuotteita itse teräksen lisäksi. Näitä sivutuotteita ovat muun muassa prosessien aikana syntyvät pölyt ja valssaamisessa syntyvät valssihileet. Suuri osa syntyvistä pölyistä tulee jaloterässulatolta, ja ne syntyvät sulanteon eri vaiheissa. Koska nämä sivutuotteet sisältävät teräkselle tärkeitä raaka-aineita, pääosin oksidisessa muodossa, niiden kierrättäminen uudelleen prosessin käyttöön on erittäin hyödyllistä ja kustannustehokasta. Jotta kierrättäminen onnistuisi kunnolla, on kierrätettävä materiaali saatava sopivaan muotoon. Tässä tapauksessa pölyjen uudelleen käyttömuotona ovat itsepelkistyvät briketit, jolloin metallioksidien happi saadaan reagoimaan brikettiin lisätyn hiilen kanssa.

Tässä insinöörityössä tehdään laite- ja layout-suunnittelua briketointilaitoksesta Outokumpu Tornio Worksin raaka-aine- ja jätevirtojen mukaan. Työssä määritellään briketointilaitokseen tarvittava määrä materiaalisiiloja ja valitaan briketoitavalle pölylle oikeankokoinen sekoitin materiaalivirtojen mukaan. Briketointilaitokseen valitaan myös muut tarvittavat päälaitteet ja komponentit. (Liite 1.)

Lisäksi tehdään suunniteltavien ja ostettavien osien kokoonpano sekä suunnitellaan niille tarvittavia tukirakenteita. Valmistettaville briketeille täytyy myös valita ja suunnitella sopiva varastointitapa. Tavoitteena on tehdä lähinnä briketointilaitoksen perussuunnittelua yleisellä tasolla. Tällöin saadaan tila- ja laitevaatimukset selville, eikä tässä työssä tehdä kovinkaan yksityiskohtaista suunnittelua. Tarkoituksena on suunnitella laitos sellaiseksi, että siihen pystytään myöhemmässä vaiheessa suunnittelemaan rakennus ympärille, jolloin suurin osa laitteista tulisi sisätiloihin. (Liite 1.)

Briketointilaitoksesta oli olemassa työn alkaessa jo erilaisia esisuunnitelmia ja materiaalinvirtauskaavioita, jotka eivät olleet kovin tarkkoja. Suunnittelutyö joudutaan aloittamaan niin sanotusti ”puhtaalta pöydältä”, mikä luo omat haasteensa.

2 OUTOKUMPU OYJ

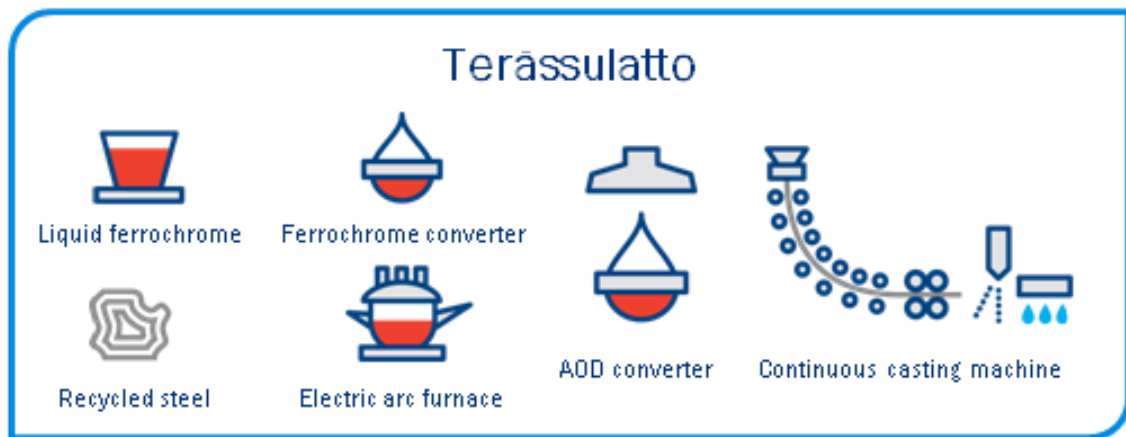
Outokumpu on perustettu Suomessa 1930-luvulla. Nykyisin se toimii yli 40 maassa koko maailmassa. Nykyään Outokumpu on ruostumattoman teräksen ja erikoismetalliseostuotteiden markkinajohtaja maailmassa. Outokumpu-konsernin toiminta keskittyy teräkseen, kupariin ja teknologiaan. Torniossa ja Keminmaassa toimivat Outokumpu Stainless Oy, ja Outokumpu Chrome Oy kuuluvat Outokumpu-konsernin suurimpaan liiketoiminta-alueeseen, Stainlessiin. (1.)

2.1 Outokumpu Tornio Works

Outokummun Tornion terästehdas on maailman suurin yhtenäinen ruostumattoman teräksen valmistusyksikkö. Samalla tehdasalueella sijaitsevat ferrokromitehdas, terässulatto, kuumavalssaamo ja kylmävalssaamot. Lisäksi tehdasalueeseen kuuluu satama, jonka kautta viedään Tornion tehtaiden tuotteita markkinoille ja tuodaan raaka-ainetta tehtaille. Tornion tehtaisiin kuuluu myös lähellä Keminmaassa sijaitseva Kemin kromikaivos, josta saadaan kromia pitkälle tulevaisuuteen. Toinen tärkeä raaka-aine Tornion tehtailla on kierrätysteräs, jota on valmiissa tuotteessa keskimäärin yli 80 prosenttia. (1.)

2.2 Jaloterässulatto

Terässulattolla valmistetaan teräsaihioita kahdella eri tuotantolinjalla. Linja 1 on aloittanut terästuotannon vuonna 1976 ja linja 2 käynnistettiin vuonna 2002. Linjalla 1 panoskoko on 95 tonnia, ja linjalla 2 panoskoko on 150 tonnia. Terässulaton vuosituotantokapasiteetti on 1,6 miljoonaa tonnia valettuja aihioita. Sulatolla työskentelee yhteensä 360 henkilöä. Kuvassa 1 esitetään sulatusprosessin kulku sulasta ferrokromista ja kierrätysteräksestä ahioksi asti. (2.)



KUVA 1. Terässulaton tuotantokaavio (2)

Terässulaton tärkeimmät raaka-aineet ovat ferrokromi, teräsromu ja nikkeli. Lisäksi käytetään muita seosaineita ja poltettua kalkkia (3).

3 NYKYINEN PÖLYNKÄSITTELY

Tällä hetkellä prosesseissa sivutuotteina syntyvät pölyt ja hilseet kerätään tehtaalla pölykontteihin ja läjiin odottamaan kierrätystä. Aihiohiomon hiontapölyt kerätään ja varastoidaan romupihan romuhäkkeihin, joista ne lastataan kahmarilla romukoriin muiden sulatettavien romujen sekaan. Romukori panostetaan valokaariuuniin ja pölyt sulatetaan romujen mukana. Pölykontit täyttyvät 2–3 vuorokauden välein, ja yhteen konttiin mahtuu pölyä noin 25–30 tonnia. Hilseet kerätään viikoittain seisakkien yhteydessä läjitysalueelle kuivumaan.

Ferrokromitehtaalta tuleva 0–3 mm:n murske varastoidaan kasoihin, joista se kuljetetaan jaloterässulatolle materiaalisiiloihin ja sitä kautta annostellaan prosessin käyttöön. CRKE-murske eli kuonaerote tulee Outokummun Tornion tehtailla toimivan urakoitsijan Tapojärvi Oy:n rikastamolta. Kuonaerote sisältää noin 20 % kuonaa, ja se kuljetetaan terässulaton 1-linjan romuhäkkiin, josta se kahmarilla lastataan romukoriin ja sulatetaan uudelleen.

Hilseet kerätään läjitysalueelta ja lähetetään ulkopuoliseen yritykseen kierrätettäväksi. Muut pölyt kerätään tehdasalueella kontteihin, jotka kuljetetaan laivalla Ruotsiin Landskronassa toimivalle Befesa ScanDust AB:lle. ScanDustilla pölyt sulatetaan plasmauunissa, joissa pölyissä oleva metalliaines erotellaan jätemateriaalista ja niistä tehdään granuleita. Pölystä talteen saadun metallin saanti on noin 95 %, loput 5 % hävitään prosessitappioiden. Valmistetut granulit kuljetetaan takaisin Tornioon ja käytetään valokaariuuneissa. Tämä menetelmä ei ole kustannustehokas pölyjen ja hilseiden kierrättämiseen. Rahtikustannukset ja toimijoiden palkkiot ovat suuret verrattuna materiaalien metallisisältöön. Brieketoinnin avulla tapahtuva kierrätys olisi edullisempi tapa.

Jotta prosessi saataisiin kannattavaksi ja päästään turhista kuljetuksista eroon, järkevä ratkaisu on tehtaalla toimiva oma briketointilaitos. Tällöin pystytään kaikki kierrätys hoitamaan oman tehtaan alueella, jolloin saadaan aikaan erittäin suuret säästöt vuositasolla.

3.1 Vuosittain syntyvät pölymäärät

Outokummun Tornion tehtailla syntyvät pölymäärät ovat yhteensä kymmeniä tuhansia tonneja vuodessa. Vuonna 2006, terässulatontuotannon ollessa 1,32 Mt, syntyneet pölymäärät löytyvät taulukosta 1. Taulukossa on otettu huomioon ainoastaan terässulatolla syntyvät pölyt, jotka on tarkoitettu laitettavaksi brieketointilaitoksen siiloihin. Valokaariuuni 2:n pölymääriä ei ole taulukossa, koska niitä ei laiteta siiloihin, vaan ne joudutaan käyttämään ainakin osittain muualla rikastuvien komponenttien vuoksi. Liitteessä 2 olevassa taulukossa on eritelty koko tehdasalueella syntyvät pöly- ja hilsemäärät.

TAULUKKO 1. Terässulatolla vuonna 2006 syntyneet pölymäärät tuotantopaikoittain (liite 2)

Tuotantopaikka	Määrä [t/a]
CRK	2 014
VKU1	5 326
AOD1	4 193
AOD2	7 779
JVK2	147
Aihiohiomo	3 900

3.2 Pölymäärien kasvu

Koska terässulatontuotannon kapasiteettia ollaan kuitenkin kasvattamassa, tuotantomäärä 1,32 Mt ei täysin vastaa todellisuutta. Vuonna 2014 tuotantotavoitteeksi on asetettu 1,5 Mt valettuja aihioita (laskuissa käytetään 1,7 Mt, jolloin ei ole vaaraa alimitoituksesta). Nämä tuotantotavoitteet on tarkoitus toteuttaa 2-linjan kapasiteettia nostamalla, joten 2-linjalla syntyvät pölymäärät täytyy laskea tuotantotavoitteen mukaan. Pölymäärien kasvu on suoraan verrannollinen aikaisempaan pölyntuottoon, kun oletetaan kasvun olevan molemmilla linjoilla sama ja kasvu lasketaan kaavalla 1.

$$K_1/K_2=X/Y$$

KAAVA 1

K_1 = nykyinen tuotantokapasiteetti (Mt/a)

K_2 = tuleva tuotantokapasiteetti (Mt/a)

X = nykyinen pölytuotto (t)

Y = tuleva pölytuotto (t)

Kaavasta 1 ratkaistaan Y , jolloin siitä saadaan kaava 2.

$$Y = (K_2 \cdot X) / K_1$$

KAAVA 2

Sijoittamalla X :n paikalle prosessipaikan nykyinen pölyntuotto (taulukko 1) saadaan laskettua, kuinka paljon pölyjä syntyy suuremmalla kapasiteetilla. Esimerkiksi AOD2:n pölymäärä lasketaan seuraavasti:

$$Y = (1,7 \text{ Mt} \cdot 7\,779 \text{ t/a}) / 1,32 \text{ Mt}$$

$$Y = 10\,018 \text{ t/a.}$$

AOD2:n arvioitu pölyntuotto on noin 10 000 tonnia vuodessa.

Syntyvillä pölymäärillä pystytään varmistumaan silloja suunnitellessa siitä, että silloista tulee tarpeeksi tilavat. Samalla voidaan myös tarvittaessa laskea, kuinka monen päivän tuotto sopii silloihin.

4 BRIKETOINTI

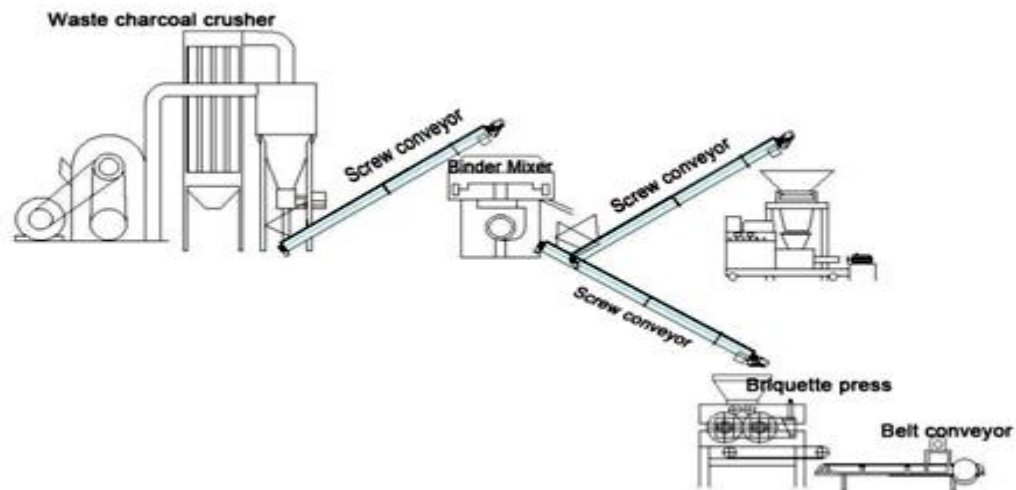
Briketit ovat jauhemaisista tai rakeisista aineista tiiviiksi puristettuja kappaleita, jotka ovat usein tiilimäisessä tai kuusikulmaisessa muodossa. Brikettien tarkoituksena on saada raaka-aineet, jotka ovat sellaisenaan hankalasti käytettävissä, sopivaan muotoon, jotta niiden käyttö olisi mahdollisimman helppoa. Useat erilaiset materiaalit sopivat briketoitavaksi. Karkeajakoiset materiaalit voivat soveltua ilman käsittelyä takaisin prosessin käyttöön mutta esimerkiksi pölyt ja hilseet vaativat jalostusta ennen prosessiin takaisinkierrätystä. (4, s.19.)

4.1 Briketointiprosessi

Briketointiprosessi alkaa raaka-aineiden käsittelyllä. Materiaalit kuljetetaan eri prosessipaikoilta briketointilaitokselle, jossa ne välivarastoidaan. Välivarastoina käytetään yleensä siloja, jotka täytetään erilaisilla kuljettimilla.

Siiloista puretaan haluttu määrä materiaalia kuljettimelle, jota pitkin materiaalit menevät sekoittimelle. Sekoittimessa briketoitavat materiaalit sekoitetaan toisiinsa, sekä niiden joukkoon lisätään sidosaineet, jotka mahdollistavat brikettien rakenteen syntymisen ja niiden kasassa pysymisen. (5.)

Kun jauheet ovat sekoittuneet tarpeeksi, sekoitin tyhjennetään kuljettimelle, jota pitkin jauheet kuljetetaan itse briketointikoneelle. Briketointikoneessa jauheista puristetaan brikettejä, jotka jatkavat seuraavaa kuljetinta pitkin matkaa kuivausvarastoon. Briketoinnin prosessikaavio löytyy kuvasta 2. (5.)



KUVA 2. Briketointiprosessin periaate (5)

4.2 Sidosaineet

Sidosaineiden tehtävänä on kovettaa briketit ja pitää ne kasassa, jotta niitä pystyttäisiin käyttämään, eivätkä briketit hajoa eri käsittelyvaiheissa ennenaikaisesti. Sidosaineina voidaan käyttää eri raaka-aineita, kuten sementtiä, melassia ja kalsiumhydroksidia. Tornion tehtaille suunniteltavassa briketointilaitoksessa käytetään sidosaineina melassia ja kalsiumhydroksidia, eli sammutettua kalkkia.

5 LAITESUUNNITTELU

Laitesuunnittelu aloitettiin perehtymällä jo olemassa oleviin suunnitelmiin briketointilaitoksesta. Laitoksesta oli tehty hieman alustavia suunnitelmia ennen työn alkamista, jotka helpottavat suunnittelutyötä. Lisäksi käytiin tutustumassa Ruukin Raahen tehtailla olevaan briketointilaitokseen.

Laitesuunnittelun lähtökohtana oli materiaalsiilojen lukumäärä ja niiden mitoitus. Lisäksi siiloille täytyi miettiä sopivat täyttö- ja purkutavat. Tehtävänä oli saada aikaan sellainen ratkaisu, jotta pölyt voidaan tyhjentää kuljettimelle maansiirtoautolla tai pyöräkuormaajalla ja kuljetin siirtää pölyt siiloihin. Lisäksi pölykontti pitää pystyä tyhjentämään kuljettimelle. Siiloissa täytyy myös olla pinnamittaus tai punnitusjärjestelmä, jotta pystytään seuraamaan siiloissa olevaa materiaalmäärää mahdollisimman reaaliaikaisesti.

Siilojen suunnittelun jälkeen tehtiin muut laitevalinnat ja alettiin suunnitella laitoksen layout-kuvia. Laitoksen layout- ja esityskuvista ei ole tarkoitus tehdä kovin yksityiskohtaisia, sillä laitteiden toimittajista ei ole vielä tietoa. Kuvat ovatkin enemmän suuntaa antavia mutta niistä saa kuitenkin tilavaraukset selville, sillä laitteet piirretään mahdollisimman oikean kokoisiksi.

Briketointilaitoksen 3D-esityskuvat piirretään Autodesk Inventor Professional 2012 -ohjelmalla ja 2D-layout-kuvat tehdään AutoCAD 2012 -ohjelmalla. Koska molemmat ohjelmat ovat samalta valmistajalta, niiden välinen tiedonsiirto pitäisi olla sujuvaa, jolloin ei tarvitse tehdä ylimääräistä työtä.

5.1 Siilot

Materiaalsiilojen mitoituksen perustana käytettiin briketointikapasiteettia, eli kuinka paljon on tavoitteena briketoida materiaalia vuodessa. Alkuvaiheessa tuotannon kapasiteetiksi on asetettu 100 000 tonnia vuodessa. Vuorokausituotannoksi tulee kyseisellä kapasiteetilla noin 273 tonnia. Pölysiilojen lisäksi täytyy mitoittaa kaksi siiloa sidosaineille, joita käytetään briketointiprosessissa.

5.1.1 Siilojen tilavuuden laskenta

Siilojen tilavuuden laskennassa täytyi ottaa huomioon se, että niihin on mahdollista purkaa yksi pölykontillinen (28–30 tonnia) kerrallaan. Lisäksi silloissa täytyy olla tarpeeksi materiaalia vähintään vuorokauden tarpeisiin. Koska briketointilaitoksen vuorokausituotanto on pienimmilläänkin muutamia satoja kuutiometrejä, siilojen koot määräytyvät briketointikapasiteetin perusteella.

Koska eri prosessipaikoilla syntyvät pölyt ovat tiheyksiltään erilaisia, täytyy ensin määritellä eri pölyjen vaatimat tilavuudet. Tiheydet löytyvät taulukosta 2.

TAULUKKO 2. Eri prosessipaikoilla syntyvien pölyjen tiheydet (6)

Prosessipaikka	Tiheys [kg/m ³]
CRK	700
AOD 1	1 000
AOD 2	1 000
VKU 1	600
JVK 2	1 300

Briketoitavien materiaalien tiheydestä riippuen vuorokausituotannon määrä kuutiometreissä vaihtelee hieman, mutta keskimäärin pölyjen tiheys on noin 1 000 kg/m³. Tiheyksien ja briketointikapasiteetin avulla pystytään laskemaan tilavuusvirta, eli kuinka paljon materiaalia menee briketointikoneen läpi vuorokaudessa. (Kaava 3.)

$$Q_d = K_b / \rho$$

KAAVA 3

Q_d = tilavuusvirta (m³/d)

K_b = briketointikoneen kapasiteetti (kg/d)

ρ = materiaalin tiheys (kg/m³)

$$Q_d = \frac{273\,000 \frac{\text{kg}}{\text{d}}}{1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$Q_d = 273 \text{ m}^3/\text{d}$$

Kun tuotto on selvitetty, tiedetään, että siilojen yhteenlaskettu tilavuus täytyy olla vähintään 273 m³. Siilot kuitenkin ylimitoitetaan, jolloin materiaalit eivät pakkaudu liian tiiviisti siiloon. Siilojen yhteenlasketuksi tilavuudeksi valitaan 400 m³ ja tämä tilavuus toteutetaan viidellä 80 m³:n siilolla. Siiloja ei mitoiteta tässä vaiheessa tarkemmin, sillä vaaditun tilavuuden perusteella tehdään tarjouspyynnöt eri valmistajille ja siilojen tarkat mitat tulevat valmistajilta. Layout-suunnittelussa siilot piirretään noin 80 m³:n kokoisiksi, jolloin saadaan riittävän tarkat mitat ja tiedetään, kuinka paljon tilaa siilot tarvitsevat. Siilon piirros on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. 80 m³:n pölysiilo

Siilo on yhteensä noin 13 metriä korkea ja sen halkaisija on 3,5 metriä. Siilon lieriöosa on 10 metriä korkea. Piirustuksissa siilon tilavuus toteutetaan siten, että lieriöosan tilavuudeksi tulee vähintään 80 m³. Näin varmistetaan siitä, ettei

piirustuksissa silloista tulee liian pieniä. Lieriön tilavuus lasketaan kaavalla 4 (7, s.21).

$$V = \pi * r^2 * h$$

KAAVA 4

V = suoran ympyrälieriön tilavuus

r = suoran ympyrälieriön säde

h = lieriön korkeus

$$V = \pi * (1,75 \text{ m})^2 * 10 \text{ m}$$

$$V \approx 96 \text{ m}^3$$

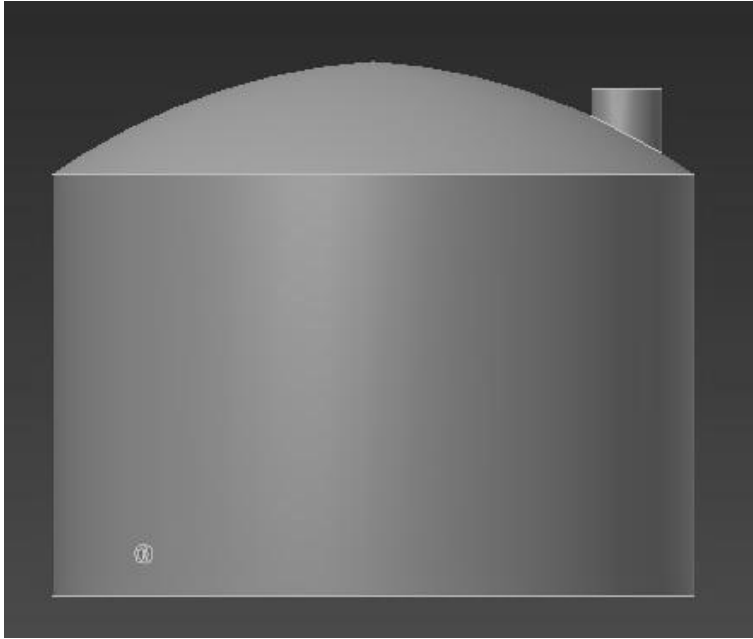
Siilon lieriöosan tilavuus on 96 m^3 .

Siilo on layout-kuvissa hieman todellista suurempi, mutta sillä ei tässä tapauksessa ole merkitystä, koska kuvat ovat suuntaa antavia. Siilojen lopulliset mitat tulevat valmistajilta. Lisäksi on myös mahdollista, että silloista tulee todellisuudessaakin suuremmat kuin 80 m^3 , suunnitelmien tarkentuessa.

Melassitankki

Lisäksi mitoitetaan säiliöt melassille ja kalsiumhydroksidille. Melassille on olemassa omia tankkeja, joita käytetään teollisuudessa, joten tankkia ei tarvitse mitoitaa erikseen. Mitoitukseksi riittää, että valitsee sopivan kokoisen tankin. Vaatimuksena on, että tankkiin mahtuu purkamaan yhden säiliöautollisen kerrallaan, koska melassi kuljetetaan paikalle muualta.

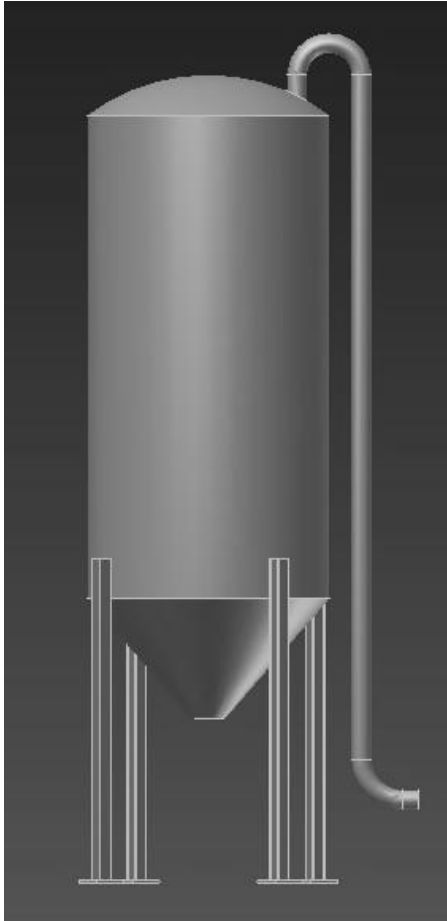
Tankki kuitenkin mitoitetaan suuremmaksi, jolloin sen kapasiteetti riittää pidemmäksi aikaa. Melassitankiksi valitaan kantavuudeltaan 40 tonnin tankki, jonka tilavuus on noin 55 m^3 (8, s. 2). Melassitankki tyhjennetään erillisellä pumpulla, jonka avulla melassi kuljetetaan tyhjennysputkea pitkin sekoittimelle. Melassitankin piirros on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. 55 m³:n melassitankki

Kalsiumhydroksidisiilo

Kalkkisiilon (kuva 5) mitoituksen perustana käytetään myös sitä, että siiloon sopii vähintään yhden säiliöautollisen verran materiaalia. Siilon laskennalliseksi tilavuudeksi valitaan 50 m³, jolloin siilossa oleva materiaali riittää pidemmäksi aikaa. Siiloon tulee pneumaattinen täyttö, jolloin se voidaan täyttää suoraan säiliöautolla. Siilon tyhjennys tapahtuu pohjasta, johon asennetaan tyhjennysputki ja kalkkia pumpataan sekoittimelle.



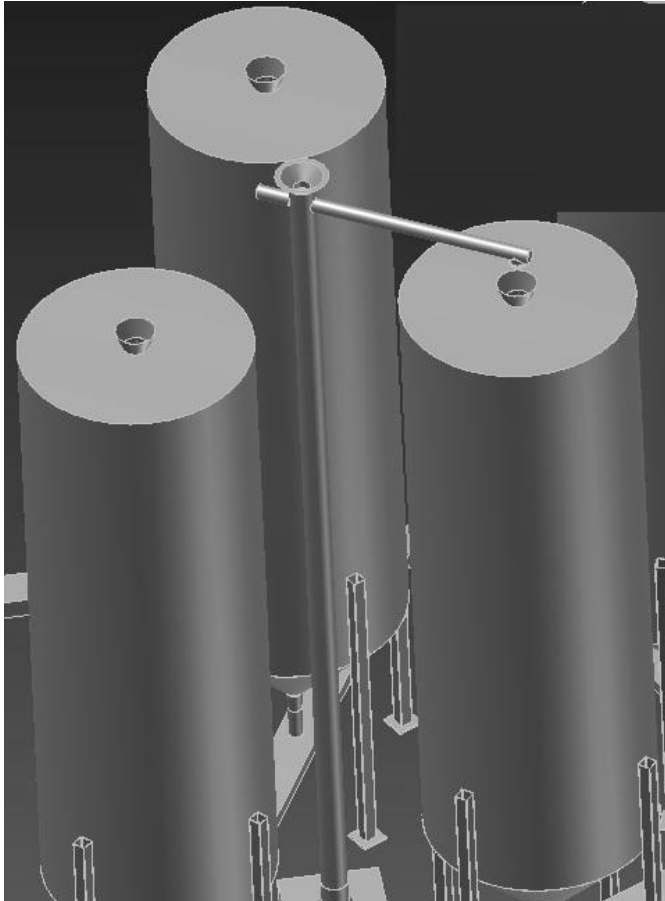
KUVA 5. 50 m³:n kalkkisiilo

5.1.2 Siilojen täyttö

Siilojen täyttö- ja purkumenetelmiä suunnitellessa täytyi huomioida se, että siilot voidaan täyttää ja purkaa siten, että järjestelmästä tulisi mahdollisimman yksinkertainen ja tehokas. Jos pölyt kuljetettaisiin briketointilaitokselle säiliöautolla, helpoin tapa olisi täyttää siilot pneumaattisesti. Koska pölyt kuitenkin tulevat irtotavarana, pölykonteissa ja maansiirtoautoilla, tarvitaan erilliset kuljettimet.

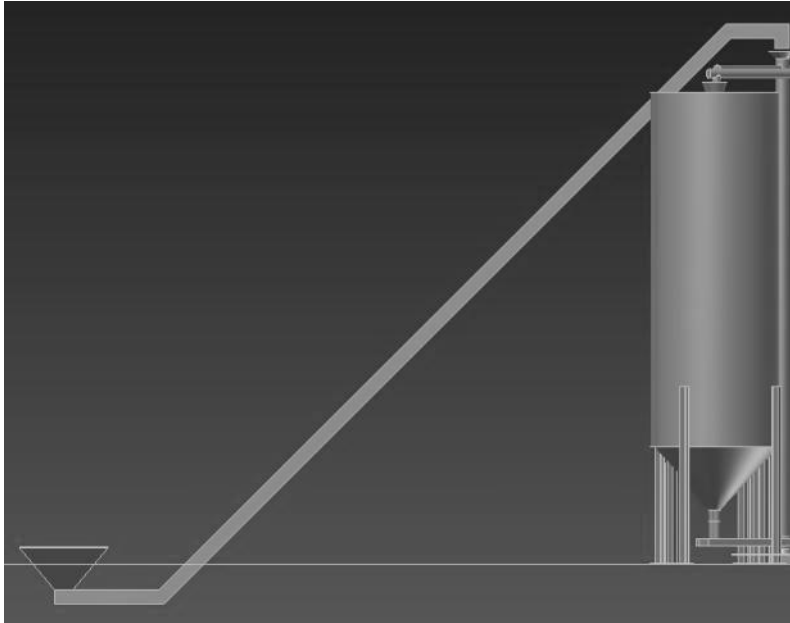
Kuljettimia ei tässä työssä mitoiteta erikseen, sillä kuljettimien valmistajat mitoittavat kuljettimet omien käytäntöjensä mukaan. Hihnakuljettimien leveydeksi piirustuksissa on valittu 600 mm, jonka arvioidaan olevan tarpeeksi lähellä oikeaa leveyttä. Leveydet eivät myöskään vaikuta tilanvarauksiin käytännössä ollenkaan, joten oikeaa leveyttä ei tarvitse tietää suunnittelun tässä vaiheessa.

Siilojen täyttöä suunniteltaessa todettiin, että tarvitaan kaksi erillistä täyttöjärjestelmää. Kolmeen siiloon järjestelmä suunniteltaisiin siten, että ne täytettäisiin pölykonttien pölyillä. Siilot asetetaan ympyrän kaarelle tasaisesti ja keskelle asennetaan ruuvikuljetin, joka on asennettu pyörivän maston yläpäähän ja joka liikkuu siilojen päällä. (Kuva 6.)



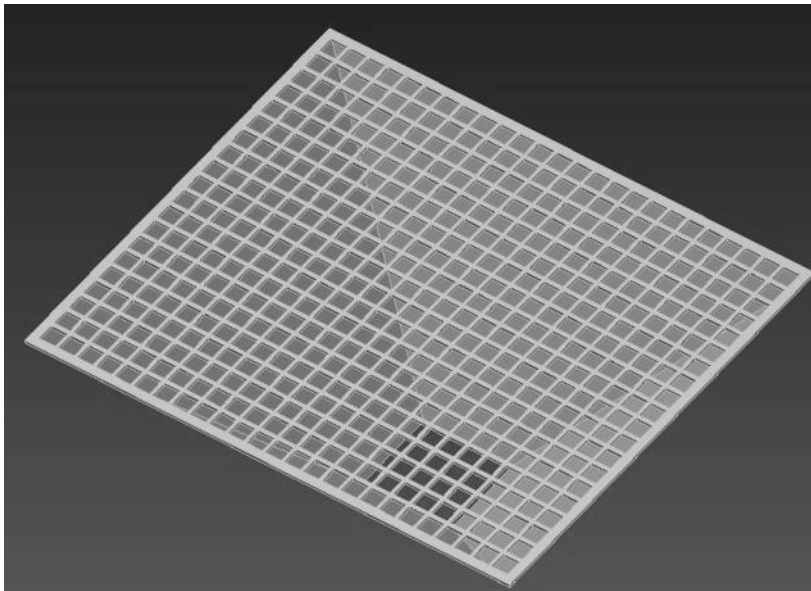
KUVA 6. Siilojen täyttö ruuvikuljettimella

Ruuvikuljettimelle pölyt kuljetetaan koteloitua hihnakuljetinta pitkin. Kuljetin koteloidaan, jotta vältetään pölyn leviäminen ympäristöön. Kuljettimen alapäähän asennetaan kaatosuppilo, johon pölykontti voidaan purkaa. (Kuva 7.) Kuljetin lähtee maanpinnan alapuolelta siten, että kaatosuppilo on hieman maanpinnan yläpuolella. Näin pölykontin tyhjentäminen helpottuu, kun suppilo ei ole liian korkealla.



KUVA 7. Ruuvikuljettimen täyttö hihnakuuljettimella

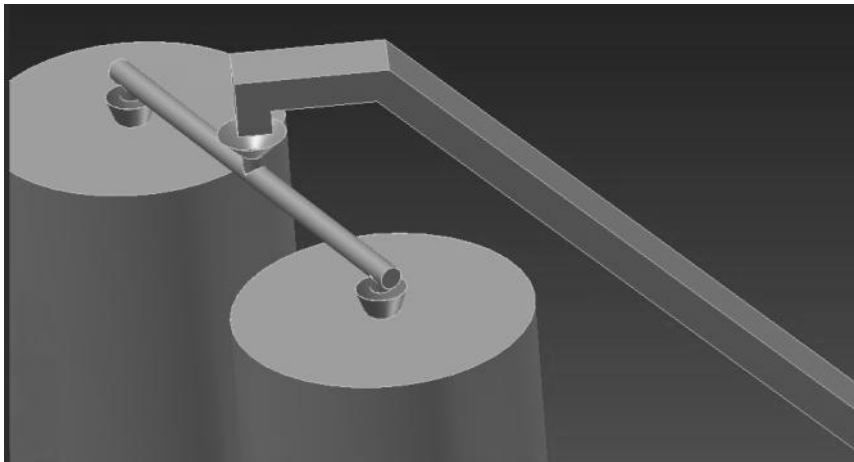
Lisäksi suppilon päälle asennetaan ritalä, jotta kuljettimelle ei ole mahdollisuutta pudota. Samalla seuloutuvat pois ylisuuret kappaleet. (Kuva 8.)



KUVA 8. Kaatosuppilo ja suojaritilä

Kaksi siiloa täytetään muuten samalla periaatteella mutta siilojen päälle asennetaan kiinteä ruuvikuljetin, joka yhdistää molemmat siilot. Ruuvikuljetinta voidaan

käyttää sillojen täyttämiseen kuljettimen pyörimissuuntaa muuttamalla. (Kuva 9.)



KUVA 9. Siilon täyttö kaksisuuntaisella ruuvikuljettimella

Tällaisessa kahden kuljettimen täyttömenetelmässä on tärkeää huomioida, että kuljettimien kapasiteetit ovat tarpeeksi suuret. Siilojen täyttö pitää tapahtua tarpeeksi nopeasti, jotta siiloista ei pääse materiaali loppumaan kesken prosessin. Kuljettimia suunnitellessa onkin otettava huomioon briketointikapasiteetti ja mitoitettava kuljettimet sen mukaan. Piirustuksissa ruuvikuljettimen mitat on valittu erään valmistajan kuljetinesitteestä, jossa ruuvikuljettimen kapasiteetti on $50 \text{ m}^3/\text{h}$ (9, s. 2).

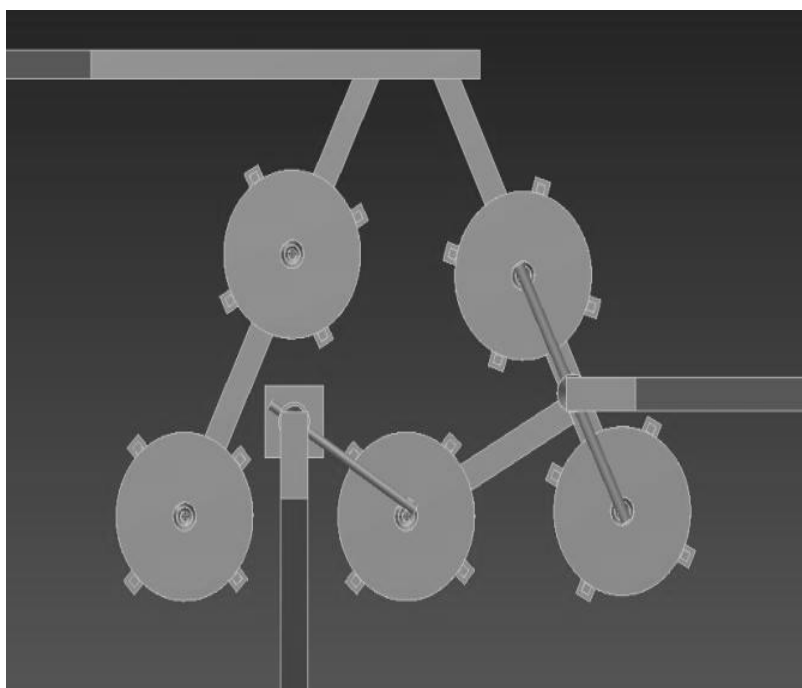
5.1.3 Siilojen tyhjennys

Pölysiilojen tyhjennys tapahtuu siilojen pohjiin asennettavien apupurkaimien avulla (kuva 10). Pohjiin asennettavat fluidilaitteistot estävät siilojen holvaamisen ja takaavat hallitun purkamisen. Purkaminen tapahtuu paineilman avulla. (10, s. 2.)



KUVA 10. Jauhetekniikka Fluidi -apupurkainlaitteisto (10)

Siilot tyhjennetään siilojen alapuolelle asennettaviin koteloituihin hihnakujiettiin, jotka siirtävät pölyt seuraavalle kuljettimelle, josta pölyt menevät sekoittimelle. Suoraan siilojen alapuolelle tulevat kuljettimet säästävät tilaa ja kuljettimia tarvitaan vähemmän kun yhdelle kuljettimelle pystyy purkamaan useampia siiloja. (Kuva 11).



KUVA 11. Siilojen tyhjennyskuljettimet

5.2 Siilojen materiaalmäärän seuranta

Prosessin kannalta on tärkeää pystyä seuraamaan siiloissa olevia materiaalmääriä mahdollisimman reaaliajassa, jotta tiedetään, kuinka paljon siiloissa on materiaalia ja jotta briketin resepti pysyy haluttuna. Siilojen täyttöastetta voidaan seurata esimerkiksi erilaisilla siiloihin kiinnitettävillä antureilla. Tässä tapauksessa antureilla mitattava pinnankorkeus ei tule kysymykseen, sillä siiloissa oleva kova pölinä voi johtaa siihen, että anturit eivät kykene luotettavasti mittaamaan pinnankorkeutta.

Tämän vuoksi luotettavin materiaalmäärän seuranta saadaan punnitsemalla. Siilojen jalkojen alle asennetaan sensorit, joiden avulla siiloja punnitaan jatkuvasti. Siilonpunnitusjärjestelmällä pystytään seuraamaan kuinka paljon siilossa on materiaalia jäljellä, eikä siiloissa tapahtuva kova pölinä sekoita punnitusta. Siilonpunnitusjärjestelmäksi valitaan AG-ME Oy:n 100 000 kg:n RST siilovaaka-järjestelmä (11).

5.3 Sekoittimen valinta

Sekoittimen tarkoituksena on sekoittaa eri pölyt toisiinsa halutun valmistusreseptin mukaisesti. Sekoittimeen lisätään myös sidosaineet, jolloin kuivasta seoksesta tulee kosteaa massaa. Sekoittimen avulla briketeistä tulee seosarvoiltaan samanlaatuisia, jolloin niiden koostumukset tiedetään ja niitä pystytään käyttämään sulatuksissa. Erilaisia mahdollisia sekoitintyyppejä on useita. Pölymassan rakenteen takia sekoittimena käytetään betonisekoitinta, märän betonin samankaltaisen koostumuksen vuoksi.

Myös sekoittimen kokoon vaikuttaa briketointikapasiteetti. Sekoittimen pitää pystyä sekoittamaan tarpeeksi suurella kapasiteetilla materiaalia, jotta se ei hidasta prosessia. Sekoittimen koon lisäksi ratkaisevaa on sekoitusajalla. Lyhyellä sekoitusajalla sekoittimen tilavuuden ei tarvitse olla niin suuri, kuin mitä se olisi pitkällä sekoitusajalla.

Erilaisiin sekoittimiin tutustuttiin selailemalla eri valmistajien internetsivuja. Lopulta löytyi suomalainen yritys Lapa Mixer Ky Lammin Paja, joka valmistaa eri-

laisia betonin sekoittimia. Lapa Mixer valmistaa tasosekoittimia ja vastavirtasekoittimia (12).

Seuraavaksi selvitetään, että minkä kokoinen sekoitin tarvitaan briketointilaitokselle. Tiedetään, että briketointikapasiteetti on noin $273 \text{ m}^3/\text{d}$, jolloin tunti-kohtaiseksi kapasiteetiksi tulee noin 11 m^3 . Sekoittimen täytyy siis pystyä sekoittamaan vähintään 11 m^3 materiaalia tunnissa. Lapa Mixer -sekoittimen sekoitus-aika vaihtelee hieman materiaalista riippuen mutta sekoitus-aika enimmillään on kaksi minuuttia (13). Koon määrittämiseksi laskuissa käytetään sekoitus-aikana kahta minuuttia, jolloin sekoittimen kapasiteetti on varmasti suurempi kuin briketointikapasiteetti.

Sekoittimeksi valitaan 1000 TY -sarjan vastavirtasekoitin (kuva 12), jossa yhden annoksen tilavuus on 750 litraa, eli $0,75 \text{ m}^3$ (12). Kahden minuutin sekoitusajalla sekoitin pystyy tekemään 30 annosta tunnissa, jolloin tuntituotoksi saadaan $22,5 \text{ m}^3$. Tämä riittää hyvin verrattuna briketointikapasiteettiin ja mahdollistaa myös tuotannon kasvamisen myöhemmin.



KUVA 12. Lapa Mixer -vastavirtasekoitin (12)

5.4 Briketointikone

Briketointikonetta ei tarvitse tässä työssä erikseen valita, vaan se on valittu jo aikaisemmissa suunnitteluvaiheissa. Kone on valittu sillä perusteella, että sillä pystytään briketoimaan vähintään 100 000 tonnia vuodessa. Briketointikoneeksi on valittu Komarek DH400 -briketointikone, jonka kapasiteetti on 5–20 tonnia tunnissa (14). 100 000 tonnia vuodessa vastaa noin 11 tonnia tunnissa, joten koneen kapasiteetti riittää hyvin. Briketointikone on esitetty kuvassa 13.



KUVA 13. Komarek DH400 -briketointikone (14)

5.5 Tarvittavat tukirakenteet

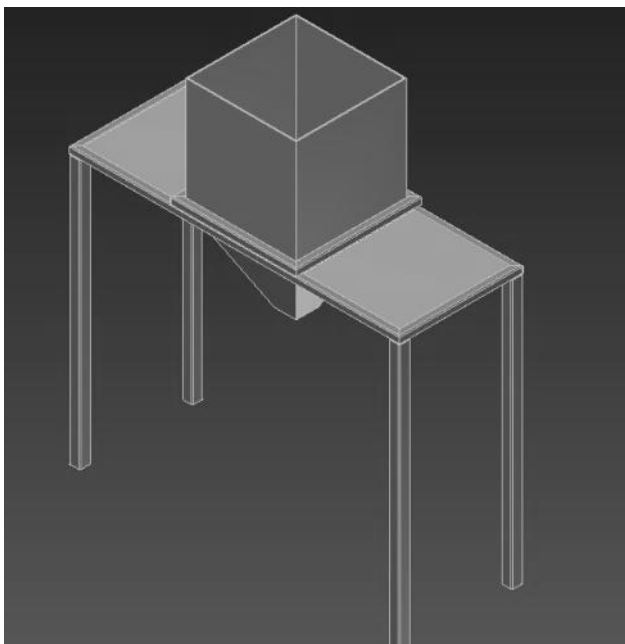
Laitokseen tarvitaan myös tukirakenteita, jotta kaikki laitteet saadaan pysymään paikoillaan. Koska laitoksen suunnittelu on vasta alkuvaiheissa, kaikkia tukirakenteita on tässä vaiheessa vielä vaikea mallintaa ja suunnitella. Osa tukirakenteista riippuu ympärille rakennettavasta rakennuksesta ja suurin osa tarvittavista tukirakenteista tulee suoraan laitevalmistajilta. Näin ollen ei ole järkevää suunnitella vielä kovinkaan tarkasti kaikkia rakenteita etukäteen, sillä ne eivät todennäköisesti tule pitämään paikkaansa lopullisissa suunnitelmissa.

5.6 Kokoonpano

Kun kaikki tarvittavat laitteet on saatu mallinnettua, niistä tehdään kokoonpano. Pääkokoonpano muodostuu useista alikokoonpanoista ja yksittäisistä osista. Joistakin laitteista oli saatavana valmiit 3D-mallit, joita pystyi hyödyntämään kokoonpanoa tehtäessä. Esimerkiksi Lapa Mixer -sekoittimesta sai valmiin mallin, jota pystyi käyttämään hyödyksi kokoonpanossa. Näin ollen sekoitin on mitoitetaan juuri oikean kokoinen ja näköinen. Briketointikoneesta ei ollut saatavana valmista mallia, joten se täytyi mallintaa itse piirustuksen päämittojen mukaan. Koneesta ei tehty yksityiskohtaista mallia, mutta sen päämitat ovat oikein, joten sitä pystyy käyttämään layout-kuvissa.

Varastosuppilot

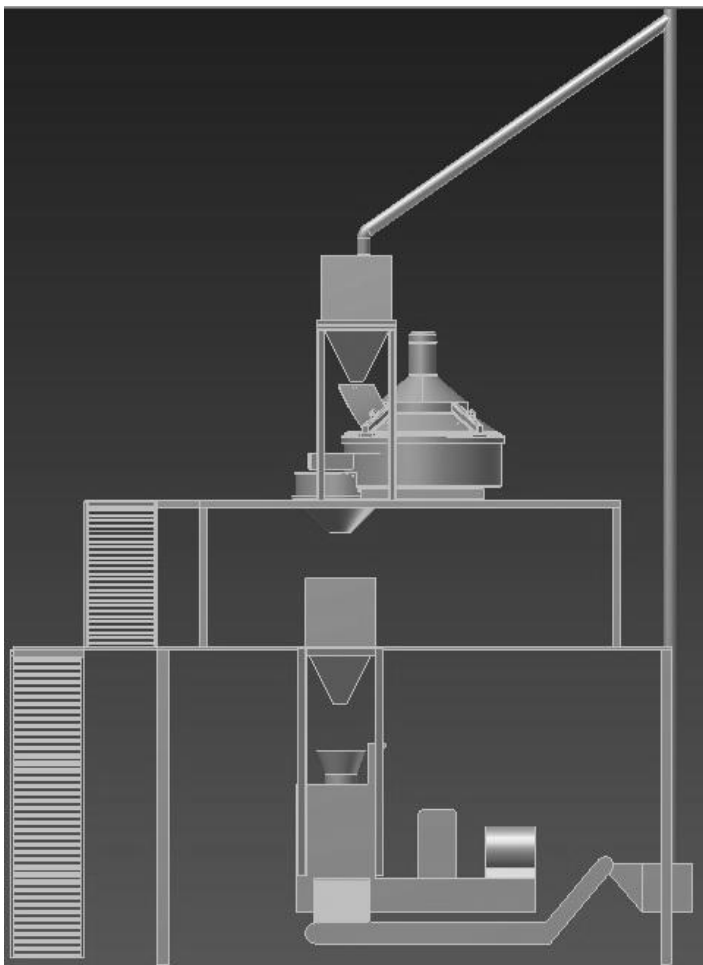
Lisäksi laitokseen tarvitaan päälaitteiden lisäksi kaksi varastosuppiloa, joihin materiaalit kerätään ennen kuin ne menevät sekoittimelle ja briketointikoneelle. Tällä varmistetaan se, että tarvittavat materiaalit siirtyvät kerralla seuraavaan prosessiin, jolloin tuotannon ajoittaminen on helpompaa. Varastosuppilot on mitoitettu siten, että niihin sopii vähintään yksi annos kerrallaan. Suppilot piirrettiin noin 1 m^3 :n kokoisiksi, (Kuva 14.)



KUVA 14. 1 m^3 :n varastosuppilo

Briketointikoneen ja sekoittimen kokoonpano

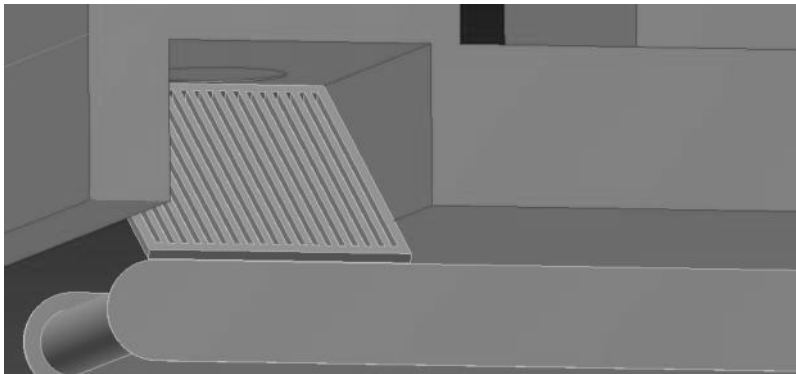
Koska laitoksesta tulee siilojen myötä melko korkea, niin päätettiin myös käyttää korkeutta hyödyksi. Alun perin ajatuksena oli, että sekoitin ja briketointikone tulisivat lattiatasolle ja materiaalit kulkisivat kuljettimilla näiden välillä. Suunnitelmia kuitenkin muutettiin ja päädyttiin siihen, että sekoitin asennetaan briketointikoneen yläpuolelle, jolloin materiaali pystytään siirtämään painovoiman avulla sekoittimelta briketointikoneen yläpuolella olevaan varastosuppiloon. Tämä säästää selvästi tilaa, eikä kuljettimia tarvitse niin useita. (Kuva 15.)



KUVA 15. Briketointikoneen ja sekoittimen kokoonpano

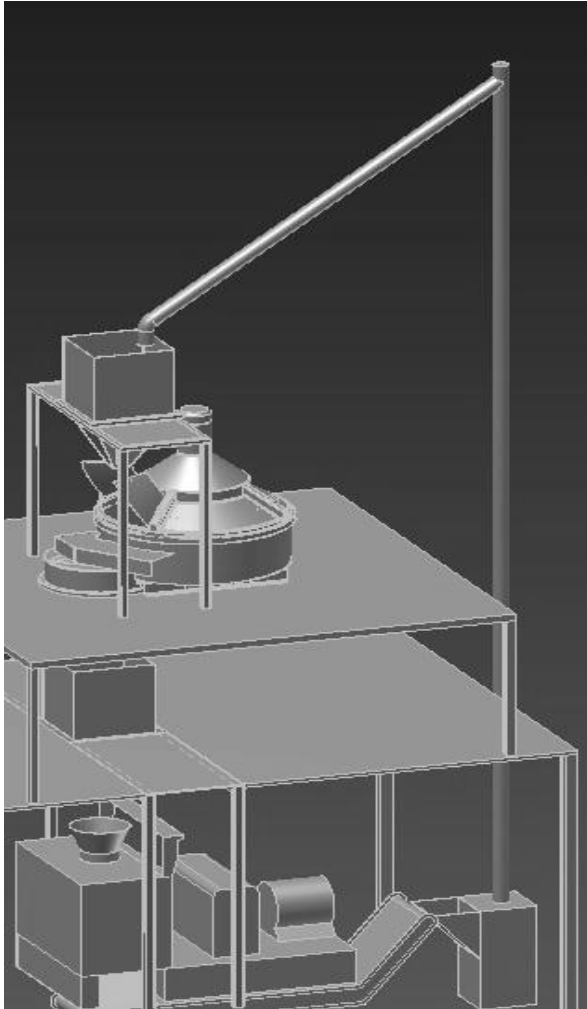
Alitekuljetin

Briketoinnin aikana syntyy myös alitteita, eli materiaalia, jota ei voida suoraan käyttää kuten brikettejä. Alitteet voivat olla murskaantuneita brikettejä, alimittaisia brikettejä ja muuta pientä mursketta. Alitetta arvioidaan syntyvän noin 10 prosenttia kaikista briketeistä, joten täytyy keksiä tapa, jolla alitteet voidaan saada takaisin prosessiin. Briketointikoneeseen asennetaan seula (kuva 16), jonka raoista alimittainen murska putoaa kuljettimelle. Seulan rakojen kokoa voi tarpeen mukaan muuttaa, riippuen siitä, että mikä asetetaan alitteen raja-arvoksi. Alitteiden kierrätyksen vaatimuksena oli, että se tapahtuu automaattisesti, koska alitteita syntyy suhteellisen paljon.



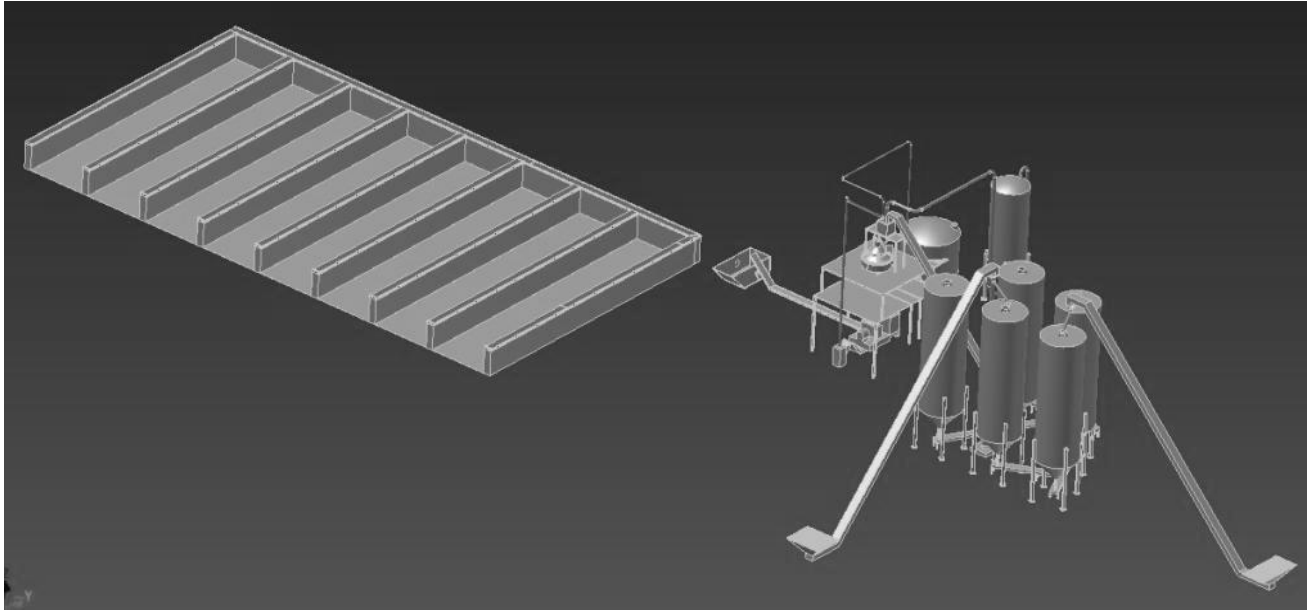
KUVA 15. Aliteseula

Kuljettimella alite siirretään nostoruuviin, joka nostaa alitteen takaisin ylös varastosuppiloon, josta se menee takaisin sekoittimeen. (Kuva 16.)



KUVA 16. Nostoruuvi alitteelle

Syntyvät brikitit jatkavat matkaansa hihnakuljettimella kohti varastotilaa. Koko briketointilaitos on esitetty kuvassa 17.



KUVA 17. Briketointilaitos

5.7 Laitelistaus

Kun briketointilaitosta aletaan suunnitella, tehdään kaikista päälaitteista ja tarvittavista komponenteista tarjouspyynnöt valmistajille. Tarjouspyyntöjen tekemisen helpottamiseksi laitoksessa tarvittavista päälaitteista tehdään laitelistaus, jonka perusteella tarjouspyynnöt voidaan tehdä. Laitelistaukseen tulee laitoksessa tarvittavat päälaitteet. Laitelistaus on esitetty liitteessä 3.

5.8 Materiaalien virtauskaavio

Materiaalien virtauskaavion tarkoituksena on selkeyttää laitoksessa käytettävien materiaalien kulkua. Kaaviossa esitetään materiaalin kulku prosessipaikka kerrallaan. Kaavioon on myös merkitty tarvittavien laitteiden kapasiteetit, jolloin varmistutaan siitä, että kaikki laitteet ovat riittävän kokoisia. Materiaalien virtauskaavio on esitetty liitteessä 4.

6 BRIKETTIEN VARASTOINTITAVAN VALINTA

Brikettien varastoinnissa on otettava huomioon brikettien vaatima kolmen vuorokauden kuivumisaika, ennen kuin ne ovat käytettävissä. Kuivumisajan vuoksi varastointitilaa suunnitellessa täytyi ottaa huomioon se, että yhtä brikettilajia varten tarvitaan kaksi erillistä tilaa. Ensimmäisessä tilassa olevat briketit ovat kuivumassa olevia, kun taas toisesta tilasta ajetaan valmiita brikettejä pois.

Varaston suunnittelussa täytyy ottaa myös huomioon varaston laajennettavuus. Aluksi tilaa suunnitellaan neljälle eri brikettityypille mutta varaston täytyy olla suhteellisen helposti laajennettavissa muita mahdollisia brikettityyppejä varten. Varastointitilasta täytyy näin ollen tulla sellainen, että sitä pystytään loppupäästä jatkamaan.

Varastointitilan rajoituksena on brikettien hauraus kuivumisen alkuvaiheessa. Brikettikasan maksimikorkeus saa olla noin metrin, mikä aiheuttaa sen, että varaston lattiapinta-ala kasvaa. Lisäksi suunnitellessa täytyy ottaa huomioon brikettien poiskuljetus, jotta briketit pystytään mahdollisimman helposti kuljettamaan pyöräkuormaajalla pois varastosta.

6.1 Varastointitilan laskeminen

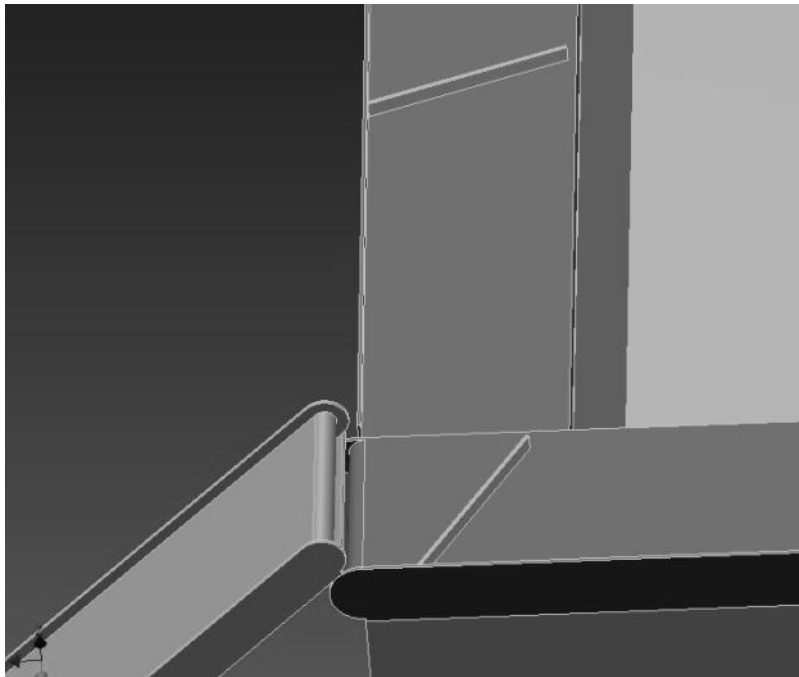
Brikettien varastointitilan laskemiseen tarvitsee tietää briketointikapasiteetti, joka on $273 \text{ m}^3/\text{d}$. Syntyvien brikettien kuutiomäärä ei kuitenkaan ole sama, sillä briketoitaessa materiaalit tiivistyvät, jolloin tilavuus pienenee, vaikka massa pysyykin samana. Briketit ovat ovaalin muotoisia, jolloin ne synnyttävät myös tyhjää tilaa varastoitaessa, joten kuutiomäärän voidaan ajatella pysyvän likipitään samana. Yhden briketin koko on noin $30 \times 50 \times 60 \text{ mm}$. Brikettien kolmen vuorokauden kuivumisaika vaatii käytännössä sen, että varastoon täytyy sopia kolmen vuorokauden tuotannon verran brikettejä. Vaadittu kuutiomäärä on silloin 819 m^3 . Varaston tilavuudeksi valitaan noin $1\,000 \text{ m}^3$, jolloin varastossa on hie-
man ylimääräistä tilaa.

Koska briketit saavat olla enimmillään metrin korkeassa kasassa, varasto vaatii paljon lattiapinta-alaa. Varastoon suunnitellaan yhteensä kahdeksan lokeroa,

jolloin saadaan kaksi lokeroa neljälle eri brikettityypille. Yhden lokeron kooksi valitaan 24 m x 5 m. Tämä kertoo tarvittavan pinta-alan, joten varaston muotoa ja lokeroiden määrää voidaan tarvittaessa muuttaa. Seuraavaksi pystyttiin suunnittelemaan erilaisia varastointitapoja ja myös tapaa, millä briketit kuljetettaisiin varastoon.

6.2 Varastointitapa A

Ensimmäisessä varastointitavassa briketit jatkavat matkaansa briketointikoneen kuljettimelta varaston päätykuljettimelle. Päätykuljettimelta briketit ohjattaisiin ohjureilla sivuseinäkuljettimille, joista briketit pudotettaisiin ohjureilla varastoon. (Kuva 18.)



KUVA 18. Brikettien kuljetus varastokuljettimelle, jossa ohjurit

Ensimmäisessä varastointitavassa tarkoituksena on tehdä järjestelmästä täysin automaattinen. Ohjureita ja kuljettimia ohjataan automaattisesti, mikä tosin voi olla haasteellista, koska kuljettimia ja ohjureita on paljon. Lisäksi pitää pystyä huolehtimaan siitä, että briketit eivät vahingossa voi pudota väärin lokeroihin.

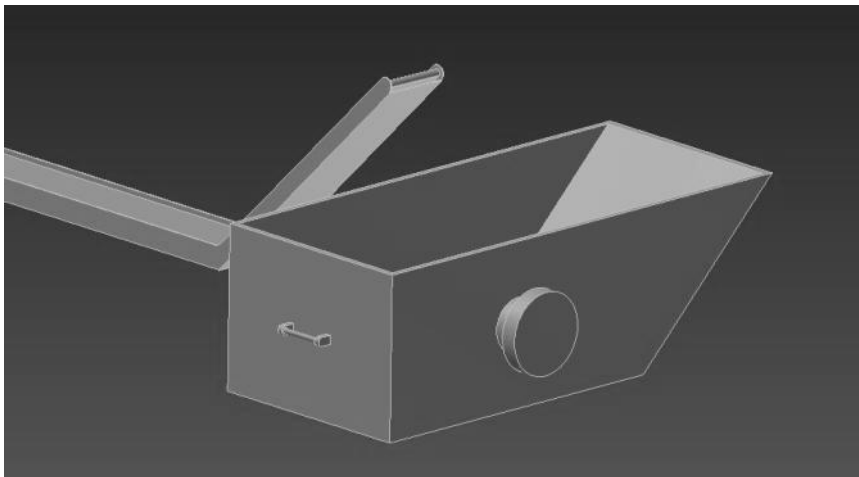
Tämän varastointitavan hyvät ominaisuudet ovat siinä, ettei se vaadi jatkuvaa työntekijän läsnäoloa, vaan briketit kulkeutuvat itse varastoon. Työntekijän teh-

täviin jää automatiikan ohjaus brikettityypin vaihtuessa tai varaston tullessa täyteen. Lisäksi järjestelmä ei ole niin kallis, sillä se ei vaadi erillistä nosturia, jolla brikettejä kuljetetaan varastoon.

Rajoittavana tekijänä tässä järjestelmässä on automatiikan toimivuus. Järjestelmän pitää toimia luotettavasti koko ajan ja toimivan automatiikan luominen voi olla haastavaa. Lisäksi automatiikka vaatii huoltoa enemmän ja se on herkempi sähkövioille. Kuljettimien paljous ja toimivan automatiikan luominen voi nostaa hintaa huomattavastikin ja kaiken saaminen toimintakuntoon voi olla haastavaa.

6.3 Varastointitapa B

Toinen vaihtoehto varastoinnille on muuten samanlainen kuin vaihtoehto A:ssa mutta varastossa ei ole erillisiä kuljettimia. Briketointikoneelta tulevat briketit puretaan kuljettimella erilliseen kuljetusastiaan (kuva 19), joka nostetaan siltanosturilla ja tyhjennetään varastoon. Kuljetusastioita olisi 2–3, jolloin kuljetinta käännetään astian täytyessä seuraavan astian päälle.



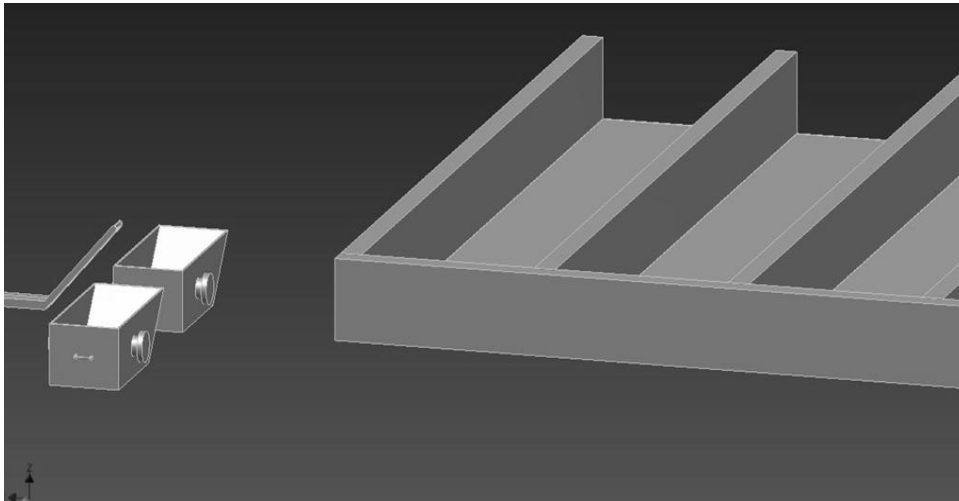
KUVA 19. Brikettien purku kuljetusastiaan

Varastointitavan B hyvät ominaisuudet ovat siinä, että se on luotettavampi järjestelmä, kuin ainoastaan automatiikan varassa toimiva. Lisäksi varastolokerot pystyvät olemaan suuremmat, kuin varastointitapa A:ssa, sillä astia voidaan

tyhjentää aina haluttuun kohtaan. Näin ollen varastoon ei jää tyhjiä kohtia, joten täyttöaste on suurempi. Varastointitapa on myös paljon yksinkertaisempi.

Rajoittavia tekijöitä varastointitapa B:ssä ovat kalleus ja työntekijän sitovuus. Laitoksesta tulee huomattavasti kalliimpi, sillä laitokseen tarvitaan nosturi, jolla astioita kuljetetaan ja kipataan. Lisäksi järjestelmä vaatii työntekijän, joka hoitaa nosturilla ajamisen ja huolehtii siitä, että astian täytyessä kuljetin käännetään toisen astian päälle.

Varastointitavaksi valitaan vaihtoehto B (kuva 20), mutta vaihtoehto A:kaan ei ole poissuljettu.

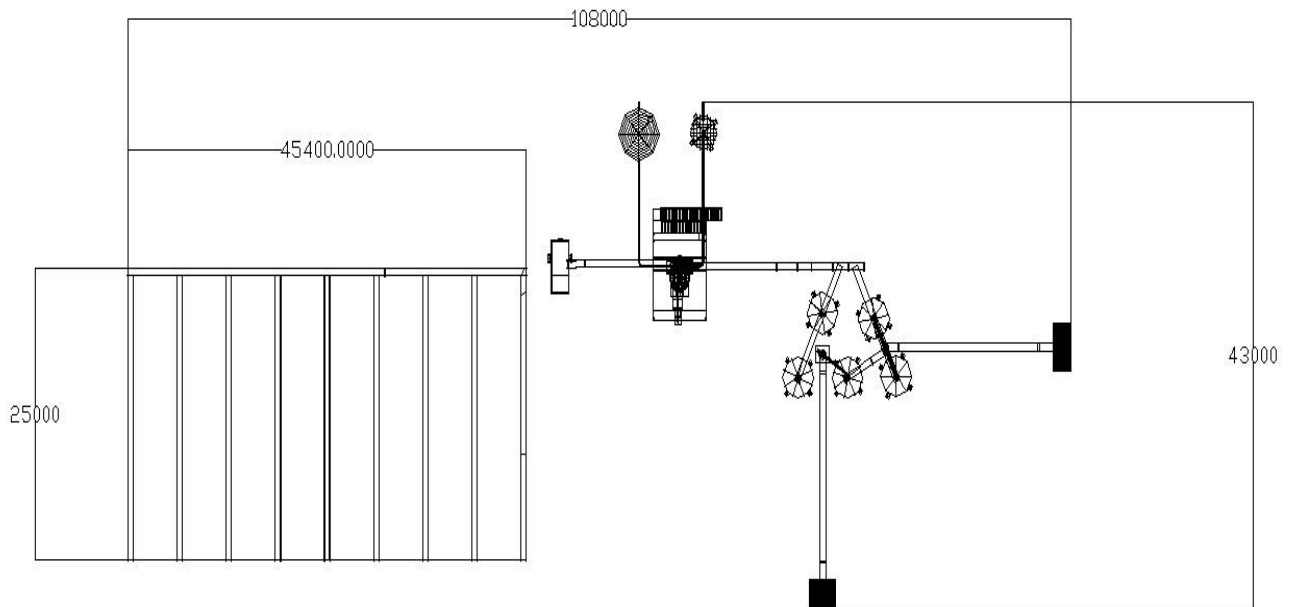


KUVA 20. Varastointitapa B

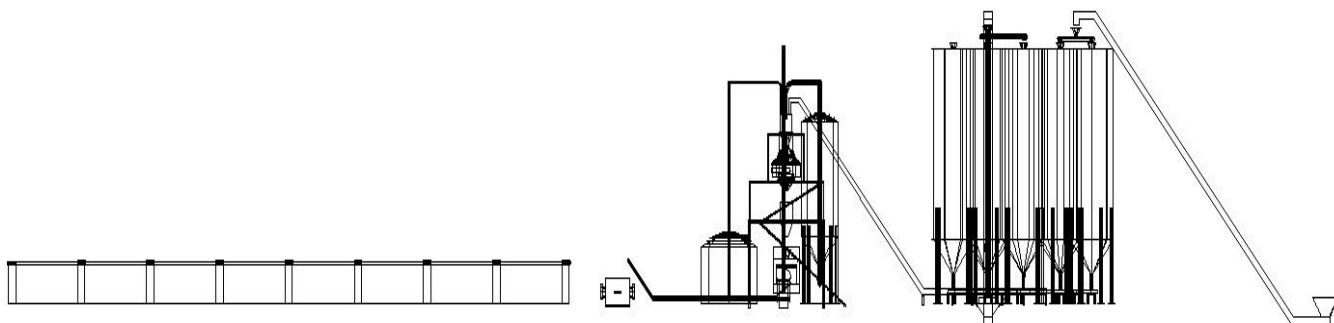
Varaston kokoa ja muotoa pystytään myöhemmässä vaiheessa vielä muuttamaan tarpeen mukaan. Nosturilla tyhjennettävä astia mahdollistaa myös varaston lokeroiden lisäämisen myöhemmin.

7 LAYOUT-SUUNNITTELU

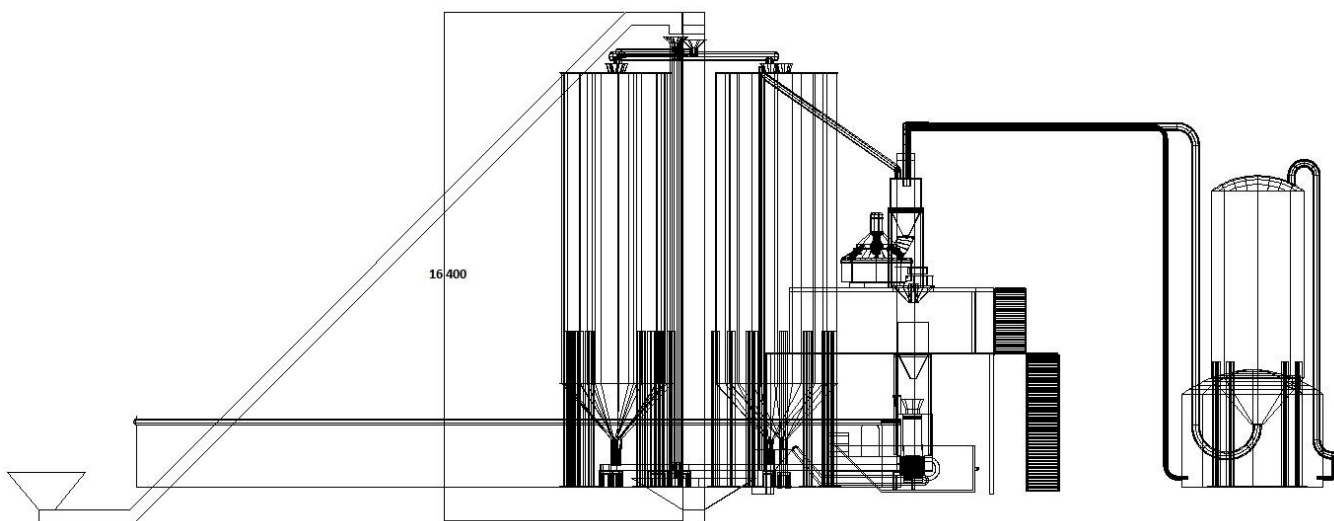
Laitoksesta tehdään myös layout-kuvia, joiden avulla nähdään, kuinka paljon tilaa laitos kaikkienensa tulee tarvitsemaan. Siitä nähdään myös laitokseen tarvittavat laitteet ja saadaan selville laitoksen yleisilmettä. Layout-kuvat tehdään 3D-esityksen pohjalta AutoCAD-ohjelmalla. Piirustusten lisäksi piirustustiedostot jäävät yritykselle, jolloin kuvia pystytään myös jälkikäteen muokkaamaan. Laitoksen layout on esitetty ylhäältä (kuva 21), edestä (kuva 22) ja oikealta (kuva 23).



KUVA 21. Briketointilaitoksen layout ylhäältäpäin



KUVA 22. Briketointilaitoksen layout edestäpäin katsottuna



KUVA 23. Briketointilaitoksen layout oikealta katsottuna

8 YHTEENVETO

Tässä työssä tehtiin laite- ja layout-suunnittelua tulevasta briketointilaitoksesta Outokummun Tornion tehtaille. Briketoitavina raaka-aineina ovat teräksenteon eri vaiheissa syntyviä pölyjä ja hilseitä. Työ aloitettiin tutustumalla Outokummun Tornion tehtaiden raaka-aine ja jätevirtoihin, joiden perusteella varsinainen laitesuunnittelu aloitettiin.

Koska briketointilaitos oli työn alkaessa vasta aikaisessa suunnitteluvaiheessa, oli tarpeellista käydä tutustumassa jo olemassa olevaan ja toimivaan briketointilaitokseen. Siihen käytiin tutustumassa Ruukin Raahen tehtailta, jossa tällainen laitos on ollut muutaman vuoden toiminnassa. Vaikka Raahessa toimiva briketointilaitos on erilainen kuin Tornioon suunnitteilla oleva, periaate on kuitenkin samanlainen, joten sieltä sai hyviä apuja suunnittelutyötä ajatellen. Lisäksi sieltä saatiin tietoja briketointilaitoksen käyttöönotosta ja kunnossapidosta.

Suunnittelun alkuvaiheessa perehdyttiin briketoinnin teoriaan ja suunnittelutyö aloitettiin määrittelemällä ensin materiaalsiilojen koot ja siilojen lukumäärä. Siiloista laskettiin ainoastaan niiden koko, sillä siilot ja kuljettimet ovat tilattavia osia ja niiden mitat voivat hieman vaihdella toimittajasta riippuen. Lopulliset piirustukset ja mitat saadaan selville sen jälkeen, kun laitevalmistajat ovat selvineet.

Siilojen mitoituksen jälkeen valittiin oikeanlainen sekoitin ja sen jälkeen aloitettiin eri osien mallintaminen. Mallintaminen osoittautui erittäin työlääksi, koska malleista ei ollut valmiita mittatietoja. Tämä hidasti piirtämistä ja suunnittelua, sillä eri laitteista jouduttiin piirtämään useita eri versioita, jotta lopulta kaikista tuli oikeankokoisia ja -näköisiä. Työn edetessä myös suunnitelmat muuttuivat useaan kertaan. Lisäksi haastavuutta mallintamiseen toi se, että esimerkiksi kuljettimista ei pystynyt piirtämään tarkkoja malleja. Eri yrityksistä kysyttäessä hieman tarkempia spesifikaatioita kuljettimista vastausta ei saatu, sillä yritykset eivät olleet halukkaita antamaan tarkkoja tietoja. Kuljettimet mitoitetaan valmistajan omien käytäntöjen mukaan, joten sillä ei onneksi ollut työn kannalta kovin suurta merkitystä, kuinka tarkat mallit piirretään.

Brikettien varastointitapojen suunnittelu osoittautui myös haastavaksi. Varastosta suunniteltiin aluksi täysin automaattista, mutta sen toteuttaminen käytännössä ainakin näillä tiedoilla on hyvin haasteellista. Ratkaisussa päädyttiin yksinkertaisempaan, mutta kalliimpaan vaihtoehtoon. Automaattinen varastointitapaakaan ei ole poissuljettu vaihtoehto, mutta se vaatii hieman lisää tutkimista ja automaatiopuolen suurempaa osaamista.

Koko laitoksen mallintaminen ja layout-kuvien teko oli hyvin suuritöinen. Työssä käytetyt mallinnusohjelmat eivät olleet parhaat mahdolliset tällaisessa laitossuunnittelussa. Koska aika oli kuitenkin rajallinen, ei ollut järkevää kuluttaa aikaa uusien ohjelmien käytön opetteluun, sillä se olisi vienyt hyvin todennäköisesti liian kauan.

Suunnittelun lopuksi tehtiin laitoksesta vielä esityskuvat, layout-kuvat sekä laitelistaus päälaitteista ja materiaalinvirtauskaaviot. Virtauskaavioiden tarkoituksena on selventää laitoksen materiaalivirtoja, että miten materiaalit kulkevat ja samalla pystytään tarkistamaan se, että valittujen laitteiden kapasiteetit ovat riittävät.

Jälkikäteen mietittäessä suunnittelun aikataulutus olisi voinut olla omalta osalta hieman parempi. Mallinnus vei yllättävän kauan aikaa, paljon kauemmin kuin olin ajatellut, ja erilaiset viivästykset myöhästyttivät työn valmistumista jonkin verran. Tämän työn tarkoitus oli tehdä vasta esisuunnittelua laitoksesta ja myöhemmissä vaiheissa vasta päästäänkin yksityiskohtaiseen suunnitteluun, kun kaikista laitteista on valmistajat selvillä ja laitoksen tulo on varmistunut.

LÄHTEET

1. Outokumpu Oyj. 2013. Saatavissa:
<http://www.outokumpu.com/fi/yritys/outokumpu-suomessa/Sivut/default.aspx>. Hakupäivä 8.12.2013.
2. Outokumpu Tornion tehtaat ja Kemin kaivos. PowerPoint-diasarja. Outokumpu Stainless Oy.
3. Tervetuloa terässulatolle. 2013. Esite. Outokumpu Stainless Oy, Tornion tehtaat.
4. Junkkonen, Saara 2010. Briketointilaitoksen materiaalivirrat. Opinnäytetyö. Raahen seudun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka. Tekniikka, varasto opinnäytteet.
5. Coal / Charcoal Briquette Plant. Agico group. 2014. Saatavissa:
<http://www.briquette-machine.com/Charcoal-Briquetting-Plant/>. Hakupäivä 9.2.2014.
6. Mäki, Jouko 2013. Painoja. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Kimmo Vallo. 2.4.2013.
7. Tekniikan kaavasto. 2000. Tampere: Tammertekniikka Oy.
8. Devan molasses tanks. Devan Plastics Ltd. Saatavissa:
http://www.devan.co.nz/user_files/Website%20Downloads/Molasses_flyer%20-%20email.pdf. Hakupäivä 22.4.2014.
9. RK Ruuvikuljettimet. Laitex Oy. Saatavissa:
<http://www.laitex.fi/pdf/ruuvikuljettimet.pdf>. Hakupäivä 25.4.2014.
10. Jauhetekniikka Fluidi -apupurkainlaitteisto jauhesiiloihin ja -säiliöihin. Jauhetekniikka Oy. Saatavissa:
<http://www.jauhetekniikka.fi/images/tuotteet/apupurkaimet/fluidisointi.pdf>. Hakupäivä 25.4.2014.

11. Ruostumattomat siilovaa'at. 2014. AG-ME Oy. Saatavissa:
http://www.finvaaka.fi/siilo_ja_tankki_vaaat/ruostumattomat. Hakupäivä 25.4.2014.
12. TY-sarja vastavirtasekoittimet. Lapa Mixer Ky. Saatavissa:
http://www.lapamixer.com/index.php?option=com_content&view=article&id=64&Itemid=131&lang=fi. Hakupäivä 28.4.2014
13. Juvonen, Risto 2014. Myyntiedustaja. Lapa Mixer Ky. Puhelinhaastattelu 14.2.2014.
14. Model DH400- Briquetting & Compacting Roll Press. K.R. Komarek, Inc. 2009. Saatavissa:
<http://briquetting.komarek.com/plp/itemdetail.aspx?cid=3589&categoryname=e-to-high-pressure-briquetting-compacting-machines&productname=model-dh400-briquetting-compacting-roll-press&itemname=item-1005&isUOM=1>. Hakupäivä 28.4.2014.
15. Vallo, Kimmo 2013. Materials for dust treatment 2010. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Tuomo Huhtanen. 1.11.2013.

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä

Tuomo Huhtanen

Tilaaja

Outokumpu Stainless Oy, Terästie 1, 95420 Tornio

Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot

Kimmo Vallo

Työn nimi

Briketointilaitoksen perussuunnittelu

Työn kuvaus

Laite- ja layout-suunnittelu briketointilaitoksesta Outokumpu Tornio Worksin raaka-aine- ja jätevirtojen mukaan

Työn tavoitteet

Briketointilaitoksen materiaalisiilojen mitoitus, sekä oikean kokoisen sekoittimen valinta materiaalivirtojen mukaan. Lisäksi suunniteltavien ja ostettavien osien kokoonpanon tekeminen tarvittavine tukirakenteineen, sekä brikettien varastointitavan valinta. Laiteluettelo päälaitteista. Materiaalien virtauskaaviot. Layout-kuvia sen verran, jotta nähdään järjestelmän toimivuus. 3D-esitys havainnollistamaan mittoja

Tavoiteaikataulu

Suunnittelutyö valmis maaliskuussa 2014

Päiväys ja allekirjoitukset

1/11/2013 _____ 1/11/2013

Tuomo Huhtanen _____ Kimmo Vallo

TAULUKKO. Tornion tehtailla syntyvät pölymäärät (15)

	t/a 2012 (WT) 1,08 Mt	t/a 2006 1,32 Mt	dt/a 1,7 Mt	dt/a 1,5 Mt
CRC Dust	2211	2014,16	2593,99	2288,82
EAF I Dust	4070	5326,18	6859,47	6052,48
EAF II Dust	10698	11190,82	14412,42	12716,84
AOD I Dust	4193	4193,11	5400,22	4764,90
AOD II Dust	8296	7778,98	10018,38	8839,75
LF and CCM2 Dust	270	146,50	188,67	166,48
CC-Scale (analyze from CCM2)	2911	1873	2412,20	2128,41
Grinding Dust	6600	3900	5022,73	6030,93
<u>HR-Scale</u>	1788	1754	2258,94	2712,37
Water treatment Sludge (pools)	829	644	829,39	995,88
Water treatment Sludge (clarifier)	4220	3045	3921,59	4708,76
<u>Oily sludge from RAP</u>	259 + ?	953,00	1227,35	1473,71
<u>Sendzimir rolling scale</u>	?	100	128,79	1169,07
Blasting dust	2043	2490	3206,82	154,64
Annealing and pickling scale	3492	2404	3096,06	3717,53
FeCr 0-3mm/CRKE				

Briketointilaitoksessa tarvittavat päälaitteet

Laite	Määrä
80 m ³ : siilo apupurkaimella ja punnituksella	5 kpl
50 m ³ :n siilo pneumaattisella täytöllä ja punnituksella	1 kpl
Melassitankki 40 ton	1 kpl
Briketointikone Komarek DH400	1 kpl
Lapa Mixer 1000TY -sekoitin	1 kpl
Varastosuppilo 1 m ³	2 kpl
Ruuvikuljetin ø220, pituus 4,3 m	1 kpl
Ruuvikuljetin kaksisuuntainen, ø220, pituus 6 m	1 kpl
Koteloitu hihna/kolakuljetin, nousu 45°, nousukorkeus 16 m, pituus 27m, leveys 0,6 m (ruuvikuljettimien täyttöön)	2 kpl
Koteloitu hihnakuuljetin leveys 0,6 m, pituus 11 m (siilojen alle)	2 kpl
Koteloitu hihnakuuljetin, leveys 0,6 m, pituus 5 m (siilon alle)	1 kpl
Koteloitu hihnakuuljetin leveys 0,6 m, vaakasan pituus 10 m, 45° nousu, pituus 14 m	1 kpl
Nostoruuvi ø200 mm, nostokorkeus 14 m	1 kpl

