



Metallinerottimen kiinnitysratkaisun kehittäminen mobiilimurskauslaitokseen

Tommi Ansio

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2020

Konetekniikka
Koneautomaatio

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Koneautomaatio

ANSIO, TOMMI:

Metallinerottimen kiinnitysratkaisun kehittäminen mobiilimurskauslaitoksiin

Opinnäytetyö 43 sivua
Huhtikuu 2020

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella kiinnitysratkaisu uudentyyppiselle metallinerottimelle Lokotrack tela-alustaisiin murskainlaitoksiin. Työssä suunnitellaan ratkaisu, jonka avulla erotinta pystytään liikuttamaan korkeussuunnassa. Korkeussuuntainen säätö helpottaa ja nopeuttaa mahdollisten tukkeutumien purkamista ja vaikeuttaa niiden muodostumista, koska erotinta on mahdollista nostaa prosessin käydessä. Opinnäytetyö tehtiin Metso minerals Oy:lle, joka tuottaa mineraalinkäsittelylaitteita ja -ratkaisuja sekä palveluja kaivosteollisuudelle ja murskaus- ja seulontalaitteita kivenmurskausteollisuudelle.

Suunnittelun tavoitteena oli hahmotella ja mallintaa valmis kokoonpanoratkaisu. Rakenteille suoritettiin lujustarkastelu, jonka avulla saatiin varmuus rakenteen kestävydestä. Opinnäytetyössä perehdytään suunnittelun lisäksi myös tela-alustaisen kivenmurskauslaitoksen rakenteeseen, käyttöympäristöön ja murskausprosessiin. Opinnäytetyön 3D-mallinnus tapahtui Siemens NX-ohjelmalla ja lujustarkasteluun käytettiin ANSYS-ohjelmistoa.

Kiinnitysratkaisun tavoite oli sopia mahdollisimman moniin eri konemalleihin, mutta koneiden suurien kokoerojen vuoksi tavoitteesta jouduttiin tinkimään ja tavoitetta muokattiin. Lopputulos suunniteltiin sopimaan LT1213- ja LT1213S-koneisiin, joissa uudelle metallinerottimelle oli suurin tarve. Rakenne kuitenkin suunniteltiin niin yksinkertaiseksi, että se on helposti muokattavissa ja sovellettavissa muihinkin Lokotrack-konemalleihin.

Opinnäytetyön jälkeen työ jatkuu uuden metallinerottimen ominaisuuksien testaamisella. Erottimen täyttäessä siltä vaaditut ominaisuudet valmistetaan ensimmäinen kiinnitysmekanismi prototyyppi testausta varten. Prototyypin testaustulosten perusteella tehdään mahdolliset muutokset rakenteeseen.

Opinnäytetyön liitteissä on luottamuksellista tietoa, eikä niitä ole julkaistu tämän työn julkisessa versiossa.

Asiasanat: suunnittelu, tuotekehitys, murskainlaitos, kiinnitysratkaisu

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical Engineering
Machine Automation

ANSIO, TOMMI:

Development of a Metal Separator Installation Method for Mobile Crushing Plants

Bachelor's thesis 43 pages

April 2020

Development of a Metal Separator Installation Method for Mobile Crushing Plants

The purpose of this thesis was to design a new kind of an installation for a new metal separator in Lokotrack mobile crusher plants. In this thesis, a solution was designed which allows the separator to be moved in the height direction. Height adjustment makes easier and speeds up the removal of possible jams and makes it more difficult for jams to form, because it is possible to raise the separator while the process is running. The thesis was done for Metso minerals Inc., which produces mineral processing equipment and solutions, as well as services for the mining industry and crushing and screening equipment for the rock crushing industry.

The design objective was to sketch and model a ready-made assembly solution. A strength analysis was performed on the structures, which provided assurance of the durability of the structure. In addition to the design, the structure of a track-based crushing plant, its use in the operating environment, and the crushing process were examined the 3D modeling of the design was made with Siemens NX software and ANSYS software was used for strength analysis.

Another design goal was that the design could be fitted to as many different Lokotrack models as possible, but due to the large size differences of the machines, this goal had to be modified. The final version was designed to fit the LT1213 and LT1213S machines, where the new metal separator was most needed. However, the structure was designed to be so simple that it can be easily modified and applied to other Lokotrack machines.

After the completion of this thesis, development continues with testing the properties of the new metal separator. When the separator meets the required properties, the first prototype of the installation is made for testing. Based on the test results of the prototype, possible changes are made to the structure.

The appendices to the thesis contain confidential information and were not included in the public version of this thesis.

Key words: design, product development, crushing plant, installation

SISÄLLYS

JOHDANTO	7
1 YRITYS.....	8
1.1 Metso Oyj.....	8
1.2 Metso Minerals Oy	9
2 TUOTTEET	11
2.1 Lokotrack tela-alustaiset murskainlaitokset.....	11
3 MOBIILIMURSKAUSPROSESSI	13
3.1 Metallin murskausprosessissa	17
4 TUOTEKEHITYS	19
4.1 Työn lähtökohdat.....	19
4.2 Työn tavoitteet.....	19
5 SUUNNITTELUPROSESSIN LÄHTÖKOHDAT	20
5.1 Vaatimukset	20
5.2 Rajoitteet.....	20
5.3 Nykyiset kiinnitysratkaisut	21
5.4 Metallinerotin.....	23
5.5 Pohjatiedot sekä kehityksen syyt	24
6 SUUNNITTELU.....	25
6.1 Hahmottelu.....	25
6.1.1 Hahmotelma 1	25
6.1.2 Hahmotelma 2	26
6.1.3 Hahmotelma 3	26
6.2 Kehitys	27
6.2.1 Apurunko	27
6.2.2 Kannakkeet	28
6.2.3 Tukikehikko	29
6.2.4 Väärinkäyttö	29
7 MITOITUS JA LUJUUSTARKASTELU	30
7.1 Hydraulikka komponenttien mitoitus.....	30
7.1.1 Kuljettimen hydraulikkamoottori	30
7.1.2 Hydraulikkasyylinteri.....	31
7.2 Teräsrakenteen lujuustarkastelu	33
7.2.1 Ketju	33
7.2.2 Staattinen tarkastelu.....	34
7.2.3 Dynaaminen tarkastelu.....	36
7.2.4 Parannellun kiinnityksen tarkistaminen.....	37

8 LOPPUTULOS.....	39
9 POHDINTA	41
LÄHTEET.....	42

LYHENTEET JA TERMIT

α	kulmakiihtyvyys, rad/s ²
A	pinta-ala, mm ²
Asetus	murskainpintojen välinen suhde
CAD	computer-aided design
d	vetorummun halkaisija, mm
d ₁	hydrauliikkasynterinin männän halkaisija, mm
d ₂	hydrauliikkasynterinin varren halkaisija, mm
F	voima, N
H	ketju lenkin korkeus, mm
Kourutuskulma	kuljetinmaton poikkileikkauksen muoto
Kuljetinhihna	päättymätön kumipintainen hihna
LT	Lokotrack
Mobiles	liikkuvat murskainlaitokset
MPa	megapascal
Murskaussuhde	syöttökoko jaettuna lopputuotteen koolla
Murske	murskaimella murskattu kiviaines
η_v	volumetrinen hyötysuhde
η_v	mekaaninen hyötysuhde
n	hydrauliikkamoottorin pyörimisnopeus, rpm
Nimike	tapa identifioida fyysinen tuote
p	paine, Bar
qv	hydrauliikkajärjestelmän tilavuusvirta, l/min
Ripahihna	kuljetinhihna, jonka pinnassa on ripoja
Syöte	murskettava materiaali
V _k	hydrauliikkamoottorin kierrostopavuus cm ³ /r
V _{kehä}	kehänopeus, m/s

JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Metso minerals Oy:lle. Metso minerals Oy:llä on satavuotias historia kivenkäsittelylaitteista. Telaketju-alustaisia laitoksia yritys on valmistanut vuodesta 1985 lähtien. Metso minerals on osa Metso konsernia, joka kuuluu maailmanjohtaviin teollisuusyrityksiin.

Metso minerals Tampereen toimipisteen päätuotteita ovat mobiilit Lokotrack-murskainlaitokset. Lokotrackien tuotekehityksen pohjana toimii usein asiakkailta tulevat tarpeet ja Metson halu täyttää asiakkaiden toiveet. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää ja suunnitella tarpeita vastaava metallinerottimen kiinnitysratkaisu mobiilimurskauslaitoksiin.

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella uudenlainen metallinerottimen kiinnitysratkaisu Lokotrack-koneiden tukkeutumisongelman vuoksi. Suunnittelussa käytetään Siemens NX-suunnitteluohjelmistoa, jolla luodaan 3D-mallit ratkaisuista ja lujuustarkastelu tehdään Ansys-ohjelmistolla.

Opinnäytetyön valmistuttua suunnittelu ja testaukset jatkuvat. Suunniteltu kiinnitysratkaisu testataan käytännössä, jonka jälkeen ratkaisu voidaan ottaa käyttöön tuotannossa.

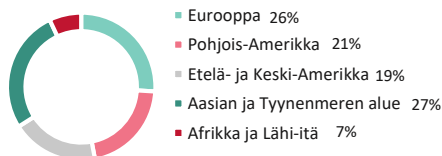
1 YRITYS

1.1 Metso Oyj

Metso mahdollistaa modernia elämäntapaa. Metso Oyj tarjoaa laitteita ja palveluja luonnonvarojen kestävään käsittelyyn kaivos-, kivenmurskaus-, kierrätys- ja prosessiteollisuudessa kuuluen maailman johtaviin teollisuusyrityksiin ja työllistään yli 15 000 työntekijää maailmanlaajuisesti yli 50 maassa. (Metso 2020a, 11, 25.)

Vuonna 2019 Metson liikevaihto oli 3 635 miljoonaa euroa, mikä on 15% enemmän kuin vuonna 2018. Maantieteellisesti Metson liikevaihto jakautuu tasaisesti ympäri maailmaa (kuva 1). Tällä hetkellä suurinta osaa liikevaihdosta kantaa Aasian ja Tyynenmeren alue 27 % osuudella. Kehittyvillä markkina-alueilla tapahtuvien muutosten myötä maantieteellisessä liikevaihtojakaumassa voi tapahtua muutosta. (Metso 2020a, 3.)

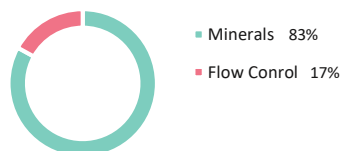
Liikevaihto maantieteellisesti



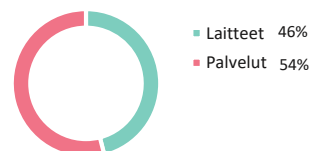
Liikevaihto asiakastoimialoittain



Liikevaihto segmenteittäin



Liikevaihdon jakauma



KUVA 1. Metson liikevaihdon jakautuminen vuonna 2019 (Metso 2020a, 3)

Asiakastoimialoittain (taulukko 1) liikevaihdosta kaivosteollisuus kattaa yli puolet, kivenmurskaus noin neljäsosan, prosessiteollisuus viidesosan ja kierrätys murto-osan. Palveluliiketoiminnan osuus on suurempi liikevaihdosta kuin laitteiden, mutta ero on viime vuosina kaventunut.

TAULUKKO 1. Metson tarjonta asiakastoimialoittain (Metso 2020a)

Asiakastoimiala	Kaivos	Kivenmurskaus	Kierrätys	Prosessiteollisuudet
Laitteet	Kaivoslaitteet	Kivenmurskauslaitteet	Laitteet, varaosat ja palveluratkaisut metallin ja jätteen kierrätykseen	Venttiilit, venttiilien säätölaitteet ja palveluratkaisut
Varaosat ja palveluratkaisut	Varaosat, kunnostukset ja palveluratkaisut kaivoksille	Kivenmurskauksen varaosat ja palveluratkaisut		
Kulutuset	Kulutuset mineraalienkäsittelyyn ja kierrätykseen			

Metsolla on seitsemän liiketoiminta-aluetta, jotka ovat Mining Equipment, Aggregates Equipment, Minerals Services, Minerals Consumables, Recycling, Valves ja Pumps. Seitsemästä liiketoiminta-alueesta muodostuu ulkoiset raportointisegmentit Minerals ja Flow Control, joista Minerals liiketoiminta kattaa 76% liikevaihdosta. (Metso 2020a, 11.)

Metso Oyj ja Outotec Oy ilmoittivat yhdistyvänsä vuoden 2020 aikana. Yhdistymisen tarkoituksena on luoda johtava yhtiö, joka tarjoaa prosessiteknologiaa, laitteita ja palveluja mineraali-, metalli- ja kivenmurskausteollisuuden aloille. Uuden yhtiön nimeksi tulee Metso Outotec. (Malinen, Sullström, Palomaa & STT 2019.)

1.2 Metso Minerals Oy

Metso Oyj:n tytäryhtiö Metso minerals Oy kattaa Metson tarjonnasta kivenmurskausalun. Metso minerals tuottaa mineraalinkäsittelylaitteita ja -ratkaisuja sekä palveluja kaivosteollisuudelle ja murskaus- ja seulontalaitteita kivenmurskausteollisuudelle.

Metsolla on tuotantoa kaikilla asutuilla mantereilla. Metso mineralsin osalta keskeisimmät tuotantoyksiköt globaalisti ovat Suomessa, Ranskassa, Brasiliassa, Kiinassa ja Intiassa. Suomen toimipiste sijaitsee Tampereella Lokomonkadulla. Toimipisteen tontilla on pitkä historia erilaisten koneiden ja laitteiden valmistuksesta yli 100 vuoden ajalta. Tontilla on valmistettu kaikkea aina höyryvetureista sukelluspalloihin. (Metso 2020b.)

Lokomo Oy perustettiin vuonna 1915 alun perin valmistamaan höyryvetureita. Ensimmäinen Lokomon kivenmurskain valmistui vuonna 1921 ja siitä 64 vuotta eteenpäin valmistui ensimmäinen tela-alustainen murskainlaitos Lokotrack. Monien yritysostojen ja fuusioiden myötä Lokomosta tuli osa Metso konsernia vuonna 1999. (Metso 2020b.)

Tampereella on tehty kivenmurskaimia jo 98 vuoden ajan. Tampere on yksi Metson tärkeimmistä osaamiskeskuksista. Tampereella työskentelee noin 950 työntekijää ja tehtaalta toimitetaan noin 1000 murskaus ja seulontalaitetta vuosittain. Tampereella valmistettaviin murskaimiin ja mobiilituotteisiin lukeutuvat C-sarjan leukamurskaimet, GP-sarjan karamurskaimet ja Lokotrakit. (Metso 2018a.)

2 TUOTTEET

Metso Minerals Oy:n tuotteisiin kuuluu (kuva 2) pyöräalustaiset murskainlaitokset, seulat, murskaimet sekä Lokotrack-murskain- ja seulalaitokset, joita suunnitellaan Tampereen toimipisteessä. Suunnittelua tehdään moniin tuotteisiin, mutta valmistukseen kuuluu vain LT-murskauslaitokset ja muutama murskainmalli. (Metso 2020b.)



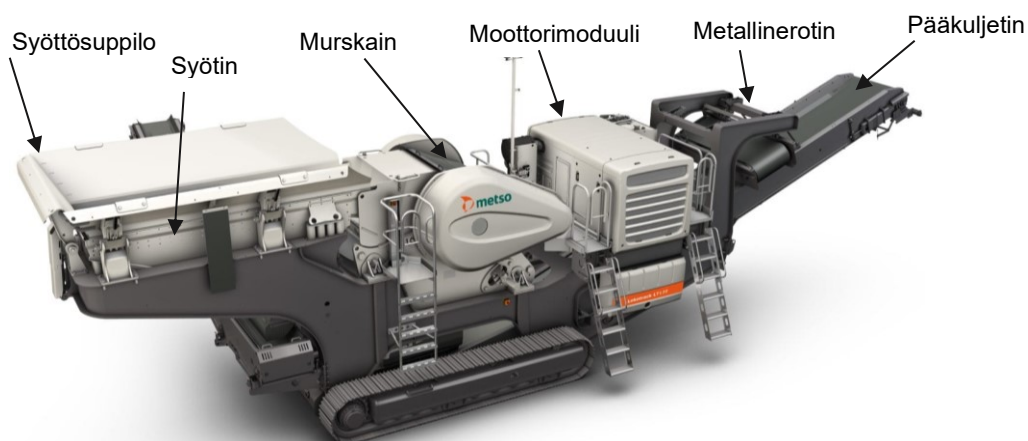
KUVA 2. Metso Mineralsin tuotteita NW, LT, seula ja leukamurskain (Metso n.d.b)

2.1 Lokotrack tela-alustaiset murskainlaitokset

Lokotrackit ovat tela-alustaisia murskainlaitoksia. Lokotrackin etu on, että ne ovat helposti siirreltävässä työmaalla ja myös eri työmaiden välillä, jolloin materiaalin kuljetustarpeet vähenevät, koska murskaimen voi viedä sinne missä sitä tarvitaan ja samalla polttoaineen kulutus ja päästöt pienenevät, koska materiaalin kuljetusta ei tarvita. Lokotrackien murskausprosessit ovat joustavia ja prosessiin voidaan helposti lisätä tai vähentää murskausvaiheita. (Metso 2014, 8-1.)

Lokotrack laitokset voidaan jakaa compact ja large -tuoteryhmiin. Tuoteryhmien välinen ero, johon nimityskin viittaa on, että large-ryhmän tuotteet ovat suurempikokoisia. Lokotrackeissa käytettävät murskaimet jaetaan leuka-, iskupalkki-, kara- ja keskipakomurskaimiin. Kullekin murskaintyyppille on oma käyttötarkoituksensa.

Lokotrack–murskauslaitokset koostuvat neljästä pääkomponentista ja mahdollisista lisävarusteista (kuva 3). Pääkomponentit ovat syötin, murskain, kuljetin ja moottorimoduuli. Mahdollisten lisävarusteiden lista on pitkä, mutta esimerkkejä lisävarusteista ovat metallinerotin, seulamoduuli, iskuvasara ja pöllysuojaus. (Metso 2020b.)



KUVA 3. LT120 leukamurskaimen komponentit (Agg-Net 2012, muokattu)

Jokaisella komponentilla on oma tarkoituksensa murskausprosessissa (kuva 4). Lokotrackin toimintaperiaate on, että murskattava materiaali syötetään syöttösuppiloon, josta se etenee syöttimen avulla murskaimeen. Hienompikokoinen syöte erotellaan muusta syötteestä ennen murskainta ja ohjataan haluttuun paikkaan. Suurempi syöte menee murskaimeen. Murskattu materiaali tippuu murskaimesta pääkuljettimelle, mistä se etenee tuotekasaan tai prosessin seuraavaan vaiheeseen. Murskausprosessin säätöjä ohjaa halutun lopputuotteen vaatimukset.



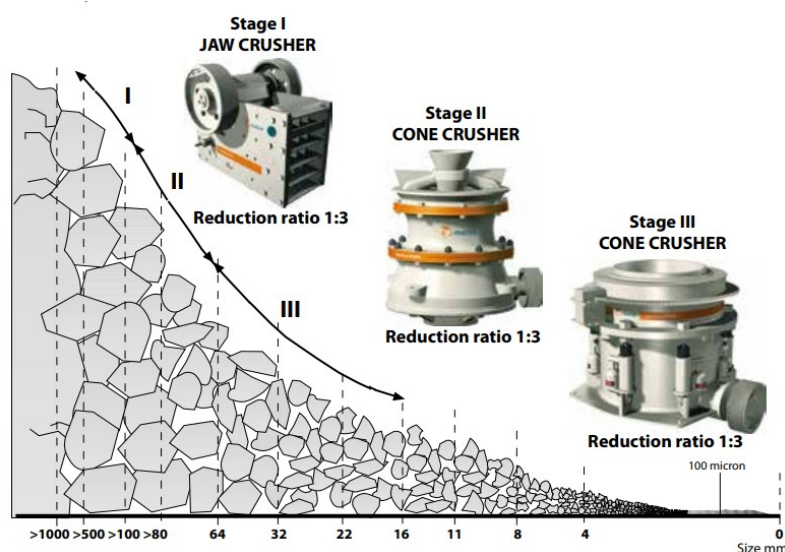
KUVA 4. LT116 Leukamurskaimen murskausprosessi (Metso 2011)

3 MOBIILIMURSKAUSPROSESSI

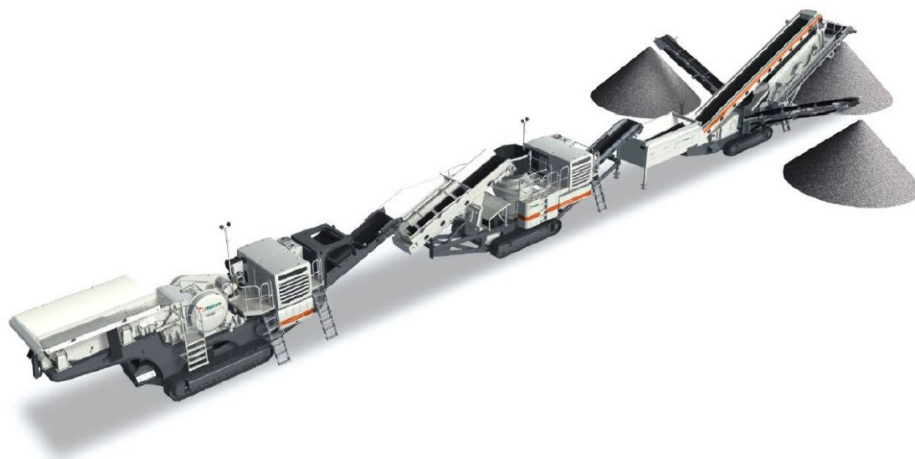
Mobiilimurskausprosessissa käytetään tela- tai pyöräalustaisia liikuteltavia murskaimia. Pää tavoitteena on rakentaa sellainen kokonaisuus, joka tuottaa haluttua lopputuotetta luotettavasti ja taloudellisesti.

Murskaimet jaetaan kahteen pääryhmään: puristaviin ja iskeviin. Puristumurskauksessa syöte murskautuu murskauspintojen välissä, jotka puristavat syötettä, kunnes se murtuu. Iskumurskauksessa syöte hajotetaan nopeasti pyörivän vasaran iskulla. Murskausmenetelmä valitaan kivityypin mukaan. Yleisesti pehmeä syöte murskataan iskulla ja kova puristamalla. (Metso 2014, 3-1.)

Murskaus suoritetaan yleensä vaiheittain (kuva 5), koska murskaussuhde olisi muuten liian korkea ja lopputuotteesta ei tulisi vaatimuksia täyttävää. Murskaus suoritetaan tavallisesti 2-3 vaiheessa. Murskausvaiheita ovat esi- ja väli- sekä jälki- ja hienomurskaus. Eri vaiheet muodostavat murskausketjun (kuva 6) tai -piirin (kuva 7), johon kuuluu murskaimia ja seuloja. Seulonalla voidaan määrittää, minkälaista ainesta prosessissa liikkuu ja missä vaiheessa. Seulojen avulla syötemateriaalista voidaan poistaa hieno aines, kierrättää karkea aines takaisin murskaimelle ja lajitella erikokoiset tuotteet omiin lopputuotekasoihin. (Paalumäki, Lappalainen & Hakapää 2015, 218.)



KUVA 5. Murskausvaiheiden vähennyssuhde (Metso 2014)



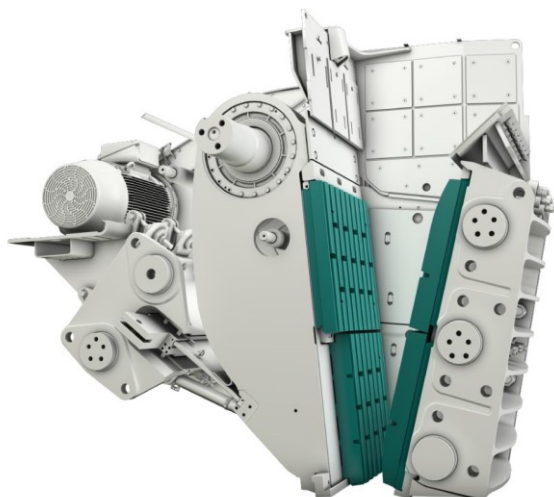
KUVA 6. Kahden murskaimen ja seulan murskausketju (Metso n.d.b)



KUVA 7. Kahden murskaimen ja seulan murskauspiiri (News 2020)

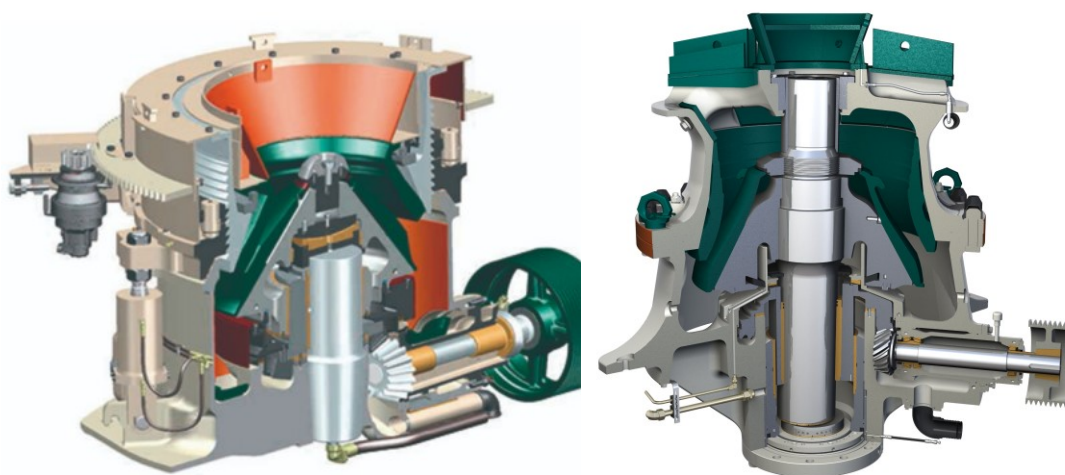
Esimurskauksen tarkoituksena on pienentää syötettävän materiaalin kokoa niin, että sitä voi jatkokäsitellä. Esimurskaimina käytetään yleensä leukamurskaimia. Leukamurskain on puristava murskain, jossa syöte murskautuu kiinteän ja liikkuvan leuan välissä. (Paalumäki ym. 2015, 219.)

Leukamurskaimia on kahta perustyyppiä: heiluri- ja kiertomurskaimia. Lokotrack-leukamurskainlaitoksissa käytetty leukamurskain on tyypiltään kiertomurskain (kuva 8). Kiertomurskaimissa liikkuva leuka on kiinnitetty heiluriin. Heilurin liike perustuu epäkeskoakselin epäkeskisyyteen ja työnninlaatan painelevyn kulmaan. (Metso n.d.a)



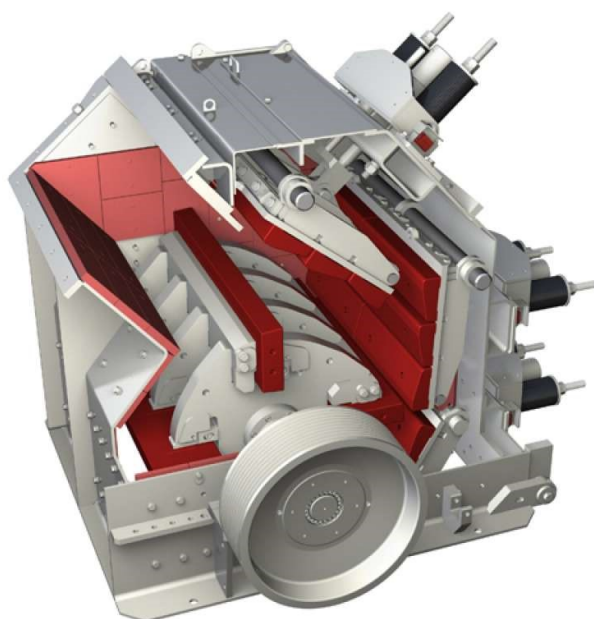
KUVA 8. Kiertotyypinen leukamurskain (Metso n.d.a)

Välimurskauksen tarkoituksena on tuottaa useita karkealaatuisia lajikkeita tai valmistella välituote seuraavaa vaihetta varten. Välimurskaimena käytetään usein kartiomurskaimia (kuva 9) suurien kapasiteettien ja alhaisten käyttökustannuksien vuoksi. Kartiomurskaimen murskauskammiossa on pitkä yhdensuuntainen pinta, jonka vuoksi murskaimella on pieni murskauskyky, mutta hyvä murskaussuhde. Kartiomurskaimessa syötemateriaali murskautuu puristumalla sisäkkäin olevien kartiopintojen välissä. Kartiomurskaimen kammion profiili on olennainen tekijä suorituskyvyn kannalta. Välimurskaimena voidaan käyttää myös karamurskainta, jossa kammio on päinvastainen kuin kartiomurskaimessa. Karamurskaimen kammiossa on lyhyt yhdensuunteinen pinta, jolloin murskaussuhde on huono, mutta murskauskyky on suuri. (Metso 2014, 3-1–3-4; Paalumäki ym. 2015, 219–223.)



KUVA 9. Kartiomurskain ja karamurskain (Metso n.d.b, muokattu)

Jälki- ja hienomurskauksessa määräytyy lopputuotteen laatu. Laatuvaatimukset ovat tarkkoja lopputuotteille, etenkin raekokovaatimus. Jälki- ja hienomurskauksessa on kaksi murskainvaihtoehtoa. Mahdolliset vaihtoehdot ovat kartiomurskain loivemmalla kartionkulmalla kuin välimurskauksessa tai iskupalkkimurskain (kuva 10). Iskupalkkimurskain ryhmään kuuluu kaksi murskaintyyppiä: vaaka- ja pystyakselimurskaimet. Iskupalkkimurskaimen toiminta perustuu iskuenergian nopeaan välittämiseen syötemateriaaliin. Iskupalkkimurskaimien murskausuhde on suuri, kunhan syöte pysyy karkeana. Vaaka-akseli mallissa syöte murskautuu, kun roottorissa kiinni olevat vasarat iskevät voimakkailta iskuilla syötettä ja sinkoiluttaa materiaalia murskaimen sisäosien ja toisten ainesten kanssa. Pystyakseli malli toimii kuin keskipakoispumppu. Syöte syötetään roottorin keskion läpi, missä se kiihdytetään suureen nopeuteen ja ohjataan murskaimen kulutuslevyjä ja toisia materiaalin osia vasten. (Metso 2014. 3-1–3-4.)



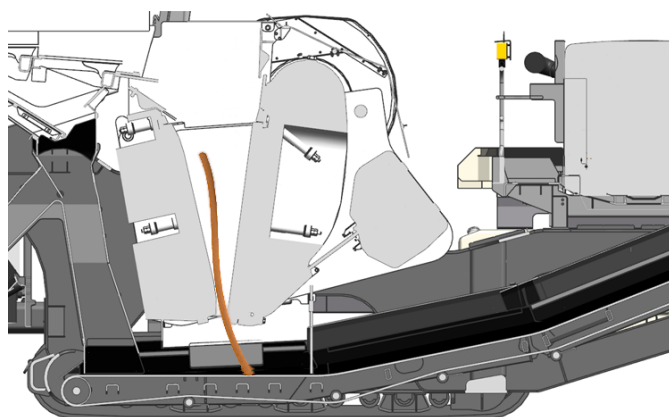
KUVA 10. Vaaka-akselinen NP-iskupalkkimurskain (Agg-Net 2014)

Sopivan murskaimen valinta ei ole aina helppoa ja yksiselitteistä. Oikean murskaintyyppin, murskaimen asetuksen ja kulutusosien valintaan vaikuttaa moni asia, kuten murskattava materiaali ja lopputuotteen vaatimukset. Oikeiden prosessien valinta vaatii käytännön kokemusta ja murskainteorian hallintaa. Murskaimen ja murskausprosessin suorituskykyyn vaikuttaa moni asia. Esimerkiksi seulonta rajoittaa murskausprosessin tuotantokykyä enemmän kuin murskaaminen. (Paalumaäki ym. 2015, 227.)

3.1 Metallin murskausprosessissa

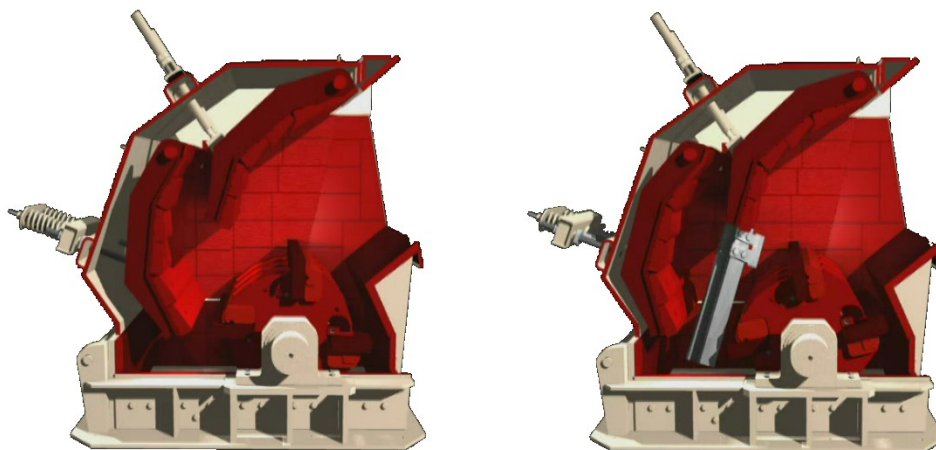
Parhaan murskauskapasiteetin, -laadun ja -koostumuksen saamiseksi murskaimen menevän syötön on oltava tasaista ja murskaimenkammio on pidettävä täynnä. Yksi suuri ongelma mikä häiritsee parhaan murskauskapasiteetin saavuttamista on, että prosessiin joutuu sinne kuulumatonta materiaalia, kuten metallia. Metallit aiheuttavat murskausprosessissa laatu- ja prosessihäiriöitä.

Prosessiin joutuneet metallikappaleet on tarkoitus poistaa prosessista esimurskauksen jälkeen, ennen kuin materiaali etenee prosessin seuraavaan vaiheeseen tai lopputuote kasaan. Metallikappale voi olla vaikka kauhankynsi tai betoniteräs. Suurimmat ongelmat ilmenevät, jos metallikappaleet pääsevät kulkeutumaan esimurskauksesta seuraavaan vaiheeseen. Esimurskauksessa metallikappaleet aiheuttavat harmia, jos ne ovat pitkiä, jolloin kappale ei enää mahdu tippumaan murskaimesta kuljetinhihnalle, vaan jää jumiin (kuva 11).



KUVA 11. Pitkä teräskappale, joka ei mahdu kulkeutumaan eteenpäin

Murskaimissa on murskainautomaatio metallinkappaleiden eteenpäin päästämiseen, mutta se ei poista kappaletta prosessista, vaan kappale poistetaan magneetilla tai manuaalisesti käsin prosessin ollessa pysähdyksissä. Automaatio avaa murskaimen asetusta (kuva 12), jolloin jumiin jäänyt kova kappale pääsee liikkumaan eteenpäin prosessissa. Asetuksen muuttaminen päästää samalla murskaamatonta ainesta läpi, mikä vaikuttaa lopputuotteen laatuun heikentävästi. (Metso 2014, 3-34, 3-48.)



KUVA 12. Murskaimen asetusta aukeaa ja kova kappale pääsee läpi (Metso n.d.b)

4 TUOTEKEHITYS

4.1 Työn lähtökohdat

Tarve työn tekemiseen tuli asiakkailta saadun palautteen ja Metson tarpeen kautta. Asiakkaan näkökulmasta kiinteäasenteinen erotin aiheuttaa ylimääräisiä seisokkeja ja mahdollisia vaaratilanteita prosessissa liikkuvan materiaalin jumituessa erottimen ja kuljettimen väliin. Metson puolesta haluttiin yhtenäistää ja yksinkertaistaa erottimen asennusta ja ulkonäköä sekä täyttää asiakkaiden tarpeet. Erottimen kiinnitystä kehittäessä tutkittiin myös uutta erotinmallia, sillä nykyinen on jäänyt kehityksen jalkoihin niin tehopainosuhteeltaan kuin muotoilultaan.

4.2 Työn tavoitteet

Työn päätavoitteena on suunnitella uudenlainen kiinnitysratkaisu, mikä mahdollistaa erottimen helpon korkeussuuntaisen säädön, jolloin operaattori pystyisi kaihinkoneesta käsin hallitsemaan erotinta ja mahdollisesti poistamaan tukoksen ilman prosessin pysäyttämistä. Tavoitteena on myös perehtyä ja listata magneettierottimen valintaan vaikuttavia tekijöitä.

Uuden kiinnitysratkaisun tulisi olla kustannustehokas ja rakenteeltaan yksinkertainen. Kiinnitysratkaisulle suoritetaan lujoustarcastelu FEM-ohjelmistolla, jolla varmistetaan rakenteen kestävyys.

Suunnittelussa on otettava huomioon, että suunniteltu ratkaisu sopisi mahdollisimman moniin eri konemalleihin tai ainakin olisi helposti muokattavissa kaikkiin koneisiin.

5 SUUNNITTELUPROSESSIN LÄHTÖKOHDAT

Työssä lähdettiin liikkeelle asettamalla vaatimuksia erottimen kiinnityksen toteutukselle ja toiminnalle. Lisäksi selvitettiin minkälaisia rajoitteita ympäristö asettaa suunnittelulle ja viimeisimmäksi perehdyttiin nykyisiin erottimien kiinnitysratkaisuihin ja itse metallinerottimiin.

5.1 Vaatimukset

Murskaaminen on pölyinen ja raju prosessi, joten siinä käytettävien komponenttien ja kokoonpanojen täytyy olla kestäviä. Erottimen nostomekanismi ei siis voi olla monimutkainen varsisto, vaan nostomekanismin pitää olla rakenteeltaan kestävä ja varmatoiminen, mikä kestää iskuja, tärinää ja pölyä.

Metallinerotin on mahdollinen lisävaruste esimurskauskäyttöön tarkoitettuihin Lokotrackeihin. Nostomekanismin olisi hyvä sopia mahdollisimman moniin eri koneille tai olla ainakin rakenteeltaan yksinkertainen ja helposti muokattavissa.

Uuden kiinnitysratkaisun pitää sopia mahdollisimman pienillä muutoksilla nykyisten koneiden runkoihin.

5.2 Rajoitteet

Rajoitteita suunnittelulle asettaa koneen liikuteltavuus, eri käyttösovellutuksien vaatimat ominaisuudet ja koneiden valmiit rungot. Liikuteltavuus rajoittaa rakenteen kokoa ja käyttösovellutukset määrittävät erottimen liikeradan laajuuden. Lokotrackit ovat tuotannossa olevia laitteita ja niiden rungon suureen muokkaamiseen ei ole mahdollisuutta.

Lokotrack–murskainlaitokset eivät ole pelkästään tarkoitettu kivenmurskaukseen, vaan niiden käyttösovellutuksia on myös kuonan, betonin ja kierrätysaineksen murskaus, mikä asettaa rajoitteita siihen, kuinka paljon erottimen ympärillä pitää olla vapaata tilaa. Erotin ei ole kivenmurskauksessa yhtä oleellinen

kuin betonin murskauksessa, joten erotin täytyy saada mahdollisimman ylös, jotta se ei ole materiaalin tiellä, kun sitä ei tarvita.

Murskaimen läpi tuleva teräs ei välttämättä ole suoraa ja helposti käsiteltävää. Teräkset kuten betoniteräket voivat olla toisiinsa kietoutuneita sykkyröitä, mitkä voivat kietoutua kiinni erottimeen tai sen kiinnitysrakenteisiin. Tämän takia kiinnitysratkaisussa tulisi olla ohjain, mikä ohjaa metallit oikeaan paikkaan.

Lokotrack–murskainlaitokset ovat mobiileja laitteita. Lokotrackeja pitää pystyä kuljettamaan liikenteen seassa laveteilla. Kuljetustarpeiden takia Lokotrackeille on asetettu kuljetusmitat, joita ei saa ylittää. Uuden erottimen ja sen nostosysteemin on pysyttävä kunkin Lokotrackin ilmoitetuissa kuljetusmitoissa.

5.3 Nykyiset kiinnitysratkaisut

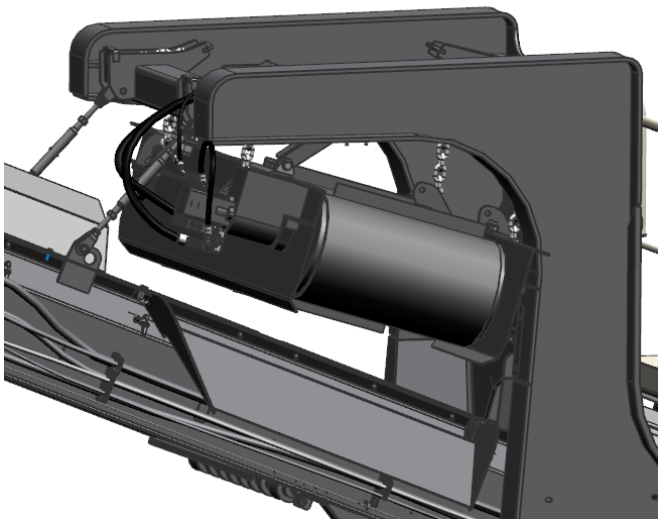
Metallinerotin on esimurskaimen yhteydessä toimiva laite, jolla pyritään poistamaan prosessista sinne kuulumaton materiaali. Käytössä olevien kiinnityksien toimintaperiaate on, että magneetti roikkuu ketjujen varassa pääkuljettimen päällä. Magneetin ollessa kiinteästi asennettu ja magneetin painaessa yli tuhat kiloa korkeussäätö on työlästä, eikä onnistu käsivoimin.

Esimurskaus vaiheeseen tarkoitettut Lokotrackien rungot voidaan jakaa kahteen ryhmään: kaulallisiin ja kaulattomiin (kuva 13).



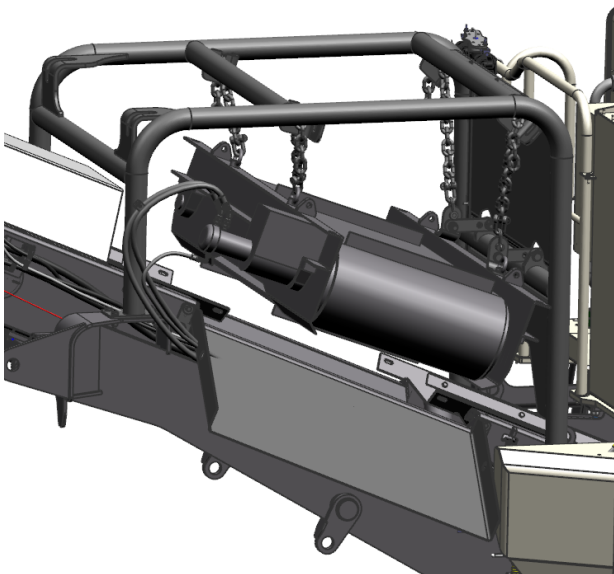
KUVA 13. Vasemmalla kaulaton runko ja oikealla kaulallinen runko

Kaulallisen rungon magneettierottimen kiinnitysratkaisu on hyvin yksinkertainen. Magneettierotin roikkuu rungosta neljällä ketjulla ja lisäksi kiinnityksessä käytetään teräsrunkoa, jonka tarkoitus on estää magneetin holtiton heilunta ketjujen varassa (kuva 14).



KUVA 14. Kaulallisen rungon magneetin kiinnitys

Kaulattoman mallin kiinnitysratkaisu on samankaltainen kuin kaulallisen, mutta kaulattomassa rungossa erotin täytyy ripustaa apurungon avulla Lokotrackin rungon muodon takia (kuva 15).



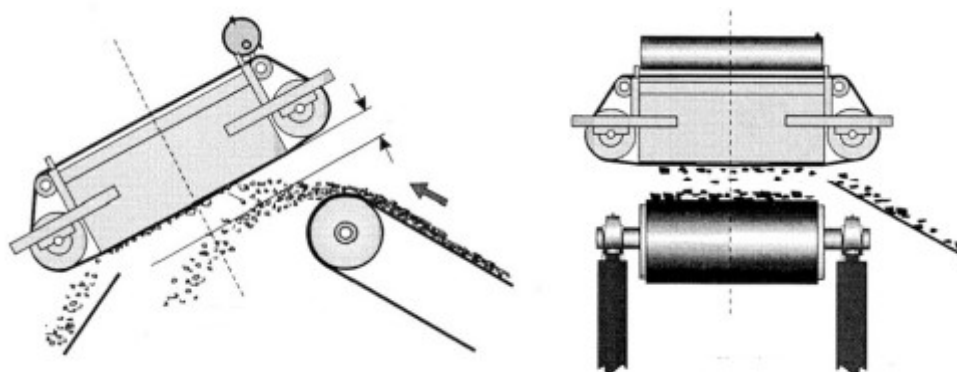
KUVA 15. Kaulattoman rungon magneetin kiinnitys

Kiinnitysratkaisut eivät ole identtisiä saman runkotyyppin koneissa. Ketjujen ja tukitankojen kiinnityskohdat vaihtelevat joka mallissa. Tällä hetkellä käytössä on yli kymmenen erilaista kiinnitysratkaisua.

5.4 Metallinerotin

Mobiilimurskauksessa käytettävä metallinerotin on rakenteeltaan kuin lyhyt kuljettin, jonka sisälle on asennettu kesto- tai sähkömagneetti. Metallinerottimen toiminta perustuu vahvaan magneettikenttään, minkä avulla metallit poistetaan kuljettimella liikkuvasta materiaalista. Tyypillisesti erotin roikkuu kuljettimen päällä ja nappaa siinä kulkevat metallit murskaimen jälkeen.

Ihanteellinen sijainti ripustettavalle magneetille on kuljettimen kanssa samassa linjassa vetopyörän jälkeen, jolloin magneetti nappaa metallit heittokaaresta. Tämä takaa parhaimman erottelutehokkuuden, koska metallit eivät ole hautautuneet materiaalin alle. Toinen vaihtoehto on sijoittaa magneetti poikittain kuljettimen päälle. Poikittain asennetun magneetin täytyy olla tehokkaampi, jotta saavutetaan sama erottelukyky kuin linjassa olevalla magneetilla, koska metallit ovat voineet hautautua materiaalin alle (kuva 16). (Helmich n.d., 2.)



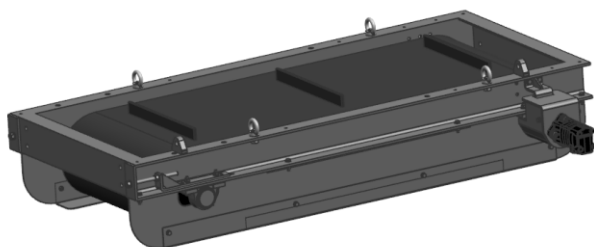
KUVA 16. Metallierottimen mahdolliset asennukset, linjassa ja poikittain (Helmich n.d.,2)

Metallinerottimissa on eroja magneettikentän voimakkuudessa ja profiilissa. Erottimien voimakkuuksia vertaillaan voimatiheyden avulla. Voimatiheys kuvaa magneetin vetovoimaa per tilavuus. Profiililla tarkoitetaan magneettielementin napojen määrä ja magneettikentän mahdollisia eri suuntia. Sopivan erottimen valintaan vaikuttaa seuraavat asiat: sovellus, missä erotinta käytetään, materiaalin ominaisuudet, minkä seasta metallia erotellaan, erotettavan metallin ominaisuudet sekä kuljettimen ominaisuudet, kuten leveys, nopeus ja kourutuskulma. (Eriez n.d.)

5.5 Pohjatiedot sekä kehityksen syyt

Nykyinen erotin on jäänyt jälkeen kehityksestä niin fyysisiltä mitoiltaan kuin muotoilultaan (kuva 18). Käytössä olevat magneetit ovat liian paksuja toimimaan noston kanssa. Kuljettimen ja Lokotrackin rungon välissä ei ole tarpeeksi tilaa.

Nykyinen käytössä oleva erotin on kestromagneettityyppinen. Tällä hetkellä käytössä on neljää erikokoista erotinta. Käytössä olevien erottimien erot ovat korkeus- ja pituussuunnassa. Kuljettimen käyttö voi olla sähkö- tai hydrauliiikkamoottorilla toimiva riippuen Lokotrackin mallista.



KUVA 18. Yksi käytössä olevista erotinmalleista

Nykyisen erottimen ainoa negatiivinen puoli ei ole sen koko, vaan myös itse magneettikentän profiili. Erottimen poimiessa metallikappaleen materiaalin joukosta kappale voi jäädä pystyyn ja viiltää pääkuljettimen maton rikki.

Uusi erotin, jolle nostomekanismia alettiin suunnitella, valikoitui mahdolliseksi vaihtoehdoksi erotinvalmistajan suositusten mukaan. Valittu erotin on uudentyypinen tuote, jollaisesta ei ole aikaisempaa kokemusta. Uudenmallisen erottimen voimatiheyden pitäisi olla parempi ja erottimen magneettikentän profiilin pitäisi kääntää kappaleet poikittain erottimen kuljetinta vasten, jolloin kuljettimen maton rikkoutumisen riski pienenee merkittävästi.

6 SUUNNITTELU

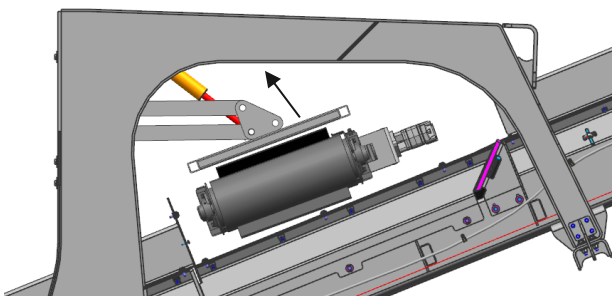
Kiinnitysmekanismin suunnittelu aloitettiin määrittelemällä erottimen toivottu liikerata. Työssä lähdettiin liikkeelle siitä, että erotin pystytään laskemaan sellaisen etäisyyden päähän, jossa sitä pystytään käyttämään ilman, että erottimen kuljettimen rivat osuisivat kuljettimen runkoon ja siten, että erotin voidaan nostaa kuljettimen pölykannen yläpuolelle.

6.1 Hahmottelu

Hahmotteluvaiheessa suunniteltiin muutama kiinnitysratkaisuvaihtoehto. Suunnittelussa käytettiin LT1213-runkoa, sillä siinä on suurin tarve saada uusi erotin ja kiinnitysratkaisu käyttöön. Mahdollisia kiinnitysratkaisuja suunniteltiin muutama erilainen vaihtoehto, joista valittiin kehityskelpoisin.

6.1.1 Hahmotelma 1

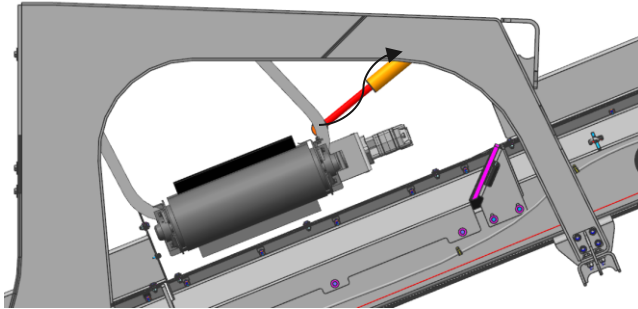
Ensimmäisessä hahmotelmassa erotin on kiinnitetty erillisen apurungon avulla varsistoon (kuva 19). Varsiston tehtävä on ohjata erottimen liikerataa, jotta erotin liikkuu kohtisuoraan kuljettimen suhteen. Pääidea toteutukseen oli se, että nostovarsien ja sylinterin kiinnityspisteet olisivat lähekkäin toisiaan, jolloin varret voitaisiin kiinnittää samaan korvakkeeseen ja näin yksinkertaistaa rakennetta. Varsiston hyötynä olisi myös, että pienellä sylinterin iskulla saataisiin aikaan iso liike. Varsiston heikkouksia olisi monimutkainen rakenne, joka toisi valmistuskuluja sekä apurungon ja erottimen välinen etäisyys. Apurungon ja erottimen väliin voisi jäädä kivi taikka metalli jumiin, kuitenkin suunnittelussa päädyttiin siihen, että mahdollisimman pieni väli on parempi kuin muutaman sadan millin rako.



KUVA 19. Hahmotelma 1

6.1.2 Hahmotelma 2

Toisessa hahmotelmassa erotin on kiinnitetty neljällä varrella erottimen rungossa oleviin korvakkeisiin (kuva 20). Varsien sijoittelu on tehty niin, että erottimen noustessa ylös se liikkuu samalla eteenpäin. Toisin kuin ensimmäisessä hahmotelmassa varsien kiinnityspisteet ovat kaukana toisistaan ja jokaiselle varrelle täytyisi suunnitella oma kannake runkoon.

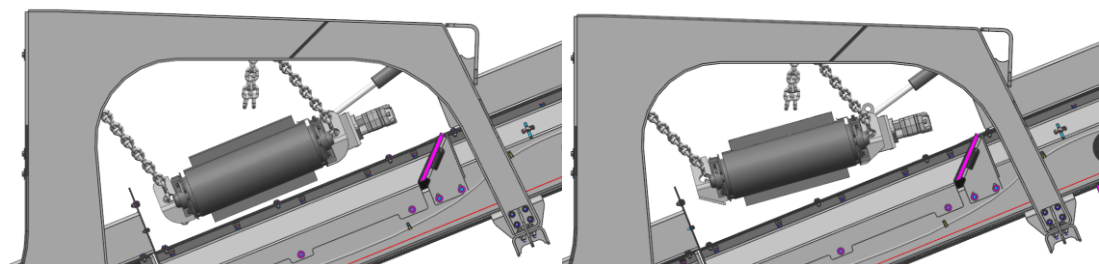


KUVA 20. Hahmotelma 2

Hahmotelmaa kaksi pidettiin hyvänä ja toimivana ratkaisuna, mutta Lokotrackien runkojen erilaisuuden vuoksi kiinnitysvarsia ja niiden korvakkeita pitäisi suunnitella monia erilaisia, mikä monimutkaistaisi rakenteita.

6.1.3 Hahmotelma 3

Kolmannessa hahmotelmassa lähtökohtana käytetään nykyisen kaltaista ketjukiinnitystä (kuva 21), muuten ratkaisu on hahmotelman kaksi kaltainen. Ketjuratkaisun etuja ovat yksinkertainen rakenne ja helppo asennuskorkeudensäätö. Lenkkejä siirtämällä erottimen kulmaa ja korkeutta pystytään säätämään ja ketjujen avulla saman erottimen saa sopimaan muihin Lokotrackeihin helpommin kuin kiinteillä varsilla.



KUVA 21. Hahmotelma 3 ja erottimen asennonsäätö ketjuilla

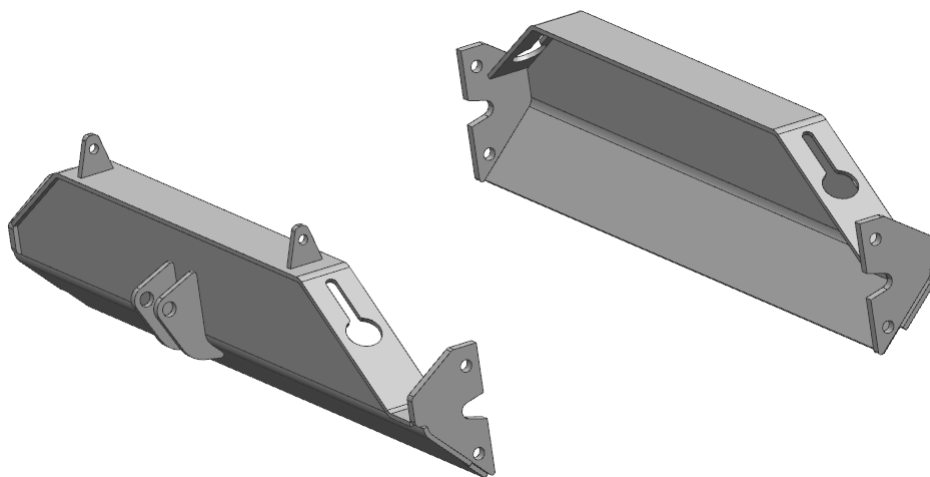
6.2 Kehitys

Hahmotelmien vertailun päätteeksi kiinnostavammaksi jatkokehityskohteeksi valikoitui hahmotelman kolme ratkaisu, jossa erotin kiinnitetään ketjuilla Lokotrackin runkoon. Hahmotelman kolme suurimmat edut ovat helppo mahdollisuus asennuskorkeuden säätöön ja todella yksinkertainen rakenne.

Työssä suunnitellaan apurunko erottimelle, tukikehikko heilunnan vakauttamiseen ja korvakkeet Lokotrackiin, joilla ketjut ja sylinteri kiinnitetään. Apurunko ja tukikehikko kasataan hitsaamalla ja kiinnitetään erottimeen pulttiliitoksilla. Lokotrackiin kiinnitettävät korvakkeet liitetään hitsaamalla.

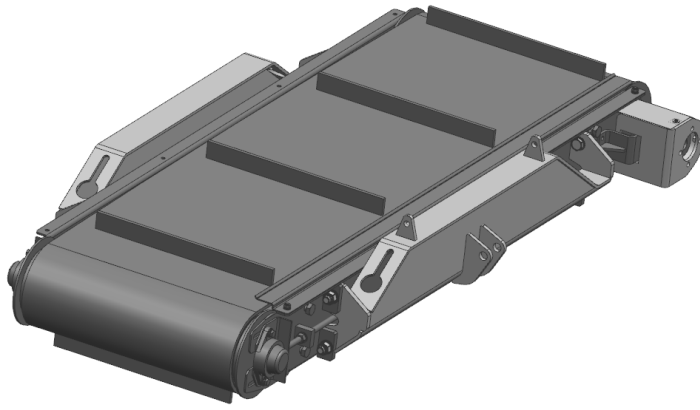
6.2.1 Apurunko

Apurunko koostuu kahdesta erillisestä kotelosta (kuva 22), mitkä ovat toistensa peilikuvia. Kotelot koostuvat kylkilevystä, ylälevystä ja kahdesta pätylevystä. Toiseen koteloon kiinnitetään sylinterin ja tukikehikon kiinnityskorvakkeet.



KUVA 22. Apurunko

Pätylevyihin täytyy tehdä lovi, jotta erottimen kuljetinhihnan kiristimen kierretangot mahtuvat liikkumaan (kuva 23). Ylälevyn molemmissa päissä on avaimenreiän muotoiset aukot, joista erotin tullaan kiinnittämään Lokotrackiin. Kylkilevy on muotoiltu hieman viistoksi. Viiston reunan tarkoituksena on ohjata pääkuljettimella liikkuva tavara erottimen alle ja näin estää mahdollinen tavaran kasaantuminen erottimen kylkeen.

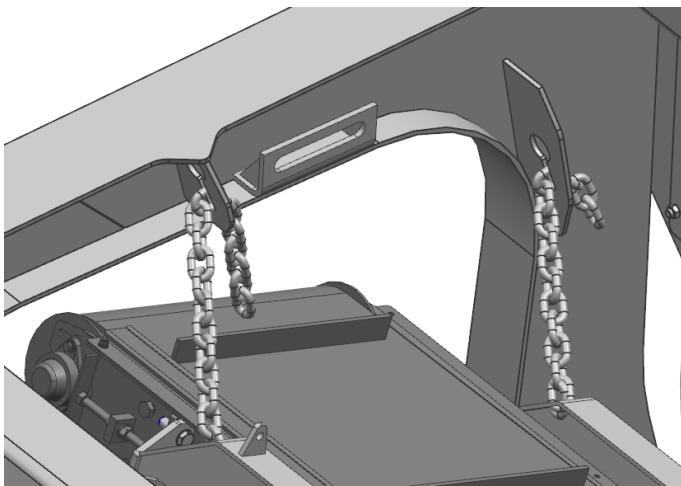


KUVA 23. Apurunko kiinnitettynä erottimeen

6.2.2 Kannakkeet

Runkoon kiinnitetään molemmin puolin kolme kannaketta (kuva 24), joista kaksi on ketjuja varten ja pitkähahloinen kannake on tukikehikon kiinnike. Kannakkeisiin oletetaan kohdistuvan huomattavia kuormituksia, joita tarkastellaan lujuustarkastelussa FEM-ohjelmistolla.

Ketjut kiinnitetään kannakkeisiin pujottamalla ketjun lenkki avaimenreikäaukkoon kiinni, joten kannakkeen toisella puolella pitää olla aina vähintään yksi lenkki, jotta ketju pysyy paikoillaan. Pitkähahloinen kannake kiinnittää heilahtelun estävän tukikehikon runkoon.



KUVA 24. Runkoon kiinnitettävät kannakkeet

6.2.3 Tukikehikko

Ketjuilla kiinnitettynä erottimelle jää vapausasteita. Vapausasteet mahdollistavat erottimen holtittoman heilunnan, mikä rasittaa rakenteita. Erottimen holtittoman heilunnan estämiseksi piti suunnitella tukikehikko (kuva 25). Tukikehikon on tarkoitus ottaa vastaan heilahtelut ja lukita erottimen vapausasteet, sillä nostosylinteriä ei haluta rasittaa sivusuuntaisesti. Kehikon yläpää kiinnitetään pitkähahloiseen korvakkeeseen, jolloin kehikko on aina oikeassa asennossa.



KUVA 25. Tukikehikko, jonka tarkoitus on estää holtiton heilunta

6.2.4 Väärinkäyttö

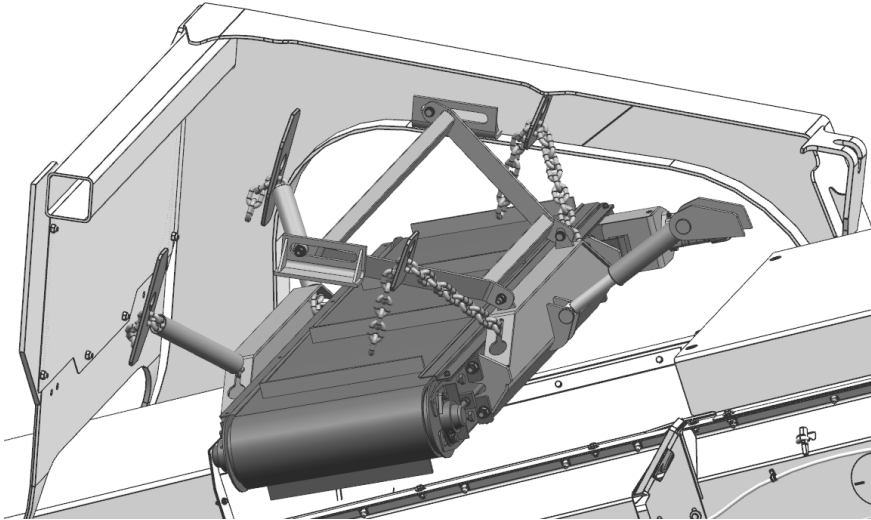
Kehittäessä uudenlaista laitetta on otettava huomioon mahdolliset väärinkäyttötilanteet, mitkä voivat aiheuttaa vaaraa itse laitteelle tai sen käyttäjälle. Mahdollinen väärinkäyttötilanne on, että ketjut säädetään toiselta puolelta liian lyhyiksi, jolloin noston liikerata muuttuu vääränlaiseksi ja on mahdollista, että rakenne vahingoittuu. Väärinkäytön välttämiseksi ketjujen minimipituus pitää pystyä rajoittamaan (kuva 26). Ketjun päälle suunniteltiin asennettavaksi putki, mikä on minimietäisyyden mittainen, jolloin ketjuja ei saa liian lyhyiksi ja mahdollinen väärinkäyttötilanne pystytään estämään.



KUVA 26. Ketjun minimipituuden määräävä putki

7 MITOITUS JA LUJUUSTARKASTELU

Lujuustarkastelu tehdään kehitysversion pohjalta (kuva 27). Tarkastelussa havaitut riskikohdat muutetaan lopulliseen nostomekanismiin.



KUVA 27. Kehitysvaiheen kiinnitysratkaisu LT1213 rungossa

7.1 Hydraulikkakomponenttien mitoitus

Hydraulikkakomponenttien tulisi olla sopivia järjestelmään ilman, että virtausta tarvitsee kuristaa, koska se heikentäisi hyötysuhdetta ja jokainen polttoainelitra on käytettävä tehokkaasti.

7.1.1 Kuljettimen hydraulikkamoottori

Hydraulimoottori tuottaa pyörimisliikettä hydraulisesta tehosta. Hydraulikkamoottoreita on rakenteeltaan useita erilaisia, kuten mäntä- ja hammaspyörämoottoreita. Tässä työssä käsitellään sisäryntöistä hammaspyörämoottoria. Hammaspyörämoottori toimii hampaiden väliin jäävän tilavuuden vaihtelulla. Hampaiden väliin jäävä tilavuus muuttuu hammaspyörien pyöriessä. (Metropolia 2011.)

Erottimen rakenne on ohuempi verrattuna nykyisin käytössä oleviin erottimiin, joten uuden erottimen kuljettimen hydraulikkamoottorin kierrostilavuus pitää mitoittaa. Kuljettimen hydraulikkamoottorin mitoitukseen vaikuttaa kuljettimen vektorummun halkaisija, öljyn virtausnopeus ja haluttu kuljettimen nopeus. Moottorin pyörimisnopeus n voidaan laskea kehänopeuden ja vektorummun halkaisijan avulla (kaava 1).

$$n = \frac{v_{kehä}}{\pi \cdot d} \quad (1)$$

Jossa $v_{kehä}$ on kuljettimen hinnan nopeus ja d on vektorummun halkaisija. Kun tarvittava moottorin pyörimisnopeus on selvillä, sen jälkeen voidaan tarvittava moottorin kierrostilavuus laskea järjestelmän tilavuusvirran ja moottorin kierrosnopeuden avulla (kaava 2).

$$V_k = \frac{q_v \cdot \eta_v}{n} \quad (2)$$

Jossa q_v on järjestelmän tilavuusvirta ja η_v on volumetrinen hyötysuhde. Volumetrisellä hyötysuhteella otetaan huomioon moottorin sisäiset vuodot. Öljyn virtausnopeus on Lokotrack-mallista riippuva ja öljynvirtausnopeudet löytyvät koneiden hydraulikkakaavioista. Öljynvirtausnopeuksissa ei kuitenkaan ole suuria eroja. Hydraulikkamoottorin mitoitukseen käytetyt arvot ja tulokset löytyvät liitteestä 1.

7.1.2 Hydraulikkasyylinteri

Hydraulikkasyylinteri muuntaa hydraulisen tehon mekaaniseksi liikkeeksi. Hydraulikkasyylinteriä on kahdenlaisia: yksitoimisia ja kaksitoimisia. Yksinkertaistettuna hydraulikkasyylinteri koostuu männästä, varresta ja sylinteriputkesta. Hydraulikkasyylinterin voiman synnyttää paineistettu neste, mikä vaikuttaa männän pinta-alaan. Sylinterin tuottama voima F lasketaan pinta-alaan ja paineen avulla (kaava 3). (Metropolia 2011.)

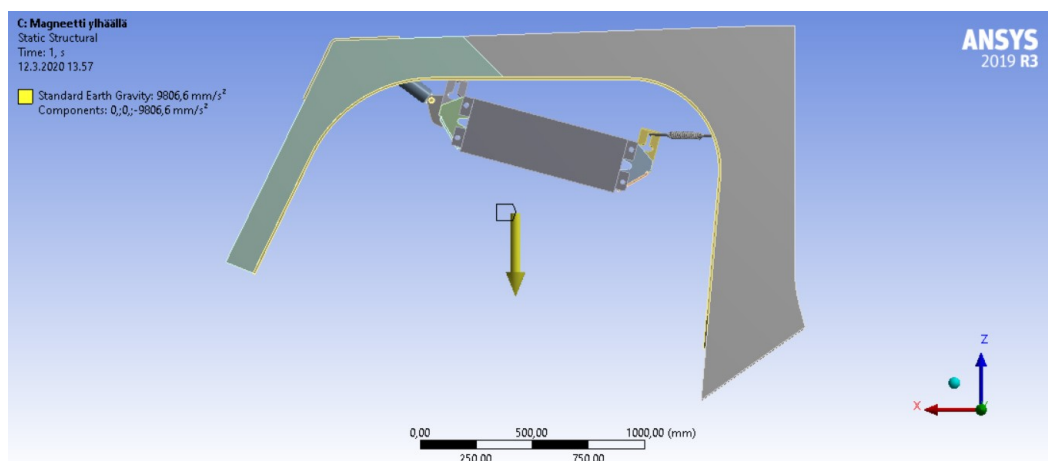
$$F = Ap \quad (3)$$

Jossa A on männän pinta-ala ja p on paine. On kuitenkin otettava huomioon, että vaikuttava paine riippuu mäntään kohdistuvasta voimasta eli paineen ja pinta-alan synnyttämä voima on yhtä suuri kuin kuormituksen voima.

Suunnittelussa mekanismeissa sylinteri tekee työtä veto suuntaan, joten männän pinta-alasta tarvitsee vähentää sylinterivarren pinta-ala. Sylinterin tuottama voima vetosuuntaan lasketaan männän ja varren halkaisijoiden erotuksen avulla (kaava 4).

$$F_v = \frac{p\pi(d_1^2 - d_2^2)\eta_m}{4} \quad (4)$$

Jossa d_1 on männän halkaisija, d_2 on varrenhalkaisija ja η_m on mekaaninen hyötysuhde. Mekaanisella hyötysuhteella otetaan huomioon sylinterin kitkan vaikutus. Hydrauliikkasylinteriltä vaadittu voima selvitettiin hyödyntämällä Ansys-ohjelmistoa. Sylinteriltä vaadittu voima selvitettiin tarkastelemalla sylinteriin kohdistuvaa voimaa magneetin ollessa ylä- ja ala-asennossa (kuva 28). Sylinterin voiman pitää olla suurempi kuin taakan kannatteluun tarvittava voima, jotta sylinteri jaksaa nostaa magneetin ylös. Vaaditun voiman avulla pystyttiin mitoittamaan sylinteri käyttämällä kaavaa 4. Laskentaan käytetyt arvot ja tulokset löytyvät liitteestä 2. Sylinterille ei suoritettu nurjahdustarkastelua, koska sylinteri ei joudu puristukseen normaaleissa käyttötilanteissa.



KUVA 28. Sylinterin voimatarpeen määrittäminen

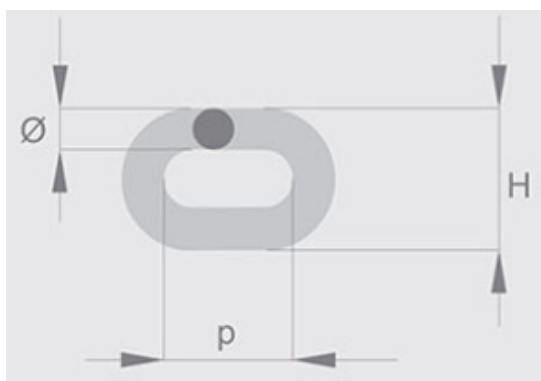
7.2 Teräsrakenteen lujoustarkastelu

Lujoustarkastelun tarkoituksena ei ole optimoida rakenteen ainevahvuuksia tai rakenteen hintaa. Tarkastelun tarkoituksena on saada laskennallinen varmuus rakenteiden kestävyydelle. Kaikki suunnitellut levyosat ovat materiaaliltaan S355 terästä. Rakenteen optimointi voidaan tehdä tarvittaessa jatkokehitysvaiheessa, ennen nostoratkaisun käyttöönottoa tuotannossa.

Laskennassa rakennetta kuormitettiin staattisesti ja dynaamisesti. Staattisessa tilanteessa rakennetta kuormitettiin pelkästään painovoimalla. Tarkoituksena oli varmistaa, että rakenne kestää oman painonsa. Dynaamisessa kuormituksessa tilanne on, että Lokotrack pyöri paikallaan telojen keskipisteen ympäri, jolloin pystytään tarkastelemaan erottimen heilahtelun estävän tukikehikon kestävyttä. Tarkastelut suoritettiin sylinterin ollessa täydessä iskussa ja täysin sisällä.

7.2.1 Ketju

Ketjuilla kannateltavan kuorman yhteispaino on noin 1400 kg ja lujoustarkastelun tilanteiden perusteella yhteen ketjuun kohdistuva suurin voima voi olla maksimissaan 5500 N. Nykyisissä ratkaisuisa käytetään lyhythahloista DIN-766 mitoituksella olevaa ketjua. Ketjun mitat ovat 16x45x54 (Øxpxh) (kuva 29) ja sen työkuorma on 30 kN ja murtolujuus 118 kN. Käytössä oleva ketju on sopivaa myös uuden erottimen kiinnityksessä käytettäväksi, sillä ketjun sallittu työkuorma on monin kerroin suurempi, kuin millä ketjua tullaan kuormittamaan ja ketjun hinta ei ole merkittävässä osassa ratkaisun kuluja.

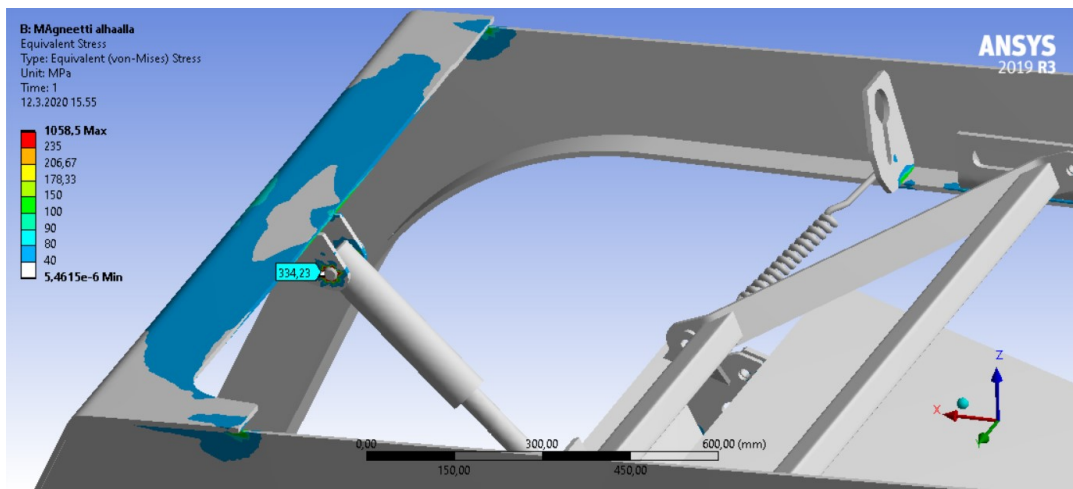


KUVA 29. Ketjun mitat (Euroket n.d.)

7.2.2 Staattinen tarkastelu

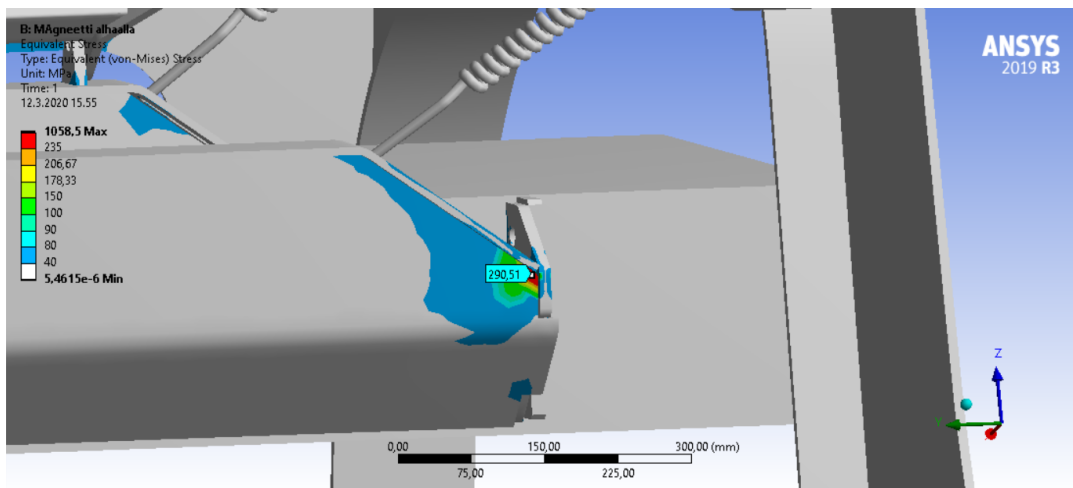
Staattisessa tarkastelussa jännitysraja on 235MPa, joka tarkoittaa S355 teräkselle 1.5 varmuutta. Staattinen tarkastelu tehtiin kahdessa eri tilanteessa magneetin ollessa ylä- ja ala-asennossa.

Tarkastellaan ensin tapausta, jossa magneetti on ala-asennossa. Tarkastelusta huomataan, että jännitysraja ylitetään kahdessa kohdassa. Maksimijännitys 334 MPa esiintyy sylinterinkorvakkeessa (kuva 30).



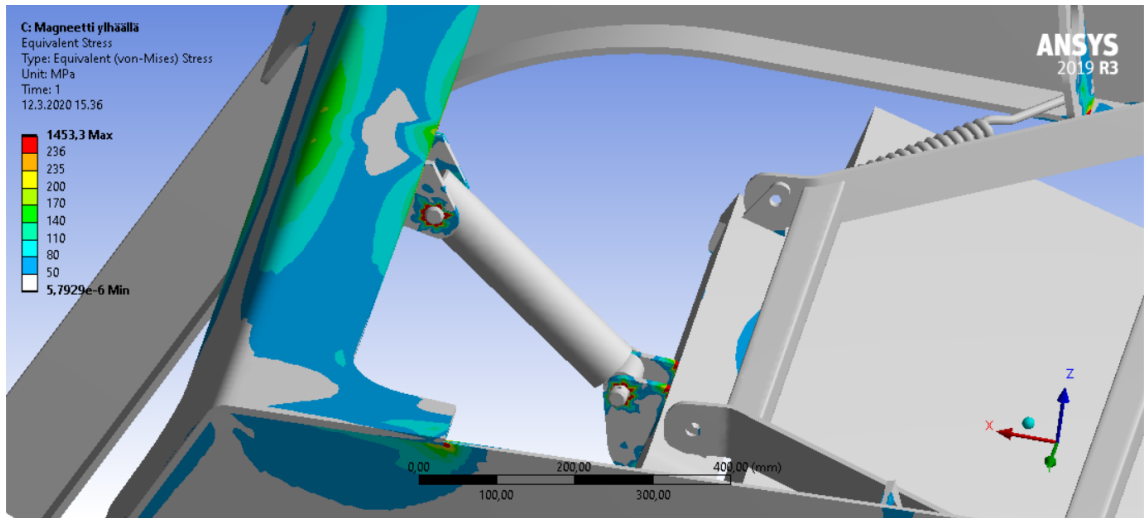
KUVA 30. Sylinterinkorvakkeen jännitykset ala-asennossa

Toinen kohta, missä jännitys ylittää sallitun rajan on erottimen kannakkeen kylkilevy. Kylkilevyn korkein jännitys on 290 MPa (kuva 31). Levyssä on terävä kulma, mikä saattaa selittää jännityskeskittymän.



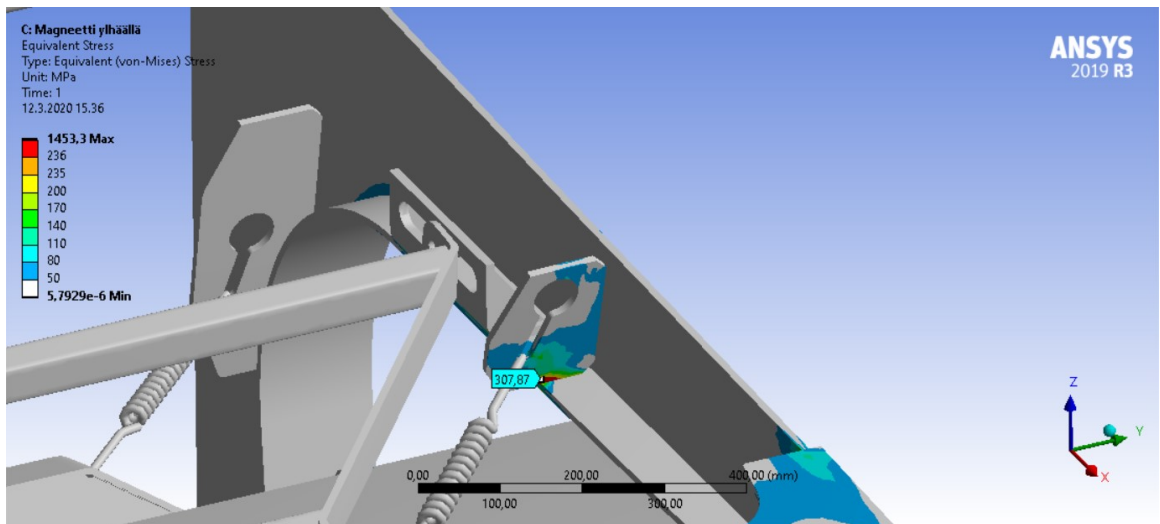
KUVA 31. Sivulevyn jännitykset ala-asennossa

Ala-asennon jännitykset keskittymät selvitettyä tarkasteltiin yläasennon jännityksiä. Kuten oletettiin edellisen tarkastelun perusteella, niin maksimijännitys oli sylinterinkorvakkeissa myös yläasennossa (kuva 32).



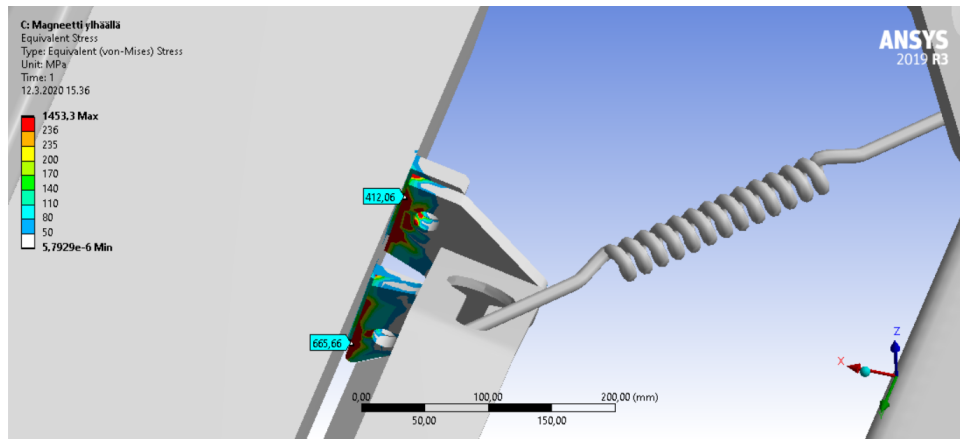
KUVA 32. Sylinterinkorvakkeen jännitykset yläasennossa

Jännitysraja ylittyi myös etummaisien ketjujen kannakkeissa (kuva 33) ja apurungon päätylevyissä (kuva 34). Ketjun kannakkeen jännityshuippu syntyy kannakkeen ja rungon risteyskohtaan. Ketjukannakkeen suurin jännitys on 307 MPa.



KUVA 33. Ketjun kannakkeen jännitykset yläasennossa

Päätylevyissä jännityshuippu on 665 MPa esiintyy reiän ja levynreunan alueella.



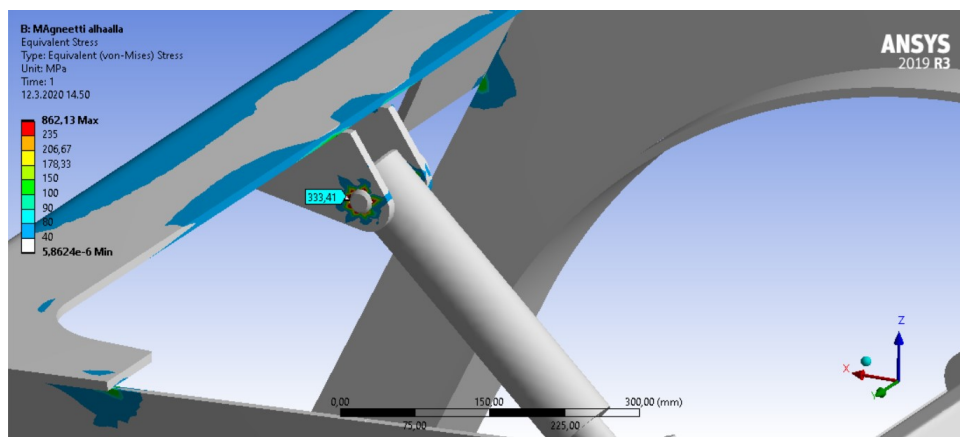
KUVA 34. Kannakepalkin liitoslevyjen jännitykset yläasennossa

Staattisen tarkastelun perusteella rakenteessa on muutama uudelleensuunnittelua vaativa kohta, jotta päästään alle jännitysrajan ja saavutetaan 1.5 varmuus.

7.2.3 Dynaaminen tarkastelu

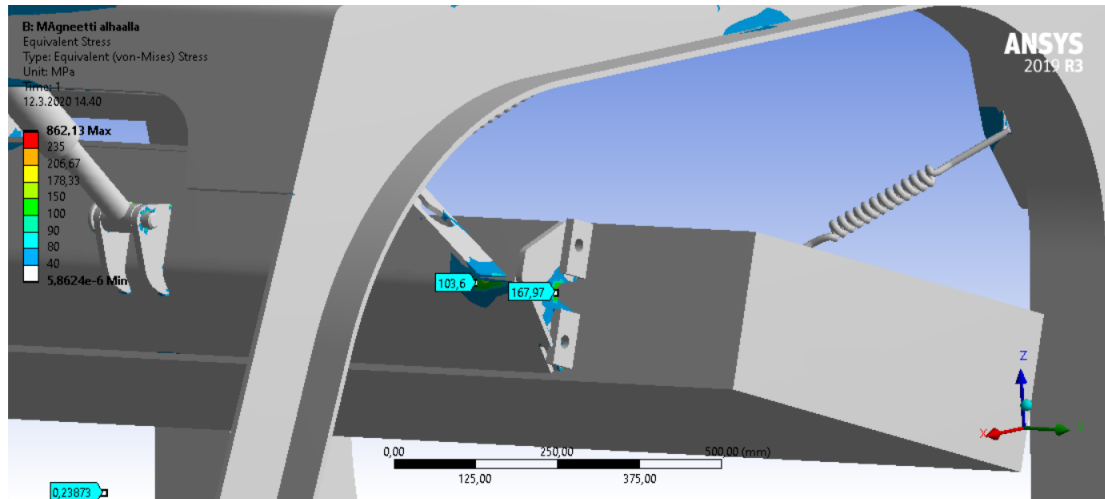
Dynaamisessa tarkastelussa jännitysraja on 80 MPa. Dynaaminen tarkastelu tehtiin staattisen tilanteen tavoin magneetin ollessa ylä- ja ala-asennossa. Dynaamisessa tilanteessa tarkasteltiin tilannetta, jossa Lokotrack kääntyy paikoillaan 0.5 rad/s^2 kulmakiihtyvyydellä.

Tarkastellaan ensin magneettia ala-asennossa. Tarkastelusta huomataan, että jännitysraja ylitetään useammassa kohdassa. Maksimijännitys on jälleen sylinterin korvakkeissa. Sylinterikorvakkeen maksimijännitys on 333 MPa (kuva 35).



KUVA 35. Sylinterinkorvakkeen jännitykset ala-asennossa

Jännitysrajan ylittäviä jännityksiä esiintyy myös apurungon kylki- ja päätylevyissä. Kylkilevyn jännitys on kulman pyörityksessä ja päätylevyn kierretangon väis- tössä. Kylkilevyn jännitys on 103 MPa ja päätylevyn jännitys on 168 MPa (kuva 36).

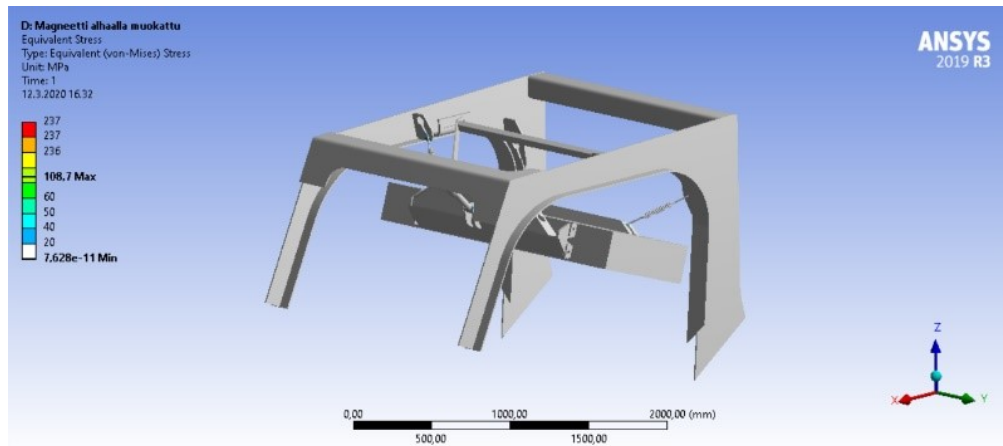


KUVA 36. Jännitysrajan ylittävät kohdat erottimen ollessa alhaalla

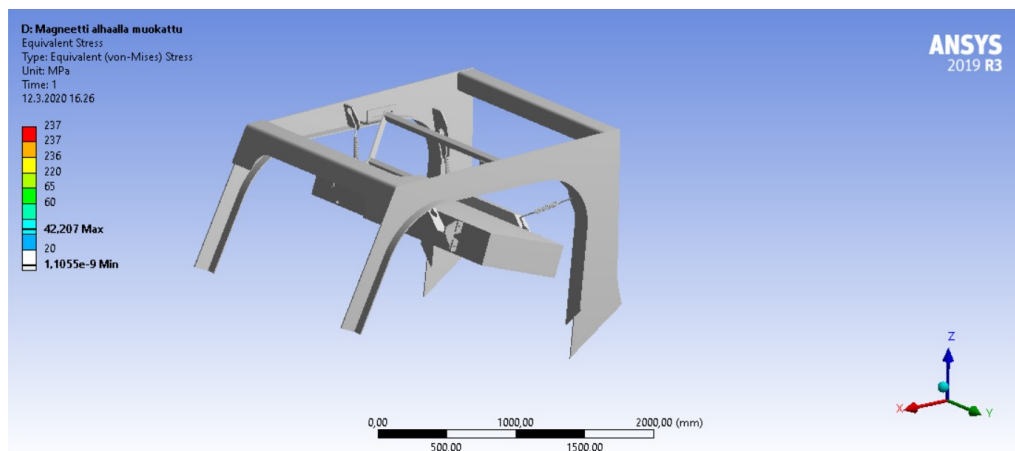
Yläasennon tarkastelussa huomataan, että jännitykset pysyvät sallituissa rajoissa. Tukikehikko, jonka tarkoitus on estää erottimen holtiton liike ei joutunut tarkasteluissa koville jännitysten puolesta missään tilanteessa. Koko rakennetta muokataan lujuustarkastelun tulosten perusteella.

7.2.4 Parannellun kiinnityksen tarkistaminen

Lujuustarkastelun perusteella nostomekanismia muokattiin ja jännitykset saatiin hyväksyttävälle tasolle (kuva 37 ja kuva 38). Jännitysten pienentäminen ei vaatinut suuria muutoksia kehitysversioon verrattuna. Jännityksiä saatiin vähennettyä muotoilemalla rakenteita ja lisäämällä materiaalia sinne missä sitä tarvittiin, kuten sylinterinkorvakkeiden reikien ympärille.

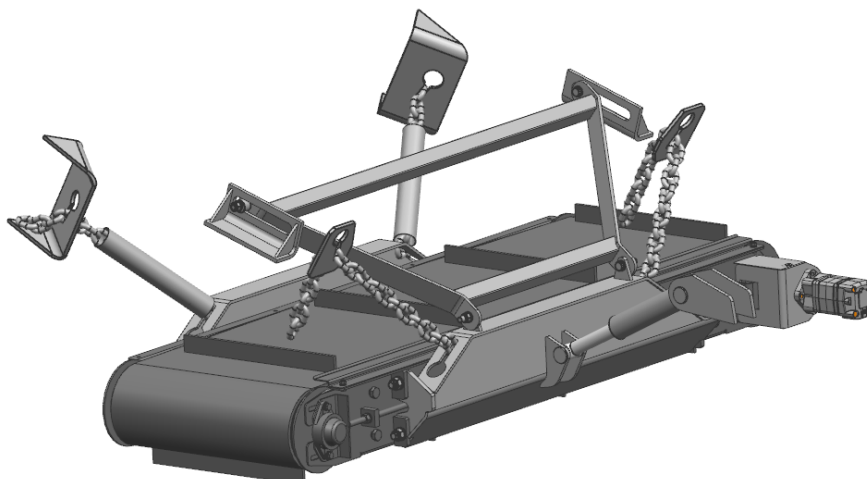


KUVA 37. Staattinen uudelleentarkastelu



KUVA 38. Dynaaminen uudelleentarkastelu

Rakenteeseen tehtiin toinenkin muutos. Takakorvakkeita muokattiin kääntämällä niitä hiukan sivuttain, jolloin takaketjujen linja on suurempi ja ketjut eivät joutuisi huonoon asentoon (kuva 39).



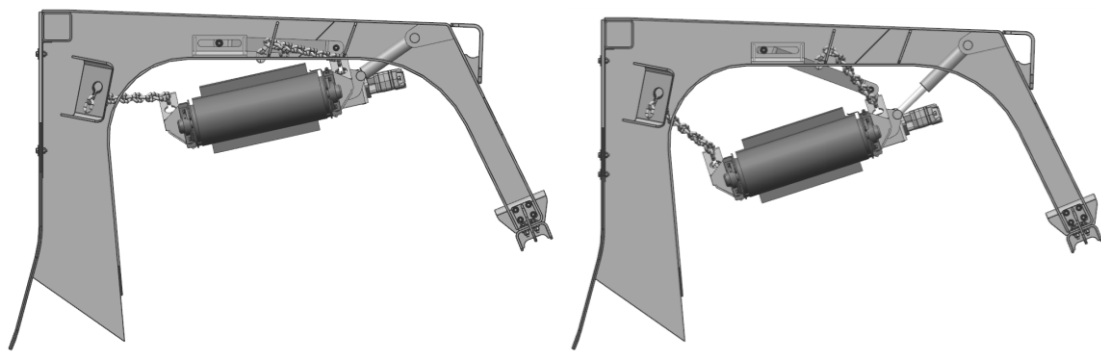
KUVA 39. Kehitysvaiheen jälkeinen rakenne

8 LOPPUTULOS

Opinnäytetyössä tehdyn suunnittelu- ja kehitystyön lopputuloksena syntyi korkeussuunnassa säädettävä kiinnitysratkaisu uudenmalliselle metallinerottimelle. Uudessa kiinnitysratkaisussa onnistuttiin parantamaan ja luomaan uusi ominaisuus, jota esimurskainkäyttöön tarkoitetut Lokotrackit ovat tarvinneet. Erottimen nosto on tärkeä ominaisuus etenkin kierrätyskäytössä oleviin murskaimiin, koska se helpottaa tukosten purkamista ja pystyy mahdollisesti ehkäisemään niiden muodostumisen.

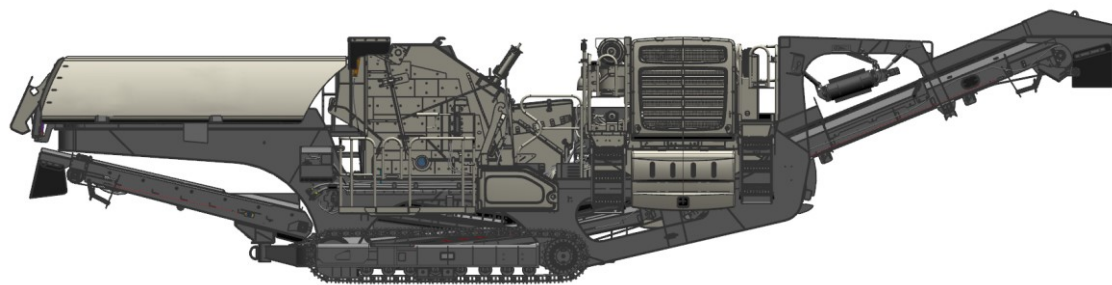
Lokotrackin runkoon ei tarvitse tehdä suuria muutoksia eikä lisäyksiä uutta kiinnitysratkaisua varten. Runkoon tarvitsee lisätä vain sylinterin korvake ja tukikehikon pitkähahloinen kannake. Nykyisten ketjukorvakkeiden paikka vaihtuu hieman.

Suunniteltu geometria mahdollistaa suuren liikkeen lyhyellä sylinterin iskulla (kuva 40). Ketjut, joilla erotin kiinnitetään runkoon mahdollistavat erottimen helpon asennuskulman säädön.



KUVA 40. Erotin ylä- ja ala-asennossa

Työssä kehitettiin ratkaisu ongelmaan hyödyntäen LT1213-koneen runkoa (kuva 41). Kiinnitysratkaisua suunniteltaessa tavoitteena oli, että samaa kiinnitysratkaisua pystyttäisiin hyödyntämään muissakin Lokotrackeissa.



KUVA 41. Työn lopputulos LT1213 koneessa

9 POHDINTA

Opinnäytetyössä suunniteltiin uudentyyppisen metallinerottimen kiinnitysratkaisu Lokotrack tela-alustaisiin murskauslaitoksiin. Uuden kiinnitysratkaisun oli tarkoitus korvata nykyisten kiinnitysratkaisujen rakenne ja täyttää asiakkaiden tarpeet.

Opinnäytetyön hahmottelu-, kehitys- ja mitoitusvaiheiden lopputuloksena syntyi korkeussuunnassa säädettävä nostomekanismi. Lopputuloksen tavoitteena oli olla rakenteeltaan yksinkertainen, kestävä ja moniin eri konemalleihin sopiva. Tavoitteita ei saatu kokonaan täytettyä, sillä koneiden suuret kokoerot ja saman kiinnitysratkaisun käyttäminen useassa tai jopa kaikissa Lokotrack-malleissa toivat haasteita suunnittelulle. Jostakin oli tingittävä, joten päätavoitteeksi muodostui suunnitella kiinnitysratkaisu ja saada se toimimaan ja sopimaan LT1213-mallissa. Rakenne on kuitenkin niin yksinkertainen, että sen muokkaaminen kaikkiin konemalleihin sopivaksi on mahdollista. Suurimman haasteen toi tukikehikko. Jokainen runko on oman levyisensä ja tukikehikon suunnittelemisen kaikkiin koneisiin sopivaksi olisi vaatinut niin moniosaisen kokoonpanon, ettei sitä olisi ollut järkevää valmistaa.

Lopputuloksena suunniteltua rakennetta ei ole tarkoitus valmistaa, ennen kuin uuden erottimen ominaisuudet on testattu. Vasta erottimen käyttötestien ja hyväksi toteamisen jälkeen kiinnitysratkaisun ensimmäinen prototyyppi valmistetaan testausta varten. Tämän jälkeen alkaa mahdollinen jatkokehitys, kuten erottimen ympärille tarvittavien suojien suunnittelu.

LÄHTEET

Agg-Net. 2012. Metso introduce new Lokotrack LT120. Verkkosivusto. Luettu 26.3.2020

<https://www.agg-net.com/news/metso-introduce-new-lokotrack-lt120>

Agg-Net. 2014. Metso introduce the Nordberg NP15 impact crusher. Verkkosivusto. Luettu 26.3.2020

<https://www.agg-net.com/news/metso-introduce-the-nordberg-np15-impact-crusher>

Eriez. n.d. Suspended Permanent Magnets. PDF-dokumentti. Luettu 20.1.2020.

<https://www.kouvo.fi/sites/default/files/SB%20300%20UK5%20CP%20BOP%20BTP%20Magnets%20ENGLISH.pdf>

Euroket. n.d. Kettingit. Verkkosivusto. Luettu 17.3.2020.

<https://www.euroket.fi/kettingit-2/>

Helmich, T. n.d. The True Value of Magnetic Separators and Metal Detector in Bulk Handling. PDF-dokumentti. Luettu 31.1.2020.

https://www.eriez.eu/Documents/White-Papers/TheTrueValueofMagneticSeparatorsandMetalDetectors_BulkHandling.pdf

Malinen, J., Sulsström, H., Palomaa, A & STT. 2019. Metso jakautuu kahtia, Metso Minerals ja Outotec yhdistyvät – Toimitusjohtaja Vauramo: Aivan varmasti henkilöstövaikutuksia tulee. Uutinen. Luettu 22.02.2020. <https://yle.fi/uutiset/3-10861434>

Metso. 2011. Crushing and Screening Handbook, fifth edition. Käsikirja. Luettu 24.3.2020.

Metropolia. 2011. Hydrauliiikka. Verkkosivusto. Luettu 10.3.2020.

<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Hydrauliiikka>

Metso. 2014. Crushing and Screening Handbook. Käsikirja. Luettu 12.1.2020

<https://www.metso.com/siteassets/industry-pages/mining-industry-pages/comminution/crushing/metso-crushing-and-screening-handbook.pdf>

Metso. 2018a. Basics in Mineral Process. Käsikirja. Luettu 17.1.2020.

<https://www.metso.com/contentassets/0efc5d1a7c5a4357baecc5e990dc1fe7/basics-in-mineral-processing-handbook-18-lr.pdf>

Metso. 2018b. Uusi, nopea tela-alustaisten murskauslaitosten kokoonpanolinja käynnistyy Metson Tampereen tehtaalla. Lehdistöiedoite. Luettu 22.02.2020.

<https://www.metso.com/fi/uutiset/2018/1/uusi-nopea-tela-alustaisten-murskauslaitosten-kokoonpanolinja-kaynnistyy-metson-tampereen-tehtaalla/>

Metso. 2020a. Liiketoimintakatsaus 2019. Luettu 15.3.2020.

https://www.metso.com/siteassets/documents/2019/liiketoimintakatsaus_2019.pdf

Metso. 2020b. Tampereen toimintojen yleiskatsaus 2020. Julkaisematon. Metso
Metso. n.d.a Leukamurskaimet. Verkkosivu. Luettu 11.1.2020.
<https://www.metso.com/fi/tuotteet/murskaimet/leukamurskaimet/>

Metso. n.d.b, Kuvat. Verkkosivusto. Katsottu 25.3.2020
<https://www.metso.com/fi/>

Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S. & Öistämö, J. 2015. Tekniikan kaavasto.
15 painos. Tampere: Tammertekniikka/ Amk-kustannus Oy.

News. 2020. Metso LT120 LT4MX ST4 10. Verkkosivu. Luettu 26.3.2020.
<https://news.cision.com/metso-corporation/i/metso-lt120-lt4mx-st4-10,c2758478>

Nuora, M. Engineering Manager. 2020. Haastattelu 13.1.2020. Haastattelija
Ansio, T.

Paalumäki, P., Lappalainen, L. & Hakapää, A. 2015. Kaivos- ja louhintatekniikka.
Tampere: Juvenes Print Oy.