

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Konetekniikan koulutusohjelma

Keijo Riikonen

SYÖTTÖSIILON KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö
Lokakuu 2017



OPINNÄYTETYÖ
Lokakuu 2017
Konetekniikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
p. (013) 260 600

Tekijä(t)
Keijo Riikonen

Nimeke
Syöttösiilon kehittäminen

Toimeksiantaja
Mondo Minerals B.V. Branch Finland

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena oli laatia toteutettavissa oleva suunnitelma syöttösiilon parantamisesta. Parannuksen tarkoitus oli tehostaa tuotantoprosessia ja tehdä siitä häiriöttömämpi. Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää ratkaisu jauheen käsittelyssä oleviin ongelmiin vertaillen erityyppisiä lähestymistapoja ongelman selvittämiseksi.

Työssä perehdyttiin jauheen käsittelyyn ja siihen liittyviin ongelmiin. Opinnäytetyössä selvitettiin vaihtoehtoja yrityksen ongelman ratkaisemiseksi. Vaihtoehtoja mietittiin käytännönläheisesti, koska työn oli oltava toteutuskelpoinen. Sopivimmasta ideasta laadittiin suunnitelma toteutusta varten. Suunniteltua toteutusta ei opinnäytetyön puitteissa lähdetty tekemään.

Tuloksena opinnäytetyössä syntyi rakennelma, jolla voidaan lähestyä ongelmaa uudella tavalla. Tuotteen lisäksi ongelmaa oli tarkoitus lähestyä markkinoilta saatavilla olevan fluidisointilaitteiston ja itse kehitetyn rakennelman avulla. Opinnäytetyöstä rajattiin pois fluidisointilaitteiston yksityiskohtaisempi suunnittelu sen suuren työmäärän vuoksi. Työssä esitetyillä keinoilla pystytään hallitsemaan holvaantumisongelmaa paremmin tai poistamaan ongelma kokonaan.

Kieli

suomi

Sivuja 48

Liitteet 4

Asiasanat

materiaalin käsittely, sillo, tuotekehitys, holvaantuminen



THESIS
October 2017
Degree Programme in Mechanical Engineering
Tikkariinne 9
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
p. +358 13 260 600

Author (s)
Keijo Riikonen

Title
Development Of Feeding Silo

Commissioned by
Mondo Minerals B.V. Branch Finland

Abstract

The aim of this thesis was to make a plan to improve a feeding silo. The goal of the improvement was to make the production process more effective, and decrease the risk of failures. The goal of this thesis was to find a way to solve problems in powder handling by comparing different methods.

The work focused on powder handling and problems during the handling. The implementation of the thesis was to find options for solving the company's problem. The options were considered from a practical point of view, because the work should be feasible. The best option was selected for the plan. The physical implementation was left out on the ground that this is a thesis work.

As a result of the work for this thesis a structure was invented, which is a new way to approach the problem. The invented structure was planned in a way that it will work together with the fluidizer system, which is designed for the problem at hand. Specific planning with the fluidizer system was left out of the thesis, because that would have made the workload too big for this project. With these methods it is possible to make the production more effective by eliminating the problem or at least making the situation better.

Language

Finnish

Pages 48

Appendices 4

Keywords

material handling, silo, product development, arching

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Toimeksiantaja.....	6
1.2	Opinnäytetyö ja sen tavoitteet.....	7
2	Siilot	8
2.1	Siilojen virtaustyypit	9
2.2	Purkulaitteet.....	10
2.2.1	Ruuvisyötin	10
2.2.2	Lokerosyötin	11
2.2.3	Lautassyötin.....	12
2.2.4	Hihna- ja telasyötin	13
2.2.5	Tärysyötin	14
2.3	Materiaalivirtauksessa esiintyviä ongelmia	15
3	Apulaitteita materiaalivirtauksen parantamiseen.....	16
3.1	Täristimet.....	17
3.2	Pneumaattiset menetelmät	17
3.3	Kiinalainen hattu	18
3.4	Koneelliset sekoittajat	19
4	Tuotekehitys	19
4.1	Tuotekehitysprojektin valinta.....	20
4.2	Luonnostelu	21
4.3	Kehittely	22
4.4	Viimeistely.....	23
5	Ongelman kuvaus.....	24
6	Luonnosvaihtoehtojen hakeminen	26
6.1	Luonnosvaihtoehdot ja ideoinnin tulokset	26
6.2	Luonnosvaihtoehtojen vertailu ja toteutuksen valinta.....	28
7	Suunnittelun aloitus.....	29
7.1	Suunnittelun luonnosteluvaihe	30
7.2	Suunnittelun kehittelyvaihe	32
7.2.1	Ainevahvuuksien määrittäminen	33
7.2.2	Toiminnan tarkastelu ja rakenteen arviointi.....	41
7.3	Suunnittelun viimeistelyvaihe.....	43
7.4	Tuotteen arviointi ja toimintaselostus	45
8	Fluidisoinnin alustava suunnittelu	47
9	Pohdinta.....	51
	Lähteet.....	53

Liitteet

Liite 1

Vaatimusluettelo

Liite 2

Luonnosvaihtoehtojen vertailu- ja valintataulukko

Liite 3

Riskiarviointi

Liite 4

Ohjurin kokoonpanopiirustukset

1 Johdanto

Tein opinnäytetyöni Mondo Minerals B.V:n Vuonoksen talkkitehtaalle. Tämän opinnäytetyön aiheena oli syöttösiilon kehittäminen, missä perehdyttiin prosessilaitteen parantamiseen käyttäen apuna tuotekehityksen periaatteita ja markkinoilta löytyviä apulaitteita. Työssä käsitellään siloja ja niiden toimintaa lähinnä jauhe- ja kappalemaisten materiaalien pohjalta. Tarkoituksena oli suunnitella toimiva ratkaisu siilon holvaantumisongelmien ehkäisyyn. Nykyisellään ongelma kohdataan toistuvasti ja sen myötä jatkuva tuotanto ei ole häiriötöntä. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan vain yhtä syöttösiiloa, koska tuotantotilassa kaikki siilot eivät ole samanlaisia keskenään. Rajauksella estetään osaltaan myös epäonnistumisesta johtuvia kustannuksia.

1.1 Toimeksiantaja

Mondo Minerals B.V. on maailman toiseksi suurin talkkituotteiden valmistaja (Mondo Minerals B.V. 2015). Suomessa tehtaita on Sotkamossa ja Outokummun Vuonoksessa. Sen valmistamia tuotteita ovat kuivat bulk-tuotteet sekä rakeistettu ja lietetty talkki. Louhittu talkkimalmi jalostetaan erilaisiksi talkkituotteiksi ja sillä luodaan lisäarvoa paperi-, maali- ja muoviteollisuuden tuotteille. Lisäksi talkin rikastusprosessista saadaan sivutuotteena nikkeliä. Rikastamon alueelle on rakennettu myös nikkelin jalostuslaitos, jonka tarkoituksena on saada sivutuotteena tuotetun nikkelin pitoisuus korkeammaksi bioliuotuksen avulla. Yrityksen henkilöstömäärä on noin 200, joista 125 työskentelee Suomessa. Yritys työllistää Vuonoksen tehtaalla yhteensä noin 50 henkilöä. (Itkonen 2015.) Yrityksellä on toimintaa useissa maissa, ja yhtiön pääkonttori sijaitsee Amsterdammassa Hollannissa (Mondo Minerals B.V. 2015).

Talkin tuotannossa alkuaikoina mukana olivat Suomen Talkki Oy, Lohjan Kalkki Oy ja Yhtyneet paperitehtaat Oy. Myöhempien omistajavaihdosten jälkeen vuonna 1978 perustettiin yhteinen talkin markkinointiyhtiö, joka sai nimekseen Finnminerals Oy. Vuonna 1996 Finnminerals Oy:n omistussuhteet muuttuivat,

kun Western Mining Corporation ja nykyiseltä nimeltään Omya AG ostivat Finnminerals Oy:n kokonaisuudessaan. Uusien omistajien myötä toiminta uudistui ja kansainvälistyi, sekä nimi muutettiin nykyiseen muotoon Mondo Minerals. Vuoden 2011 jälkeen Mondo Minerals on ollut Advent Internationalin omistuksessa. (Haveri 2006, 1–4.)

Toiminta Outokummun Vuonoksen talkkitekhtaalla aloitettiin vuonna 1977. Talkkimalmi louhittiin aluksi Polvijärven Vasarakankaalta, mutta louhinta siirrettiin Polvijärven Horsmanahoon 80-luvun alussa. Talkkitekhtaalla valmistetut tuotteet lähtivät alkuaikoina paperiteollisuuden paperin täyteaineeksi, sekä pihkan torjuntaan. Myöhemmin tuotteisiin tuli mukaan päällystystalkki, josta tuli tärkein tuote ja jota tuotetaan vielä tänäkin päivänä. Vuonoksen tuotantokapasiteetti on vuosien varrella noussut 100 000 tonnin vuositasosta jopa 220 000 tonniin vuodessa. (Haveri 2006, 1–4.)

1.2 Opinnäytetyö ja sen tavoitteet

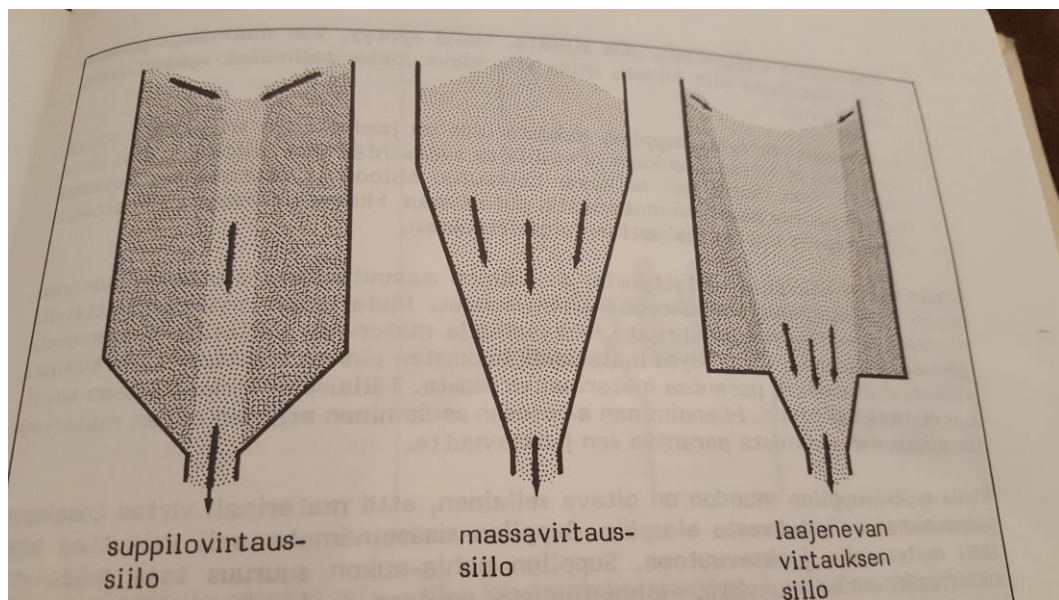
Opinnäytetyön tarkoituksena oli syöttösiilon toiminnan kehittäminen. Nykyisessä laitteistossa on ongelmia johtuen talkkirikasteen holvaantumisesta silloihin. Työn tavoitteena oli tehdä toteutettavissa oleva suunnitelma syöttösiilon parantamisesta. Työssä on perehdytty erilaisten siilotyyppien toimintaan kokonaisuudessaan ja markkinoilla oleviin apulaitteisiin, jotka on tarkoitettu kyseisen ongelman ratkaisuun. Opinnäytetyö kohdistettiin vain yhteen syöttösiilon, koska tuotantotilassa kaikki siilot eivät ole samanlaisia. Kehitystyö kannattaa tehdä toimivaksi ensin yhteen silloon, mistä onnistuneet ratkaisut on helpompi levittää sovellettuna muihin silloihin.

Toimeksiantajan toiveena oli saada useampi ratkaisumalli ongelmaan. Ratkaisuvaihtoehtoja vertailtiin keskenään, jotta mahdollinen toteutuksen valinta olisi helpompaa. Toteutettavasta suunnitelmasta tehtiin toimeksiantajalle kustannusarvio, missä on huomioitu materiaalien, valmistuksen ja asennustöistä tulevien kustannuksien määrä. Toteutuksen valinta on perusteltu ja dokumentoitu tarkasti.

Kehittämistyötä tehtiin tuotekehityksen periaatteiden mukaisesti. Uusien menetelmien keksiminen on aina haastavaa, joten työssä otettiin huomioon jo markkinoilla olevat apumenetelmät, joita on mahdollista käyttää sovellettuna opinäytetyössä. Markkinoilta löytyville tuotteille tehtiin myös kartoitus, millaiseen tarkoitukseen ne soveltuvat ja vertailu, mikä vaihtoehto olisi soveltuva kyseisen ongelman ratkaisemiseksi.

2 Siilot

Siilot ovat yleensä prosessiteollisuuden käyttämiä varastoja nesteille ja kiinteille aineille. Siilot toimivat lopputuotevarastoina tai osana prosessia välivarastoina, mistä materiaalia syötetään eteenpäin. Siilon rakenne voi olla sylinterimäinen tai nelikulmainen, missä pohjaosa on kartiomainen. Siilon pohjaosasta käytetään yleensä nimitystä suppilo tai syöttösuppilo. Kuvassa 1 on esitelty erilaisia siilotyyppejä: suppilovirtaussiilo, massavirtaussiilo ja laajenevan virtauksen siilo. Erona näissä siilotyypeissä on siilon rakenne, joka aiheuttaa erilaiset materiaa-
livirtaukset. Siilon alapuolella toimilaitteena toimii yleensä syöttö- tai annostelu-
laite ja tämän jälkeen myös mahdollinen kuljetin tai tuotantolaite, mikä siirtää si-
lossa olleen materiaalin eteenpäin tuotannossa. (Frilund & Pihkala 1988, 106.)



Kuva 1. Siilotyypit (Frilund & Pihkala 1988, 107).

2.1 Siilojen virtaustyytit

Siilosta materiaalin purkautuminen tarkoittaa materiaalin poistamista varastosta eli siilosta (Tuotantolaitesuunnittelu 2017, 2). Aiemmin mainitut siilotyytit suppilovirtaus-, massavirtaus- ja laajenevan virtauksen siilo vaikuttavat siihen, miten materiaalin purkautuminen siilosta käyttäytyy.

Suppilovirtaussiilossa materiaali purkautuu siilon keskelle syntyvää kanavaa myöten (kuva 1) syöttösuppilon alla olevalle syöttimelle. Materiaali purkautuu siten, että ensiksi virtaa ulos ylin materiaalikerros, minkä vuoksi siiloon ensin syötetty materiaali purkautuu viimeisenä. Tämä siilo on prosessiteollisuudessa yleisin siilotyyppi, koska leveä lieriöosa mahdollistaa siilon suuren kapasiteetin. On huomioitava, että tämän siilon käyttö ei sovi materiaaleille, jotka vaativat lyhyen varastointiajan sen purkautumistyytin takia, kuten esimerkiksi elintarviketeollisuudessa. (Frilund & Pihkala 1988, 106.)

Massavirtaussiilossa rakenne on erilainen johtuen loivasta kartio-osasta (kuva 1). Loiva kartio-osa aiheuttaa sen, että siilon kapasiteetista tulee pienempi verrattuna yhtä korkeaan suppilovirtaussiiloon. Yleensä massavirtaussiilosta tulee huomattavan korkea, koska kapasiteetti halutaan pitää suurena. Massavirtaus-siilo soveltuu erinomaisesti elintarviketeollisuuteen, koska sen purkautumistyyppi on niin kutsuttu ”first on first out” eli ensimmäisenä siiloon syötetty materiaali purkautuu ensimmäisenä ja tällöin vanhin materiaali saadaan pois siilosta ensimmäisenä. (Frilund & Pihkala 1988, 106.)

Viimeisenä käsitellään laajenevan virtauksen siilo. Rakenteeltaan se on lie-riömäinen ja kartio-osa on sovellettu massavirtaussiilosta. Rakenteen vuoksi materiaalin purkautuminen on ylöspäin laajeneva (kuva 1), mutta reunoille jäävän materiaalin virtaus on huonompi kuin suppilovirtaussiilossa. (Frilund & Pihkala 1988, 106.)

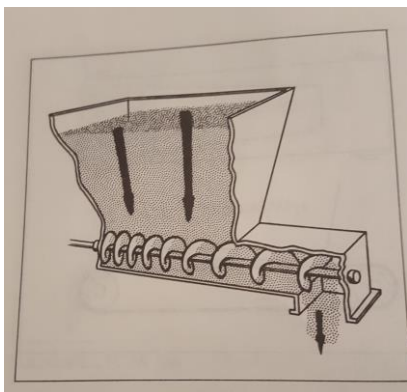
2.2 Purkulaitteet

Purkulaitteet ovat laitteita, joilla pystytään syöttämään ja annostelemaan siilossa olevaa materiaalia eteenpäin tuotannossa. Purkamisen tarkoittaa käsitteenä siilossa säilytettävän materiaalin poistamista varastosta ja syöttämisellä tarkoitetaan materiaalin annostelua esimerkiksi tuotantolaitteeseen. Materiaalin erilaiset syöttö- ja annostelulaitteet ovat tärkeä osa teollisuuden aloilla ja sen automatisoinnissa. Materiaalia siirretään varastoista prosessiin ja takaisin välivarastoihin erilaisten kuljettimien, syöttimien ja annostelulaitteiden avulla, joita voidaan kutsua myös purkulaitteiksi. (Frilund & Pihkala 1988, 83.) Siilossa oleva aine voi olla nestettä tai kiinteää ainetta, ja jokaiselle materiaalille on tarkoitettu omat syöttölaitteensa. Purkulaitteet sijoitetaan tyypillisesti siilon alapuolelle, koska painovoiman ansiosta materiaalin virtaus on siilossa alaspäin.

Siilossa käytettäviä yleisimpiä purkulaitteita kiinteille aineille ovat sulkupelti, rumpusyötin, hihnasyötin, telasyötin, ruuvisyötin, lokerosyötin, lautassyötin, tärysyötin ja kolakuljetin. Purkulaitteen valinta määräytyy käytettävän materiaalin ominaisuuksista ja halutun syöttötarkkuuden ja määrän mukaan. (Frilund & Pihkala 1988, 83–87.)

2.2.1 Ruuvisyötin

Ruuvisyötin on yksi yleisimmistä rakeisen tai jauhemaisen aineen annostelussa käytetyistä laitteista (kuva 2), joissa materiaali siirtyy kierteen ansiosta eteenpäin poistoaukkoa kohti ruuvien pyöriessä.

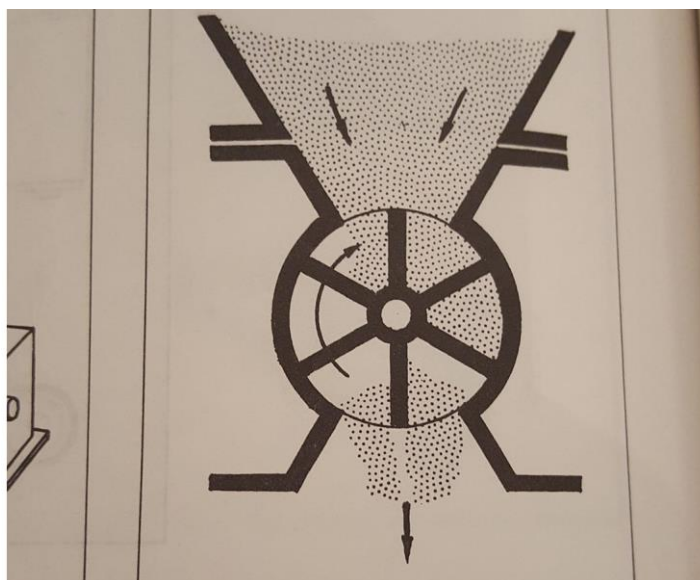


Kuva 2. Ruuvisyötin (Frilund & Pihkala 1988, 86).

Kierteen rakenne määräytyy kuljetettavan materiaalin ominaisuuksien mukaan. Ruuveja on malliltaan akselittomia ja akselisia, joista akseliton ruuvi sopii paremmin takertuvan materiaalin siirtoon ja akselillinen ruuvi helposti kulkeutuville materiaaleille. (Frilund & Pihkala 1988, 86.)

2.2.2 Lokerosyötin

Lokerosyötin eli toiselta nimeltään sulkusyötin on V-muotoisilla lokeroilla varustettu pyörä, joka on rummun sisällä (kuva 3). Syöttimen pyöriessä materiaali va-luu ylhäältä siilosta lokeroihin, jolloin pyörivä liike kuljettaa materiaalin rummun alaosaan, josta materiaali putoaa lokeroiden suuruisina annoksina.

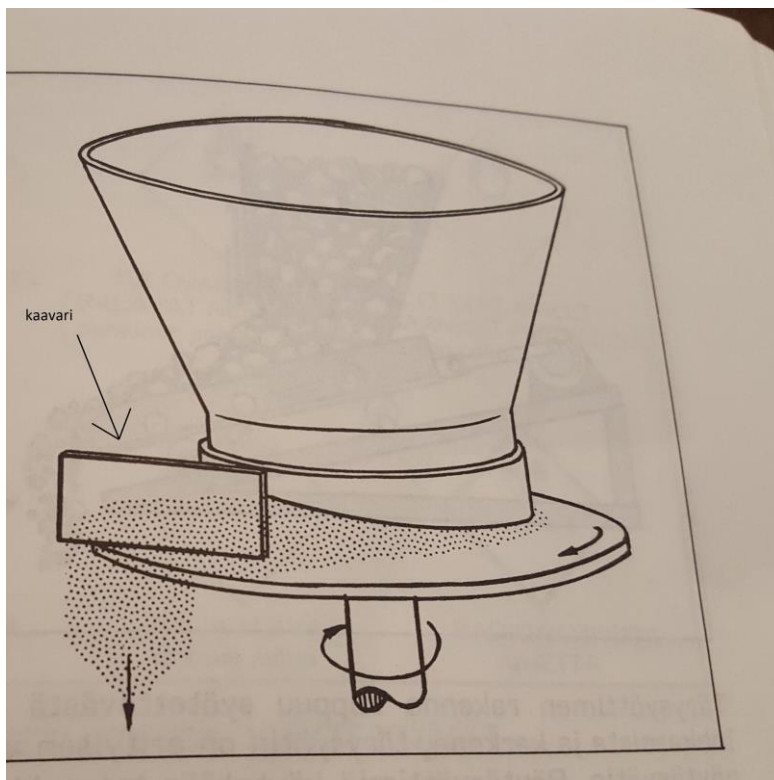


Kuva 3. Lokerosyötin (Frilund & Pihkala 1988, 86).

Etuina sulkusyöttimessä ovat matalat energiakustannukset ja sen syöttötarkkuus, koska lokerot purkavat aina vakio-tilavuuden verran materiaalia. Syöttötehoa pystytään säätämään syöttimen pyörimisnopeutta muuttamalla. (WAM Finland Oy, 2017.)

2.2.3 Lautassyötin

Lautassyöttimen toiminnassa on samoja piirteitä kuin lokerosyöttimellä. Erona lokerosyöttimeen on, että lautanen on asetettu vaakasuuntaisesti ja sen pyöriessä lautasen pinnalla lepäävä kaavari pudottaa materiaalin pois levytä.

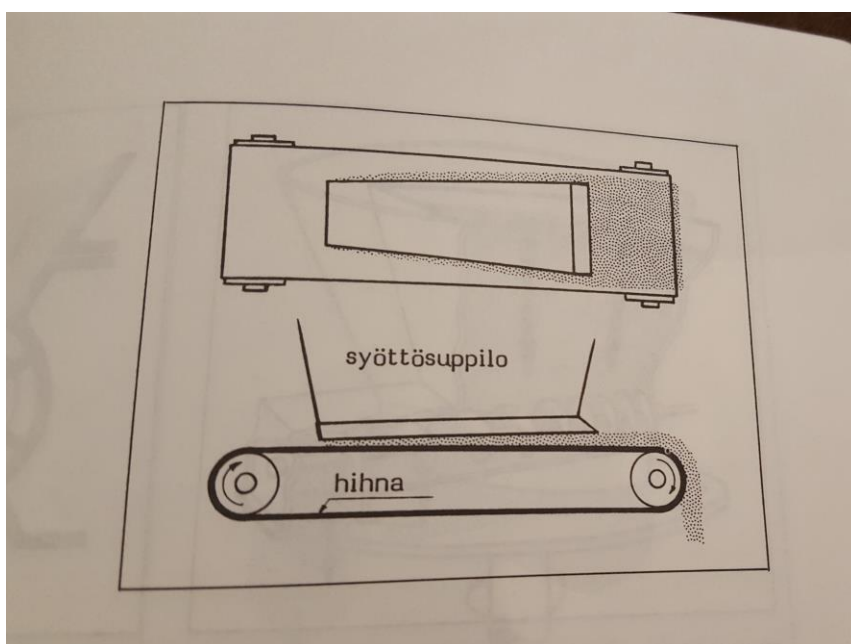


Kuva 4. Lautassyötin (Frilund & Pihkala 1988, 87).

Kuvasta 4 näkee, että siilon purkuaukko on muotoiltu siten, että siilon ja lautasen välinen rako kasvaa suurimmaksi kaavarin edessä, lautasen pyörimissuunnan mukaisesti. Lautassyötin soveltuu nimenomaan kostean ja iskostuvan materiaalin syöttämiseen, koska kaavarin ansiosta materiaalilla ei ole muuta vaihtoehtoa kuin tippua levytä. (Frilund & Pihkala 1988, 87.)

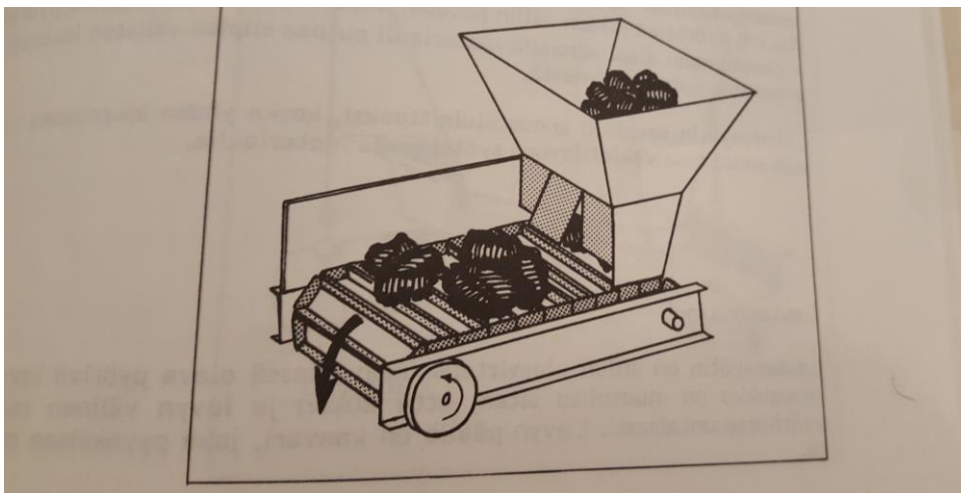
2.2.4 Hihna- ja telasyötin

Hihna- ja telasyöttimen rakenne vastaa lähes täysin normaalia hihnakuuljetinta. Hihna on asetettu suoraan syöttösuppilon alle, josta materiaali valuu hihnalle (kuva 5) ja hihnan nopeutta säätämällä voidaan vaikuttaa helposti materiaalivirran suuruuteen. Syöttösuppilon ja hihnan väliin jäävä rako on suurennuttava pyörimissuunnan mukaisesti, jotta materiaalivirta olisi tasaista. Hihnasyötin soveltuu parhaiten hienorakeiselle ja juoksevalle materiaalille. (Frilund & Pihkala 1988, 85.)



Kuva 5. Hihnasyötin (Frilund & Pihkala 1988, 85).

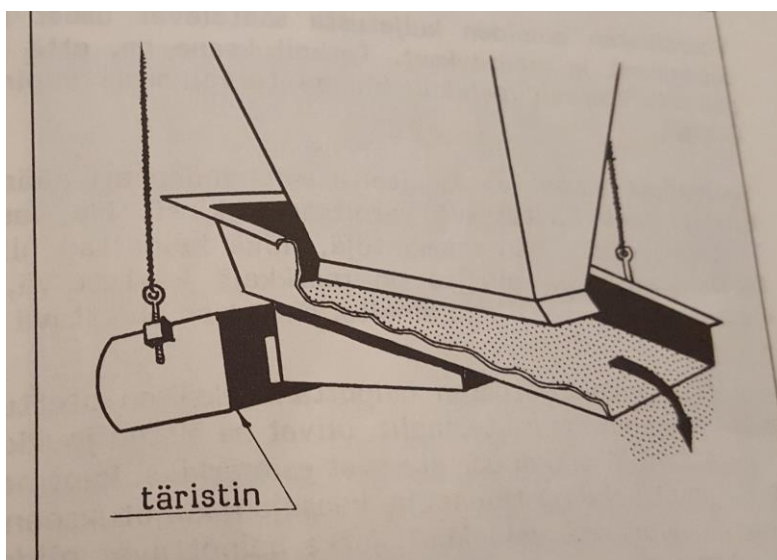
Telasyöttimen periaate on täysin sama kuin hihnasyöttimessä. Hihnan paikalle tähän on asetettu tela (kuva 6), jonka rakenne on lamellimainen. Käyttö soveltuu paremmin suurempien kappaleiden tai materiaalilohkareiden käsittelyyn esimerkiksi kivimurskan syöttölaitteena. (Frilund & Pihkala 1988, 85.)



Kuva 6. Telasyötin (Frilund & Pihkala 1988, 85).

2.2.5 Tärtsyötin

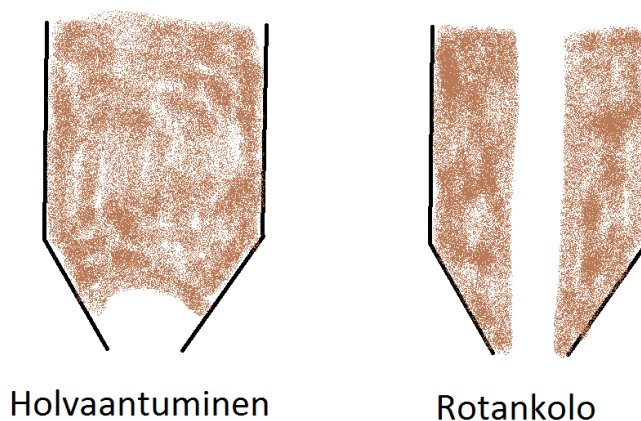
Tärtsyöttimen päällä olevan siilon purkuaukko on samankaltainen kuin hih-nasyöttimessä (kuva 5). Kuvassa 7 näkyy, että siilon alle on asetettu kalteva ta-so, joka on varustettu tärstimellä. Tason tärisytsliike siirtää materiaalia eteen-päin värähtelyn ansiosta. Tärtsyötin sopii melkein kaikenlaisille materiaaleille, mutta sen toiminta on heikompa, jos käytetty materiaali vastaa huonosti väräh-telyyn. Syöttönopeutta tässä voidaan säätää värähtelytaajuutta muuttamalla. (Frilund & Pihkala 1988, 87.)



Kuva 7. Tärtsyötin (Frilund & Pihkala 1988, 87).

2.3 Materiaalivirtauksessa esiintyviä ongelmia

Siiloissa voi säilyttää käytännössä mitä tahansa materiaalia, joten käsittelemme tässä kappaleessa ainoastaan kiinteiden ja jauhemateriaalien käyttäytymistä siiloissa. Siilojen käytössä kiinteillä- ja jauheaineilla ilmenee usein ongelmia. Niitä ovat yleensä huono materiaalivirtaus siilossa purkamistilanteessa. Syynä ongelmaan voi olla väärin suunniteltu siilorakenne tai syötettävästä materiaalista johtuvat ominaisuudet, kuten kitka tai hienojakoisuus. Yleisiä ongelmia purkautumisessa ovat kuvassa 8 esitetyt holvaantuminen ja rotankolon muodostuminen. (Jauhetekniikka Oy 2017, 2.)



Kuva 8. Holvaantuminen ja rotankolot.

Siilosta materiaalia purkaessa varsinkin hienojakoisilla aineilla on taipumus holvaantua. Käytännössä se tarkoittaa materiaalivirtauksen pysähtymistä siilossa. Kuvassa 8 on esitetty, että materiaalilla on tapana rakentaa niin sanottu silta siilon kartio-osaan. Tällöin materiaali ei pääse virtaamaan lainkaan, koska yllä oleva massa ei ole kykenevä rikkomaan holvia (Frilund & Pihkala 1988, 108). Ongelma on hyvin yleinen hienojakoisilla ja kosteammilla jauheaineilla, jolloin materiaalin ominaisuus on koossapysyvää ja tätä ilmiötä kutsutaan koheesioksi. Koheesio lisääntymisen johtaa yleensä holvaantumisongelmiin ja eri materiaaleilla koheesio lisääntyy eri tavoin. Usein kosteus lisää koheesiota, mutta se voi lisääntyä joillakin aineilla myös lämpötilan kasvaessa, kuten esimerkiksi sokerilla. (Lehtonen 2008, 9.)

Rotankoloissa (kuva 8) materiaali vastaavasti pääsee virtaamaan purkuaukolle sen rakentamaa aukkoa pitkin. Ongelmana tässä on sivuille jäänyt materiaali, joka ei pääse purkautumaan. Tällöin on huomattavissa, ettei siilon halutusta kapasiteetistä ole käytettävissä kuin pieni osa. Ongelmana tässä on myös siilon pinnan mittaaminen, koska reunoille jäänyt materiaali kertoo anturille, että se olisi aina täynnä. Mikäli sivuille jäänyt materiaali murtuu, voi se aiheuttaa kuitenkin vielä edellä mainitun holvin. (Jauhetekniikka Oy 2017, 2.)

Näiltä ongelmilta pystytään välttymään, mikäli siilojen suunnittelussa otetaan huomioon siiloon varastoitavan materiaalin ominaisuudet. Myös materiaalin ennakkokäsittelyllä voidaan vaikuttaa materiaalin käyttäytymiseen siilossa. Kosteuden aiheuttamat takertumiset voidaan välttää kuivaamalla materiaali. Suppilon sisäseinämän materiaalin valinnalla voidaan myös osittain vaikuttaa siilossa olevan aineen purkautumiseen. Siilon pohja-aukkoa suurentamalla pystytään myös estämään holvaantumisen. Aukkoa kasvatettaessa tarpeeksi suureksi, ei materiaali pysty rakentamaan sinne riittävän kestävää holvia. Virtauksen parantamiseen on olemassa myös erilaisia apulaitteita, mikäli materiaalivirtausta ei edellä mainituilla menetelmillä voida parantaa. (Frilund & Pihkala 1988, 108.)

3 Apulaitteita materiaalivirtauksen parantamiseen

Ongelmat siilojen materiaalivirtauksissa ovat varsin yleisiä, joten niihin on kehitelty myös monen tyyppisiä ratkaisuja virtauksen parantamiseksi. Apumenetelmiä täytyy soveltaa aina materiaalikohtaisesti. Väärän lähestymistavan valinta ongelman ratkaisuun voi johtaa epätyytyttäviin tuloksiin tai jopa ongelman pahenemiseen. Yleisesti purkuaukon kokoa suurentamalla voidaan saada holvaantumisen ja rotankolot murrettua, mutta koska siilon purkuaukko todellisuudessa määräytyy prosessin muiden latteiden mukaan, niin on ongelman seurauksena käytettävä muita apumenetelmiä purkautumiseen. (Jauhetekniikka Oy 2017, 1–2.)

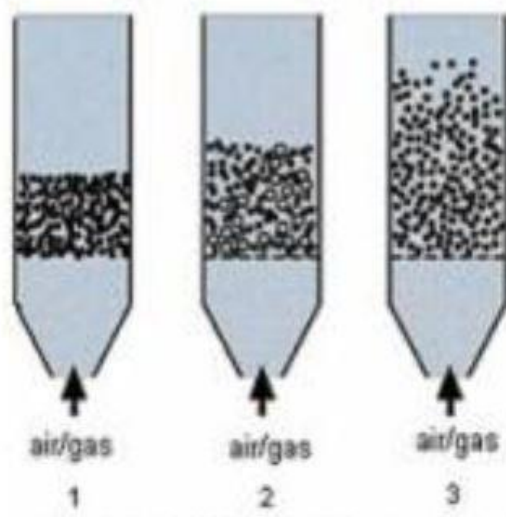
3.1 Tärstimet

Tärylaitteiden käyttö on luultavasti yleisin apumenetelmä silloissa materiaalivirtaukseen liittyvissä ongelmissa. Erityyppisiä tärylaitteita ovat: tärypohjat, tärymoottorit, pneumaattiset vasarat ja muut tärinää tai värähtelyä aiheuttavat laitteet. Menetelmä on hyvin toimiva varsinkin helposti valuville materiaaleille. Täryn käytössä tulee huomioida aina purettavan materiaalin ominaisuudet. Laitetta ei välttämättä kannata käyttää, mikäli materiaali on hyvin tiivistyvää, erittäin hienojakoista tai elastista. Ongelmana on, että helposti tiivistyvä materiaali pakautuu entisestään tiukemmaksi holviksi ja elastiset materiaalit absorboivat täryefektin, jolloin haluttu vaikutus ei toteudu. (Jauhetekniikka Oy 2017, 3.)

Tärylaitteiden hyviä puolia ovat edullinen hankintahinta, helppo asennettavuus ja tehokas tapa edistää virtausta. Huonoja puolia tärylaitteissa on, että ne ovat meluisia, saattavat vahingoittaa rakenteita ja käytettynä väärille materiaaleille voivat jopa huonontaa virtausta. (Jauhetekniikka Oy 2017, 3.)

3.2 Pneumaattiset menetelmät

Fluidisointi eli leijutus on oletettavasti toiseksi yleisin apumenetelmä silon materiaalivirtauksen parantamisessa. Fluidisoinnissa pyritään puhaltamaan ilmaa tai kaasua materiaalin sekaan huokoisista tai rei'itetyistä levyistä, putkista tai suuttimista. Kuvassa 9 materiaalin sekaan syötetty ilma tunkeutuu materiaalin partikkelikerroksen läpi ja tällöin vähentää aineen keskinäisiä sidosvoimia. Näin materiaalin juoksevuus paranee, ja se vähentää myös kitkaa materiaalin ja silon välillä. Materiaalin paremman juoksevuuden ja kitkan vähenemisen ansiosta holvit yleensä murtuvat. (Ämmälä 2017, 98.)



Kuva 9. Leijutus (Ämmälä 2017, 98).

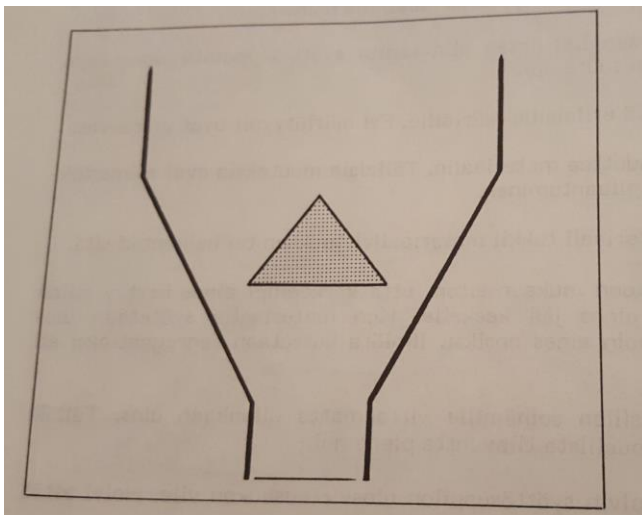
Fluidisointi on tarkoitettu erityisesti hienojakoisille ja vaikeasti holvaantuville jauheaineille. Apumenetelmä ei sovellu materiaaleille, jotka ovat kappalemaisista ja painavia. Etuna tällä voidaan saada tärymekanismeihin verrattuna siilon rakenteita rasittamaton laitteisto, ja se ei tiivistä materiaalia entisestään. Fluidisointi soveltuu hyvin myös jälkiasennettavaksi, koska sen asennus on suhteellisen helppoa. (Jauhetekniikka Oy 2017, 3.)

Siiloon on myös saatavilla ilmatykkejä. Niiden toiminta perustuu ladattuun nopean ilman purkautumiseen suuttimesta kovalla paineella, mitä voisi kutsua räjähdysmäiseksi. Etuna on että, holvit saadaan murrettua tehokkaasti räjähdysvaikutuksesta. Suurissa siiloissa käytettynä on vaarana siilon vaurioituminen, koska holvit saattavat murtua hallitsemattomasti. (WAM Finland Oy, 2017.)

3.3 Kiinalainen hattu

Kiinalainen hattu on siilon sisäisiin rakenteisiin tehtyihin muutoksiin perustuva menetelmä virtauksen parantamiseksi. Se on siiloon kiinteästi rakennettu rakenne, mikä on sijoitettu syöttösuppilon kohdalle. Sen muoto kuvasta 10 nähtynä on ylöspäin suuntautuva terävä kartio. Sen tarkoituksena on ottaa vastaan yläpuolella olevan materiaalin massa, jolloin materiaali ei pääse pakkau-

tumaan massan vuoksi purkuaukon kohdalle ja holvautumiselta välttyään. (Frilund & Pihkala 1988, 108.)



Kuva 10. Kiinalainen hattu (Frilund & Pihkala 1988, 108.)

3.4 Koneelliset sekoittajat

Muita ratkaisuja holvien murtamiseen voivat olla koneelliset sekoittajat, joilla saadaan materiaali liikkeelle, kun materiaalivirtaus on pysähtynyt. Sekoitin on tehokas tapa saada tiivistyneen aineen rakenne rikottua purkamistilanteen yhteydessä. On huomioitava, että sekoitinta tulisi käyttää vain hetken aikaa ja vain silloin kun materiaalinvirtaus on todella pysähtynyt. Jatkuva sekoittimen käyttö voi puolestaan tiivistää materiaalia entisestään, ja se lujittuu entistä pahemmin syöttösuppilon. Kosteilla ja takertuvilla aineilla huonona puolena on, että sekoittimen lavat saattavat kerätä materiaalia ja tukkeutua, jolloin sekoittimen teho jää haluttua pienemmäksi. (Frilund & Pihkala 1988, 108.)

4 Tuotekehitys

Tuotekehitys tarkoittaa olemassa olevan tuotteen parantamista tai kokonaan uuden tuotteen suunnittelemista. Tuotekehityksessä pyritään täyttämään asete-

tut tavoitteet niin hyvin kuin on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista ja tarkoituksenmukaista (Jokinen 2010, 9). Yleensä tuotekehitys perustuu tuotteiden vanhenemiseen, jolloin myynti vähenee tai syntyy tarve kehittää nykyisiä tai uusia tuotteita. Tuotteiden elinikä voidaan jakaa lyhytkestoisiiin ja pitkäkestoisiiin tuotteisiin. Lyhytkestoisia tuotteita ovat esimerkiksi matkapuhelimet ja pitkäkestoisia tuotteita ovat teollisuuden kulutustarvikkeet. Tuotekehityksen toteutus tapahtuu yleensä projektiluontoisena. Projektin toteutukselle on olemassa monen tyyppisiä malleja. Yleisin tapa on jakaa projekti neljään osaan: tuotekehitysprojektin valinta, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Kehitystyön tavoitteena on lisätä kilpailukykyä markkinoilla tai tehdä tuotteesta entistä parempi. (Jokinen 2010, 9–10.)

4.1 Tuotekehitysprojektin valinta

Tuotekehitysprosessin ensimmäinen vaihe on projektin valinta eli mitä lähde-tään kehittämään. Projekti ei aina perustu asiakastarpeeseen tai markkinatilanteeseen, vaan se voi olla suunnittelutyötä yrityksen ohjaamana yrityksen omiin tarpeisiin, millä tavoitellaan esimerkiksi parempaa voittoa tai tehokkuutta tuotantomenetelmissä (Pahl & Beitz 1990, 54). Lisäksi projekti vaatii aina olemassa olevan tarpeen kehitystyöstä, sekä jonkinlaisen ajatuksen sen toteutusmahdollisuudesta. Ikiliikkujan keksiminen olisi hyvin tarpeellinen, mutta toteuttamismahdollisuuksia ei ole, joten tällöin ei vakavasti otettavia tuotekehitysprojekteja voida aloittaa. (Jokinen 2010, 17.)

Kohteen määrittämisen jälkeen on asetettava tavoitteet ja vaatimukset projektille. Vaatimukset ja tavoitteet määrittyvät asiakkaan tai yrityksen itsensä määrittelemänä, mitä projektilla halutaan saavuttaa. Vaatimuslista on tärkeä osa projektin aloitusta perustietojen ja yhteisymmärryksen saamiseksi. Vaatimusluettelosta on löydettävissä kaikki tarvittavat lähtötiedot suunnittelutyötä varten, mahdolliset poikkeamat, olosuhdetarpeet ja muut tiedot mahdollisimman tarkasti. Vaatimusluettelo on syytä tehdä tarkasti, koska se toimii pohjana kaikille toiminnolle läpi projektin. (Mertanen 2016.)

Lisäksi tämän työvaiheen aikana on hyvä laatia QFD-laatuksaavio, joka kertoo tärkeimmät ja merkityksellisimmät ominaisuudet asiakkaan sekä käyttäjän kokeman tärkeysasteen perusteella eli mihin toimintoihin myöhemmissä vaiheissa on syytä priorisoida. Kaavio sisältää myös oman tuotteen vertailua kilpailijoiden tuotteisiin teknisten ja taloudellisten arvojen perusteella. Alkusuunnitelmakatsauksen jälkeen laaditaan kehitysehdotus, jonka jälkeen tehdään kehityspäätös. Myönteinen kehityspäätös johtaa seuraavaan työvaiheeseen eli luonnosteluun. (Mertanen 2016.)

4.2 Luonnostelu

Projektin edistyttyä luonnosteluvaiheeseen alkaa projekti hahmottua konkreettisesti kokonaisuutena. Luonnostelun tärkeimpänä tavoitteena on etsiä periaatteelliset ratkaisut tuotteen kehittämiseksi. Uusien ratkaisujen, menetelmien ja toimintojen keksiminen on usein haastavaa ja tätä varten ideointityöhön on kehitetty monen tyyppisiä insinöörityöhön soveltuvia ideointimenetelmiä. (Jokinen 2010, 21.) Luonnosteluvaiheen haluttuja tuloksia ovat toimintojen määrittäminen, ideointitulokset ja parhaan kokonais- ja osajärjestelmien luonnospöytäkirjat sekä ratkaisut (Mertanen 2016).

Luonnostelua lähdetään suorittamaan aiemmin laaditun vaatimuslistan ja tavoitteiden pohjalta. Ensimmäisenä määritetään toiminnot tuotteelle ja muodostetaan toimintorakenne, missä jaetaan tuotteen kokonaistoiminto osatoiminnoiksi. Osatoiminto tarkoittaa yhtä osa-aluetta tuotteessa. Jos auton kokonaistoiminto olisi liikkua eteenpäin, niin kaikki tätä liikettä aiheuttavat osa-alueet olisivat osatoimintoja, kuten jarrut, voimansiirto, moottori ja niin edelleen. Liittämällä osatoiminnot jälleen yhteen, saadaan kokonaistoiminto. (Pahl & Beitz 1990, 82.) Tämä helpottaa ratkaisujen keksimistä, kun jokainen toiminto on erillisenä. Parhaat ratkaisut osatoiminnoista kasataan jälleen kokonaistoiminnoksi, josta saadaan parhaan kokonaistoiminnon luonnos. Luonnoksista ei yleensä vielä tässä vaiheessa tehdä tarkkoja mittapiirustuksia vaan se sisältää ainoastaan karkeitä yleismittoja ja hahmotelmia tulevista rakenteista. (Mertanen 2016.)

Osatoimintoihin ratkaisuja etsiessä on usein syytä käyttää ideointimenetelmiä, joiden avulla mahdolliset ratkaisut löytyvät. Tässä on myös huomioitava, että ensimmäinen keksitty ratkaisu ei luultavasti ole paras mahdollinen (Mertanen 2016). Ideointimenetelmät on jaettu kolmeen kategoriaan suunnitelmallisiin ideointimenetelmiin, omituisiin ideointimenetelmiin ja superomituisiin ideointimenetelmiin. Suunnitelmallisiin menetelmiin kuuluvat muun muassa syy- ja seurauskaavio, kolikon toinen puoli ja ajatuskuplat, sekä ryhmille soveltuvat esimerkiksi 6-3-5 ja aivoriihi. Näiden avulla pystytään keksimään uusia ideoita ja näkökulmia asiaan, mistä sitten mahdolliset ratkaisut osatoimintoihin voivat löytyä. (Kotaniemi 2013, 66–67.)

Parhaiden ratkaisuiden valinnan jälkeen kokonaistoiminnon tarkastelussa voidaan vielä tehdä haluttuja muutoksia, mikäli sille nähdään tarvetta. Valmiin kokonaistoimintoluonnoksen jälkeen ollaan valmiita siirtymään projektissa seuraavaan vaiheeseen, mutta se vaatii ensin, että luonnoksesta tehdään hyväksymispäätös sen laskemisesta kehittälyvaiheeseen. (Mertanen 2016.)

4.3 Kehittely

Tässä vaiheessa on valittuna kaikista järkevimät vaihtoehdot osatoimintojen ratkaisemiseksi. Kehittälyvaiheen tavoitteena on kehittää tuotetta teknisten ja taloudellisten asioiden perustein. Tämä vaihe sisältää seuraavat asiat: heikkojen kohtien arviointi ja parantelu, 3D-mallien suunnittelu ja mittapiirustuksien aloitus, sekä suunnittelun, valmistuksen, asennuksen ja huollettavuuden huomioon ottaminen. Tuotteen yksityiskohdat suunnitellaan siten, että valmistuspiirustusten ja osaluetteloiden tekeminen on mahdollista yksiselitteisesti. (Jokinen 2010, 89.)

Ennen kehittälyvaiheen aloittamista kannattaa kerrata vaatimuslista ja työn tavoitteet, jotta kehitystyötä voidaan tehdä oikeaan suuntaan. Sen jälkeen lähdetään arvioimaan suunnittelun tuloksia teknisten ja taloudellisten näkökohtien perusteella. Tässä vaiheessa tarkoituksena on parantaa laitteiston heikot kohdat, mikä tapahtuu usein tuotteen arvioinnin jälkeen ideoimalla ne uudestaan tuot-

teen parantamiseksi. Mikäli heikkojen kohtien parantelussa ei löydy tyydyttävää ratkaisua, voidaan ratkaisuluonnos pahimmassa tapauksessa hylätä ja tilalle valitaan uusi ratkaisuluonnos. (Jokinen 2010, 90.)

Kaikista osatoiminnoista luonnokset muutetaan mittakaavapiirustuksiksi tuotteen toiminnan varmistamiseksi ja hahmottamiseksi. Tässä on otettava huomioon toiminnon aiheuttamat mittoja määräävät vaatimukset, kuten esimerkiksi tehonsiirto ja sovitteet, mutta ne viimeistellään ja optimoidaan viimeistelyvaiheessa. Myös materiaali määräytyy vaatimusten perusteella. Kaikki yksityiskohdat on suunniteltava siten, että ne täyttävät vaatimukset, mutta eivät ole kuitenkaan ylimitoitettuja. Ylimittaminen tuo puolestaan turhia lisäkustannuksia tuotteelle. Viimeisenä tuotteen muotoja ja mittoja arvioidaan sen valmistettavuuden suhteen. (Jokinen 2010, 91.)

Kehittelyn yhtenä osa-alueena on tehdä riskianalyysi tuotteesta. Siihen listataan kaikki mahdolliset riskit mitä tuotteessa voi olla käytön, valmistuksen ja suunnittelun seurauksena ja selvitetään niiden painoarvot ja mitkä ovat ratkaisut ongelmien välttämiseksi. Kehittelyvaiheen lopussa tehdään taas päätös sen hyväksymisestä viimeistelyvaiheeseen. (Mertanen 2016.)

4.4 Viimeistely

Viimeistely on tuotekehitysprojektin viimeinen vaihe. Tässä vaiheessa osat suunnitellaan täysin loppuun, suoritetaan rakenteen, raaka-aineiden, valmistuksen ja muiden ominaisuuksien optimointi ja kokoonpanorakenne täydennetään puutteista tai määräyksistä. Osien tulee olla lopuksi siinä vaiheessa, että ne ovat valmistettavissa ja niistä on olemassa täydetyt yksiselitteiset valmistus- ja kokoonpanopiirustukset, sekä tarvittavat työselitykset. (Jokinen 2010, 96.)

Viimeistelyvaiheessa tuotteesta laaditaan myös tekninen tiedosto. Sen sisältö koostuu yleispiirustuksista, täydellisistä piirustuksista, laskelmista, testaustuloksista, riskianalyysistä, terveys- ja turvallisuusvaatimuksista, suojoitoimenpiteistä vaarojen poistamiseksi, maininta mahdollisista jäännösriskeistä ja käyttöohjeen

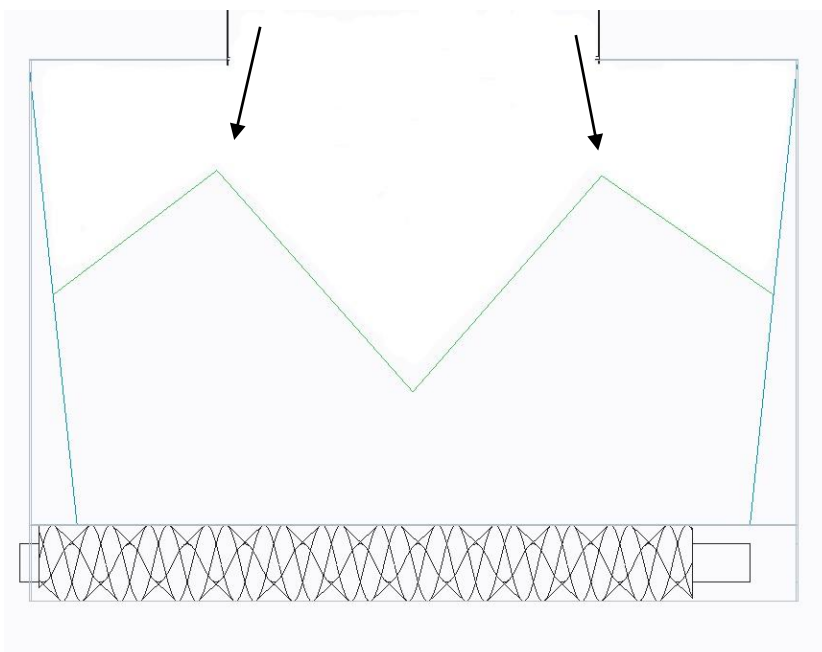
kopiosta. Sisältöön kuuluvat myös kaikki tarvittavat asiakirjat, joilla valmistaja pystyy pyydettäessä osoittamaan, että laite on esimerkiksi koneasetusten vaatimusten mukainen. (Mertanen 2016.)

Viimeistelytoimenpiteiden jälkeen voidaan suorittaa prototyypin valmistus. Mikäli tuote on niin suuri tai kallis ettei siitä pystytä valmistamaan prototyyppiä, niin epävarmimmista rakenteenosista valmistetaan koekappale ja testataan. Toinen vaihtoehto on valmistaa tuotteesta pienoismalli, jolla testaus tapahtuu ja näin ehkäistään epäonnistumista. Prototyypin valmistus ei ole aina viimeisimpiä vaiheita, vaan se voi olla jopa viimeistelyvaiheen alussa. Prototyypin jälkeen on mahdollista tehdä nollasarja, jolla testataan valmistettavuus, tuotteen ominaisuudet ja saadaan muuta lisätietoa tulevasta tuotannosta. Viimeistelyssä projekti viedään valmiiksi ja tehdään päätös tuotteen tuotantoon hyväksymisestä. (Jokinen 2010, 17.)

5 Ongelman kuvaus

Opinnäytetyön toteutus täytyi aloittaa analysoimalla syöttösiilon nykyistä toimintaa, sekä selvittämällä mitä ongelmia sen käytössä on. Syöttösiilon ongelmaksi ilmeni talkkirikasteen huono purkautuminen siilosta. Talkkijauheen kosteusprosentti on suurin vaikuttava tekijä sen juoksevuusominaisuuteen, koska kosteuden nousu lisää koheesiota. Koheesion noususta seuraa yleensä holvaantumisongelma, jossa syöttöruuvi kaivaa kolon materiaaliin ja sen jälkeen materiaali ei pääse valumaan alas ruuville. Ongelma kohdataan myös silloin kun kosteusprosentti pysyy sallituissa rajoissa, koska talkkijauheella on taipumus holvaantumiseen. Ruuviprofiilin soveltuvuus talkin syöttämiseen ei myöskään ole välttämättä paras mahdollinen. Huonosta syöttötehosta voisi päätellä myös sen, että ruuvin kierreosa on mahdollisesti päässyt kulumaan vuosien aikana, jolloin kierteen pienempi korkeus ei salli suurempaa syöttökapasiteettia. Ruuvin kierteellä on varmasti merkitystä materiaalin purkautumiseen, mutta holvaantumisongelmaan sillä ei välttämättä ole suurta merkitystä.

Tarkkailukierroksella havaittiin, että kuivemmallakin materiaalilla on taipumus jähmettyä siilossa niihin päätyihin, joihin sitä puretaan hihnakuljettimelta. Siilon keskellä materiaalin virtaus ruuvin pyöriessä oli kuitenkin osan ajasta hyvä. Yleisesti siilon purkupää näytti vetävän materiaalia hieman paremmin, kun toisessa päässä oleva materiaali ei liikkunut juuri lainkaan. Selvää määrättyä kohtaa holvaantumiselle ei kuitenkaan löytynyt. Tarkkaillessa ruuvi näytti puhtaalta, joten se ei ollut ainakaan holvaantunut umpeen talkista. Haasteeksi ilmeni myös siilon sijainti tuotantotilassa. Siilo on sijoitettu rakenneterästen päälle, joitten varassa se roikkuu tuotantotilassa. Siilon päällä ja sivuilla kulkevat putkilinjat, kävelytasot, turvakaiteet, sekä hihnakuljetin ja sen runko, joten vapaata tilaa suurille laitteiden rakentamisille ei ollut.



Kuva 11. Nykytilanne siilon sivuprofiilista.

Nykytilanteessa (kuva 11) pysähtynyttä materiaalivirtausta ratkotaan käsin paineilmapillin avulla. Holvit murretaan paineilman avulla ja siten saadaan virtausta aikaiseksi. Siilon ongelmat aiheuttavat turhaa työtä prosessinhoitajille, jolloin tuotanto ei ole tehokasta tai häiriötöntä. Holvaantumisen estäminen nostaa tuotantokapasiteettiä, ja holvauksien poistoon käytetty aika voitaisiin käyttää muuhun toimintaan. Prosessinhoitajien tärkein työ on valvoa ja ohjata prosessin toimintaa, mutta silloin se toimii valvomattomana, kun he ovat kentällä poista-

massa siloissa olevia ongelmia. Tällöin tehtaan toiminta pyöri ilman valvontaa ja syntyy riski turvallisuudelle, laitteiden vaurioitumiselle ja tuotteen laadulle.

6 Luonnosvaihtoehtojen hakeminen

Työn toteutuksessa ongelman analysoinnin jälkeen päästiin vaiheeseen, jossa oli tarkoitus keksiä ideoita holvaantumisongelman ratkaisemiseksi. Ongelman analysointi auttoi havainnoimaan paremmin ongelmaa, ja sitä tehdessä syntyi myös ideoita ongelman ratkaisemiseksi. Ideoita haettiin miettimällä käytännönläheisiä menetelmiä ottaen huomioon myös jo markkinoilta löytyviä valmiita apulaitteistoja. Alkuvaiheen ideoinnissa ei mietitty kustannusten muodostumista, eikä ideoiden toteutusmahdollisuuksia.

6.1 Luonnosvaihtoehdot ja ideoinnin tulokset

Alkuvaiheessa syntyi paljon erilaisia ideoita, jotka voisivat olla avuksi ongelmassa. Ideoiden synnyttyä arvioitiin niitä ensin karkeasti kustannusten ja toteutusmahdollisuuksien suhteen, jotta voitiin päättää olisivatko ne kelvollisia ideoita. Ensimmäisiä vaihtoehtoja olivat siilon purkuaukon leventäminen ja materiaalin kosteuden poistaminen. Purkuaukon leventäminen tarpeeksi suureksi estäisi materiaalia rakentamasta riittävän kestävää holvia. Kosteuden pienentäminen toisi etuna paremman juoksevuuden, jolloin kitka siilon ja talkin välillä pienentyisi. Nämä vaihtoehdot kuitenkin hylättiin nopeasti niiden hinnan, toteutusmahdollisuuksien takia.

Siilon pinnoittaminen oli myös yksi vaihtoehto, jolla saataisiin pienennettyä kitkaa materiaalin ja siilon välillä. Asiaa tarkemmin pohtiessa todettiin sen olevan hyvä idea, mutta sillä ei luultavasti olisi haluttua tehoa holvaantumisen estämiseen. Yhdistettynä johonkin toiseen vaihtoehtoon sitä kuitenkin pidettiin mahdollisena.

Holvaantumien rikkomiseen ideoitiin erilaisia mekaanista liikettä tekeviä laitteistoja. Mekaaninen liike olisi tehokas ja varma tapa murtaa holvit ja saada aikaan

materiaalivirtausta, kun se on pysähtynyt. Alkuaikoina silloissa käytössä olleet sekoittajat eivät kuitenkaan olleet tarpeeksi hyödyllisiä, minkä seurauksena ne oli poistettu. Rajoittavia tekijöitä mekaanisiin liikkeisiin asettavat asennustilan ahtaus, toimivuus vaikeissa olosuhteissa, ja mekaanisen liikkeen kohdistaminen. Mekaanista liikettä tekevien laitteiden kustannukset nousevat korkeammalle, ja ne vaativat yleensä säännöllistä huoltoa.

Seuraavana potentiaalisena vaihtoehtona oli tärymoottorin käyttö silloissa. Sen hinta ja teho olisi hyvä vaihtoehto kyseiseen ongelmaan. Käytännön tasolla sillä on kuitenkin paljon ei-toivottuja vaikutuksia. Tärymoottorin käyttö altistaa siilorakenteet kovalle rasitukselle, ja sillä on myös talkkijauheeseen tiivistävä vaikutus. Nykyinen siilon pinnanmittaus tapahtuu punnituksen avulla, joten täryn käyttäminen aikaisemman kokemuksen mukaan rikkoo tai vähintään sekoittaa pinnanmittauksen. Muita huomioita on, että tuotantotilassa haitallinen pöly mahdollisesti lisääntyy entisestään täryä käytettäessä.

Fluidisointia pidettiin myös hyvänä vaihtoehtona ongelman ratkaisuun. Valmiita fluidisointilaitteita löytyy markkinoilta useaa eri tyyppiä. Paineilman käyttö on tehokas tapa holvaantumisongelmiin, koska sillä ei ole tiivistävää vaikutusta. Laitteistojen hinta tulee vastaavasti korkeammaksi paineilmaa käyttäessä. Fluidisointilaitteet kuitenkin ovat huoltovapaita, niin huoltokustannuksia niiden käytöstä ei synny. Fluidisointiin valmiita vaihtoehtoja ovat paineilmatykit, fluidisointilevyt ja värähtelevät fluidipurkaimet.

Ongelma apumenetelmiä käytettäessä tässä tilanteessa on, ettei ole varmaa tietoa mihin kohtaan ne tulisi sijoittaa silloissa. Selvää holvaantumiskohtaa siilon purkupäitä lukuun ottamatta ei ole, joten siitä syntyi idea muuttaa materiaalin purkupaikkaa. Ideana oli rakentaa materiaalia ohjaava levy, joka ohjaisi materiaalin purkamisen keskelle silloa. Tällöin päästäisiin eroon purkupäihin jumittuvasta materiaalista ja tämän jälkeen toinen apumenetelmä olisi paremmin kohdistettavissa, mikäli holvaantumista vielä esiintyisi. Ohjaimen tuoman avun vuoksi ei pois suljettu vaihtoehtoa, etteikö se voisi toimia yksinäänkin ilman toista apulaitetta. Nykyisellään materiaali nojautuu purkupäädyissä kolmea seinäpintaa vasten. Materiaalin virtaus paranisi mahdollisesti, kun ohjaimen avulla

materiaalia kannattelevia siilopintoja jäisi käyttöön yksi vähemmän. Sen hankintahinta olisi suhteellisen edullinen, ja sillä ei olisi varsinaisia käyttö- ja huoltokustannuksia.

6.2 Luonnosvaihtoehtojen vertailu ja toteutuksen valinta

Edellisessä kappaleessa käytiin läpi luonnosvaihtoehtojen etuja ja haittoja. Selvää valintaa ei vielä tässä vaiheessa ollut tehty, koska lopullinen valinta osoitautui hieman hankalaksi. Vaihtoehtojen vertailuun ja päätöksen tekemiseen tehtiin painoarvotaulukko helpottamaan valintaa. Taulukkoon valittiin vain selvät toteutettavissa olevat luonnosvaihtoehdot. Taulukko on luettavissa raportin liitteestä 2.

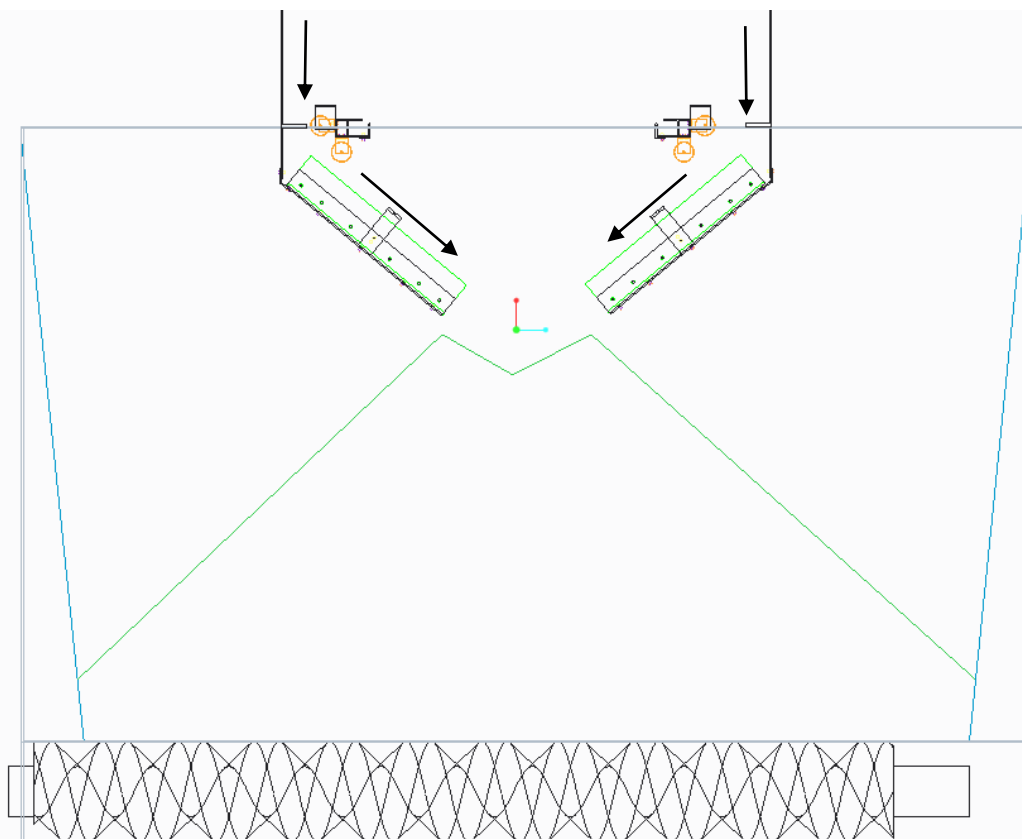
Valinnassa otettiin huomioon oletettu tehokkuus ongelmaan, kunnossapito, hinta sekä käyttökustannukset. Eniten taulukon mukaan pisteitä sai tärymoottorin hankinta. Vertaillen täryn etuja ja haittoja tultiin siihen tulokseen, että todennäköisesti sen edullisesta hankintahinnasta huolimatta kustannukset nousevat tasoihin muiden ideoiden kanssa. Täryn käytön seurauksena pinnanmittaus jouduttaisiin uusimaan toisenlaiseksi, mikä lisää syntyviä kustannuksia.

Valinnassa päädyttiin vertailujen jälkeen materiaalin ohjaamiseen. Tähän menetelmään yhdistettynä valittiin toiseksi apukeinoksi fluidisointi, mikäli ongelma ei ratkea pelkällä materiaalin ohjaamisella. Yhdessä käytettynä niiden on tarkoitus täydentää toisiaan. Kokonaiskustannukset yhdistettynä nousevat hieman korkeammalle, mutta näin voidaan selvästi kohdentaa fluidisointi oikeisiin paikkoihin. Vaihtoehtona olisi myös fluidisoida siilo ympäriinsä, mutta se tuo enemmän kustannuksia ja kuluvia komponentteja, joilla on mahdollisuus vikaantua helpommin pitkäaikaisessa käytössä. Näillä laitteilla pinnanmittauksen muuttamiselle ei olisi tarvetta ja välttyttäisiin myös siilon rakenteita väsyttäviltä laitteilta.

7 Suunnittelun aloitus

Toteutettavaan suunnitelmaan valittiin luonnosvaihtoehtona ohjuriksi nimetyn laitteen tai rakenteen rakentaminen, jonka kanssa apuvälineenä käytettäisiin tarvittaessa lisänä fluidisointia. Pääaiheena tässä on ohjainlevyn suunnittelu, joka tapahtuu tuotekehityksen periaatteiden mukaisesti. Ohjainlevy on toteutettavissa oleva, kuten toimeksiantajan toiveena oli. Fluidisoinnille ei tehty yksityiskohtaista suunnitelmaa sen toteuttamiselle, koska ohjainlevyn päätettiin olevan tämän projektin päätyö.

Ohjurin suunnittelu tapahtui kolmessa osassa, joita olivat luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Haastavan sen rakentamisesta tekivät rajalliset asennustilat ja käytännön toteutuksen suunnittelu. Lähtötilanne siilossa oli, ettei selvää paikkaa holvaantumiselle ollut. Huomattiin kuitenkin, että materiaali takertuu helpoimmin päätyseinämiin, jonne se puretaan (kuva 11). Ohjurien tarkoitus olisi saada materiaali keskitettyä siilossa (kuva 12), josta se olisi paremmin hallittavissa.







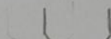
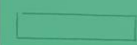
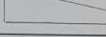




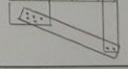
Kuva 12. Tavoiteltava tilanne siilon sivuprofiilista.

7.1 Suunnittelun luonnosteluvaihe

Ohjurin suunnittelu aloitettiin määrittämällä sille kaikki halutut toiminnot ja laatimalla vaatimusluettelo, joka löytyy raportin liitteestä 1. Tämän vaiheen aikana tehtiin myös tarvittavat mittaustyöt tuotantotilassa, jotta saatiin selville rajoittavia tekijöitä laitteen suunnittelussa. Ideana ohjurin suunnittelu tuntui aluksi nopealta ja helpolta, mutta todellisuudessa sen suunnittelusta tuli monimutkainen, koska asennustila ja siilon sijainti tuotantotilassa oli haastava idean toteuttamiseen.

Luonnoksia tehdessä todettiin, että ohjaimelle on rakennettava myös oma runko sen asennusta ja kiinnitystä varten. Asennustilassa ei ollut valmiita rakenteita lähettyvillä, mihin laitteiden mahdollinen asennus onnistuisi. Luonnoksien alkuvaiheessa ohjaimen suunniteltiin olevan levymallinen kaltevaan tasoon asetettu pinta, jota pitkin materiaalin purkaminen tapahtuisi siilon keskiosaan.

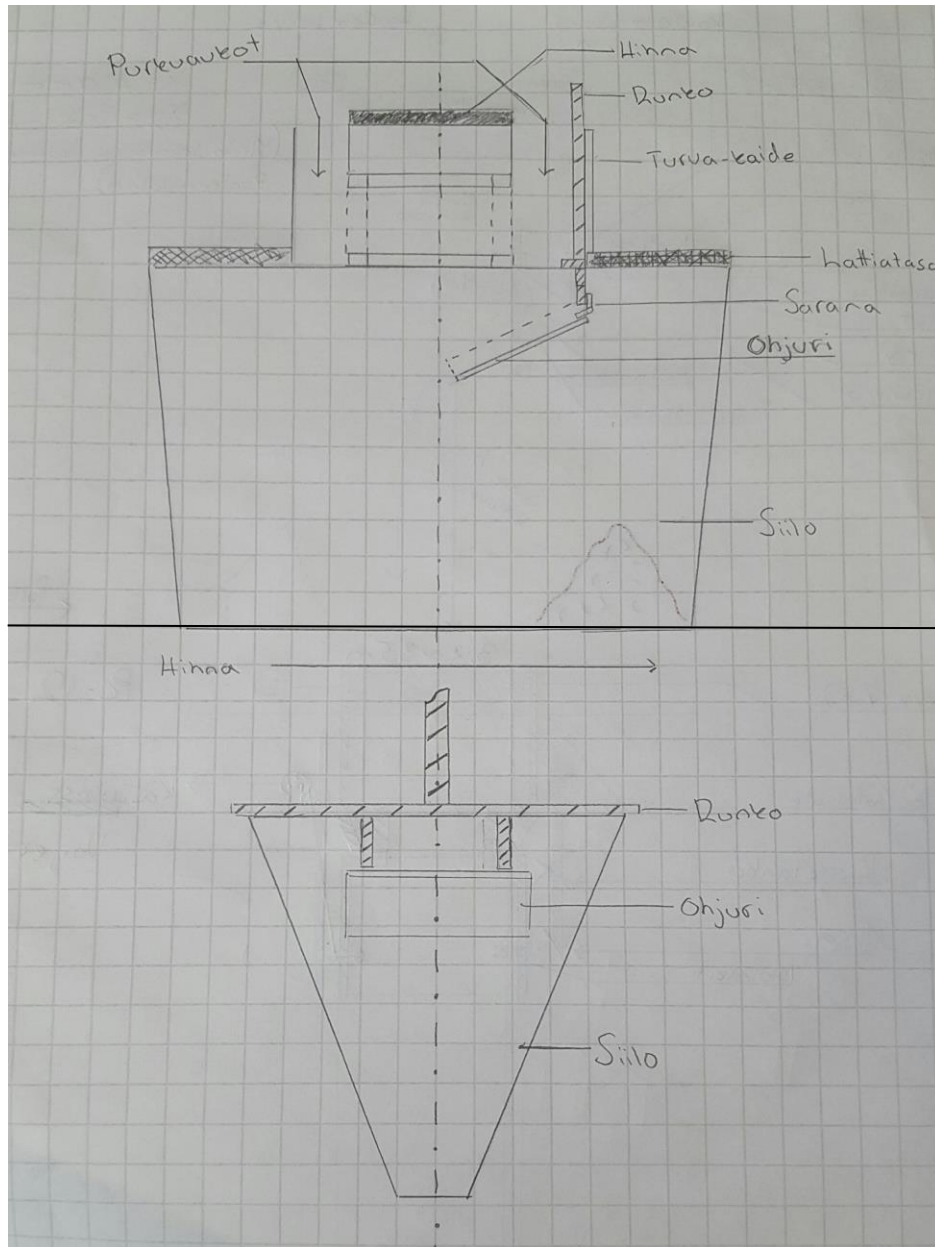
Kuvassa 13 tuotteelle jaettiin halutut toiminnot taulukkoon ja keksittiin niille vaihtoehtoja toteutusta varten. Tuotteesta päätettiin tehdä säädettävissä oleva kourumallinen ohjain. Rungon toteutus on järkevintä tehdä teräksestä, mutta pintana ohjaimessa käytetään muovia varmistamaan talkin liukuminen. Muovin avulla kitkakerroin ohjurissa saadaan alemmas kuin terästä käytettäessä. Säättöliike päätettiin toteuttaa käsivinssillä, joka on varustettu vaijerilla. Liikkuvuus mahdollistetaan saranoimalla ohjaimen toinen pääty.

Ratkaisuperiaate → ↓ osatoiminto	1	2	3	4	5
1 Profiili					
2 Ohjurin Materiaali	Teräs	Muovi	Alumiini	Puu	
3 Sivuprofiili					
4 Toiminta	Liikkuva	(ei liiku) Vakio	Säädettävissä		
5 Säädön toiminta	Käsikäyttö	Sähkö	Pneumatikka		
6 Toiminnan Toteutus	Kierretanko	Vinssi	Lukittavat asemat		
7 Materiaalin Virtauksen varmistus	Täry	Paineilma	Mekaaninen "Puhdistus"	Kitean minimointi	
8 Sääntöliikkeen mahdollistaja	Akseli+Laakeri	Sarana	Koukko Systemi		
9 Runkon Materiaali	Teräs	Muovi	Alumiini	Puu	
10 Ohjurin tuenta					

Kuva 13. Toimintojen määrittäminen.

Suunnittelua jatkettiin tekemällä luonnospirustuksia, joiden tuloksena syntyi kaltevaan tasoon asetettava kourumallinen levy. Hihnalta kaavattava materiaali olisi tarkoituksena ohjata levyllä siilon keskiosaan. Ohjaimen toimintojen suunnittelun jälkeen täytyy sille luonnostella runko, johon se voidaan kiinnittää. Runko päätettiin toteuttaa rakentamalla poikkipalkki kulkemaan siilon päälle, mistä ohjaimen kiinnitys onnistuisi helpoiten.

Vinssille etsittiin parasta paikkaa, josta se olisi helpoiten käytettävissä. Tässä vaiheessa runkoon oli lisättävä uusia osia, joihin vinssin kiinnitys onnistuisi. Lopuksi valinnassa päädyttiin pystyyn asetettavaan runkopalkkiin, johon vinssi kiinnitetään. Vinssin vaijeri tulee kulkemaan purkuaukon poikki, mutta sen muuttamiselle ei nähty tarvetta. Kokonaisjärjestelmän luonnos oli tässä vaiheessa valmis (kuva 14) ja voitiin tehdä päätös sen jatkosta kehitysvaiheeseen.

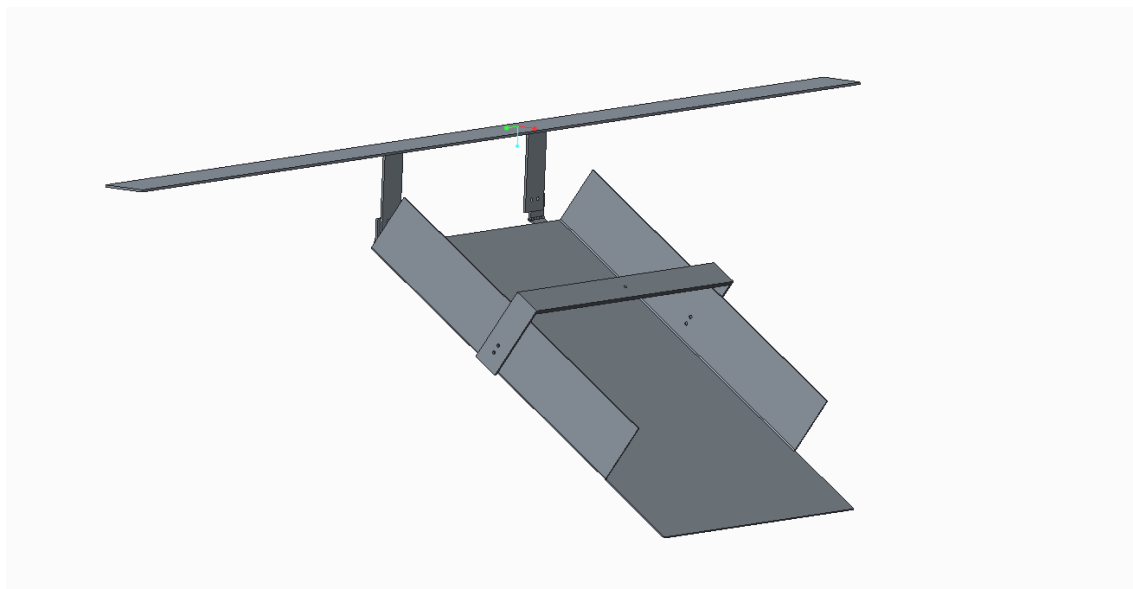


Kuva 14. Parhaan kokonaisjärjestelmän luonnos.

7.2 Suunnittelun kehittelyvaihe

Tässä vaiheessa oli valittu kaikistaärkevimmät vaihtoehdot osatoimintojen ratkaisemiseksi. Tuotteesta täytyy ensimmäisenä luoda alustava 3D-malli (kuva

15) ja saada ideat mittakaavaan, minkä jälkeen pystytään tarkastelemaan rakenteeseen kohdistuvia voimia ja mitoittaa rakenne kestäväksi. Osia tarkasteltiin valmistuksen, asennuksen ja huollettavuuden suhteen. Rakenne mitoitetaan kestävänsä suurin mahdollinen kuorma, mikäli jostain syystä ohjuri menisin tukkoon, ja se täytyisi kokonaan talkista.



Kuva 15. Alustava 3D-malli.

Alustavan mallin ja osien mittakaavaan luomisen jälkeen pystyttiin tarkastelemaan rakenteeseen kohdistuvia kuormituksia. Tätä kautta voitiin mitoittaa kriittisimmät osat tuotteeseen kestävänsä mahdollisen vikatilanteen aiheuttamat kuormitukset.

7.2.1 Ainevahvuuksien määrittäminen

Laskenta aloitettiin määrittämällä, kuinka suuri massa talkista syntyy, jos ohjuri täytyisi. Arvoina käytettiin pyöristettyä teräksen tiheyttä ja itse määritettyä talkin massaa, joka mitattiin laboratoriossa.

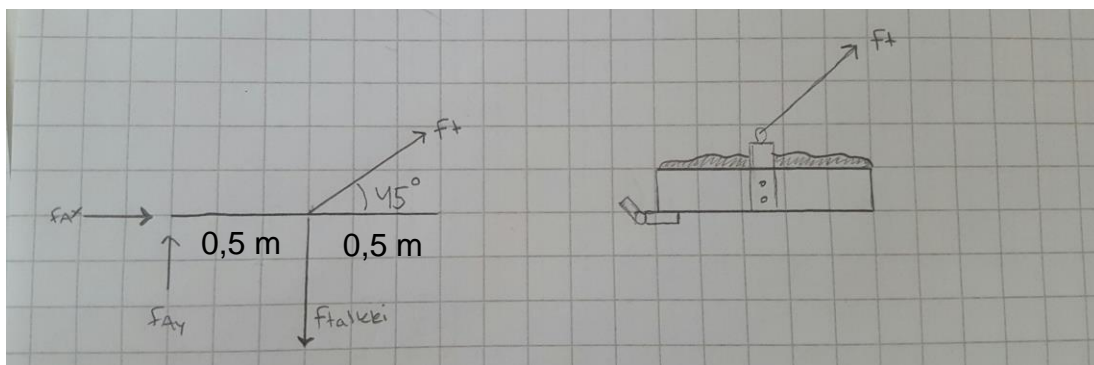
$$m_{talkki} = 1m^2 * 0,15m * 1500kg/m^3$$

$$m_{talkki} = 225 kg$$

$$m_{ohjuri} = 1m^2 * 0,003m * 8000kg/m^3$$

$$m_{ohjuri} = 24kg$$

Laskentaa jatkettiin tarkastelemalla rakenteisiin kohdistuvia voimia statiikan tasapainoehdon avulla. Ensimmäisenä tarkasteltiin vaijeriin (kuva 16) ja ohjurin runkoon kohdistuvia voimia (kuva 17).



Kuva 16. Vaijeriin ja runkoon kohdistuvat voimat.

$$F_{talkki} = 24Kg * \frac{9,8m}{s^2} + 225kg * \frac{9,8m}{s^2}$$

$$F_{talkki} = 2440N$$

$$\text{Momentti: } A F_t * \sin 45 * 0,5m - 2440N * 0,5m = 0$$

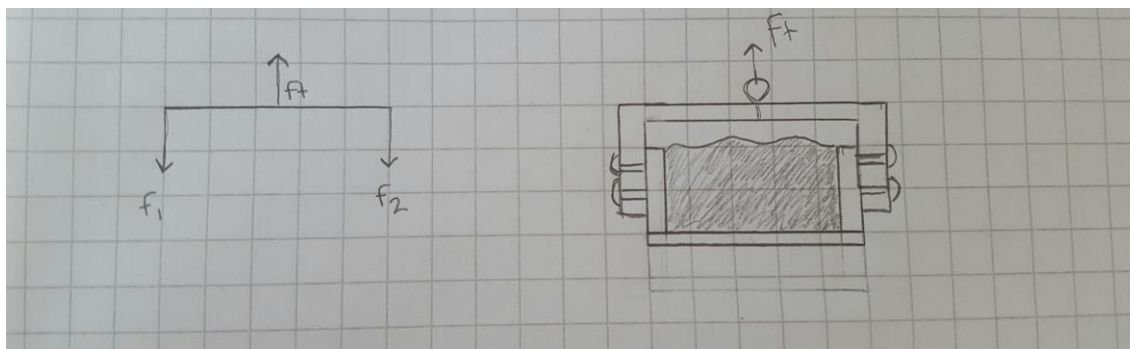
$$F_t = 3450,7N$$

$$\Rightarrow 3450,7N * \cos 45 + F_{ax} = 0$$

$$F_{ax} = -2440N$$

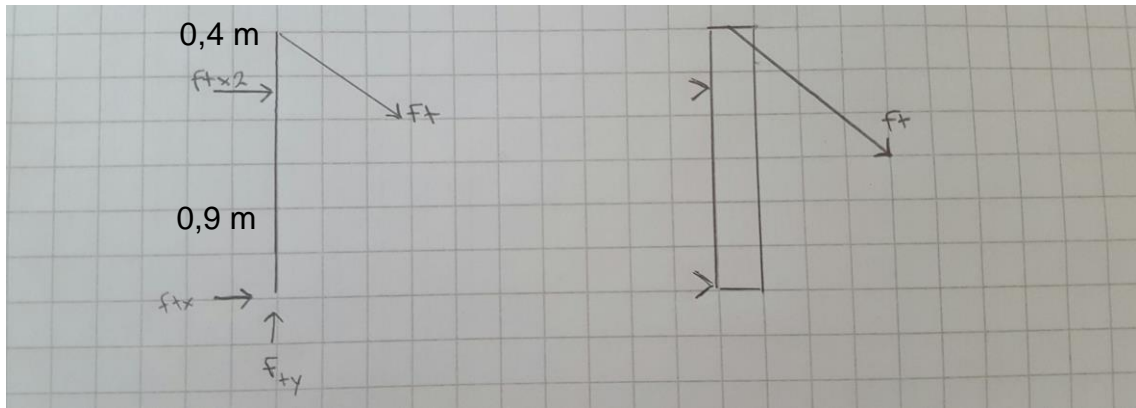
$$\uparrow 3450,7N * \sin 45 + F_{ay} = 0$$

$$F_{ay} = 2440N$$



Kuva 17. Ohjurin runkoon kohdistuvat voimat.

$$\frac{3450,7N}{2} = 1725N = F_1, F_2$$



Kuva 18. Vinssin kiinnitysrunkoon kohdistuvat voimat.

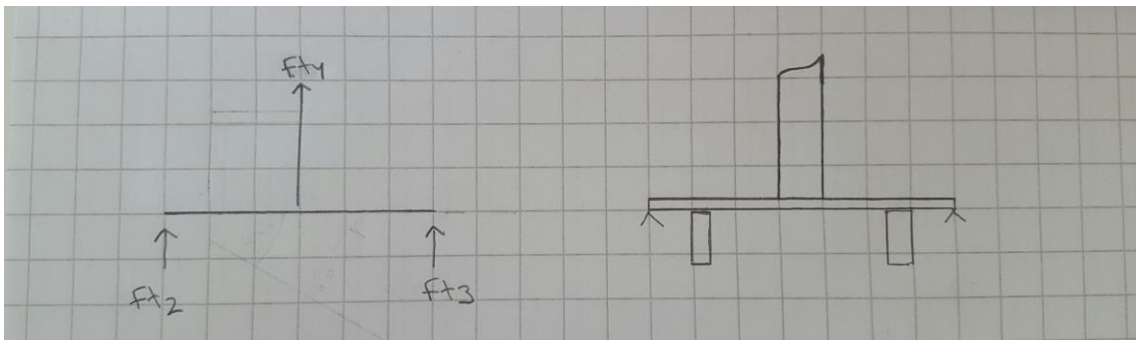
Seuraavaksi tarkasteltiin pystyrunkoon kohdistuvia voimia (kuva 18), mihin vinssi kiinnitetään.

$$\uparrow -3450,7N * \sin 45 + F_{ty} = 0 \quad F_{ty} = -2524N$$

$$\Rightarrow 3450,7N * \cos 45 + F_{tx2} = 0 \quad F_{x2} = -2353N$$

$$\text{Momentti: } x2 -3450,7N * \cos 45 * 0,4 + F_{tx} * 0,9m = 0 \quad F_{tx} = 1046N$$

Viimeisenä tarkasteluun otettiin poikittain kulkeva runkopalkki (kuva 19).



Kuva 19. Poikkirunkoon kohdistuvia voimia.

$$\frac{1046N}{2} = 523N = F_{t2}, F_{t3}$$

Kun kaikki tarvittavat voimat ovat tiedossa, niin voidaan määrittää osille tarvittavat ainevahvuudet. Ensimmäisenä mitoitettiin poikkirunkoon tarvittava ainevahvuus, jossa käytettiin materiaalina rakenneterästä. Palkki mitoitettiin taivutuksen suhteen, missä sille sallittiin 10 mm:n taipuma. Materiaalina käytettiin S355 ra-

kenneterästä, josta kaavoissa käytetyt arvot koostuvat. Laskuissa käytettiin pyöristettyä teräksen kimmokerrointa 200 Gpa.

Poikkipalkki mitoituksessa käytettiin kaavoja 1 ja 2. Poikkipalkkiin mitoitettiin ai-nevahvuus kun profiilille määrättiin leveys 100 mm.

$$y_{max} = \frac{Fl^3}{48EI} \quad (1)$$

missä

y_{max} = Maksimi taipuma, mm

F = Voima, N

l = Pituus, mm

E = Kimmokerroin, Mpa

I = Pinnan neliömomentti, mm⁴

$$10mm = \frac{1046N * (\frac{2500mm}{2})^3}{48 * 200000Mpa * I} \quad I = 21281mm^4$$

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (2)$$

missä

I = Pinnan neliömomentti, mm⁴

b = Profiilin leveys, mm

h = Profiilin korkeus, mm

$$21281mm^4 = \frac{100mm * h^3}{12} \quad h = 13,7mm$$

Valitaan profiilin paksuudeksi 15mm. (15x100x2500 mm)

Poikkipalkin mitoituksen jälkeen laskettiin tarpeeksi kestävä pystypalkki. Pystypalkki mitoitettiin kaavalla 3 ja 4 seuraavasti.

$$\sigma_{sall} = \frac{Re}{n} \quad (3)$$

missä

σ_{sall} = Sallittu jännitys, Mpa

Re = Materiaalin myötöraja, Mpa

n = Varmuuskerroin

$$\sigma_{sall} = \frac{355Mpa}{1,5} \quad \sigma_{sall} = 236Mpa$$

$$W_t = \frac{Mt}{\sigma_{sall}} \quad (4)$$

missä

Wt = Taivutusvastus, mm³

Mt = Momentti, Nmm

σ_{sall} = Sallittu jännitys, Mpa

$$W_t = \frac{3450N * \cos 45 * 1300mm}{236Mpa} = 12960mm^3$$

Valitaan taivutusvastuksen perusteella U65 palkki. Tarkastetaan rakenne vielä sallitun taipuman suhteen kaavalla 1. Sallituksi taipumaksi palkille määrättiin 5 millimetriä.

$$5mm = \frac{3450N * \cos 45 * (1300mm)^3}{3 * 200000Mpa * I} \quad I = 1,7 * 10^6 mm^4$$

Valitaan sallitun taipuman perusteella U100 palkki.

Vaijerin kiinnitysosan mitoitus tapahtuu kaavoilla 1 ja 2. Sallittuna taipumana käytettiin samaa kuin pystypalkin laskennassa.

$$5\text{mm} = \frac{3450\text{N} * \left(\frac{753\text{mm}}{2}\right)^3}{48 * 200000 * I} \quad I = 3836\text{mm}^4$$

$$3836\text{mm}^4 = \frac{65 * h^3}{12} \quad h = 8,8\text{mm}$$

Valitaan kiinnitysosan vahvuudeksi 10mm. (10x65x753 mm)

Pystylattojen mitoittamisessa käytettiin kaavoja 5 ja 6.

$$F_{b,Rd} = 1,5 * f_u * d * t / \gamma_{m2} \quad (5)$$

missä

$F_{b,Rd}$ = Voima, N

f_u = Materiaalin murtolujuus, Mpa

d = Pultin halkaisija, mm

t = Ainevahvuus, mm

γ_{m2} = 1,25

$$1725\text{N} = 1,5 * 510\text{Mpa} * 8\text{mm} * t / 1,25 \quad t = 0,35\text{mm}$$

$$\sigma_{sall} = \frac{N}{A} \quad (6)$$

missä

σ_{sall} = Sallittu jännitys, Mpa

N = Normaalivoima, N

$A = \text{Pinta-ala, mm}^2$

$$236\text{Mpa} = \frac{1725\text{N}}{A} \quad A = 7,3\text{mm}^2$$

$$7,3\text{mm}^2 = 6\text{mm} * x \quad x = 1,2\text{mm}$$

Laskussa valittiin materiaalin vahvuudeksi 6mm ja laskettiin mikä profiilin leveyden täytyy olla. Valitaan latan vahvuudeksi 6 mm ja leveydeksi 65 mm. (6x65x80)

Poikkilattojen mitoitus runkoon tapahtuu kaavalla 4.

$$W_t = \frac{225\text{kg} \cdot \frac{9,8\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \left(\frac{800\text{mm}}{2}\right)}{236\text{Mpa}} \quad W_t = 3737\text{mm}^3$$

Valitaan taivutusvastuksen perustella vahvuudeksi latan 6mm. (6x65)

Lopuksi voitiin mitoittaa tarvittavat pultti- ja hitsausliitosten koot. Jokaista kohtaa ei tarkasteltu erikseen vaan ne mitoitetään systeemissä suurimmalla esiintyvällä voimalla. Hitsausliitokset mitoitetiin kaavalla 7. Mitoituksessa otetaan huomioon ehdot, jotka löytyvät kaavan alta.

$$a = \frac{F_{ed}}{F_{vw,d} * l} \quad (7)$$

$$3 \leq a \leq 15$$

$$6 \leq \frac{l}{a} \leq 150$$

missä

$a = \text{Hitsauksen } a\text{-mitta, mm}$

$F_{ed} = \text{Hitsaukseen kohdistuva voima, N}$

$F_{vw,d} = \text{Materiaalin sallittu leikkauslujuus, Mpa}$

$l = \text{Hitsauksen pituus, mm}$

$$a = \frac{3450N \cdot \cos 47}{262Mpa \cdot 70mm} \quad a = 0,13mm$$

Valitaan hitsausliitoksen a-mitaksi 3mm. Ehdon mukaan hitsauksen pituuden ja a-mitan suhdeluku on sopiva.

$$\frac{70mm}{3mm} = 23.3$$

Pulttien mitoittaminen vedolla tapahtuu kaavalla 8.

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot F_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{m2}} \quad (8)$$

missä

$F_{t,Rd}$ = Pulttiin kohdistuva voima, N

$k_2 = 0,9$

F_{ub} = Pultin murtolujuus, Mpa

A_s = Pinta-ala, mm

$\gamma_{m2} = 1,25$

$$3450N = \frac{0,9 \cdot 800Mpa \cdot A_s}{1,25} \quad A_s = 5,9 = M4$$

Pulttien mitoitus leikkausvoimalla tapahtuu kaavalla 9.

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_u \cdot F_{ub} \cdot A \cdot m}{\gamma_{m2}} \quad (9)$$

missä

$F_{v,Rd}$ = Pulttiin kohdistuva voima, N

$\alpha_u = 0,6$

F_{ub} = Pultin murtolujuus, Mpa

A = Pinta-ala, mm

m = Leikkeisyys

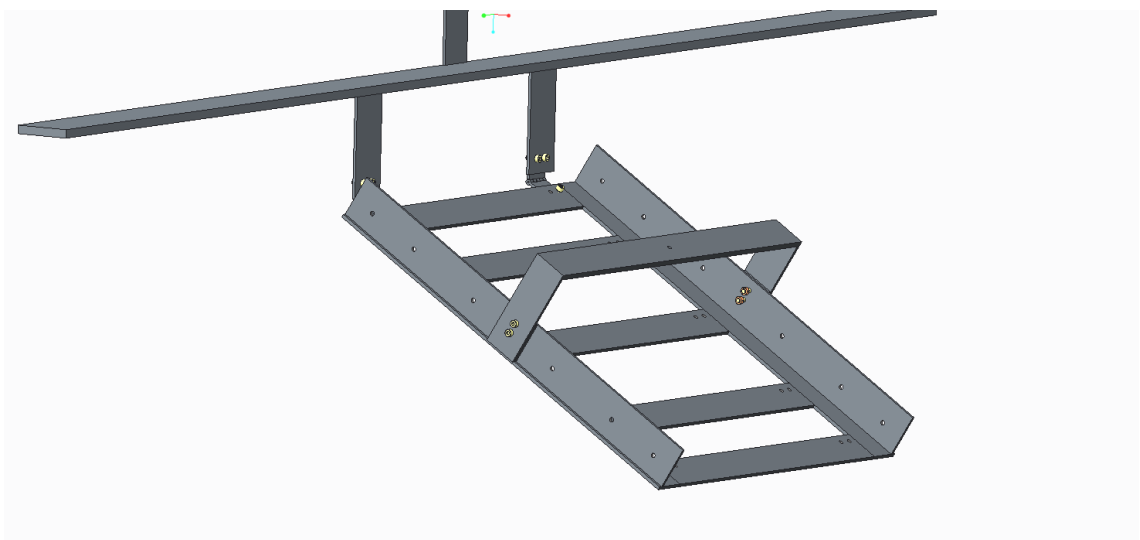
Ym2 = 1,25

$$3450N = \frac{0,6 \cdot 800 \text{Mpa} \cdot A \cdot 1}{1,25} \quad A = 8,9 = M5$$

Pulteiksi valitaan M8. Laskuista voidaan päätellä, että valitut M8 pultit kestävät vedosta ja leikkauksesta aiheutuvat kuormitukset.

7.2.2 Toiminnan tarkastelu ja rakenteen arviointi

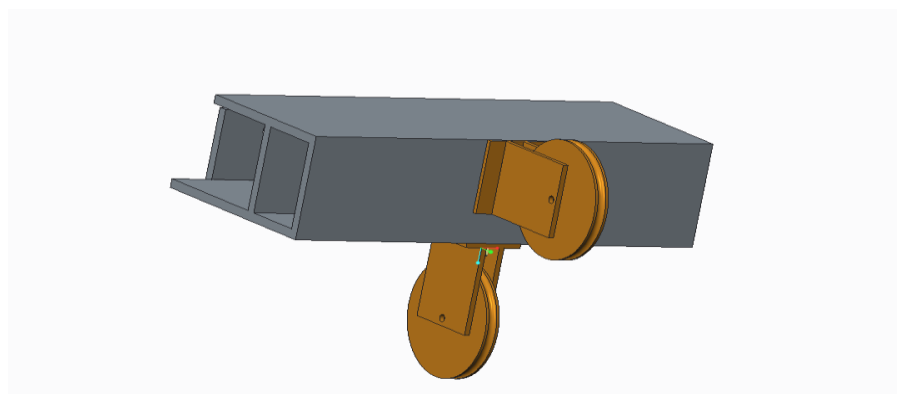
Tarvittavien ainevahvuus- ja liitosmitoitusten jälkeen voitiin muokata oikeat mitat 3D-malliin ja viimeistellä rakenne. Tämä aloitettiin arvioimalla systeemin heikkoja kohtia. Jo laskennan aikana todettiin, että pelkkä ohutlevy ei tulisi kestämään vikatilan aiheuttamia kuormia. Ohjurin tasopinnalle päätettiin rakentaa oma runko (kuva 20), jolloin rakenteesta tulisi paljon tukevampi ja turvallisempi. Erilliseen runkoon tarkoitetut muovilevyt on myös helpompi kiinnittää kestävästi.



Kuva 20. Kehitelty runko.

Vaatimuslistan perusteella osat pyrittiin suunnittelemaan ja mallintamaan siten, että ne olisivat yksinkertaisia ja itse valmistettavissa ilman erikoisempia työstökoneita. Tarkkoja toleransseja tuotteeseen ei tullut ja osat koostuvat suurimmaksi osaksi lattatangoista. Tässä vaiheessa huollettavuutta päätettiin helpottaa kiinnittämällä saranat pulteilla, jotta ne ovat helppo vaihtaa, mikäli ne vikaantuvat. Asennuksen mahdollisuutta tarkastellessa havaittiin, että toiselle puolelle siiloa asennettaessa ohjurin rakenne on liian korkea. Asennuspaikan syvyys oli reilusti liian pieni verrattuna ohjurin korkeuteen, joten se olisi täytynyt kasata loppuun vasta siilon sisällä. Tämän perusteella tehtiin päätös ohjurin muutoksista, jotta se on mahdollista asentaa ilman erillistä kokoamista tuotantotilassa.

Tuotteen toimintaa tarkastellessa havaittiin, että vaijerilla tapahtuvaa säätöliikettä ei pystytä toteuttamaan suunnitellulla tavalla ilman ongelmia. Tuotantotilassa kulkevan hihnakuuljettimen runko estää vaijerin vapaan kulkemisen. Vinssin kiinnittämiseksi ei kuitenkaan löytynyt muita järkeviä vaihtoehtoja, joten hihnakuuljettimen runkoon päätettiin asentaa väkipyörät (kuva 21), joita pitkin vaijeri voi kulkea ongelmitta. Vaijerin on tarkoitus kulkea ylemmän väkipyörän ulkopuolelta ja alemman väkipyörän sisäpuolelta, jotta tuotteen säätöliikkeelle ei tarvitse asettaa rajoituksia vaijerin pois paikaltaan suistumisen takia. Samalla se mahdollistaa vaijerin sujuvan kulkemisen, mikä kiertää hihnakuuljettimen rungon.



Kuva 21. Väkipyörien kiinnitys.

Kaikki toiminnot oli tässä vaiheessa tarkastettu ja arvioitu teknisten ja taloudellisten asioiden perusteella. Lopussa täydennettiin riskiarviointitaulukko tuotteeseen kohdistuvien riskien perusteella, joka löytyy raportin liitteestä 3. Arviointi tapahtui siten, että ensin listattiin mahdolliset tuotteeseen vaikuttavat riskit ja ar-

vioitiin riskiluvun suuruus. Tämän jälkeen määritettiin riskeille korjaavat toimenpiteet, minkä tarkoituksena on saada hallittua lopputuotteeseen kohdistuvia riskejä. Riskiarviointi löytyy raportin liitteistä. Näiden tehtävien jälkeen kokonaisuus tuotteesta oli selvä ja sen toimintaa oli tarkasteltu monin eri perustein. Kehittelyvaihe päättyi ja tehtiin päätös sen hyväksymisestä viimeistelyvaiheeseen.

7.3 Suunnittelun viimeistelyvaihe

Tuote hyväksyttiin viimeistelyvaiheeseen, jossa rakenne optimoitiin loppuun ja tehtiin tuotteen toiminnan kannalta tärkeitä päätöksiä ohjurin pintamateriaalista. Puutteiden täydentämisen ja toiminnan viimeisen varmistamisen jälkeen tuotteesta tehtiin lopuksi valmistuspiirustukset, mihin tämä projekti päättyi. Raportin liitteistä voi nähdä tuotteen kokoonpanopiirustukset. Viimeistelyvaiheessa tehtiin materiaalin valinta ohjurin liukupinnalle. Materiaali päätettiin jo aiemmassa vaiheessa muoviksi niiden kitkakertoimien takia. Vaihtoehtoja vertailtiin aluksi itse, mutta kysyttiin myös alan asiantuntijoiden mielipidettä.

Taulukko 1. Materiaalien ominaisuudet.

	PTFE	PA	PE(MATROX)	POM
Kitka	0,08	0,2	0,15	0,2
Kulutuskestävyys	20	50	100	50
Hinta	36e/kg	16e/kg	20e/kg	5,1/kg
Veden absorptio	0,01 %	3 %	0,01 %	0,20 %

Taulukko 2. Painokertoimet.

	Kitka	Kulutuskestävyys	Hinta	Veden absorptio
Kitka		Kitka	Kitka	Kitka
Kulutuskestävyys			Kulutuskest.	kulutuskest.
Hinta				Hinta
Veden absorptio				
Painokerroin	3	2	1	0

Taulukko 3. Vertailuarvot.

	PTFE	PA	PE(MATROX)	POM
Kitka	100	40	53	40
Kulutuskestävyys	20	50	100	50
Hinta	14,2	36,4	25,5	100
Veden absorptio	100	0,3	100	5

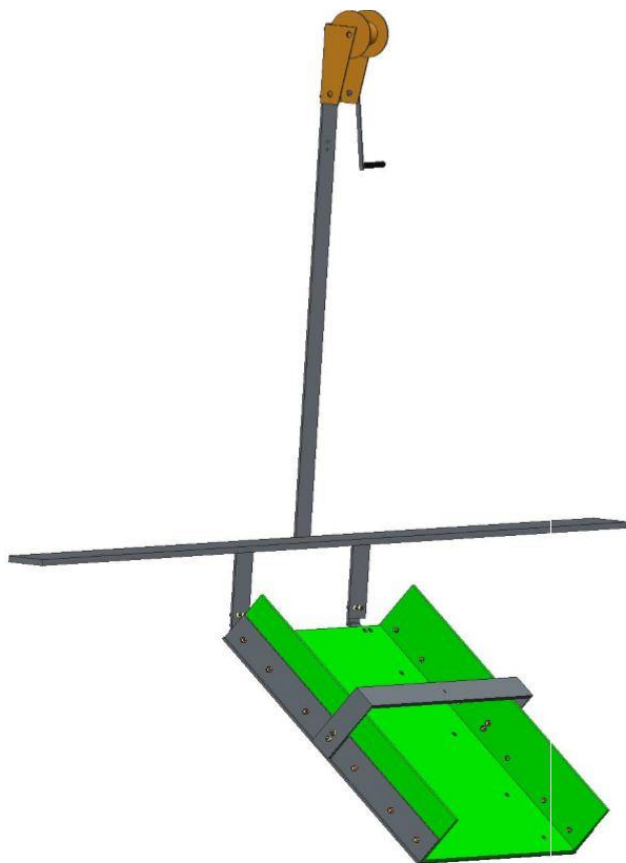
Taulukko 4. Kokonaispisteet.

Pisteet

PTFE	354,2
PA	256,4
PE(MATROX)	384,5
POM	320

Taulukossa 1 vertailtaviksi materiaaleiksi valittiin muoveja, joissa on alhaisimmat kitkakertoimet. Painoarvot (taulukko 2) määriteltiin siten, että tärkeimpänä ominaisuutena tuotteessa on kitka ja toiseksi tärkein ominaisuus on kulutuskestävyys. Painokertoimien ja vertailuarvojen (taulukko 3) jälkeen laskettiin materiaaleille kokonaispisteet (taulukko 4), jonka mukaan materiaaliksi valittiin Matrox-tuotesarjaan kuuluva muovimateriaali (Vink Finland Oy, 2017). Myös materiaalin toimittajan mielestä tämä soveltuisi käyttötarkoitukseen parhaiten.

Tuote oli tässä vaiheessa toiminnaltaan ja rakenteeltaan optimoitu. 3D-malli viimeisteltiin valmistuspiirustusten tekemistä varten (kuva 22). Puutteina huomattiin, että vaijerille tarkoitetut väkipyörät olisi syytä suojata, koska ne tulevat sijaitsemaan suoraan purkuaukossa. Tällöin on mahdollista, että vaijeri ja hihnapyörät vuorautuvat umpeen ajan kuluessa.



Kuva 22. Valmis tuote.

Valmistuspiirustuksien tekemisessä apuna käytettiin Aimo Peren laatimaa Koneenpiirustus 1 & 2 kirjaa. Valmistuspiirustuksien jälkeen, arvioitiin tuotteen valmistukseen käytettävää aikaa, materiaalien hintoja ja tuotteen asennuksen kustannuksia. Tuotteesta tehtiin toimeksiantajalle kustannusarvio ohjurin toteuttamisesta. Tuotteen valmistuspiirustukset ja kustannusarviot jätettiin pois raportoinnista. Tuotteesta ei tehty viimeistelyvaiheessa prototyyppiä tai testejä sen toimivuudesta. Toimeksiantaja päättää työn toteutuksesta niin halutessaan.

7.4 Tuotteen arviointi ja toimintaselostus

Tuotteen suunnittelu saatiin loppuun aikataulun puitteissa. Ohjurin suunnittelun tarkoituksena oli pystyä ohjaamaan talkki yhdeksi kasaksi siiloon, jolloin on edullisempaa ja tehokkaampaa kohdistaa toista virtausapulaitetta, joka tässä tapauksessa on fluidisointi. Fluidisoinnin rakentamista ei kuitenkaan kannata

aloittaa ennen kuin ohjuriin vaikutukset siilossa on todettu. Lopputuotteesta oli tarkoitus tehdä mahdollisimman yksinkertainen ja helposti huollettava, ja suunnittelu saatiin tehtyä sen mukaan. Toiminnaltaan se ei vaadi käyttäjältä jatkuvaa valvontaa tai ohjausta. Huoltovapaus tekee siitä erinomaisen ratkaisun ja sen elinkaarikustannukset ovat matalat.

Toiminta perustuu hihnalta kaavattavan talkin ohjaamiseen, mikä liukuisi tasoa pitkin haluttuun paikkaan siilossa. Pieni kitkakerroin tason materiaalissa mahdollistaa talkin hyvän liukumisen pinnalla, eikä talkin pitäisi takertua siihen. Tuotteesta luotiin säädettävä, jotta materiaalia voitaisiin ohjata haluttuun paikkaan helpommin. Ongelmatilanteessa se on myös helpommin puhdistettavissa, kun ohjuri on mahdollista säätää pystyasentoon. Säätolliike toteutettiin käsivinsillä, joka on varustettu vaijerilla. Vaijeri tulee kiinnittää ohjuriin päälle kiinnitettävään nostosilmukkaan. Kiinteästi kulmaan asetettava levy olisi ollut todella vaikea puhdistaa tarvittaessa, ja oikean kulman arviointi siihen olisi ollut myös vaikeaa. Ohjuriin tulisi säätää siten, että materiaali putoaa keskelle siiloa tai muualle toivottuun paikkaan. Tällöin on myös varmistettava, että kulmaa on tarpeeksi talkin liukumiseen ohjuriin. Muita rajoituksia säätöliikelle ei tuotteesta ole.

Tuotteen rakenne on yksinkertaisista rakenneteräksistä valmistettu, joten tuotteelle ei synny suuria materiaalikustannuksia. Kunnossapidon osalta tuotteesta mahdollisesti vikaantuvia osa-alueita ovat saranat, väkipyörät ja tasopintojen kuluminen. Huollettavuuden suhteen nämä otettiin huomioon siten, että kaikki osat ovat asennettu pulttikiinnityksin, joten ne ovat helposti vaihdettavissa. Yksinkertaisen rakenteen ansiosta muita vikaantuvia osia ei laitteesta ole.

Tuote saatiin suunniteltua vaatimusten ja tavoitteiden mukaisesti, joita olivat yksinkertaisuus, hinta ja toteutuskelpoisuus. Jatkoehdotuksia tuotteeseen löytyisi varmasti enemmän, kun sen toimintaa seuraisi käytännössä. Parannettavia osa-alueita tuotteesta olisi rakenteen valmistaminen käyttäen vähemmän erikoisia teräksiä. Apumenetelmien käyttöönotto tulisi tehdä siten, että ensin testattaisiin materiaalin ohjaamista siilon keskelle ja tarvittaessa myös muualle. Sen jälkeen tulisi arvioida materiaalin käyttäytymistä siilossa uudelleen, jolloin

voidaan tehdä johtopäätöksiä seuraaviin toimenpiteisiin. Mikäli silossa holvaantumisongelma jatkuisi, avuksi kohdistettaisiin värähteleviä fluidipurkaimia.

8 Fluidisoinnin alustava suunnittelu

Toiseksi apumenetelmäksi ongelmaan valittiin fluidisointi. Tämä oli tarkoitus toteuttaa yhdessä suunnitellun ohjurin kanssa, mikä auttaa kohdentamaan ongelman, ja täten apulaitteista saadaan parempi vaikutus ongelmaan. Ensimmäisenä vertailtiin fluidisointilaitteita, jotta nähtäisiin mikä olisi paras juuri kyseiseen ongelmaan (taulukko 5). Työhön hyödynnettäviä fluidilaitteita löytyi markkinoilta kolmea erilaista, joita vertailtiin keskenään.

Taulukko 5. Fluidisointi menetelmien vertailu ja valinta.

Arviointi 1 - 5 (1 = Huono, 5 = Erittäin hyvä)

PAINOARVO	LAITE -->	Paineilmatykki	Fluiditutti	Fluidisointilevy
	OMINAISUUS			
0,2	Käyttöikä		5	2
0,3	Hinta		1	5
0,2	Kunnossapito		5	5
0,3	Oletettu tehokkuus		5	4
Yhteensä:	1 Pisteet:		3,8	4,1

EDUT

Tehokas
Huoltovapaa

Edullinen
Huoltovapaa
Yhdistetty fluidisointi + värähtely
Soveltuu parhaiten ongelmaan

Kestävä
Huoltovapaa

HAITAT

Korkea hinta
Soveltuvuus avoimeen silloon

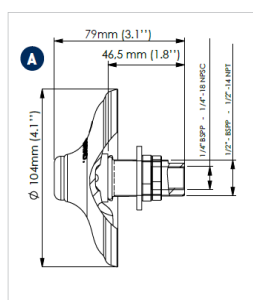
Mahdollisesti kuluva
Asennus haastavampi

Korkea hinta
Soveltuvuus ongelmaan

Ensimmäisenä vaihtoehtona ollut paineilmatykki tuottaa kovan paineiskun materiaalin sekaan, millä pystytään rikkomaan holvit tehokkaasti. Paineilman ansiosta se myöskin ilmastaa materiaalia. Tämä vaihtoehto olisi varmasti tehokkain, mutta sen kustannukset ovat todella korkeita. Sen soveltuvuus myös avoimen silon käyttöön on epävarmaa. Taulukon kolmas vaihtoehto fluidisointilevy on huokoinen levy, jonka kautta voidaan syöttää ilmaa materiaalin sekaan. Se ei tuota erityistä holvia rikkovaa efektiä, mutta ilmastetun materiaalin pitäisi murtua itsestään, kun materiaalin juoksevuus paranee.

Vertailun perusteella värähtelevä fluidipurkain eli fluiditutti valittiin toteutukseen ohjurin ohella. Muihin menetelmiin verrattuna siinä oli enemmän etuja ja hinta oli alhaisin. Heikkoina puolina luultavasti sen käyttöikä on pienempi kuin muilla menetelmillä. Sen toiminta perustuu paineilman syöttämiseen silikonikuvun alle, mikä aiheuttaa värähtelevän efektin. Paineilma poistuu tällöin siilon ja silikonin välistä, jolloin se aiheuttaa myös fluidisoivan vaikutuksen. Toimittajan kanssa tämän todettiin olevan paras vaihtoehto kyseisen ongelman käsittelyssä.

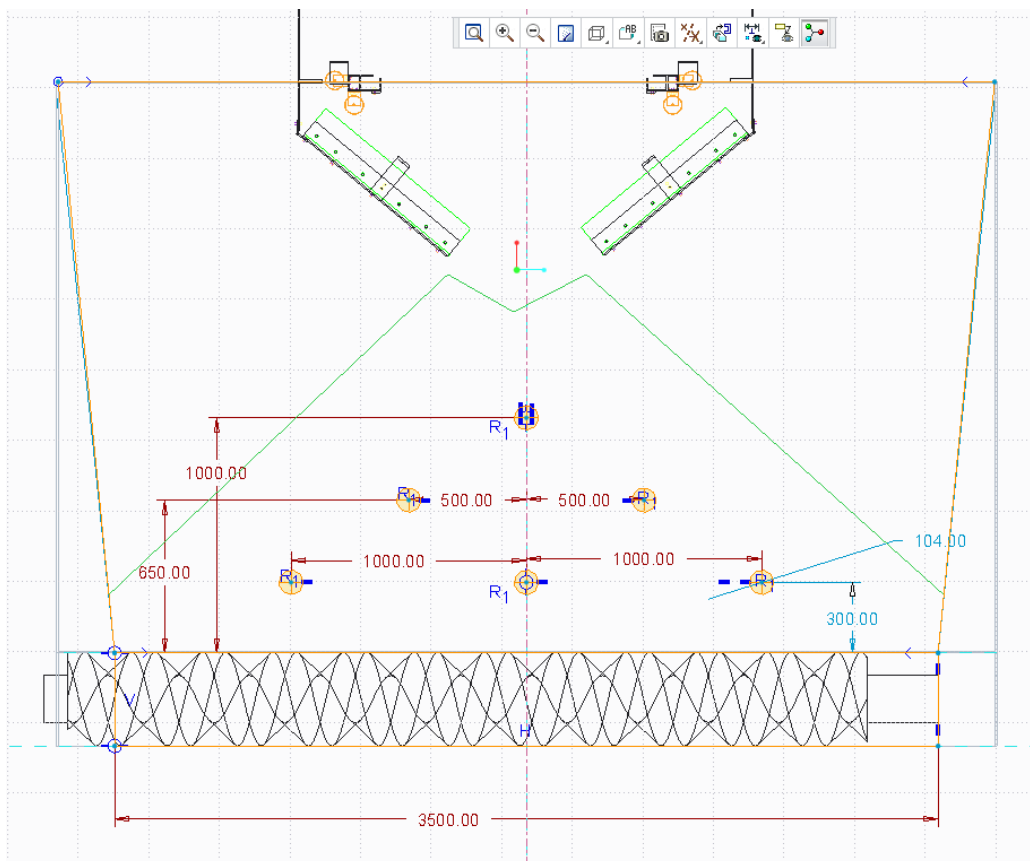
Menetelmänä valitun värähtelevän fluidipurkaimen (kuva 23) tarkoituksena on auttaa holvaantumien rikkomisessa. Menetelmä on tarkoitettu siiloihin, suppiloihin sekä putkiin hienojakoisille ja kuiville aineille. Sen toiminta voi olla jatkuvaa tai jaksotettua riippuen tilanteesta. Toimeksiantajan kanssa tultiin siihen tulokseen, että kokonaisuuden rakentaminen fluidisoinnista olisi opinnäytetyön puitteissa liian laaja. Sovimme, että suunnittelu tehdään alustavasti laitteiden hankintaan ja käyttöön liittyviä asioista ilman paineilma- ja sähköpiirustuksia.



PRODUCT	DRAWING	MEMBRANE COLOUR	STEM MATERIAL	Air consumption								Working temperature			
				0.8 bar (11.6 psi)		2 bar (29 psi)		4 bar (58 psi)		6 bar (87 psi)		°C		°F	
				U/min	Cfm	U/min	Cfm	U/min	Cfm	U/min	Cfm	Min.	Max.	Min.	Max.
VBS	A	White	Aluminium	600	20	800	28	950	33	1150	40	-40	170	-40	338
VBSI	A	White	Stainless steel	600	20	800	28	950	33	1150	40	-40	170	-40	338
VBSIHT	A	Red	Stainless steel	600	20	800	28	950	33	1150	40	-40	235	-40	455
VBSIMD	A	Blue	Stainless steel	600	20	800	28	950	33	1150	40	-40	170	-40	338
VBE	B	White	Nylon	-	-	-	-	-	-	-	-	-40	80	-40	176
VBSME	C	White	Nylon	100	3.5	150	5	-	-	-	-	-40	80	-40	176
VBSM	D	White	Aluminium	100	3.5	150	5	-	-	-	-	-40	170	-40	338

Kuva 23. Värähtelevä fluidipurkain (WAM Finland Oy, 2017).

Suunnittelu piti aloittaa laitteiden paikoittamisesta ja määräyksestä, kuinka monta värähtelevää fluidipurkainta siiloon tarvittaisiin. Siiloon suunniteltu ohjuri tekee selkeän jaon, minne niitä tulisi asentaa. Ilman ohjuria niitä olisi asennettava ympäri siiloa, koska selvää holvaantumispaiikkaa ei ole. Apuna paikoittamisessa ja määrän valitsemisessa käytettiin toimittajan ohjeistusta niiden asennuksesta. Niiden paikoituksessa oli huomioitava, etteivät ne saa olla lähempänä toisiaan kuin 600 millimetriä. Myös niiden asettaminen purkuaukosta täytyi olla vähintään 250 millimetriä. Esimerkkikuvien tarkastelusta oli pääteltävissä, että siiloon tulisi asentaa 8-12 kappaletta fluiditutteja. (WAM Finland Oy, 2017.)



Kuva 24. Värähtelevien fluidipurkaimien paikoitus siilossa.

Kuvassa 24 nähdään sopiville väleille asetetut fluiditutit. Niitä olisi myös mahdollista hajauttaa hieman leveämmälle, mutta näin paikoitettuna saadaan aiheuttua tehokkaampi efekti kyseiselle alueelle. Laitteiden tarpeelliseksi määräksi muodostui 12 kappaletta. Sylinterimäisessä siilossa niiden soveltuvuus olisi hieman parempi pienemmälle määrälle. Pelkkiä fluidipurkaimia käyttäen tulisi niitä asettaa enemmän kuin verrattuna siihen, että niitä käytettäisiin yhdessä ohjurin kanssa. Paikoitus on syytä vielä varmistaa ennen niiden asentamista, koska ohjurin muuttamaa materiaalin käyttäytymistä on vaikea arvioida tässä vielä vaiheessa.

Laitteen suositeltu käyttöpainne on 4 baria, mutta niiden käyttöalue voi olla 0,8-6 barin välillä. Laitteen toiminta vaatii paineilmalta tiettyjä kriteerejä. Paineilma-luokaksi on määritetty ISO8573-1:2010 standardin mukaan luokka 5.4.1. Luokassa numerot tulevat järjestyksessä, joista ensimmäinen tarkoittaa hiukkasten määrää, seuraava paineenalaista kastepistettä ja viimeinen öljyn määrää. (Sarlin Oy Ab, 2017.)

Taulukko 6. Paineilman laatustandardi ISO8573-1:2010 (Sarlin Oy Ab, 2017).

Luokka	Kiinteät hiukkaset			Massa- pitoisuus mg/m ³	Vesi		Öljy Kokonaisöljy mg/m ³ *)
	Hiukkasten maksimimäärä/m ³				Paineen- alainen kastepiste	Neste g/m ³	
	0,1...0,5 µm	0,5...1 µm	1...5 µm				
0	Laitteiden käyttäjän tai toimittajan määrittelemä ja tiukempi kuin luokka 1.						
1	≤ 20.000	≤ 400	≤ 10	-	≤ -70 °C	-	0,01
2	≤ 400.000	≤ 6.000	≤ 100	-	≤ -40 °C	-	0,1
3	-	≤ 90.000	≤ 1.000	-	≤ -20 °C	-	1
4	-	-	≤ 10.000	-	≤ +3 °C	-	5
5	-	-	≤ 100.000	-	≤ +7 °C	-	-
6	-	-	-	≤ 5	≤ +10 °C	-	-
7	-	-	-	5 ... 10	-	≤ 0,5	-
8	-	-	-	-	-	0,5 ... 5	-
9	-	-	-	-	-	5 ... 10	-
x	-	-	-	> 10	-	> 10	> 10

*) Öljysumu, öljyneste, öljyhöyry

Laitteen halutun paineilmaluokan mukaan ensimmäisen numeron perusteella (taulukko 6) hiukkasten määrä ei saa olla yli 100 000 koon ollessa 1-5 µm. Toisen numeron perusteella paineenalaisen kastepisteen tulee olla +3 °C tai pienempi, ja kohteessa vaaditaan vedetöntä ilmaa. Viimeinen numero tarkoittaa käytännössä täysin öljytöntä ilmaa. Kuutiometrissä paineilmaa ei saa olla enempää kuin 0,01mg öljyä. Tällä tarkoitetaan yhteenlaskettua nestemäistä öljyä, öljysumua ja öljyhöyryä. Valituille arvoille tulee valita tarvittavat suodattimet ja vedenerottimet. Näille paineilma-vaatimuksille tulisi valita komponentteja, joita ovat kuivain, suodatin ja paineensäädin. Kuivaimen tulisi tuottaa paineilmaa, jonka kastepiste on pienempi kuin +3 °C. Öljyn poistamiseen suositellaan tässä tapauksessa hienosuodatinta, mutta parhaan vaikutuksen aikaansaamiseksi tulee ennen hienosuodatinta käyttää vielä esisuodatinta hienosuodattimelle. Hienosuodattimen jälkeinen paineilma kuuluu luokkaan 1.8.1. Tämän jälkeen tarvitaan paineensäädin halutun paineen saamiseksi, sekä tarvittavat letkut ja liittimet. Ohjeistuksen mukaan paineilmalinjana ei tulisi käyttää alle 8 millimetrin halkaisijalla olevaa putkistoa.

Toimiakseen laite tarvitsee yksinkertaiset suuntaventtiilit paineilman ohjaamiseen purkaimille. Värähteleviä fluidipurkaimia ei mielestäni tulisi käyttää jatkuvatoimisena, koska silloin menetetään purkaimien tehokkuutta ja kuluminen nopeammin on todennäköistä. Yleensä apumenetelmiä ei kannata käyttää jatkuvatoimisena vaan silloin kun materiaalivirtaus on pysähtynyt. Laitteet tulisi kytkeä päälle, kun ongelma havaitaan tai määrättyinä aikajaksoina, jolloin se olisi toiminnassa. Lopuksi tehtiin kustannusarvio toimeksiantajan käyttöön laitteiston hankkimisen ja sen mekaanisen asennuksen huomioiden.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä toteutettavissa oleva suunnitelma syöttösiihon parantamisesta. Työtä oli tarkoitus tehdä tuotekehityksen periaatteiden mukaan ja käyttää apuna markkinoilta löytyviä apumenetelmiä ongelmaan. Tehtävä oli haastava, koska mitään valmista mallia ongelman ratkaisemiseksi ei ollut. Valmiiden apumenetelmien käyttö ongelmaan vaatii myös jonkinlaista soveltamista, jotta ne on mahdollista asentaa ja saada toimimaan. Tehtävää lähdettiin toteuttamaan keksimällä ideoita, jotka voisivat olla avuksi ongelmaan. Tämä osoittautui paljon aikaa vieväksi ja hankalaksi, koska opinnäytetyö täytyi olla toteutuskelpoinen. Omien ideoiden lisäksi mukaan otettiin markkinoilta löytyviä laitteistoja, joita vertailtiin keskenään.

Ideointityöhön varasin aikaa riittävästi jo ennen varsinaista opinnäytetyön toteutuksen aloitusta. Opinnäytetyön toteutuksen aikataulu tehtiin melko tiukaksi, jotta työ saatiin ripeästi valmiiksi. Jälkeenpäin mietittynä aikatauluun olisi voinut lisätä vielä viikon tai kaksi lisää. Aikataulua suunnitellessa ei vielä tiedetty mitä ideaa lähdetään toteuttamaan, minkä vuoksi fluidisointia aiheena jouduttiin rajaamaan. Tiukasta aikataulusta huolimatta opinnäytetyö saatiin onnistuneesti valmiiksi aikataulussa, vaikka fluidisoinnin toteutuksen suunnittelua jouduttiin rajaamaan sen suuren työmäärän vuoksi. Ohjurin suunnittelu oli tämän opinnäytetyön pääaiheena, josta tehtiin kaikki tarvittavat dokumentit toimeksiantajalle sen toteutusta varten. Ideana ohjurin suunnittelu tuntui aluksi nopealta ja helpolta, mutta todellisuudessa sen suunnittelusta tuli melko vaikea, koska asennustilat

ja siilon sijainti tuotantotilassa toivat haasteita ideoiden toteuttamiseen. Työ saatiin suunniteltua kuitenkin toteutuskelpoiseksi, vaikka siinä paljon työtä oli-kin. Aluksi haasteita tuotti luonnoksen muuttaminen käytännönläheiseksi. Myöhemmissä vaiheissa vaikeuksia oli ainevahvuuksien määrityksissä ja materiaalin valinnassa, mutta sain ne mielestäni tehtyä asianmukaisesti. Rakenteen suunnittelu piti tehdä helposti valmistettavaksi, mikä aiheutti myös paljon pohtimista.

Opin työssä paljon prosessitekniikasta ja perehdyin syvemmin holvaantumisongelmiin ja niiden ratkaisuihin. Mielenkiintoista työssä oli viedä ohjurin suunnitteluprojekti läpi todellisten asioiden kanssa tuotekehityksen mukaan. Kenttätyökentely ja mittaukset toivat työhön lisää mielenkiintoa. Kokonaisuuden suunnittelu oli myös kiinnostavaa, koska työ oli haasteellinen ja siinä on näkyvissä oma kädenjälki. Kysyin mielipidettä muutamilta yrityksiltä, kun olin epävarma päätöksissäni. Näitä olivat materiaalin valinta ja fluidisoinnin suunnittelu. Ohjurissa olisi varmasti ollut lisää paranneltavia ominaisuuksia, joita ei aikataulun puitteissa pystytty enää huomaamaan. Parannettavia osa-alueita tuotteessa olisi ainakin rakenteen valmistaminen käyttäen vähemmän erikokoisia teräksiä, jolloin siitä saataisiin vielä helpommin valmistettava. Jatkokehitysideoita olisi enemmän, jos keksityn idean näkisi toiminnassa ja pystyisi arvioimaan mitä parannettavaa niissä olisi.

Lähteet

- Frilund, R & Pihkala, J. 1988. Prosessialan kuljetustekniikka. Ammattikasvatushallitus. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Haveri, H. 2006. Vuonoksen talkkituotannon historiaa. http://www.aarrekaupunki.fi/wp-content/uploads/vuonos_talkkituotannon_historiaa.pdf. 2.3.2017
- Itkonen, H. 2015. Yleistietoa yrityksestä. keijo.riikonen@telemail.fi. 21.9.2015.
- Jauhetekniikka Oy, 2017. Materiaalin purku sillosta ja säiliöstä. http://www.jauhetekniikka.fi/images/tuotteet/siilot/Materiaalin_purku_siiloista_ja_s%C3%A4ili%C3%B6st%C3%A4.pdf. 3.3.2017.
- Jokinen, T. 2010. Tuotekehitys. <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>. 28.2.2017.
- Kotaniemi, S. 2013. Innovaatiokulttuurin kehittäminen muotoilun keinoin Lewel Group Oy:ssä. Savonia-ammattikorkeakoulu. Muotoilun koulutusohjelma. Opinnäytetyö. https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/61741/Kotaniemi_Sari.pdf?sequence=1. 7.3.2017.
- Lehtonen, P. 2008. Rakeisen kiintoaineen varastointi. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kemiantekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8581/Lehtonen.Pyry.pdf?sequence=2>. 6.3.2017.
- Mertanen, J. 2016. Tuotekehitysprosessi. Tuotekehitys koneenrakentamisessa kurssin luentomateriaali 2016. Karelia-amk.
- Mondo Minerals B.V Branch Finland. 2015. Henkilöstökäsikirja. Vuonoksen tehdas.
- Pahl, G & Beitz, W. 1990. KONEENSUUNNITTELUOPPI. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Pere, A. 2012. KONEENPIIRUSTUS 1 & 2. Espoo: Kirpe Oy.
- Sarlin Oy Ab, 2017. Paineilma. <http://www.sarlin.com/fi/Paineilma>. 4.6.2017.
- Tulonen, J. 2017. Työkappaleen syötöstä. Tuotantolaitesuunnittelu kurssin luentomateriaali 2017. Karelia-amk.
- Valtanen, E. 2013. Tekniikan taulukkokirja. Genesis-Kirjat.
- Vink Finland Oy, 2017. Tuotteet. <http://www.vink.fi/>. 15.5.2017
- WAM Finland Oy, 2017. Tuotteet. <http://www.wamgroup.fi/fi-FI/WAMFI/home>. 8.3.2017.
- Ämmälä, A. 2017. Mekaaniset yksikköprosessit. 47701 1P Prosessi- ja ympäristötekniikan perusta 1 / Kuitu- ja partikkelitekniikan laboratorio. Oulun yliopisto. <http://www oulu.fi/sites/default/files/content/PYP%20I%202014%20Teema%202.pdf>. 3.3.2017.

Vaatusluettelo

Muutos pvm.	KV, VV, T	VAATIMUS	Tärkeys
17.4.17		GEOMETRIA	
	KV	Siilon mitat: Pituus 3500mm Leveys Ylhäältä 2500mm, alhaalta arvio 400mm Korkeus 2500mm Toteutettavissa oleva: Asennustilat ahtaat	
		VOIMAT	
	T	Materiaalia täydessä siilossa X tonnia Vältetään rakenteita rasittavia laitteita	
		OLOSUHTEET	
	T	Kitkatekijät minimoitava	
	KV	Olosuhteet huonot: Pöly, lika ja vedenkestävyys	
		AINE	
	VV	Talkki hiovaa materiaalia → Kulutuskestävyys	
	VV	Kitkakerroin mahdollisimman pieni	
		TURVALLISUUS	
	VV	Laitteesta ei saa aiheutua vaaraa ihmisille tai muille laitteille	
	VV	Talkkipöly ei lisäänny merkittävästi	
		VALMISTUS	
	T	Valmistus valmiista osista	
	T	Valmistus onnistuu tehtaalla	
	T	Mahdollisimman helposti asennettava	
	VV	Alkuperäiseen siiloon ei suuria muutostöitä	
		KULJETUS	
	VV	Nosturi käyttö mahdollista	
	VV	Osat/Kokoonpano kuljetettavissa tuotantotilaan	
		KÄYTTÖ	
	VV	Laitteiston käyttö tarvittaessa	
	T	Automatisoitu	
		KUNNOSSAPITO	
T	Ei tarvitse säännöllistä puhdistamista		
VV	Huollettavuus helppo & mahdollinen		
T	Huollon vähäinen tarve		
	KUSTANNUKSET		
VV	Laitteiston hinta kohtuullinen suhteessa elinkaarikustannuksiin (Life cycle costs)		
T	Matalat käyttökustannukset		
	ASENNUS		
KV	Toteutettavissa oleva		

KV = kiinteä vaatimus, VV = vähimmäisvaatimus, T = toivomus

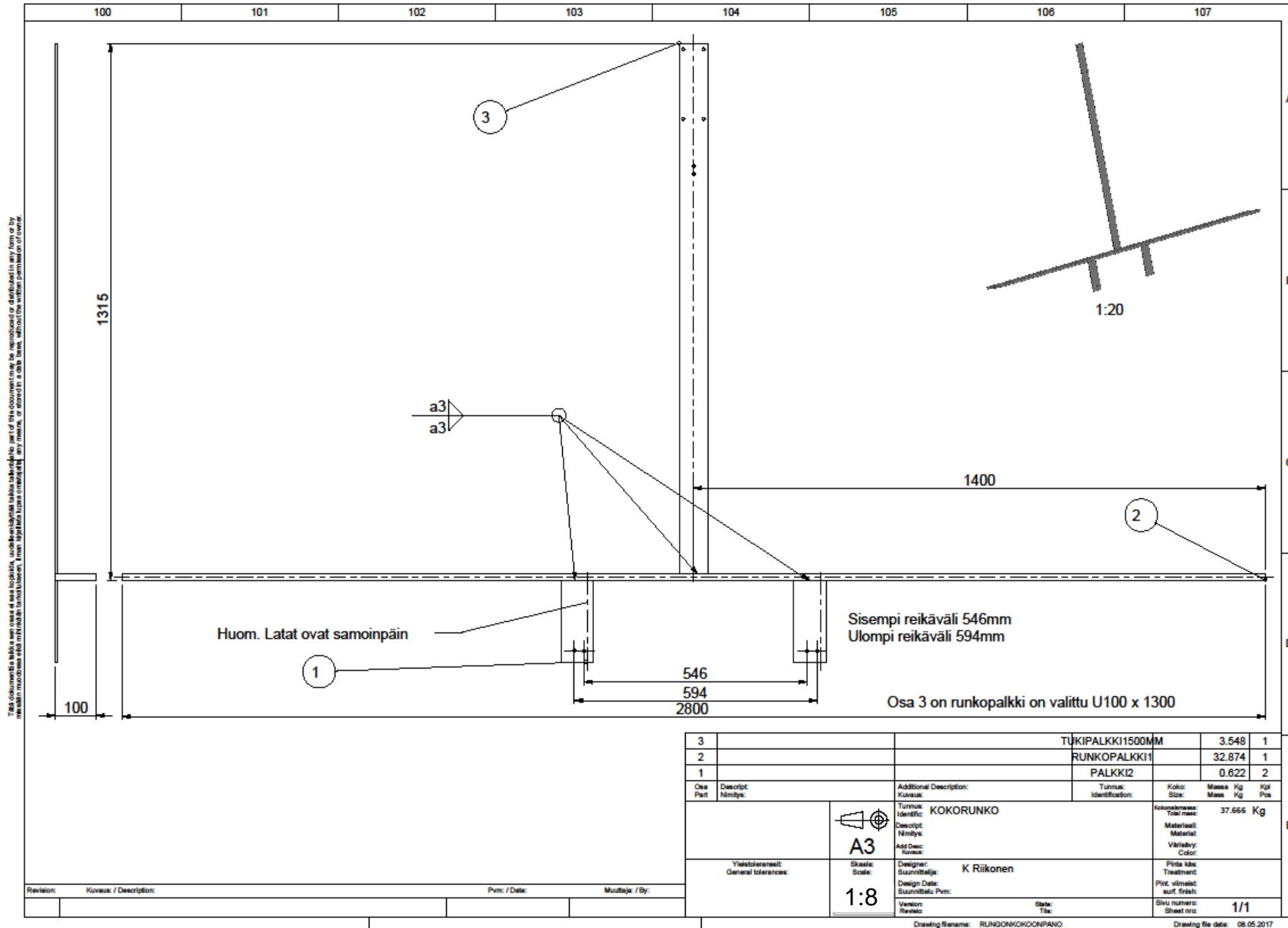
Luonnosvaihtoehtojen vertailu- ja valintataulukko

<u>Luonnosvaihtoehtojen vertailu- & valintataulukko</u>		Arviointi 1 - 5 (1 = Huono, 5 = Erittäin hyvä)			
PAINOARVO	LAITE -->	Tärymoottori	Mekaaninen liikkuja	Fluidisointi	Ohjuri
	OMINAISUUS				
0,05	Käyttökustannukset	3	2	3	5
0,3	Hinta	4	2	2	4
0,4	Kunnossapito	4	1	5	4
0,25	Oletettu tehokkuus	5	5	4	3
1		4,2	2,35	3,75	3,8
<u>EDUT</u>		Tehokas Edullinen	Tehokas	Huoltovapaa Ei rasita rakenteita Ei tiivistävää vaikutusta	Ei vaadi erillistä käyttöä Huoltovapaa Mahdollisesti toimiva yk Auttaa kohdistamaan on
<u>HAITAT</u>		Rakenteita rasittava Tiivistävä vaikutus (holvaantuminer Melu Mahdollinen pölyntyminen lisäänt Pinnanmittaus vaihdettava (voi rikkoa myös muista pinnanmittauksen)	Vaikea toteuttaa Kallis Vaatii huoltoja Voi tukkeutua	Hieman kalliimpi Asennus haastavampi	Ei välttämättä toimi yksi Voi tukkeutua

Riskiarviointi

													Sivu :	1	/	
F.M.E.A																
Asiakas:	Mondo Minerals B.V.						Osallistajat :	K Riikonen								
Tuote:	Ohjuri						Pvm, laati:	9.5.2017								
Tuotenro:	1						Viim.muutos :									
													S=merkitys	O=esiintymisen	D=löytyminen	R=riskituku
Prosessin kuvaus	Mahdollinen virhe	Mahdollinen seuraus / merkitys	S	Mahdollinen esiintymisen / syy	O	Löytymisen / Tarkastusmenet.	D	R	Korjaavat toimet	Aikataulu+Vastuu	Tehty	S	O	D	R	
Osien suunnittelu	Mittavirheet	Osat eivät sovi yhteen	10	Suunnitteluvirhe	7	Valmistus / Kokoonpano	1	70	3D-kokoonpano creossa	Projektinvetäjä	9.5.2017	10	4	1	40	
Osien valmistus	Mittavirheet	Osat eivät sovi yhteen	9	Suunnitteluvirhe / valmistusvirhe	6	Kokoonpano	1	54	3D-kokoonpano creossa	Projektinvetäjä	9.5.2017	9	5	1	45	
Materiaalin hankinta	Materiaalia ei saatavilla	Tuotetta ei voida valmistaa	6	Voi olla mahdollista	7	Osien valmistus	1	42	Standardin mukaiset materiaalit	Projektinvetäjä	9.5.2017	6	3	1	18	
Valmiiden osien hankinta	Osia ei saatavilla	Tuotetta ei voida valmistaa	8	Voi olla mahdollista	8	Kokoonpano	1	64	Valitaan löytyvät komponentit // Valmistetaan itse	Projektinvetäjä		8	3	1	24	
Kokoonpano	Osat ei sovi yhteen	Tuotteen kokoaminen vaikeaa	8	Suunnitteluvirhe / valmistusvirhe	7	Kokoonpano	1	56	3D-kokoonpano creossa	Projektinvetäjä	9.5.2017	8	4	1	32	
Asennus	Mittavirheet	Tuote vaikea asentaa	9	Voi olla mahdollista	7	Paikalleen asennus	1	63	Puretaan ja kasataan kentällä	Projektinvetäjä		9	3	1	27	
Huollettavuus	Ei voi huoltaa	Menettää toimintakyvyn	8	Voi olla mahdollista	6	Vikaantuessa	1	48	Suunnitellaan rakenne huollettavaksi	Projektinvetäjä	9.5.2017	8	2	1	16	

Ohjurin kokoonpanopiirustukset



Ohjurin kokoonpanopiirustukset

Tämä dokumentti tai sen osat ei saa kopioida, uudelleenjulkaisa tai muuten julkistaa ilman kirjallista lupaa. Kaikki oikeudet pidätetään. Tämä asiakirja on luokiteltu salaiseksi, eikä sen sisältöä saa julkistaa ilman kirjallista lupaa.

Os. / Part	Descrpt. / Nimitys	Additional Description / Lisäselitys	Tunnus / Identification	Koko / Size	Massa / Mass	Kpl / Pcs
13			ISO4762-M8X35-8	8	0.021	4
12			ISO4762-M8X20-8	8	0.015	16
11			ISO4762-M8X18-8	8	0.014	16
10			ISO4032-M8-6		0.008	36
9			TUKIPALKKI1500MM		3.548	1
8			SARANA		0.215	2
7			RUNKOPALKKI1		32.874	1
6			PALKKI2		0.822	2
5			OHJURILEVYNRUNKO		19.840	1
4			MATROX_STANDARD	50MM	0.719	2
3			MATROX_STANDARD		3.436	1
2			KISKONTALEVY		4.992	1
1			KASIVINSSI		3.460	1

Yleistoleranssit / General tolerances:		Skala / Scale: A3	OHJURINRUNKO	Kokonaismassa / Total mass: 72.022 Kg
		Suunnittelija / Designer: Keijo Riikonen	OHJURINRUNKO	Materiaali / Material:
		Skala / Scale: 1:10	OHJURINRUNKO	Väri / Color:
		Design Date / Suunnittelun Päivä:	OHJURINRUNKO	Pinta / Treatment:
		Version / Rev:	OHJURINRUNKO	Pint. viimeist. / surf. treat.:
		State / Tilä:	OHJURINRUNKO	Sivu numero / Sheet no: 1/1

Revision: Kuvaus / Description: Pvm. / Date: Muuttaja / By:

Drawing filename: OHJURINKOONPANO Drawing file date: 08.05.2017

