

Iiro Saarinen

RAAKA-AINEEN SYÖTTÖLINJAN KEHITYS

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2019

RAAKA-AINEEN SYÖTTÖLINJAN KEHITYS

Saarinen, Iiro

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kesäkuu 2019

Valvoja: Teinilä, Teuvo, Lehtori, SAMK

Ohjaaja: Nurmi, Jere, Kunnossapitopäällikkö, NNH

Sivumäärä: 34

Liitteitä: 0

Asiasanat: liuotus, kuljettimet, prosessiteollisuus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja kehittää nikkeli-liuottamon raaka-aineen syöttöjärjestelmää. Raaka-aineen syöttöjärjestelmällä syötetään haluttu raaka-aine prosessiin.

Raaka-aineensyötön laitteisiin tehtiin kartoitus, jossa pyrittiin poimimaan vallitsevat epäkohdat ja projektin edetessä kehittämään epäkohdille ratkaisut. Epäkohtia oli siilojen purkuyhteessä, siilojen hoitotasoisissa, lokerohihnakuljettimessa, hihnakuljettimien välisissä pudotusputkissa ja raaka-aineen syöttösuppilossa. Ratkaisuja hakiessa hyödynnettiin prosessihenkilökunnan, kunnossapidon ja projektiorganisaation mielipiteitä.

Opinnäytetyön tuloksina saatiin uudet valmistuneet työtasot siilojen alapuolelle ja kehitysideoita muihin vallitseviin epäkohtiin.

DEVELOPMENT OF RAW MATERIAL FEED LINE

Saarinen, Iiro

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

June 2019

Supervisor: Teinilä, Teuvo, Lecturer, SAMK

Supervisor: Nurmi, Jere, Service Manager, NNH

Number of pages: 34

Appendices: 0

Keywords: leaching, conveyors, process industry

The purpose of this thesis was to research and improve nickel-leaching plant's raw material feeding system. The raw material feed system feeds the desired raw material into the process.

Raw material feed line were made scan witch aattempts to pick up the existing drawbacks and develop solutions for the drawbacks. Disadvantages were in the silo unloading, silo treatment platforms, the tray belt conveyor, the drop tubes between the belt conveyors, and the feed hopper. When the solutions were searched, the opinions of process personnel, maintenance and project organization were utilized.

The results of the thesis were new treatment platforms below the silo and development ideas other prevailing grievances

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	NORILSK NICKEL HARJAVALTA OY.....	6
2.1	Yleistä.....	6
2.2	Toiminta.....	6
2.3	Valmistus.....	7
3	RAAKA-AINEEN KÄSITTELY.....	8
3.1	Raaka-aineet.....	9
3.2	NN-kivi.....	9
3.3	Kuljettimet.....	9
3.3.1	Hihnakuljetin.....	9
3.3.2	Ruuvikuljetin.....	11
3.3.3	Ruuvin rakenne.....	12
3.3.4	Lokerohihnakuljetin.....	13
4	4. ONGELMAKOHTIEN KARTOITUS.....	14
4.1	Siilojen purkuyhde.....	14
4.2	Siilojen hoitotasot.....	15
4.3	Lokerohihnakuljetin.....	16
4.4	Hihnakuljettimien väliset pudotusputket.....	18
4.5	Raaka-aineen syöttösuppilo.....	21
5	KEHITYSEHDOTUKSET.....	21
5.1	Siilojen purkuyhteet.....	21
5.2	Siilojen hoitotasot.....	22
5.2.1	Tasojen edistyminen.....	26
5.3	HH92.....	31
5.4	Hihnakuljettimien väliset pudotusputket.....	32
5.5	Raaka-aineen syöttösuppilo.....	32
6	YHTEENVETO.....	33
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli kartoittaa ja kehittää Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n liuotetun raaka-aineen syöttölinjastoa. Opinnäytetyössä käydään läpi kuljetintekniikan teoriaa sekä tehtaan prosessi yleisellä tasolla. Työssä kartoitetaan mahdollisia korjauksia toimenpiteitä, joilla saadaan raaka-ainelinjasto toimivammaksi sekä helpommaksi huoltaa.

Vuonna 2016 Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n raaka-ainepohja uudistui. Uusi pääraaka-aine saapui Venäjältä. Uutta raaka-ainetta varten tehtiin laajamittaisia uudistuksia raaka-aineen syöttöön. Suunnitteluvaiheessa uuden raaka-aineen lopullinen koostumus ja ominaisuudet eivät olleet vielä tiedossa. Tästä syystä uudet raaka-aineen syöttölaitteistot eivät ole toimineet virheettömästi.

Raaka-aineen variseminen, kerääntyminen, erilaiset tukokset sekä työtasojen puuttuminen aiheuttavat jatkuvia ongelmia. Ongelmat vaikeuttavat laitteiden kunnossapitoa ja raaka-aineen syötön sujuvuutta. Pölyttävän raaka-aineen vuoksi yleinen siisteys heikkenee sekä työhygieniä kärsii. Raaka-aineen syötön katkeamisella on aina negatiivisia vaikutuksia prosessikemiaan, ja pahimmillaan se aiheuttaa tuotannonmenetyksiä.

Tavoitteena työlle on löytää ratkaisuja ongelmiin. Näin ollen siisteys, työhygieniä, työturvallisuus, kunnossapito ja tuotantovarmuus paranisivat.

2 NORILSK NICKEL HARJAVALTA OY

2.1 Yleistä

Norilsk Nickel Harjavalta on yksi maailman johtavista nikkelin valmistajista. NNH on osa venäläistä PJSC MMC Norilsk Nickel -yhtiötä. PJSC MMC Norilsk Nickel on maailman suurin nikkelin ja palladiumin tuottaja sekä merkittävä platinan ja kuparin tuottaja. PJSC MMC Norilsk Nickel on Venäjän suurin metalli- ja kaivosalan yritys. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Moskovassa Venäjällä. /1/

Harjavallan tehdas on aloittanut toimintansa vuonna 1960. Tehtaan perusti Outokumpu Oyj. Vuonna 2000 Outokumpu päätyi luopumaan nikkelin valmistuksesta ja myi Harjavallan tehtaan yhdysvaltalaiselle OM Groupille. Vuonna 2007 OMG päätti myydä jalostamon keskittyäkseen yhä enemmän kobolttibisnekseen. Tuolloin tehtaan osti Norilsk Nickel -konserni. /2/

Vuonna 2016 Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n (NNH) vuosituotanto oli lähes 60 000 tonnia nikkeliä, liikevaihdon ollessa noin 665 miljoonaa euroa. NNH työllisti omaa henkilöstöä 280 henkilöä, ja kokonaistyöllistyvyys Harjavallan Suurteollisuuspuistossa oli 500 henkilöä. /3/

2.2 Toiminta

NNH tuottaa metallista nikkeliä raaka-aineeksi ruostumattoman teräksen ja erilaisten metalliseosten valmistukseen sekä pintakäsittelytarkoituksiin. Useista hydrometallurgisista osaprosesseista koostuvassa tuotantolinjassa käsitellään nikkelikiveä, nikkeli-sakkoja ja erinäisiä sekundäärisiä raaka-aineita. Jauhatus-, liuotus- ja liuospuhdistusvaiheiden jälkeen prosessiliuos jakaantuu katodi- ja brikettituotantolinjoille. Katodinnikkeli valmistetaan nikkeli-pitoisesta liuoksesta elektrolyyttisesti saostamalla. Briketit valmistetaan metallipulverista, jota saadaan pelkistämällä nikkeli liuoksesta vedyllä.

NNH:n tuottama metallinen nikkeli (katodi) täyttää Lontoon metallipörssissä (LME) myytävälle nikkelille asetetut vaatimukset (ASTM-standardi B 39–79 /1/).

Norilsk Nickel Harjavalta Oy tuottaa myös nikkelikemikaaleja (epäorgaanisia nikkelisuoloja) raaka-aineenaan uuton tuottama nikkelisulfaattiliuos. Nikkelikemikaaleja ovat erilaiset nikkelisulfaatit, -hydroksidit ja hydroksikarbonaatit. /1, s. 3/

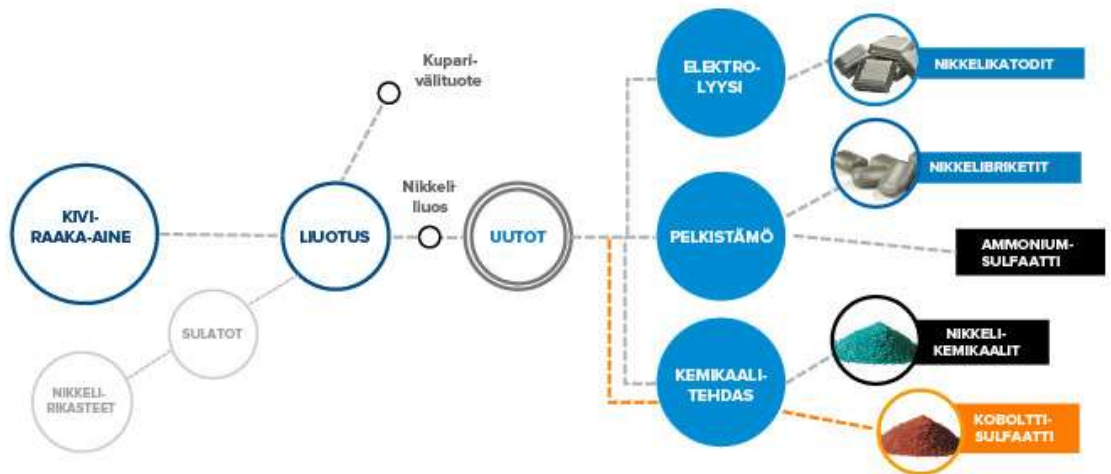
Muita Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n tuotteita ovat kobolttisulfaatti ja ammoniumsulfaatti. /4/



Kuva 1. NNH:n tuotteet. /4/

2.3 Valmistus

Norilsk Nickel Harjavalta on jakaantunut neljään eri tuotanto-osastoon Harjavallan Suurteollisuuspuiston alueella: liuottamo, pelkistämö, elektrolyysi ja kemikaalitehdas. Kuvassa 2 esitetään karkeamalli prosessista.



Kuva 2. Karkea kuvaus prosessista. /5/

Liuottamalla raaka-aineet liotetaan vesiliuokseen kiintoaineesta. Nikkeli muutetaan liuosmuotoon jatkojalostusta varten. Raaka-aineet jauhetaan kuulamylyissä. Atmosfäärissä reaktioluotuksessa jauhettu nikkelikivi erotetaan vedestä, ja kivi liuotetaan rikkihapolla ja hapella. Tämän jälkeen vielä liukenematon kiintoaine ohjataan paineliuotukseen, jossa autoklaaveilla korkeassa lämpötilassa saadaan eroteltua epäpuhtauksia, kuten kuparia ja rautaa. Liuottamolta nikkeli-raakaliuos pumpataan uuttoon, jossa liuoksesta poistetaan epäpuhtauksia. /5/

Uutoissa liuottamolta saapuva nikkelifraakaliuos puhdistetaan erilaisista epäpuhtauksista. Liuottamolta kobolttiuuttoon saapuva liuos jäädytetään ja hienosuodatetaan. Näin saadaan ehkäistyä vieraiden orgaanisten ja kiintoaineiden pääsy uuttoprosessiin. Nikkeliliuos kulkee vastavirtaan uuttoliuokseen nähden, peräkkäisissä kobolttiuutto-kennoissa. Orgaaniseen uuttoliuokseen siirtyy nikkelifuoksesta koboltti sekä muita epäpuhtauksia, muun muassa kuparia, sinkkiä, rautaa ja mangaania. Liuottamolta saapuva nikkelifraakaliuos menee osittain ensin kalsiumuuton läpi, jossa siitä puhdistetaan kalsiumin lisäksi myös rautaa, sinkkiä, kuparia ja mangaania. Tämän jälkeen liuos pumpataan kobolttiuuttoon. /5/

Yksi lopputuotetehtaista on pelkistämö, jossa uutoista puhdistetulle nikkelifuokselle suoritetaan vetypelkistys. Tämä tapahtuu panoksittain vetykaasun avulla autoklaaveissa. Pelkistyksestä syntynyt nikkelifuulveri erotetaan fuoksesta. Kuivauksen jälkeen nikkelifuulveri siirretään pulverisiiloon odottamaan briketointia tai pulveripakkausta siiloon ja sieltä pakattavaksi myyntiin. Briketointi tapahtuu koneellisesti. Briketoinnin jälkeen briketit typpisintrataan sintrausuuneissa, minkä avulla muun muassa lujitetaan brikettejä. Valmiit briketit pakataan ja toimitetaan asiakkaille. Nikkelifuulverin sivutuotteena syntyy ammoniumsulfattifraakaliuosta. Fuoksesta poistetaan vielä siihen jäänyt pieni määrä nikkeliä saostamalla, ja nikkeli palautetaan prosessiin. Puhdistettu ammoniumsulfattiliuos kiteytetään ja kuivataan, minkä jälkeen se myydään lannoitekäyttöön. /5/

Osa uutosta tulevasta fuoksesta johdetaan elektrolyysiin. Elektrolyysissä on käytössä electrowinning-menetelmä. Tasavirta syötetään liukenemattomalle lyijyanodille ja siitä elektrolyyttiin ja edelleen nikkelikatodille, johon nikkeli siirtyy nikkelifuoksesta sähkövirran avulla. Liuottamalla valmistettu ja uutoissa puhdistettu nikkelifuos syötetään diafragmaukseen, jonne nikkelikatodit on sijoitettu. Nikkeli-ionit pelkistyvät fuoksesta katodin pinnalle. Katodien kasvuaika on noin seitsemän vuorokautta. Leikkaamalla katodinikkeli leikataan, pakataan ja lastataan asiakkaille. /5/

Uutoissa puhdistettua fuosta ajetaan myös kemikaalitehtaalle, jossa siitä valmistetaan epäorgaanisia suoloja: sulfatteja, hydroksidikarbonaatteja ja hydroksideja. Lisäksi osastolla valmistetaan kobolttisulfattiliuoksesta kobolttisulfattikiteitä. Sulfattilinjalalla fuosta kiteytetään haihduttamalla. Kiteet kuivataan, seulotaan, varastoidaan ja pakataan. Hydroksidikarbonaattilinjalalla fuoksesta saostetaan nikkeli soodalla, kun taas hydroksidilinjalalla saostus tehdään lipeällä. Näistä saatu sakka suodatetaan, pestään, kuivataan, varastoidaan siiloihin ja pakataan. /5/

3 RAAKA-AINEEN KÄSITTELY

3.1 Raaka-aineet

NNH käyttää raaka-aineinaan kivien osalta Kuolan Montšegorksista tulevaa NN-kiveä sekä ostokivinä Boliden Harjavallan liekkisulatusuunin (=LSU) sekä sähköuunin (=SU) kiviä ja BCL:n kiveä. /6/

3.2 NN-kivi

NN-kivi saapuu Harjavaltaan junavaunuilla merikonteissa. Vaunut puretaan ja kontit laitetaan sulamaan välivarastoon. Kivet siirretään sulamisen jälkeen liuottamolle niille tarkoitettuihin kivilaareihin. Kivilaareista kauhakone siirtää kiveä kivilajetin KS92:lle. KS92 syöttää kiveä lokerohihnakuljetin HH92:lle. Täältä kivi siirtyy HH93:n ja HH94:n kautta siiloihin SI27 ja SI53. Siilojen sisäpuolella pohjissa on purkuruuvit, jotka kiertävät siilon pohjaa ympäri. Ruuvit purkavat raaka-ainetta siilon pohjassa sijaitsevaan purkuyhteeseen, josta raaka-aine putoaa hihnakuljettimille ja hihnavaaoille. Siiloista kivi etenee prosessiin hihnakuljettimien avulla. /6/

Laitelistaus:

- KS92 ruuvipurkain kahdella ruuvilla
- HH92 lokerohihnakuljetin
- HH93 ja HH94 hihnakuljetin
- SI27 ja SI53 varastosiiilo
- RP27 ja RP53 ruuvipurkain

3.3 Kuljettimet

3.3.1 Hihnakuljetin

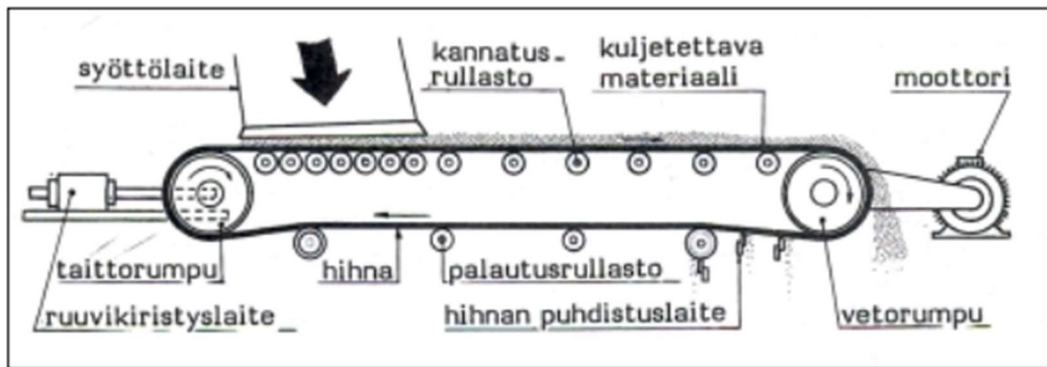
Hihnakuljetin on yleisin teollisuudessa käytettävä kuljetintyyppi. Hihnakuljetin soveltuu lähes kaiken kiinteän materiaalin kuljetukseen. Kuljetettava tavara voi olla massa- tai kappaletavaraa. Hihnakuljettimella saadaan jatkuva kuljetus, eli tavaraa voidaan lastata kuljettimelle yhtäjaksoisesti, eikä kuljetinta tarvitse välissä sammuttaa. Myös tavarankuljetus onnistuu samalla periaatteella. /7/

Hihnakuljettimen yksi suurista eduista on sen pieni vierintäkitka, joka mahdollistaa erittäin pitkät kuljetusmatkat, jopa sadoista metreistä kilometreihin. Hyvin laakeroitujen pienikitkaisten kannatinrullien ansiosta hihnakuljetin on lähes äänetön. Hihnakuljettimen kapasiteetti–tehontarve-suhde on erinomainen verrattaessa esimerkiksi ruuvi- ja kolakuljettimiin. /9/

Hihnakuljettimen suurin heikkous on sen avonaisuus. Hihnakuljetinta on erityisen vaikea saada pölytiiviksi. Hihnaa pystytään suojaamaan erilaisilla kansilla, koteloidilla ja kumireunuksilla, mutta täyttä tiiviyyttä on silti vaikea saada. Ylimääräiset rakennelmat lisäävät hihnan kustannuksia sekä joissakin tapauksissa tehontarvetta ja vaikeuttavat huoltoa. /9/

Hihnakuljetin pystytään asettamaan kulkemaan vaakasuoraan, tai nousukulma voi olla noin 15–20 astetta riippuen siirrettävästä tavarasta. Nousukulmaa pystytään korrattamaan jopa 30 asteeseen kuvioituilla hihnoilla. /9/

Hihnakuljetin koostuu seuraavista osista: hihna, kannatus- ja paluurullastot, veto- ja taittorummut, syöttösuppilo, kiristyslaitteisto, puhdistuslaitteet sekä käyttökoneisto. /7/



Kuva 3. Hihnakuljettimen rakenne. /7/

Hihnakuljettimen hihna koostuu ala- ja yläpeitteistä, vahvikkeista ja välikumeista. Vahvike on synteettistä EP-kangasta. E tarkoittaa polyesterisiä loimia ja P polyamidisia kuteita. Kankaan tehtävänä on vetomurtolujuuden ja joustavuuden takaaminen hihnalle. Välikumi takaa vahvikkeiden välisen tarttuvuuden ja vaimentaa iskuja. Myös vahvikkeiden välisen jännityksen jakaminen vahvikekerrosten välille on välikumin tehtävä. Peitteet ovat kumia ja valikoituvat hihnan käyttötarkoituksen mukaan. Huomioitavia asioita kumia valittaessa ovat muun muassa kulutuksen kesto ja lämmönkesto. /9/

Rullia ja rullastoja löytyy monipuolisesti erilaisiin tarpeisiin ja olosuhteisiin. Kuorma- ja kulkukohtaan voidaan asentaa järeämpiä rullia ja paluuhihnan kannatukseen kevyempiä rullia. Rullat voidaan varustaa kumirenkain, jos tarve niin vaatii. Kuormauskohdassa rullien väli on yleensä tiheämpi kuin paluuhihnan kannatuksessa. Hihnan ohjaukseen löytyy sivuohjausrullia. /9/

Veto- ja taittorummut yleensä valmistetaan hitsattuna kiinteänä teräsrakenteena. Rummut ovat pinnoitettuja. Pinnoitukseen käytetty materiaali vaihtelee ilmasto- ja käyttöolosuhteista riippuen. Esimerkkejä erilaisista pinnoituksista on ristiuritettu kumi, kitkapalkit tai kitkalevyt. Jotta hihna saataisiin keskitettyä, täytyy rumpujen olla tynnyrimäisiä. Rummun vaippaan tehdään siis bombeeraus. Vetorummun kitka on yksi tärkeä osuus hihnakuljettimen toiminnan kannalta. Moottorilta tuleva vääntömomentti muutetaan kitkan avulla hihnavoimaksi. Vetorummun akselin tulee kestää moottorilta siirtyvä vääntömomentti. /9/

Hihnan tulee olla riittävällä kireydellä, jotta riittävä kitkavoima saadaan aikaiseksi. Yksi yleisempiä kiristyslaitteita on ruuvikiristyslaite. Ruuvikiristyslaite asennetaan taittorummun yhteyteen, ja se vetää tai työntää rumpua taaksepäin ruuveja säättämällä. /9/

Käyttökoneistona toimii yleensä vaihdemoottori. Vaihdemoottori on sähkömoottorin ja hammaspyörävaihteen sekoitus. Yleisin vaihtoehto on vaihdemoottori, jonka toisioakseli on holkkiakseli. Syynä yleisyyteen on asentamisen helppous vetorummun akseliin. Vaihdemoottori tuetaan momenttikorvakkeesta kuljettimessa olevaan momenttitukeen. Momenttituen molemmille puolille asetetaan kumit, joiden tehtävänä on pehmentää käynnistyksessä syntyvää iskuja. Pitkillä hihnoilla tämä ei riitä, vaan hihnoille tarvitaan niin sanottu pehmeäkäynnistin, joka laittaa hihnalle hitaan käynnistyksen. Nouseville kuljettimille pitää asentaa takaisinpyörinnän esto. Moottorit voivat myös olla kummassakin päässä. /9/

3.3.2 Ruuvikuljetin

Ruuvikuljetin on yleisimpiä kuljettimia kuljettaessa tai annosteltaessa jauhemaista materiaalia. Ruuvikuljetin on toimintaperiaatteeltaan yksinkertainen. Ruuvi, joka on kourussa, putkessa tai vapaana pyörii moottorin avulla. Ruuvin lavat työntävät kuljettavaa materiaalia lastausyhteestä purkuyhteeseen. /8/

Ruuvikuljetin soveltuu parhaiten lyhyille matkoille, noin muutamasta metristä kymmeneen metriin. Yksinkertaisen ja suljetun rakenteensa ansiosta ruuvikuljettimia käytetään laajasti eri teollisuudenaloilla. Suljetusta rakenteestaan johtuen ruuvikuljetin on tiivis ja näin erinomainen vaihtoehto märän ja pölyävän tavaran kuljetukseen.

Ruuvikuljetinta käytettäessä tavaran siirtoon tai annosteluun on kuljetin yleensä yksiruuvinen. Kierre on aluksi tiheämpää ja levenee loppua kohden. Tämä rakenne on yleinen, kun tavaran tilavuusvirta on hallitsematon, kuten siilosta purkaessa. /9/

Sekoitukseen käytettävät kuljettimet ovat yleensä kaksiruuvisia. Sekoitustetta pystytään säättämään ruuvien pyörintävauhdilla. Ruuvien kierteiden suunnittelussa on otettava huomioon se, että tavaran sekoittuminen on mahdollisimman tehokasta. /9/

Ruuvikuljettimen avulla voidaan kuljetettavaa tavaraa jäähdyttää tai lämmittää. Tämä vaatii rakenteelta erikoisratkaisuja. Kuivatessa ruuvi siirtää materiaalia eteenpäin kuivurissa. Kuivaukseen käytetään ruuvin ja vaipan sisällä lauhtuvaa höyryä. Jäähdyttäessä vaipan sisään voidaan ajaa esimerkiksi jäähdytysvettä. /11, 13/

3.3.3 Ruuvin rakenne

Ruuvikuljetin koostuu rungosta, ruuvikierukasta, päädyistä ja laakereista, käyttöko-
neistosta, akseleista ja suppiloista. /9/

Ruuvikuljettimen runko voidaan rakentaa kouruksi tai suoraan putkeen. Kouru on U-
muotoinen, ja useasti siinä on kansi päällä. Kannot ovat yleensä pulteilla kiinnitet-
tyinä, jotta mahdollisissa tukkeutumistilanteissa ja muissa huoltotoimissa ruuviin on
helppo päästä käsiksi. Koururunko on mahdollista saada pölytiiviksi. Koururunko on
itsekantava. Putkirunko on suljetumpi vaihtoehto kuin kouru, ja se on myös edulli-
sempi valmistaa. Se soveltuu kevyiden ja helposti etenevien materiaalien siirtoon ja
silloin kun huoltoa ei tarvitse juurikaan suorittaa. /9/

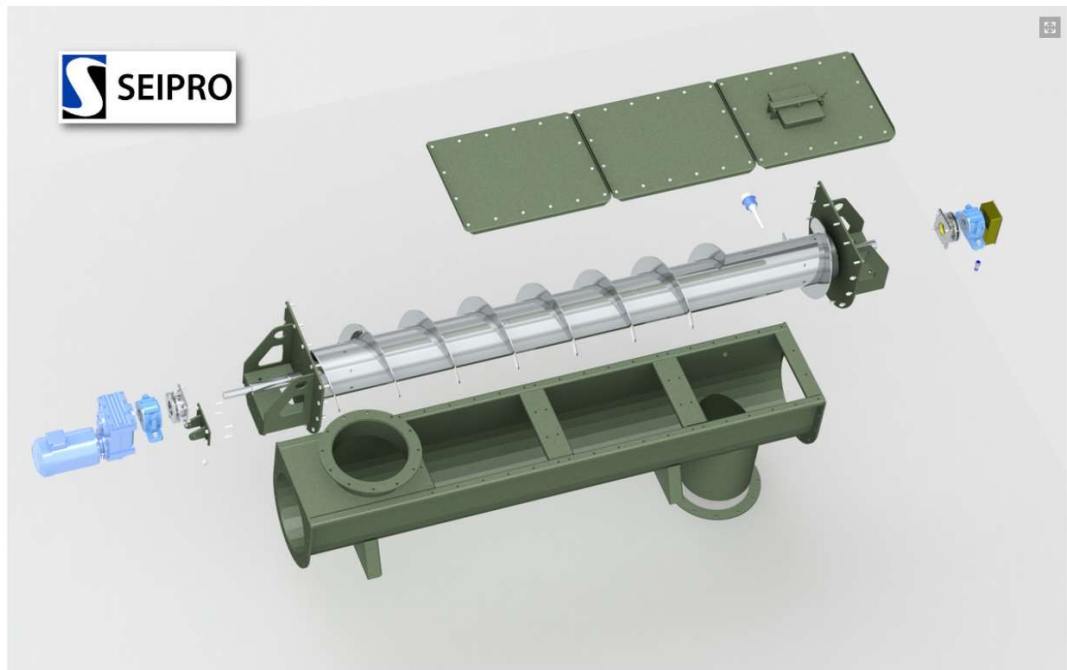
Tavaran siirto, annostelu tai sekoitus tapahtuu ruuvikierukan avulla. Ruuvikierukka
koostuu keskusputkesta, kierteestä sekä päätyjen akseleista. Ruuvin kierteet valitaan
ruuvin käyttötarkoituksen mukaisesti sopiviksi. Kierteet voidaan jakaa karkeasti
umpi- ja avokiehteiksi sekä niin sanotuiksi meloiksi. Umpikierrettä käytetään hyvin
liikkuvan ja kuivan materiaalin siirtämiseen. Avokierrettä tai meloja käytetään sekoit-
ukseen. Melojen kaltevuuskulma määrää tavaran etenemisen ja sekoittumisen. Eri-
koistapauksissa ja hyvin kevyille aineille voidaan valmistaa ruuvikierukka ilman kes-
kusputkea. /9/

Käyttöpäädyn laakerointina on useimmiten pystylaakeripesä ja pallomainen kuula-
tai rullalaakeri. Kuljetin voi toimia joko vetävänä tai työntävänä, joten käyttöpäähän
kohdistuu aksiaalivoima, jonka suuruus riippuu kuormituksesta. Käyttöpää-nimitys
tulee siitä, että sinne asennetaan vaihdemoottori. Moottori tuetaan momenttikorvak-
keesta rakenteisiin. Pitkät ruuvit tulisi suunnitella toimimaan vetävällä periaatteella.
Tämä pienentää keskusputken nurjahdusvaaraa, mutta tässäkin tapauksessa käyttö-
päädyn laakeriin kohdistuu aksiaalivoima yhtä lailla kuin työntävällä periaatteella,
mutta toisin päin. Vapaan päädyn laakeriin ei kohdistu aksiaalivoimaa, vaan ainoas-
taan säteisvoimaa. Tästä syystä laakerointi voi olla kevyempi vapaassa päädyssä.

Käyttökoneistona toimii yleensä vaihdemoottori. Vaihdemoottori on sähkömoottorin
ja hammaspyörävaihteen sekoitus. Yleisin vaihtoehto on vaihdemoottori, jonka
toisioakseli on holkkiakseli. Syynä yleisyyteen on asentamisen helppous vectorum-
mun akseliin. Vaihdemoottori tuetaan momenttikorvakkeesta kuljettimessa olevaan
momenttitukeen. Momenttituen molemmille puolille asetetaan kumit, joiden tehtä-
vänä on pehmentää käynnistyksessä syntyvää iskua. /9/

Käyttöpäässä akselin tulee kestää koneiston välittämä taivutus- ja vääntömomentti.
Akselin mitoitus noudattaa lujuusopin laskelmia. Akselien tiivistyksessä käytetään

nauhapoksia. Tiivistepesässä on neljä tiivistenauhaa ja niiden välissä voitelurengas. Voitelurengas pitää nauhan liukkaana ja tiivistyskuntoisena. /9/



Kuva 4. U-koteloidun ruuvikuljettimen räjäytyskuva. /10/

3.3.4 Lokerohihnakuljetin

Lokerohihnakuljetin ei ole kovin yleinen kuljetin. Sillä pyritään yleensä korvaamaan elevaattori ja kaksi pientä hihnaa. Lokerohihnakuljetin on omimmillaan bulk-tavaran siirrossa. Kun materiaalia pitää siirtää pysty- ja vaakasuoraan on lokerohihnakuljetin hyvä ja ennen kaikkea edullisempi valinta kuin kaksi hihnaa ja elevaattori. Edukkuus selittyy sillä, että lokerohihnakuljetin vaatii ainoastaan yhden vaihdemoottorin, kun taas edellä mainittu kokoonpano vaatisi kolme. Haittapuolina lokerohihnakuljettimessa on sen erikoisrakenteinen ja siksi myös kallis hihna. Kuljettimen mutkakohdissa vaaditaan erikoisrakenteellisia rullia ja rumpuja, jotka maksavat normaaleja enemmän sekä vaativat tiheämpää huoltoa. /9/

Lokerohihnakuljettimen pääkomponentit ovat runko, käyttökoneisto, veto- ja taittorummut, lokerohihna, suppilot sekä puhdistus- ja kiristyslaitteet. Käyttökoneisto sekä veto- ja taittorummut ovat samankaltaisia kuin hihnakuljettimessa. /9/

Lokerohihnakuljetin on monesti muutamasta metrillä muutamaan kymmeneen metriin pitkä. Tavallisesti runkona käytetään ristikko- tai palkkirakenteita. Lokerohihnakuljetinta rakentaessa tulee ottaa huomioon huoltotasojen valmistus riittävän tiheästi, jotta huoltaminen on mahdollista. /9/

Lokerohihnakuljettimessa on normaalisti yksi tai kaksi kulmakohtaa, joissa hihnan kulkusuunta vaihtuu vaakasuoraksi tai nousevaksi, minkä vuoksi lokero kuljetin vaatii ylimääräisiä taittorumpuja ja erikoisrakenteisia kulmarullastoja. /9/

Perusosa lokerohihnasta vastaa normaalia kuljetinhihnaa. Kuten hihnakuljettimen hihnassa, lujuutta antaa kudusrunko ja molemmin puolin kulutukselta suojaava kumi-
peite. Lokerohihnassa on reunavallit, jotka ovat aaltomaiset ja pituussuunnassa vulkanoitu. Aaltomaisuus mahdollistaa kulun rumpujen yli. Lokerot muodostuvat näistä reunavalleista ja niiden väliin poikittaissuunnassa vulkanoiduista kolista. Lokeroiden ansiosta hihnaa on mahdollisuus käyttää lähes pystysuoraan. Rakenteensa vuoksi hihnakulma on tavallista hihnaa huomattavasti jäykempi. Tästä syystä lokerohihnakuljettimen tehontarve on suurempi kuin tavallisella hihnakuljettimella.
/9/

Lokerohihnan puhdistus ajon aikana on tärkeää, sillä likainen hihna ja likaiset rummut lisäävät vierintäkitkaa ja aiheuttavat tehontarpeen kasvua. Hihnan puhtaanapito on haasteellista sen erikoisen rakenteen vuoksi. Rumpujen pinnat voidaan puhdistaa kaavareilla, mutta lokero puoli ainoastaan koputtimilla. Koputin kopauttaa hihnan takapuolelle, jotta lokeroihin jäänyt tavara varisisi pois. Rummuilla käytetään vuolevaa puhdistinta, mikä ohjaa viistoilla raudoilla lian keskeltä molemmille reunoille pois kerättäväksi. /9/

4 4. ONGELMAKOHTIEN KARTOITUS

4.1 Siilojen purkuyhde

Liuottamon raaka-aineen käsittelylinjastosta löytyy useita ongelma-kohtia, vaikka linjasto on suhteellisen uusi. Laitteet on toimittanut Raumaster Oy. Linjastoa suunniteltaessa ei ollut vielä täysin selvillä minkälaista tuleva raaka-aine on rakenteelta ja ominaisuuksiltaan.

Eniten tuotantoa haittaavana ongelmana ovat siilojen purkuyhteiden tukkeutuminen. Tätä tapahtuu säännöllisesti. Yhteen tukkeuduttua raaka-aineen syöttö kyseiseltä siilolta katkeaa, minkä seurauksesta prosessin kemiallinen tasapaino saattaa heilahtaa ja tuotantomäärä putoaa. Suurimmat syyt tukkeutumiselle ovat kostea raaka-aine ja tärytyksen puute purkuyhteessä. Kun purkuyhde tukkeutuu, tarvitsee prosessinhoitajan mennä aukaisemaan se yhteistyössä kunnossapitoasentajan kanssa. Kunnossapi-

toasentaja avaa tarkistusluukun, joka on kiinni pulteilla. Tämän jälkeen prosessinhoitaja kaivaa lapiolla, hakkaa rautakangella ja piikkaa pakkautuneen nikkelikiven pois yhteestä. Koska siilon pohjalaitteisto pyörii, voi tarkistusluukku olla erittäinkin hankalassa paikassa. Tämä hidastaa työtä radikaalisti. Paikalla ei ole myöskään kiinteitä tasoja. Tämä myös hidastaa työtä sekä aiheuttaa työturvallisuusriskin. Näitä ongelmia ei osattu huomioida laitteistoa suunniteltaessa.

4.2 Siilojen hoitotasot

Siilojen alapuolella ei ole hoitotasoja. Hoitotasojen virkaa ovat hoitaneet rakennustelineet, jotka ovat epäkäytännöllisiä. Telineet ovat ahtaat, ja niihin on hankala kavuta. Telineiden tasojen silmäreiät ovat liian pienet, jolloin variseva raaka-aine kertyy tasolle. Telineiden turvallisuus ei myöskään ikinä ole yhtä hyvä kuin kiinteiden tasojen. Siilon alapuolisen hihnavaa'an huolto on myös hankalaa tilanpuutteen vuoksi. Varisevan raaka-aineen siivous on myös hankalaa, koska telineiden jalat muodostavat lattialle ”putkiviidakon”.



Kuva 5. SI27:n alapuoliset telineet.

4.3 Lokerohihnakuljetin

Lokerohihnakuljetin varistaa tällä hetkellä raaka-ainetta alakertaan. Raaka-aine kertyy pudotessaan laitteiston alle. Varisemisen vuoksi laitteiston alle on asennettu vetolaatikko, jonne suurin osa raaka-aineesta tippuu. Tämä laatikko tyhjenetään säännöllisin väliajoin. Syy varisemiseen on se, että kaikki raaka-aine ei tipu pois lokerosta hihnan yläpäässä. Yläpäähän on asennettu kahdeksankulmainen koputinrulla. Ylhäälle on myös asennettu pellistä tehty ohjuri, joka ei ole tällä hetkellä tarpeeksi korkea. Ohjuri on myös sijoitettu hieman liian lähelle koputinrullaa.



Kuva 6. Varissutta raaka-ainetta lokerohihnan alla.



Kuva 7. Lokerohihnan alla oleva vetolaatikko.



Kuva 8. Varisevan raaka-aineen ohjuri.

4.4 Hihnakuuljettimien väliset pudotusputket

Hihnakuuljettimien HH92–HH93 ja HH93–HH94 väliset pudotusputket tukkeentuvat aika ajoin. Tukkeentuminen johtuu raaka-aineen kertymisestä putkien reunoille. Tätä tapahtuu etenkin silloin, kun raaka-aine on kosteaa. Ongelmana on putkien turvallinen avaus. Hihnan päät on koteloitu ja suojattu. Kun putki tukkeentuu, joudutaan tämä kotelointi poistamaan, jotta prosessinhoitaja pääsee avaamaan tukosta. Tämä vaatii aina kunnossapitoasentajan apua. Kotelot ovat myös raskaita liikutella. Ilman koteloita hihnojen käyttäminen on turvallisuusriski.



Kuva 9. Koteloitu pudotusputki.



Kuva 10. Pudotusputki, josta kotelo on nostettu pois.



Kuva 11. Hihnojen välinen kotelo kiinni.

4.5 Raaka-aineen syöttösuppilo

Raaka-aineen syöttösuppilon ongelma on sen korkeus. Suppilo on hieman liian korkea pyöräkuormajalle. Ongelmaa on jo alkuvaiheessa ratkottu valamalla ajoluiska. Ajoluiskan ansiosta pyöräkuormaaja ylettää laskemaan raaka-ainetta suppilon.



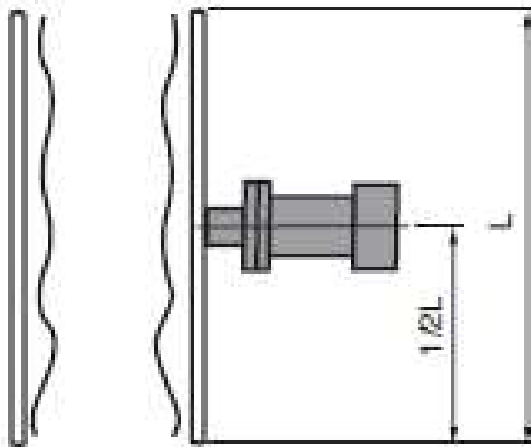
Kuva 12. Raaka-aineen syöttösuppilo.

5 KEHITYSEHDOTUKSET

5.1 Siilojen purkuyhteet

Siilojen purkuyhde avataan nyt hakkaamalla lekalla tai vastaavalla siilon purkuyhteeseen. Prosessinohitajat tekevät myös ennakoivaa kolistelua, jotta jo reunoille kertynyt tavara tippuisi ja täten yhde ei menisi tukkoon saakka. Tästä voi siis tehdä johtopäätöksen, että tärytin olisi sopiva vaihtoehto pitämään pohjan auki ja näin takaamaan jatkuvan raaka-aineen syötön. Täryttämällä pystytään estämään kasvannaisen kertyminen heti alkuunsa. Täryjen asennusten jälkeen tulee erilaisten koeajojen avulla määrittää sopivat parametrit, jotta tärytys ei ole liian voimakasta, jolloin täryt helposti repivät itsensä irti. Toisaalta tärytys ei saa olla liian hentoa, sillä muuten sen hyöty jää olemattomaksi.

Yhtenä harkittavana vaihtoehtona olisi paineilmatoinen, mäntärakenteellinen täry. Tällä vaihtoehdolla saadaan luotua terävä isku. Täryn sijoittamisessa pitää huomioida siilon pohjalaitteiston vaatima tila. Täryn voisi asettaa samalle paikalle pohjaluukulle, johon nyt käytetään lekaa, tai vastaavasti alemmas purkuputkeen. Asetettaessa täry pohjaluukulle tulee luukun avaamisesta hieman hankalampaa kuin se on nyt. Toisaalta jos täryllä saavutetaan haluttu tulos, ei luukkua ole tarve avata läheskään niin usein kuin nyt.



When bulk material is adhering to walls

Kuva 13. Esimerkki tärystä. /11/

5.2 Siilojen hoitotasot

Siilojen hoitotasojen suunnittelu suoritettiin tuotannon, kunnossapidon ja suunnittelijan yhteistyössä. Tämä ryhmä kokoontui siiloille 30.08.2018, ja jokainen pääsi kertomaan omat erityisvaatimuksensa ja mielipiteensä. Paikalla olivat seuraavat henkilöt:

Tapio Niemi, Outotec

Juuso Lindqvist, NNH

Riku Skaffari, Quant

Virpi Heikkinen, NNH

Teemu Röntynen, NNH

Iiro Saarinen, NNH

Saimme aikaan seuraavanlaiset reunaehdot tasoille:

SI27

Kunnossapidon näkökulmasta katsottuna hoitotasojen suunnittelussa pitää huomioida pääsy HS27:lle. Hihnavaa'alla pitää huoltaa säännöllisesti reunakumit, rullat ja kaavarit. Vaa'an sivurajoille on myös päästävä tarvittaessa huoltotoimiin. Siilon alusta imuroidaan ja lapioidaan kerran viikossa. Tästä syystä pitää huomioida esteetön pääsy lattia-alueille, johon kivi kerääntyy. Tuotannon näkökulmasta kommentit koskivat tulevan tason ritilöiden silmäreikien kokoa. Reikien pitää olla riittävän isoja, jottei variseva nikkelikivi kerääntynyt hoitotasolle vaan tippuu maahan. Siilojen pohjia avatessa raaka-ainetta tippuu hoitotasolle. Tason tulisi olla leveämpi kuin nykyiset telineet ovat. Nykyisten telineiden korkeus oli hyvä, eli 1 500 millimetriä lattiasta. Näistä edellä mainituista lähtökohdista päädyttiin seuraavanlaisiin alustaviin suunnitelmiin:

- Tasot tuetaan siilojen jalkoihin.
 - o Lattiaan ei tule tasojen tuentaa, ja tasot jatkuvat aina siilon tukitolppien tasalle.
- Tasojen tulisi olla irrotettavia.
- Kaiteiden tulisi myös olla irrotettavia.
- Rappuset sijoitetaan sulaton puoleiselle sivustalle.
- Rappusten yläpäähän ennen nousua tasolle asennetaan portti. Porttiin laiteetaan sähkölukko, joka pysäyttää siilon pohjan pyörimisen. Takaisin ajoon - kuittausnappi asennettava alas tukirautaan. Kuittauksen jälkeen pohjan pyörintäliikkeen tulee jatkua.
- Tasojen korkeus on 1 500 millimetriä lattiasta. Ritilätasojen reiät tulee tehdä tarpeeksi isoiksi, jotta variseva kivi pääsee putoamaan lattialle.

SI53

Kunnossapidon osalta SI53:lla on samat kriteerit. Hihnalaitteiston huollot ovat samantaisia, joten sinne olisi päästävä tekemään huoltotoimia.

Tuotannon edustajilta kommenttia tuli käynnistysnappien sijainnista. Nyt napit sijaitsevat väliaikaisen tason alla, mikä ei ole hyvä paikka. Tasolle nousu on myös hankalaa tällä hetkellä.

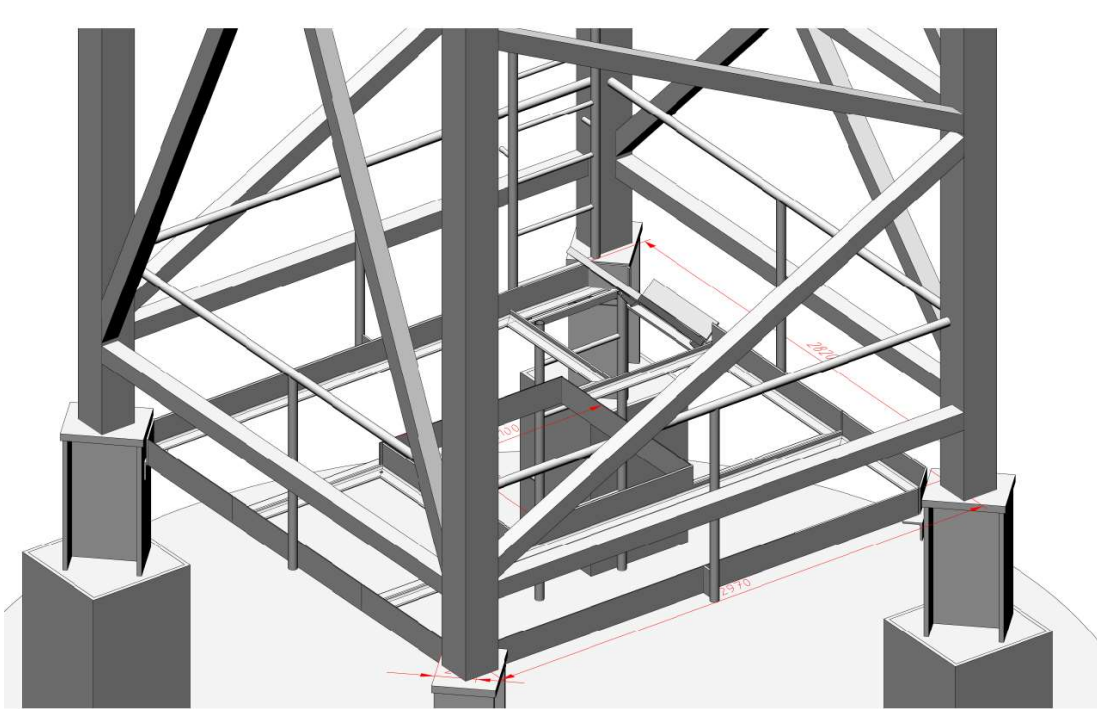
SI53:n osalta päädyttiin seuraavanlaisiin suunnitelmiin:

- Tasojen kiinnitys tolppiin, kuten SI27:llä.
- Nappien kahdennus ja siirto siilon viereiselle seinustalle.
- Tason korkeus 1 700 millimetriä alemmasta hoitotasosta.
- Pystynousu tasolle.

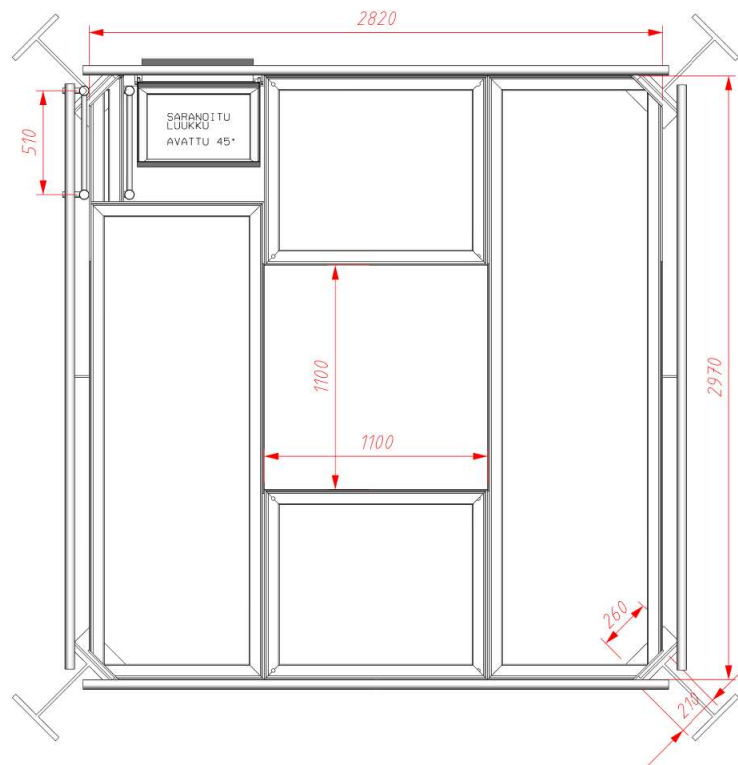
- Pystynousun yläpäähän ennen nousua tasolle asennetaan portti. Porttiin laite-
taan sähkölukko, joka pysäyttää siilon pohjan pyörimisen. Takaisin ajon -
kuittausnappi asennettava alas tukirautaan. Kuittauksen jälkeen pohjan pyö-
rintäliikkeen tulee jatkua.
- Irrotettavat tasot.
- Pultattavat/irrotettavat kaiteet.
- Ritilätasojen reiät tulee tehdä tarpeeksi isoiksi, jotta variseva kivi pääsee pu-
toamaan lattialle.

Suunnittelun edetessä tuotannolta tuli vielä pyyntö, että siilon sisällä olevaa ruuvia pitää pystyä ajamaan tasolla ollessa, jos purkuputki menee tukkoon. Tällöin operaat-
tori pääsee itse pyörittämään ruuvia avatessaan tukosta. Tämä otettiin huomioon säh-
kösuunnittelussa.

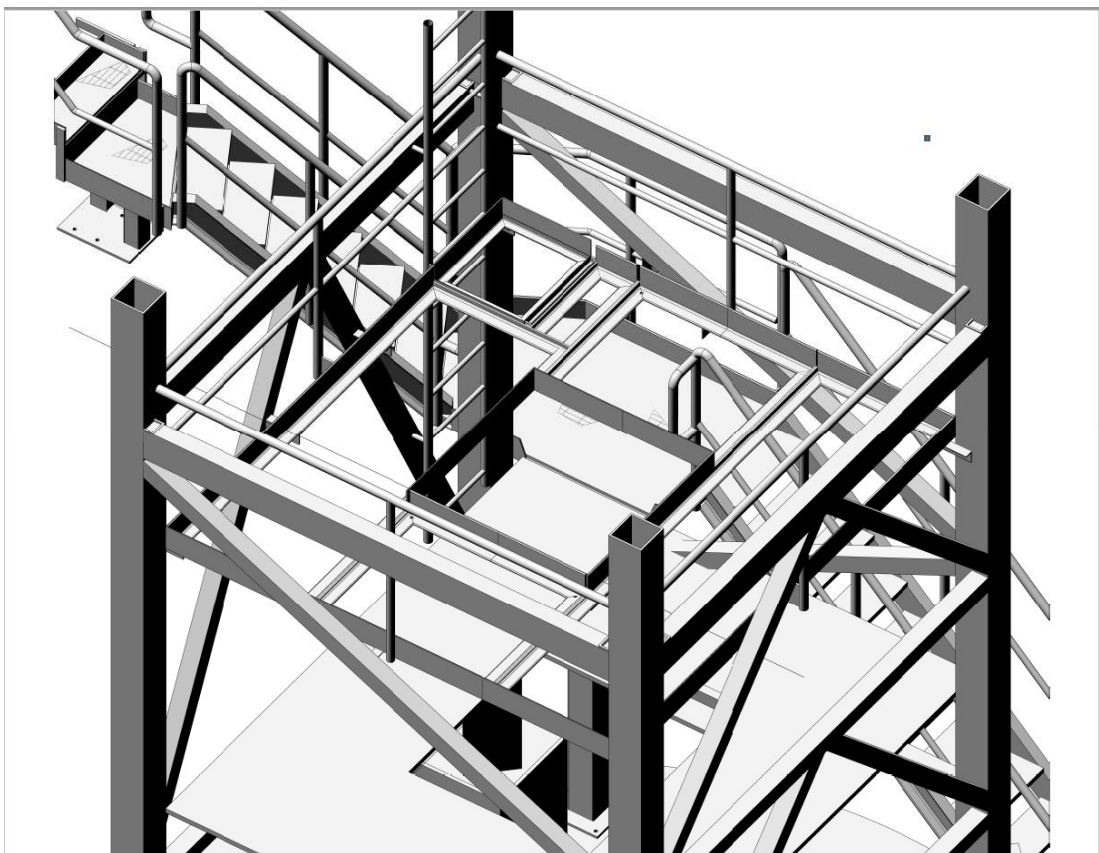
Outotec Oy teki alustavat kuvat tasoista.



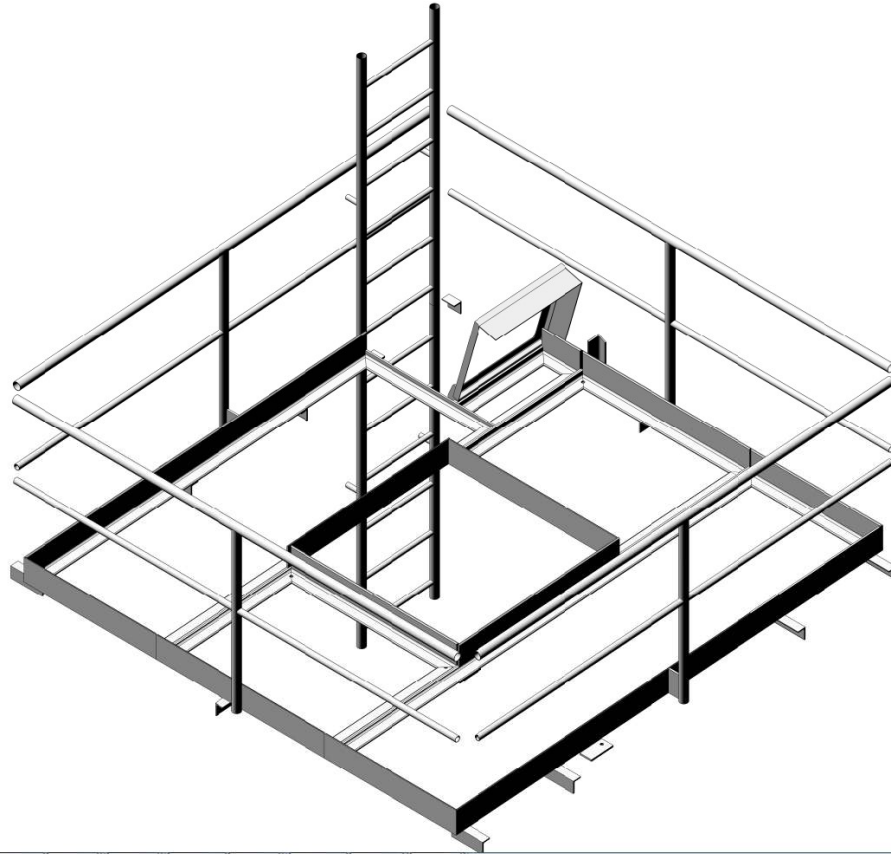
Kuva 14. SI27:n taso asennettuna. /12/



Kuva 15. SI27:n taso ylhäältä kuvattuna. /12/



Kuva 16. SI53:n taso asennettuna. /12/



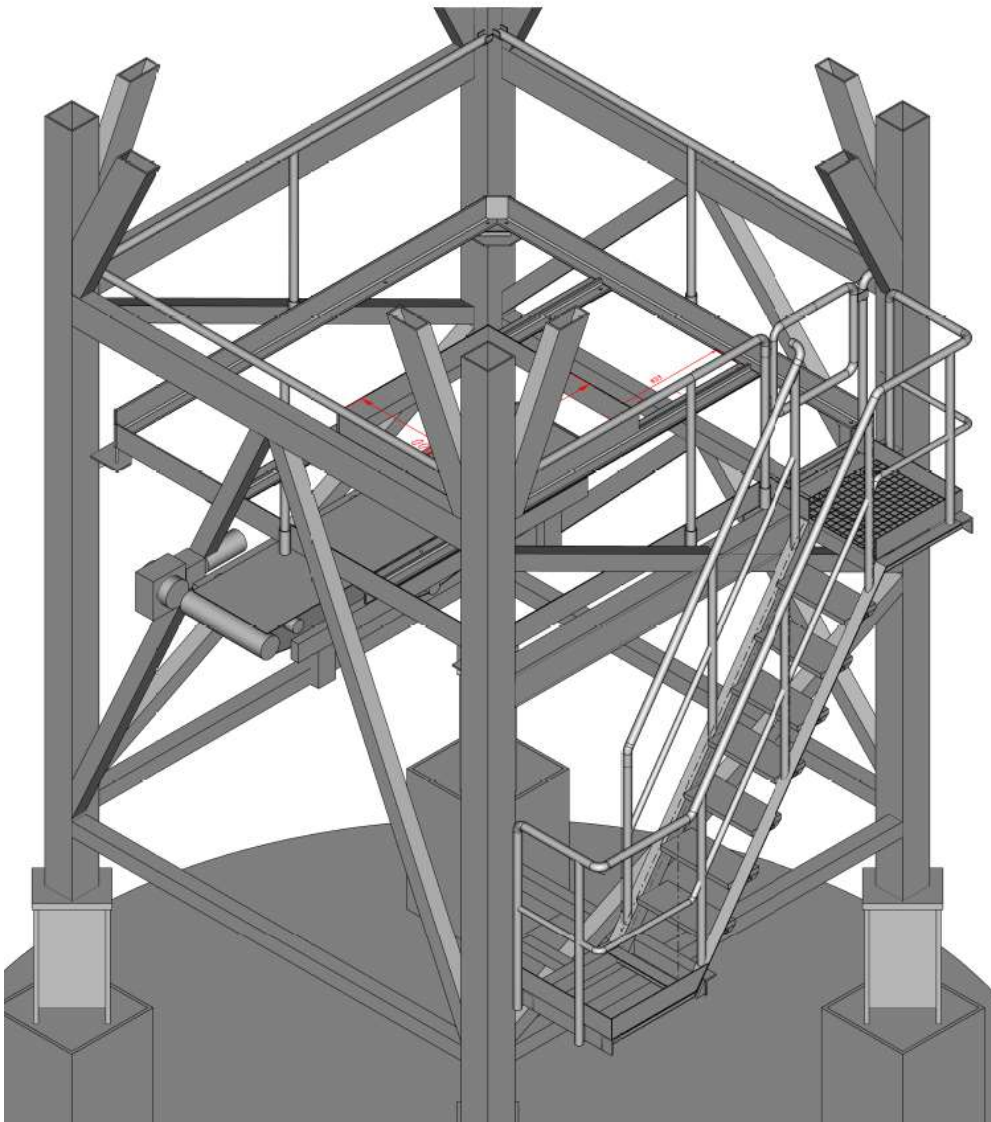
Kuva 17. SI53:n taso ilman runkoa. /12/

5.2.1 Tasojen edistyminen

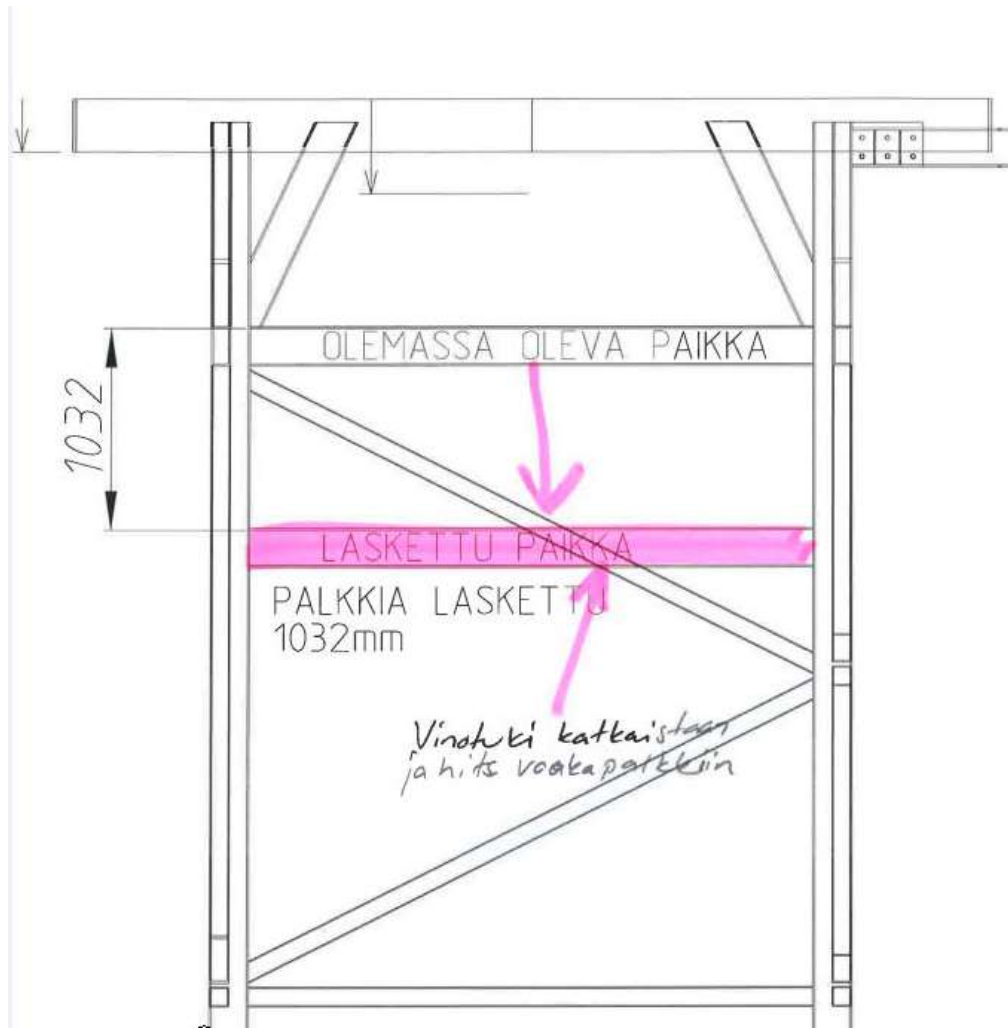
Työn edetessä tasoja lähdettiin muuttamaan käytettävyyden parantamiseksi. Jotta standardit täyttävät työskentelykorkeudet saadaan työtasoille, joudutaan siilojen tukirakenteita muuttamaan. Tämä taas edellyttää tukirakenteiden lujuuksien uudelleen laskemista. Lujuuslaskennan hoitaa Raumaster Oy.

SI53

Alempaa jo olemassa olevaa tasoa joudutaan laskemaan 260 millimetriä alaspäin. Tason korkeus lattiasta on noin 2.86 metriä ja uusi laskettu korkeus noin 2.6 metriä. Tasolle johtavaa portaikkoa joudutaan muokkaamaan. Tasojen väliin asennetaan portaatt. Siilon tukirungosta joudutaan laskemaan vaakapalkkia portaikon puolelta, ja siinä kiinni oleva vinotuki joudutaan irrottamaan ja asentamaan uudestaan laskettuun palkkiin. Näin saadaan tasojen välisestä työskentelytilasta tarpeeksi väljä siilon pohjan mahdollisen tukoksen avaamiseen sekä HS27:n hihnavaa'an huoltamiseen.

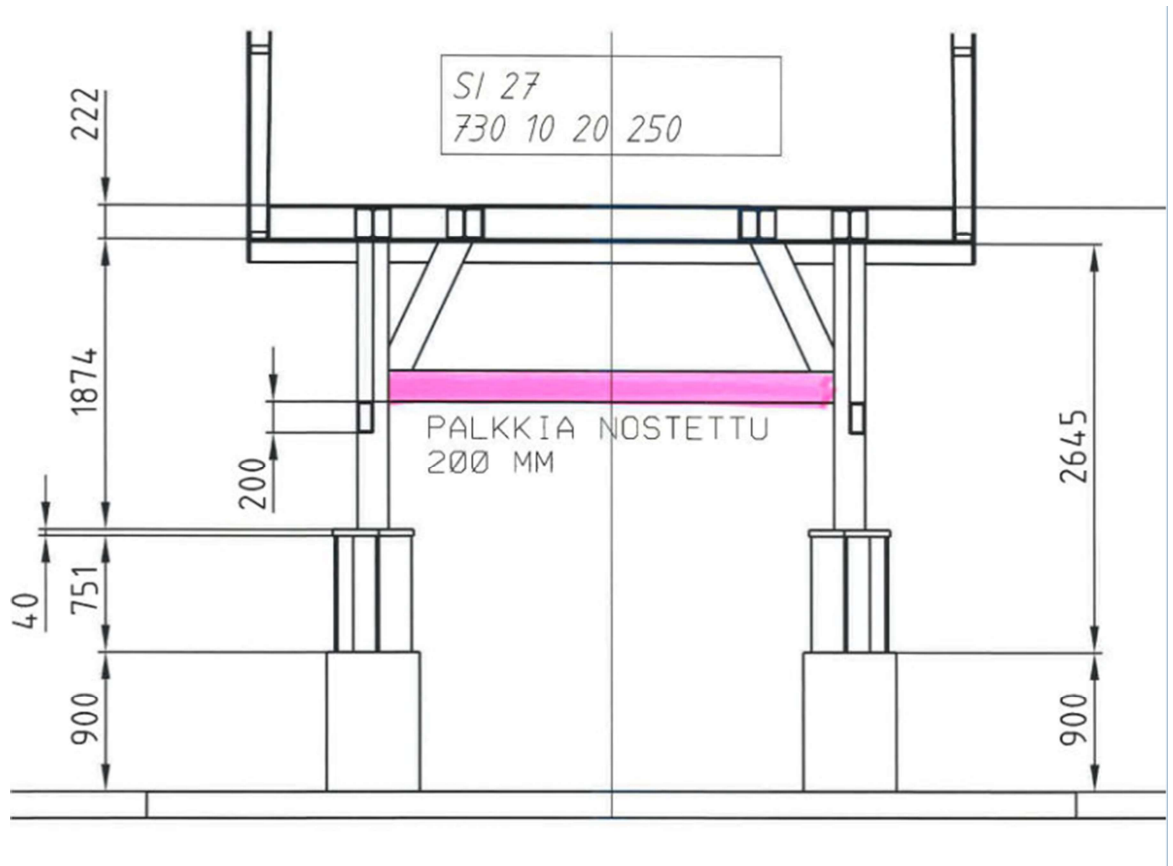


Kuva 18. Outotecin päivittämä kuva SI53:n tasoratkaisuista. /12/

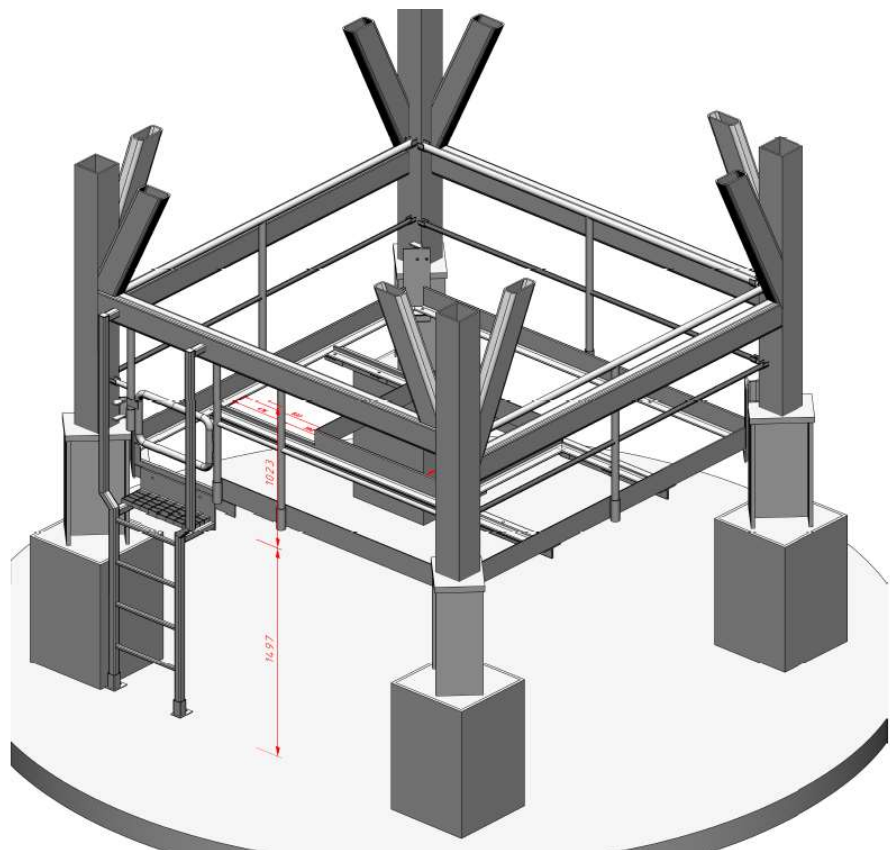


Kuva 19. SI53:n tason laskeminen. /12/

Myös SI27:n tukirakennetta joudutaan muokkaamaan. Vaakapalkkia joudutaan nostamaan tikkaiden puolelta 200 millimetriä. Palkkiin liittyvät tuennat joudutaan irrottamaan ja liittämään uudestaan palkin noston jälkeen.



Kuva 20. SI27:n tukirakennetta nostettu. /12/



Kuva 21. Outotecin päivittämä kuva SI27:n tasoratkaisuista. /12/



Kuva 22. SI27:n asennettu uusi taso.



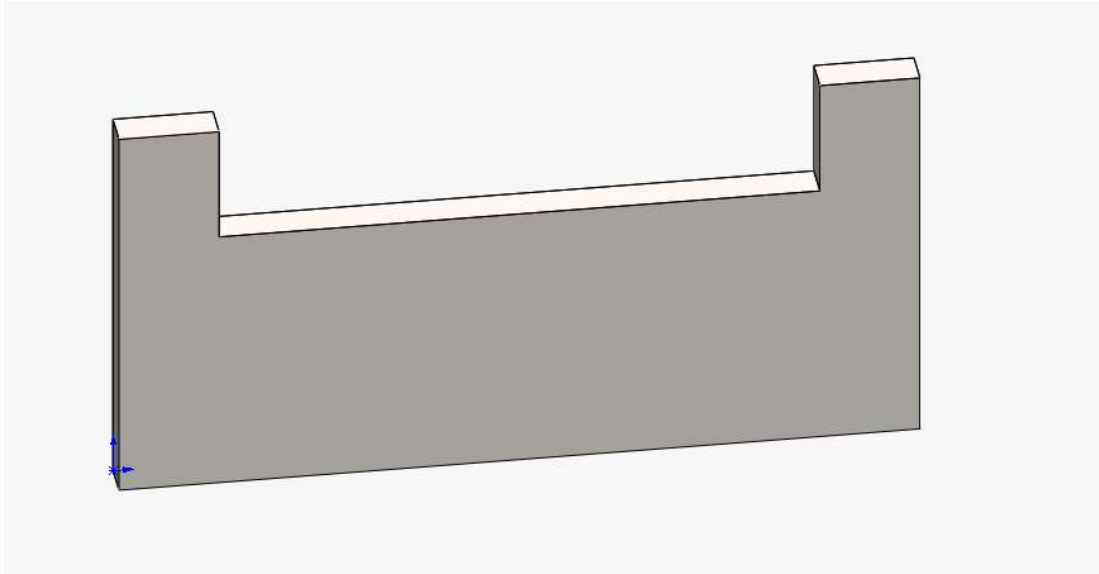
Kuva 23. SI53:n asennettu uusi taso.

5.3 HH92

Lokerohihnakuljetin HH92:n varistamista ei saada loppumaan. Varisevan raaka-ai-
neen saa ohjattua suotuisampaan paikkaan. Lokerohihnan yläosaan suppilolle on
mahdollista asettaa ohjainrauta, jolla variseva tavara varisisi pääasiassa hihnalle eikä
takaisin alakertaan lokerohihnan alle. Koputinrulla saa lokeron pohjalta tavaran liik-
keelle, mutta sen hienojakoisuuden vuoksi tavara leijailee pudotussuppilolta väärään
suuntaan. Asentamalla ohjainrauta voidaan mekaanisesti estää tavaran liikkuminen
väärään paikkaan. Tämä ei poista koko ongelmaa, mutta vähentää jo huomattavasti
varisevan raaka-aineen määrää.



Kuva 24. Asentamalla rauta nuolen osoittamaan paikkaan saadaan estettyä varisevan raaka-aineen kulkeutuminen ei-toivotulle puolelle.



Kuva 25. Havainnekuva levystä, jolla saadaan estettyä varisevan raaka-aineen kulkeutuminen ei-toivotulle puolelle.

5.4 Hihnakuljettimien väliset pudotusputket

Hihnojen välisellä pudotusputkella sijaitsee jo täryttimet. Täryttimien sijaan tähän voisi kokeilla koputtimia. Koputtimen luoma terävä isku irrottanee jo kertynyttä raaka-ainetta tehokkaammin kuin tärytin. Tästä huolimatta, jos suppilo menee kuitenkin tukkoon, on suojakoppa otettava auki ja tukos avattava käsityönä. Tähän ratkaisu olisi ovellinen suojakoppa. Lisäämällä ovi suojakoppaan sujuvoitetaan ja nopeutetaan työnkulkua.

Pudotusputken sisäpuolen voi myös pinnoittaa. Onnistuneella pinnoituksella pudotusputki ei tuki yhtä paljon kuin nyt. Ongelmaksi muodostuu pinnoituksen pysyvyys. Koputtamalla kylkeen ja rikasteen hieroessa pintoja voi pinnoite hioutua nopeastikin pois.

5.5 Raaka-aineen syöttösuppilo

Raaka-aineen syöttösuppilolle ei ole juuri mitään korjaavia toimenpiteitä tehtävissä. Nykyisellä versiolla pärjätään ajoluiskan ansiosta. Tulevaisuudessa mahdollisen uuden raaka-aineen syöttölaitteiston investoinnin toteutuessa pitää ottaa huomioon suppilon korkeuden määrittäminen. Syöttöruuvien kokoa ei ole järkeä lähteä muuttamaan uuteen laitteistoon, jotta varaosat käyvät molempiin laitteistoihin. Tämä luo

pienen rajoituksen suppilon korkeuteen. Ruuvien on mahdollista olla suppilon alle ja kuten kuvasta 12 näkee, ei laskemiselle ole rajattomasti varaa. Siksi uutta laitteistoa rakennettaessa pitää korkeus optimoida. Madaltamalla suppilon korkeutta vähintään sen verran kuin nykyinen ajoramppi nostaa työkonetta suppilon täyttämisen pyöräkuormaajalla helpottuu. Näin kone työskentelisi vaakatasossa ja näkyvyys suppilolle paranisi.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä kartoitettiin liuottamon raaka-ainelinjan ongelmia. Tämän jälkeen projektissa mietittiin erilaisia vaihtoehtoja ja ratkaisuja havaittuihin ongelmiin. Tavoitteena työlle oli löytää ratkaisuja ongelmiin, jotta siisteys, työhygienia, työturvallisuus, kunnossapito ja tuotantovarmuus paranisivat.

Eniten panostusta koko työssä sai siilojen alla olevien telineiden korvaaminen kunnollisilla työtasoilla. Paneuduin tähän aiheeseen hieman enemmän, koska tiesin tasojen olevan rakennettavissa jo opinnäytettäni tehdessäni. Lopulta tasot toteutettiin ja näin saatiin ainakin tällä osa-alueella hyvää kehitystä tavoiteltujen ongelmien ratkaisemiseksi.

Muut kehityskohteet kuin tasot jäivät toistaiseksi ehdotusten tasolle. Tähän myös vaikuttavia tekijöitä on opinnäytetyöhön käyttämä aika. Aikataulu olisi voinut olla huomattavasti intensiivisempi. Työn valmistumisen venyessä muut hankkeilla olevat projektit samoihin kohteisiin etenivät, ja osa alkaa olla toteutustasolla.

LÄHTEET

1. Tomukorpi 2017. NNH, Toimintakäsikirja. 3 s. Viitattu 18.4.2017
2. Nornickelin www-sivusto. <<http://nornickel.fi/nornickel-harjavalta/historia/>>.
3. Norilsk Nickelin yritysesittely, PowerPoint-esitys
4. Nornickelin www-sivusto <<http://nornickel.fi/tuotteemme/>>
5. Nornickelin www-sivusto <http://nornickel.fi/tuotteemme/tuotantoprosessi/>
6. Mäkirinta, Poikkimäki 2017. NNH Työohjeet Liuottamo
7. Parikka, Mäkelä, Sarsama & Virolainen 2000. Hihnakuuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2036.pdf>
8. Moisanen, Jari 2013. Kemi Tornion Ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö
9. Koivisto kuljetintekniikka 2017
10. Seipron www-sivusto <<http://www.seipro.fi/tuotteet/ruuvikuljettimet/>>
11. SMC Air Shocker Series XT316 2007. Käyttöohje <https://content2.smce-tech.com/pdf/XT316.pdf>
12. Outotec Oy, 2018
13. Hyquipin www-sivusto <<https://www.hyquip.com/screw-coolers.html>>

