



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

NOSTOTYÖKALUTUTKIMUS METSO NORDBERG GP -SARJAN ULOMMILLE MURSKAUSKARTIOILLE

Sami Kuusinen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Konetekniikka
Tuotekehitys



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotekehitys

KUUSINEN, SAMI:

Nostotyökalututkimus Metso Nordberg GP -sarjan ulommille murskauskartioille

Opinnäytetyö 61 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2018

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä nostotyökalututkimus Metso Nordberg GP karamurskainten ulommille murskauskartioille. Tehtävänä oli valmistaa ja vertailla erilaisia nostotyökaluvaihtoehtoja sekä käsitellä niiden hyviä ja huonoja ominaisuuksia, minkä jälkeen voitaisiin suositella parhaimmiksi valittuja nostotyökaluja tilaajan käyttöön.

Opinnäytetyön lopputuloksena tuotettiin kaksi erilaista nostotyökalumallia, joista toista käytetään ulompien murskauskartioiden yläosien sekä välisosien nostotyökaluna ja toista taasen alaosien nostotyökaluna. Lisäksi molemmille nostotyökalumalleille tehtiin pienempi sekä suurempi versio. Käytettävä versio riippuu siitä, minkä karamurskaimen osia niillä nostetaan, eli tutkimuksen lopputuotteena suositeltiin käyttöönotettavaksi yhteensä neljää nostotyökalua.

Esitellyt nostotyökalut eivät kuitenkaan ole välittömästi käyttövalmiita, vaan vaativat yhä esimerkiksi dokumentaation tekemistä standardien mukaisesti ennen kaupallistamista. Tutkimusta voidaan hyödyntää myös kyseisten nostotyökalujen jatkokehittämistä varten.

Asiasanat: nostotyökalututkimus, nostoapuväline, tuotekehitys, turvallisuus,

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Product Development

KUUSINEN, SAMI:

A Lifting Tool Study for Metso Nordberg GP Series Bowl Liners

Bachelor's thesis 61 pages, appendices 2 pages

April 2018

The aim of this thesis was to produce a lifting tool study for Metso Nordberg GP cone crushers' bowl liners. The objective was to produce and compare different kinds of lifting tools, to analyse their pros and cons, and to recommend the best designs to the client.

As the result of this study, two different lifting tool designs were produced, one of which will be used for intermediate and upper bowl liners and the other one for lower bowl liners. Moreover, two different size options were designed for both designs to allow selection of suitable size in different situations. So, a total of four different lifting tools were recommended to the client.

The recommended designs are not ready for use yet and they still need for example documentation that is made according to standards before they can be put to commercial use. This study can also be used for future development of these lifting tools.

Key words: lifting tool study, lifting accessory, product development, safety

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	METSO OYJ	7
3	NORDBERG GP -KARAMURSKAIN.....	9
	3.1 Nordberg GP -sarjan karamurskaimet	9
	3.2 Toimintaperiaate	10
	3.3 Ulompi murskauskartio.....	11
	3.3.1 Rakenne.....	12
	3.3.2 Asennus	13
	3.3.3 Tarpeellisia taustatietoja.....	19
4	NOSTOTYÖKALUN TAUSTATIEDOT	22
	4.1 Henkilökohtaiset haastattelut	22
	4.2 Säädökset ja määräykset	23
	4.2.1 Työturvallisuuslaki (738/2002).....	24
	4.2.2 Koneasetus (12.6.2008/400).....	25
	4.2.3 Käyttöpäätös (12.6.2008/403).....	26
	4.2.4 Koneturvallisuusstandardit.....	27
5	SUUNNITTELU	28
	5.1 Nostotyökaluvaihtoehtojen mallinnus	28
	5.1.1 Ulomman murskauskartion yläosa.....	28
	5.1.2 Ulomman murskauskartion väliosa.....	32
	5.1.3 Ulomman murskauskartion alaosa	38
	5.2 Suositellut vaihtoehdot	43
	5.3 Nostotyökalujen valmistettavuus	45
	5.3.1 Yläosan ja väliosan nostotyökalu.....	45
	5.3.2 Alaosan nostotyökalu	48
	5.4 Nostotyökalujen riskianalyysi.....	49
	5.4.1 Ulomman murskauskartion yläosan ja väliosan nostotyökalun riskianalyysi.....	52
	5.4.2 Ulomman murskauskartion alaosan nostotyökalun riskianalyysi ..	54
6	POHDINTA.....	56
	LÄHTEET.....	58
	LIITTEET	60
	Liite 1. Ulomman murskauskartion yläosan ja väliosan nostotyökalun riskianalyysi	60
	Liite 2. Ulomman murskauskartion alaosan nostotyökalun riskianalyys	61

LYHENTEET JA TERMIT

deg	aste (eng. degree), °
eng.	englanniksi
kg	kilogramma
LTIF	Lost Time Injury Frequency; tapaturmataajuus. Poissaoloon johtaneita tapaturmia miljoonaa työtuntia kohden.
mm	millimetri

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa informatiivinen nostotyökalututkimus Metso Nordberg GP –sarjan karamurskainten ulompien murskauskartioiden eri osien nostamiseen. Karamurskaimia on yhteensä yhdeksän mallia, joista jokaisessa on lisäksi useampia erilaisia kammiomoduuleja, jolloin ulomman murskauskartion osat ovat hieman erimallisia ja kokoisia riippuen asiakkaan haluamasta lopputuotteesta. Ulompi murskauskartio sisältää moduulista riippuen yhdestä neljään osaa, eli ulomman murskauskartion alaosan, kaksi väliosaa sekä yläosan, mutta kuitenkin aina vähintään alaosan.

Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa erilaisia nostotyökaluvaihtoehtoja ulompien murskauskartioiden osien nostotöihin sekä käsitellä näiden vaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia. Suunniteltavien nostotyökalujen täytyy olla ennen kaikkea turvallisia käyttää nostojen suorittamiseen, mutta myös kustannus- sekä käyttötehokkaita. Ensisijainen tavoite on tuottaa kullekin murskauskartion eri osalle yksi nostotyökalu, joka toimii kaikkien eri koneiden ulomman murskauskartion kyseisen osan nostamiseen, mutta myöskään esimerkiksi konekohtaisiksi suunniteltuja nostotyökaluja ei ole suljettu pois.

Opinnäytetyö on tutkimus, jonka lopputuotteena ei oleteta syntyvän täysin käyttövalmiita nostotyökaluja, vaan tuotetaan sekä käsitellään erilaisia vaihtoehtoja ulomman murskauskartion eri osien nostamiseen, sekä kyseisten erilaisten vaihtoehtojen vahvuuksia ja heikkouksia. Kullekin osalle tullaan esittelemään vain osa syntyneistä vaihtoehtoista opinnäytetyön pituuden rajaamiseksi. Esiteltävät vaihtoehdot valitaan periaatteella, jossa ne eivät olisi liian samankaltaisia toistensa kanssa, jolloin hyvien sekä huonojen ominaisuuksien esiintuominen on helpompaa.

Nostotyökalujen lopullinen tuotantoon saattaminen sekä viimeistely hyödyntävät tässä opinnäytetyössä selvitettyjä tietoja sekä tuotettuja malleja. Nostotyökalun dokumentaation sekä lujuuslaskennan valmistaminen rajataan työn ulkopuolelle ja opinnäytetyön katsotaan loppuvan tilanteeseen, jossa työn tilaajalle esitetään perustellusti paras nostotyökalu ulompien murskauskartioiden eri osien nostoihin.

2 METSO OYJ

Opinnäytetyö tehdään Metso konserniin kuuluvalla Metso Minerals Oy:lle. Metso Oyj toimii yhteensä kuudessa maanosassa ja yli 50 maassa ja työllistää näissä yhteensä yli 11 000 henkilöä. Metson keskeisimmät asiakasteollisuudet ovat kaivosteollisuus, öljy- ja kaasuteollisuus sekä kivenmurskaus, mutta lisäksi Metso palvelee muun muassa kierrätys-, öljy-, massa-, paperi- ja prosessiteollisuuden yrityksiä. Metson tuotevalikoimaan kuuluu kaivos- ja maanrakennusalan laitteita ja järjestelmiä sekä teollisuusventtiilejä ja venttiiliohjaimia. Metso tarjoaa asiakkailleen niin tuotteita, järjestelmiä, projektitoimituksia kuin palveluitakin. (Metso lyhyesti 2018.)

Metson liikevaihtoa voidaan tutkia raportointisegmenteittäin, eli jakamalla se Minerals-raportointisegmenttiin sekä Flow Control-raportointisegmenttiin. Näistä Minerals tuottaa yhteensä 76 % kokonaisliikevaihdosta ja Flow Control –segmentti loput 24 %. Minerals segmentti käsittää seuraavat liiketoiminta-alueet: Mining Equipment, Minerals Services, Minerals Consumables, Aggregates Equipment sekä Recycling. Näiden liiketoimintojen tarkoituksena on tuottaa mineraalienkäsittelyratkaisuja sekä järjestelmiä kaivosasiakkaille ja murskaus- sekä seulontalaitteita taasen kivenmurskausasiakkaille. (Metso Vuosikatsaus 2017.)

Metson liikevaihto vuonna 2017 oli hieman yli 2,7 miljardia euroa ja liikevoittoa kertyi 218 miljoonaa (Tilinpäätöstiedote 2017). Liikevaihdolla mitattuna Metson suurin asiakasteollisuus oli kaivosteollisuus yli 50 % osuudella, kuten nähdään kuvasta 1.



KUVA 1 Metson liikevaihdon jakautuminen asiakasteollisuuksittain (Metso Vuosikatsaus 2017)

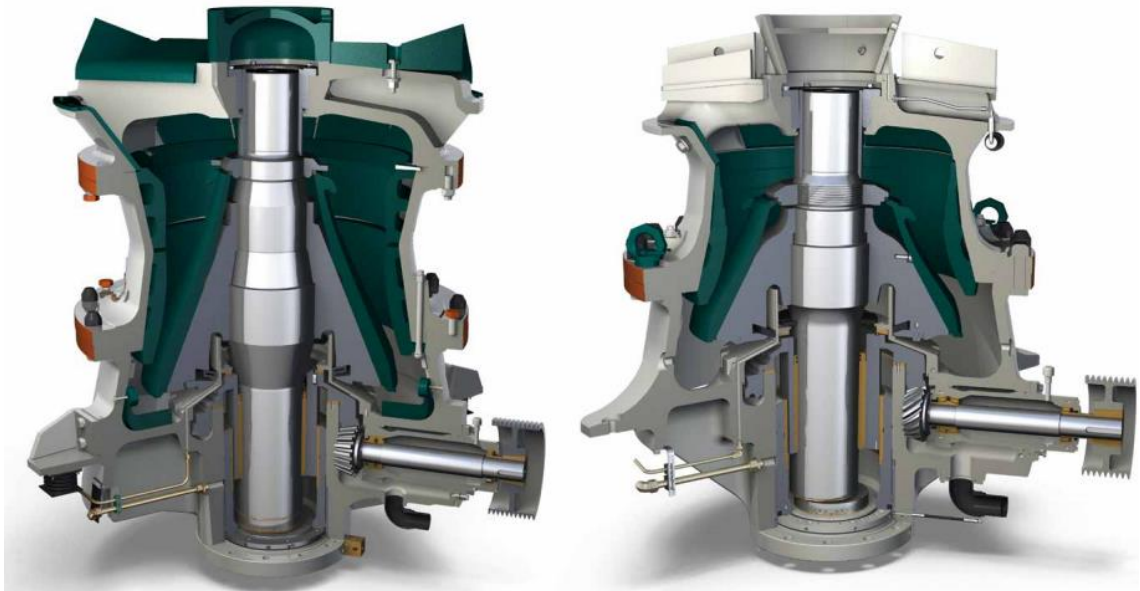
Metsolle turvallisuus on ykkösasia, jonka takia myös tämä opinnäytetyö tulee käsittelemään asioita paljon nimenomaan turvallisuuden näkökulmasta. Metson välitavoitteena on laskea LTIF lukema alle yhden ja lisäksi pitkän aikavälin tavoitteena

on poistaa kaikki työhön liittyvät vahingot. (Terveys, turvallisuus ja ympäristö 2018.)
Vuonna 2017 Metso jäi 0,1 päähän asetetusta tapaturmataajuus turvallisuustavoitteesta
LTIF 2,5, jonka myötä samana vuonna käynnistettiin myös turvallisuusosaamiskoulutus
Metson johtajille. (Metso Vuosikatsaus 2017.)

3 NORDBERG GP -KARAMURSKAIN

3.1 Nordberg GP -sarjan karamurskaimet

Nordberg GP sarjan karamurskaimet voidaan jaotella hienomurskaimiin sekä välimurskaimiin. Hienomurskaimiksi kutsutaan GP100, GP220, GP330 ja GP550 murskaimia ja välimurskaimiksi GP100S, GP200S, GP300S, GP500S ja GP7 karamurskaimia. Välimurskaimen erottaa sen kolmiosaisesta (ylä-, väli- ja alarunko) runkorakenteesta, kun vastaavasti hienomurskaimessa runko koostuu vain ylä- ja alarungosta kuten kuvasta 2 nähdään. (Nordberg GP -sarjan karamurskaimet 2018.)



KUVA 2 Välimurskain (vasemmalla) ja hienomurskain (Metson murskaus ja seulontaratkaisut 2018)

Nimenmukaisesti hienomurskaimille lopputuotteesta saadaan hienompaa kuin välimurskaimella, jonka oletetaan nimenmukaisesti olevan prosessin välivaiheessa, jonka jälkeen välimurskaimesta tulevat lopputuotteet voidaan vielä syöttää esimerkiksi hienomurskaimeseen. On kuitenkin hyvä huomauttaa, että vaikka nimien perusteella prosessi toimisi näin, niin käytännössä sekä väli- että hienomurskainta voidaan käyttää huomattavasti laajemmalla skaalalla, kuten taulukossa 1 on esitetty.

TAULUKKO 1 Kapasiteettivertailu Metson eri karamurskainten välillä (Metson murskaus- ja seulontaratkaisut 2018)

Kapasiteetti	GP1005™	GP2005™	GP3005™	GP5005™	GP7™	GP100™	GP220™	GP330™	GP550™
Suljetun puolen asetus	Kapasiteetti								
6 mm						35-50			
8 mm						40-65	70-90	105-145	
10 mm						45-73	80-130	110-190	140- **)
15 mm						50-95	105-175	130-260	160-310
20 mm	80-90					65-105	120-230	155-300	190-340
25 mm	105-155	110-160	180-200				150-265	180-350	230-410
30 mm	120-195	150-265	170-290		350-450		165-280	210-390	250-450
35 mm	135-220	190-330	200-400		430-640		180- **)	265- **)	280-510
40 mm	145-230	210-365	215-440		500-840				350- **)
45 mm	155-250	230- **)	235- **)	300-470					400- **)
50 mm		240- **)	260- **)	375-670	650-1140				
55 mm				400-750	750-1260				
60 mm				450-800	830-1380				
65 mm				470-870	900-1500				
75-90 mm				500- **)	980-1620				
80-90 mm					1130-2090				

) Murskain ilman lisävarusteita

**) Saat lisätietoja ottamalla yhteyttä Metsoon

t/h

Taulukossa 1 esitellään Metson eri koneiden saavuttamia kapasiteetteja eri asetuksilla. Pientämällä asetusta saadaan lopputuotteesta hienompaa, mutta tällöin myös kapasiteetti luonnollisesti pienenee, koska koneen läpi ei ehdi kulkemaan niin paljon materiaalia, mitä suuremmalla asetuksella.

3.2 Toimintaperiaate

Karamurskainten toiminta pohjautuu epäkeskoakselin liikkeeseen. Epäkeskistä akselia pyöritetään käyttöakselin ja vaihteen avulla, jolloin epäkeskoakselin painotetulla puolella tapahtuu kaksiulotteisesti katsottuna heiluva liike, kun akselin päälle asetettu tukikartio (eng. head) ja sen päälle asetettu sisempi murskauskartio (eng. mantle) liikkuvat epäkeskoisen akselin myötä lähemmäs ja kauemmas ulommasta murskauskartiosta, eli murskaavat väliin jäävän kivimateriaalin.

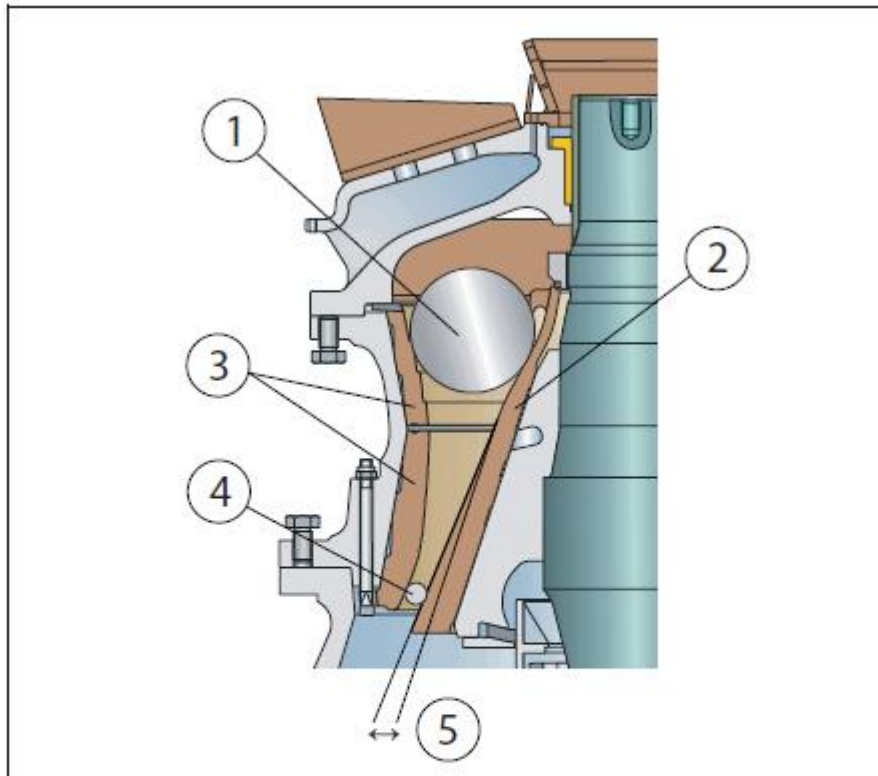


Figure 3.1 Terminology used in the instruction manual

Callout	Description
1	Feed opening
2	Mantle
3	Bowl liner(s)
4	Discharge setting
5	Stroke

KUVA 3 Murskaustapahtuma ja sen terminologia (Nordberg GP cone crushers instructions manual 2018, 3-2)

Kuvassa 4 nähdään murskauskammio, jossa materiaali murskataan, sekä siihen liittyvät oleelliset osat ja termit. Numerolla 1 tarkoitetaan syöttöaukkoa (eng. feed opening), eli kuinka suurta materiaalia murskaimeen voi suurimmillaan syöttää. Numero kaksi on sisempi murskauskartio ja numerolla 3 osoitetaan ulomman murskauskartion ylä- ja alaosa (eng. bowl liners). Numero 4 tarkoittaa lopputuotteen kokoa (eng. discharge setting) ja viimeisenä numero viisi tarkoittaa iskua (eng. stroke).

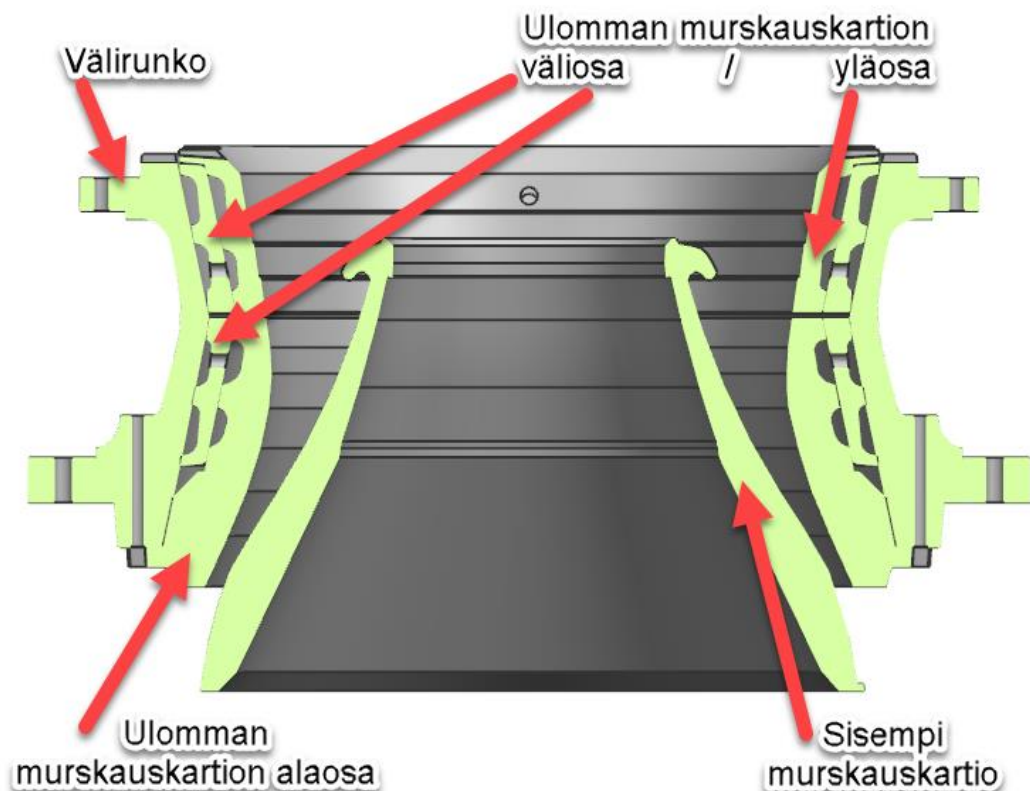
3.3 Ulompi murskauskartio

Edellisessä kohdassa 3.2 tuotiin esille se, että varsinainen murskaustapahtuma tapahtuu ulomman ja sisemmän murskauskartion välillä. Näitä osia kutsutaan kulutusosiksi, sillä ne kuluvat jatkuvasti murskatessaan väliin jäävää kivimateriaalia ja täten niitä joudutaan säännöllisin väliajoin vaihtamaan uusiin. Tässä osiossa esitellään lyhyesti ulomman

murskauskartion rakenne, miten ulomman murskauskartion eri osat asennetaan paikalleen sekä muuta opinnäytetyön kannalta oleellista tietoa ulommasta murskauskartiosta.

3.3.1 Rakenne

Ulomman murskauskartion rakenne on enimmäkseen neljästä osasta koostuva kokonaisuus sisältäen yläosan, kaksi väliosaa sekä alaosa (kuva 4). Neljän osan rakenne on kuitenkin käytössä vain Metson suurimmassa GP7 -karamurskaimessa. Välimurskaimissa ulompi murskauskartio rakentuu useimmiten kuvassa 2 vasemmalla esitetyllä tavalla kahdesta osasta eli yläosasta sekä alaosasta. Hienomurskaimissa rakenne on joko yksiosainen tai enintään kaksiosainen pitäen sisällään yksiosaisena pelkän alaosa ja kaksiosaisena alaosa sekä väliosa, joka asennetaan alaosa ja alarungon väliin.



KUVA 4 Murskauskammion rakenne esitettynä

Väliosaa käytetään kammioduuleissa, joissa alaosa sekä mahdollinen yläosa tuodaan tavallista murskauskammiota lähemmäksi murskaimen keskiliinjaa. Lisäämällä rakenteeseen väliosa saavutetaan huomattavia materiaalisäästöjä, sillä yksiosainen

rakenne jouduttaisiin aina vaihdettaessa vaihtamaan kokonaan, mutta kaksiosaisella rakenteella voidaan samaa väliosaa yleensä käyttää uuden alaosan tai yläosan kanssa (Peltomäki 2018).

Ulomman murskauskartion yläosaan tehdään valmistuksen yhteydessä kaksi reikää painopisteen yläpuolelle 180 asteen päähän toisistaan. Valmistettavien reikien koko on halkaisijaltaan 30 – 45 millimetriä. Reikien valmistuksessa sallitaan useita erilaisia valmistustapoja, joten niiden halkaisijan toleranssivaihteluksi on asetettu ± 5 millimetriä. Näin suuri vaihteluväli vaikuttaa merkittävästi myöhemmässä vaiheessa nostotyökalujen suunnitteluun.

Ulomman murskauskartion väliosaan tehdään valmistuksen yhteydessä kaksi reikää 180 asteen päähän toisistaan ja painopisteen yläpuolelle, mutta ulomman murskauskartion yläosasta poiketen reiät ovat samankokoisia koneen koosta riippumatta. Tämä helpottaa yhden yhteisen nostotyökalun suunnittelemista väliosien nostamista varten. Kuvassa 4 näkyvässä tapauksessa, väliosaan tehdään yhteensä 4 reikää, joista kahta kerrallaan käytetään väliosan nostamiseen riippuen siitä asennetaanko väliosa ulomman murskauskartion alaosalle vai yläosalle. Reikiä tarvitaan neljä, sillä samaa väliosaa käytetään sekä ulomman murskauskartion alaosan että yläosan kanssa, mutta eripäin kuten kuvasta 4 nähdään.

3.3.2 Asennus

Asentajien kanssa käydään opinnäytetyön nimissä havainnollistavasti läpi, miten nykytilanteessa ulomman murskauskartion eri osia liikutetaan asennustilannetta varten ja tässä vaiheessa huomataan, että alaosa käsitellään tuotannossa eripäin (kuva 5), kuin missä ulomman murskauskartion alaosa on, ennen kuin runko lasketaan sen päälle (kuva 6).

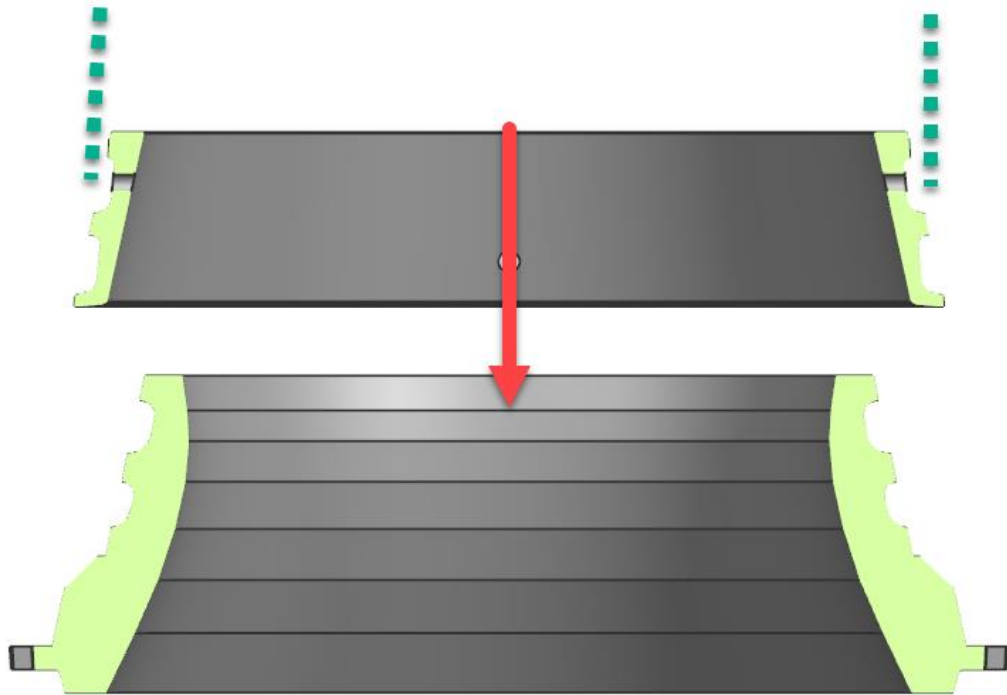


KUVA 5 Ulomman murskauskartion alaosan asento tuotannossa liikuteltaessa (Murskainten kulutusosat 2018)

Nostotyökalututkimuksen kannalta tämä tarkoittaa, että mikäli suunniteltua nostotyökalua halutaan käyttää myös ennen asennusta, alaosan liikuttamiseen esimerkiksi kokoonpanolinjoilla, täytyy nostotyökalun avulla pystyä kääntämään alaosa tai vähintäänkin käsittelemään alaosa myös korvakkeet ylöspäin.

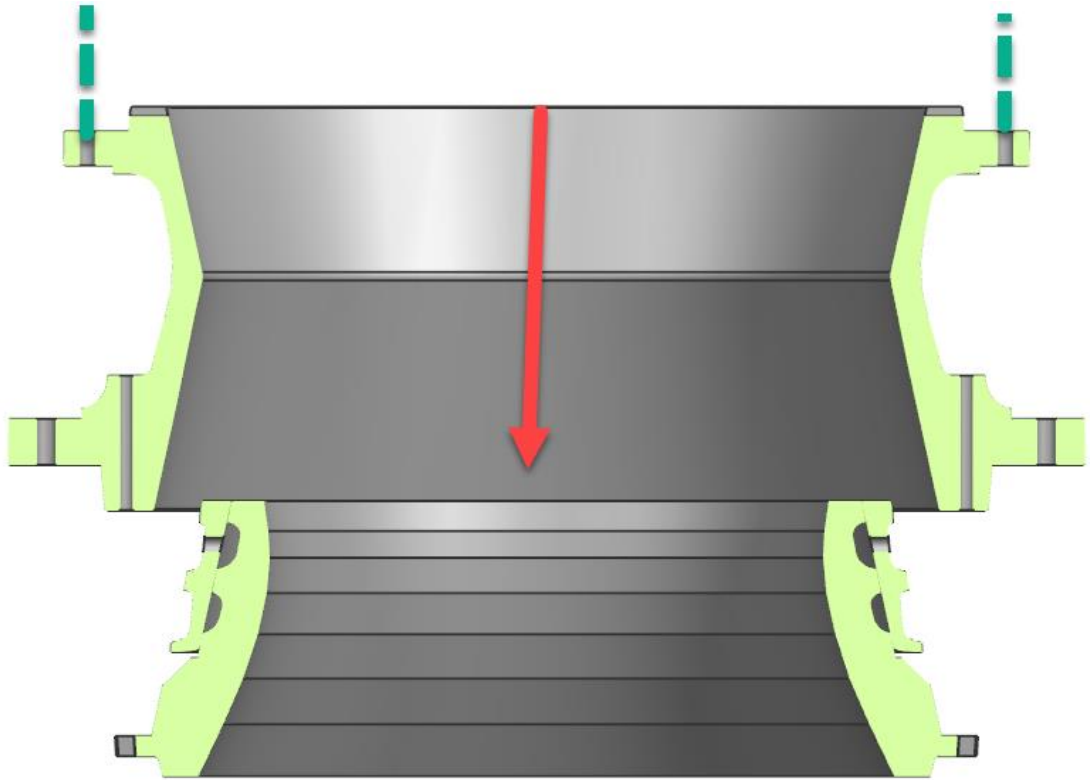
Vastaavalla tavalla käytiin läpi myös yläosan sekä väliosan asentaminen paikalleen (kuvat 6-9), mutta näiden kohdalla ei ollut havaittavissa samanlaista ongelmaa kääntämisen suhteen kuin alaosan kohdalla. Luonnollinen selitys tälle on, että yläosassa sekä väliosassa tehdään valmistuksen yhteydessä kaksi nostoreikää kartioihin, jolloin kyseisiä reikiä täytyy kaksihaarisella ketjuraksilla nostettaessa käyttää niin, että nostoreiät ovat kappaleen painopisteen yläpuolella (SFS-EN 818-6 + A1 2008, 16). Reikiä täytyy siis aina sijaita kappaleen painopisteen yläpuolella, mikäli kyseisiä nostoreikiä käytetään kappaleen nostamiseen.

Ulomman murskauskartion eri osien paikalleen asennusta havainnollistavissa kuvissa 6-9 punaisella nuolella esitetään liikuteltavaa kappaletta ja mihin suuntaan kyseinen kappale liikkuu sekä sinisillä katkoviivoilla on esitetty kohdat, joista kyseistä kappaletta nostetaan asennettaessa. Nostopisteiden esittäminen on nostotyökalututkimuksen kannalta tärkeä yksityiskohta, sillä se asettaa joitakin reunaehtoja suunniteltaville nostotyökaluille.



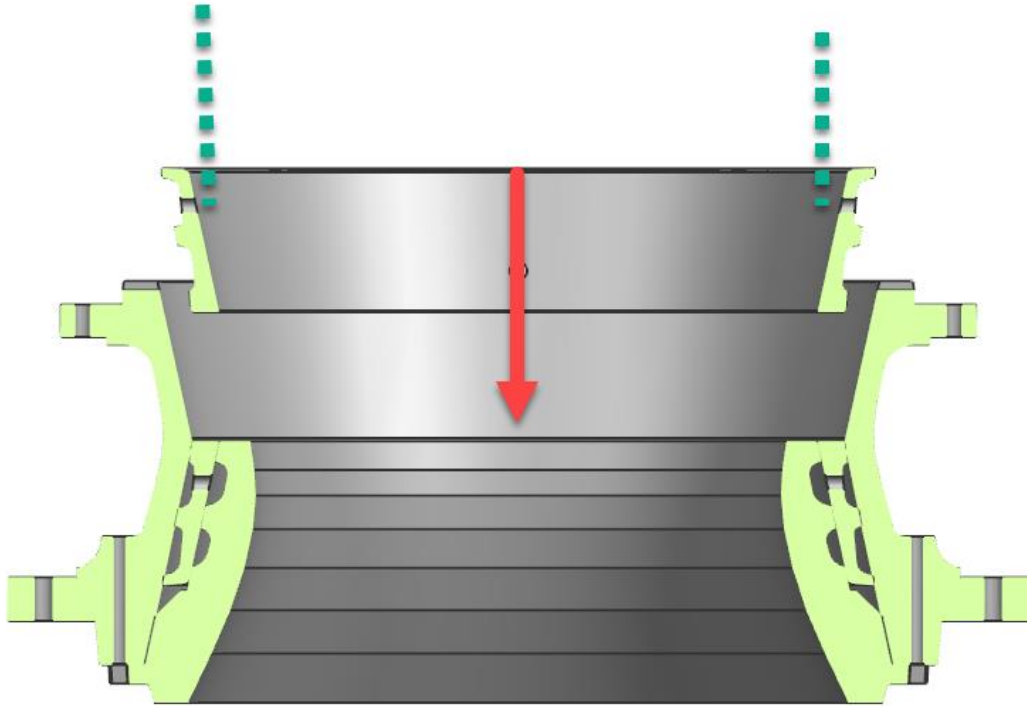
KUVA 6 Vaihe 1: väliosä asennetaan alaosan laskemalla se alaosan päälle

Kuvasta 6 nähdään, että alaosan päälle asennettavan nostotyökalun täytyy olla välisosan ulkopuolella, jotta se ei alaosan päälle laskettaessa tai pois nostettaessa törmää alaosan. Lisäksi nähdään, että työkalu ei saa olla selvästi pidempi kuin nostoreikä, jotta työkalu ei pääse törmäämään alaosan kanssa. Työkalun lukituksen täytyy tapahtua samalta puolelta, kuin työkalua muutoin käytetään, sillä työkaluun ei asennuksen tai purun yhteydessä päästä käsiksi kuin yhdeltä puolelta.



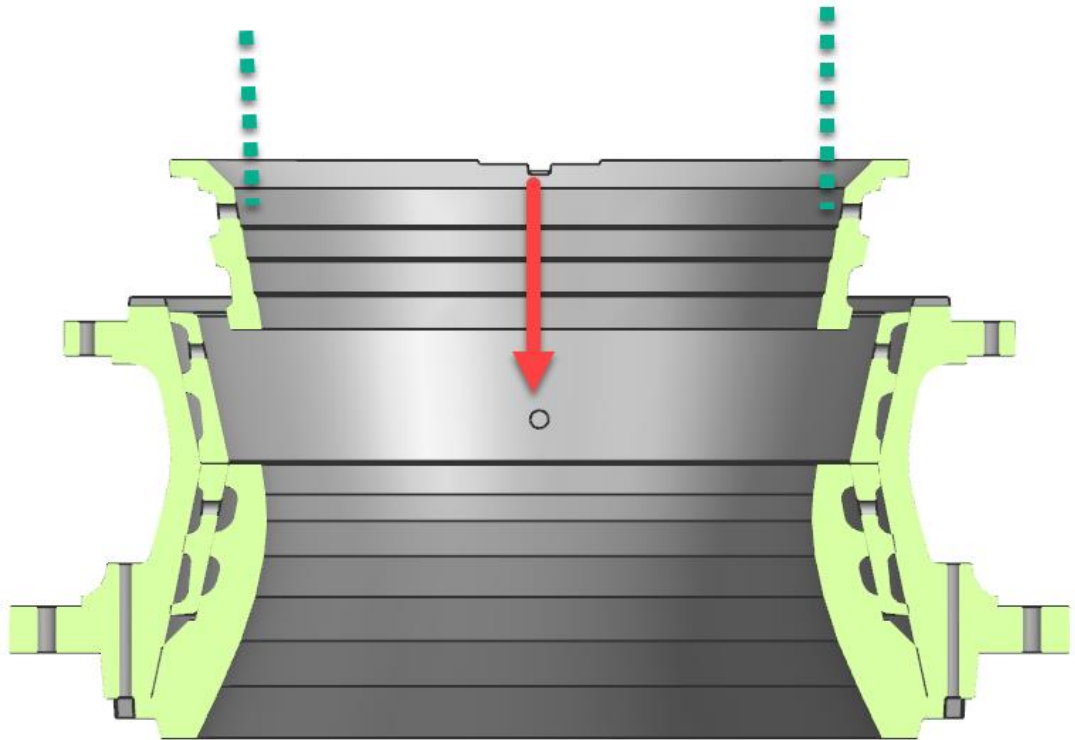
KUVA 7 Vaihe 2: Alaosa sekä väliosia asennetaan runkoon laskemalla runko niiden päälle

Kuvassa 7 runko lasketaan alaosan sekä väliosian päälle, joka on oleellinen vaihe tietää ulomman murskauskartion eri osien paikalleen asennuksessa, mutta ei opinnäytetyön osalta vaikuta nostotyökalun suunnitteluun. Kun runko on laskettu alaosan päälle, kiinnitetään alaosa runkoon pulteilla, jolloin alaosa sekä väliosia lukittuvat paikalleen rungon sisäpuolelle.



KUVA 8 Vaihe 3: Toinen väliosa asennetaan kokonaisuuteen laskemalla se rungon sisään

Kuvasta 8 nähdään, että GP7:n ainutlaatuisessa kahden väliosan murskauskammiossa toinen väliosa täytyy päinvastoin pystyä laskemaan paikalleen kartion sisäpuolelta, jotta työkalu ei törmää rungon kanssa. Tässä tapauksessa työkalu voi tulla nostoreiän yli hieman enemmän kuin alaosalle asennetun väliosan tapauksessa. Lukituksen täytyy tässäkin tapauksessa tapahtua työkalun puolelta.



KUVA 9 Vaihe 4: Yläosa asennetaan viimeisenä laskemalla se vaiheessa 3 asennetun väliosan sisään

Kuvasta 9 havaitaan, että ulomman murskauskartion yläosan nostotyökalu täytyy asettaa kartion sisäpuolelle, sillä ulkopuolella se törmäisi kuvan tapauksessa väliosan kanssa, mutta muissa kammioduuleissa rungon kanssa. Työkalulla on jonkin verran tilaa tulla nostoreiän läpi. Samoin kuin edellisissä kohdissa myös yläosan työkalun lukituksen täytyy tapahtua työkalun puolelta.

Asennusta havainnollistavissa kuvissa 6-9 on esitetty vain yhden murskauskammion asennukset, eivätkä kuvat täten täysin päde jokaisessa murskainmoduulissa, mutta periaate pysyy täysin muuttumattoman. Esimerkiksi mikäli murskauskammio koostuisi vain alaosasta ja yläosasta, kuten monessa välimurskaimessa, niin tällöin vaihe 1 (kuva 6) ja 3 (kuva 8) jäisivät pois ja tällöin alaosasta sekä yläosa kiinnittyisivät reunoistaan runkoa vasten.

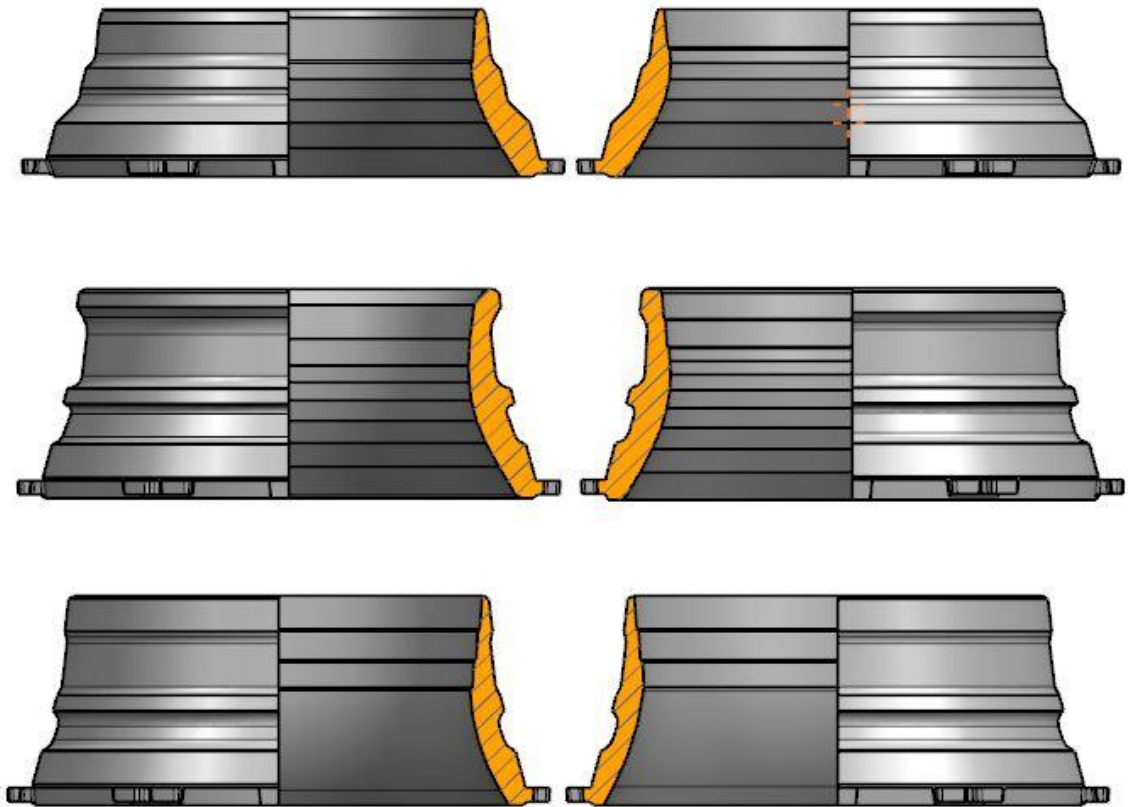
3.3.3 Tarpeellisia taustatietoja

Sisemmän murskauskartion nostamiseen on suunniteltu nostotyökalu (kuva 10). Kuitenkaan kyseistä nostotyökalua ei voida käyttää ulomman murskauskartion eri osien nostamiseen, sillä ulomman murskauskartion osilla ei ole samanlaista säännöllistä pintaa, josta se voitaisiin nostotyökalun kynsillä nostaa.



KUVA 10 Sisemmän murskauskartion nostotyökalu

Kuvassa 10 on esitetty sisemmän murskauskartion nostoon suunniteltu työkalu, jota olisi mieluusti käytetty jossakin muodossa myös ulomman murskauskartion nostoihin, jolloin sekä sisemmän, että ulomman murskauskartion eri osat pystyisi nostamaan samalla työkalulla, mutta kuten kuvassa 11 on ulomman murskauskartion alaosien osalta havainnollistettu, ei eri kammioduuleissa ole juurikaan yhtenäisiä pintoja, joihin nostokynnet voitaisiin turvallisesti lukita.



KUVA 11 Nordberg GP 330 sarjan ulomman murskauskartion alaosan erilaisia kammiomoduuleja

Kuvassa 11 on esitetty Metso Nordberg GP330 koneen joitakin ulomman murskauskartion alaosan erilaisia moduuleja, joka havainnollistaa edellä mainittua kynsipinnan puuttumista, sekä samalla Metson monipuolista tarjontaa murskauskammioiden saralla. Kuvasta nähdään, että eri murskauskammioiden ulomman murskauskartion alaosilla ei ole muita kaikille kammiomoduuleille yhteisiä pinnanmuotoja kuin kuvassa ulomman murskauskartion alaosissa näkyvät kiinnityskorvakkeet, joista alaosa asennetaan pulteilla paikalleen rungon sisäpuolelle.

Ulompien murskauskartioiden suurimpien osien, eli alaosien, painoja vertailtaessa suurimman karamurskaimen Nordberg GP7:n painavimman ulomman murskauskartion alaosan massa (noin 3500 kg) on lähes kymmenen kertaa enemmän kuin pienimmän Nordberg GP100 koneen ulomman murskauskartion alaosan massa, korkeus on yli kolme kertaa korkeampi ja ulkohalkaisija noin kolme kertaa suurempi. Ulompien murskauskartioiden alaosien kokoluokissa on siis huomattavia eroja, joka lisää oman haasteensa yhteisen nostotyökalun suunnitteluun kaikille murskauskartioiden alaosille. Vastaavalla tavalla murskauskartioiden väliosat sekä yläosat kasvavat huomattavasti, kun siirrytään käsittelemään pienemmästä koneesta kuten Nordberg GP100S suuremman

kokoluokan koneita kuten Nordberg GP7. Massaltaan painavinkin yläosa on kuitenkin vain noin puolet suurimman alaosan massasta ja vastaavasti painavin väliosa on vielä satoja kiloja kevyempi kuin painavin yläosa.

Murskausosien vaihtovälille ei voida antaa yksittäistä tai yhteistä arvoa, sillä se riippuu esimerkiksi murskattavan kiven laadusta sekä päivittäisestä murskausajasta, ja on täten jokaisessa käyttökohteessa omanlaisensa. Voidaan kuitenkin sanoa, että 80 % tapauksissa murskausosat vaihdetaan 2 viikon ja 2 kuukauden ajanjakson välille sijoittuvalla aikavälillä. (Peltomäki 2018.)

Jokaisen murskauskulutusosien vaihtamisen yhteydessä kulutusosia joudutaan nostamaan, kuten myös niiden valmistuksen sekä huollon yhteydessä ja täten niiden liikuttamisesta halutaan mahdollisimman turvallista sekä helppoa ja tämän halun toteuttamiseksi vaadittaisiin kyseisiin nostoihin suunniteltu turvallinen ja helppokäyttöinen nostotyökalu.

4 NOSTOTYÖKALUN TAUSTATIEDOT

4.1 Henkilökohtaiset haastattelut

Opinnäytetyön nimissä haastateltiin ulomman murskauskartion elinkaaren eri vaiheiden aikana sen kanssa tekemisissä olevia henkilöitä kokonaiskuvan saavuttamiseksi. Käytännössä haastatteluista aloitettiin valmistuksesta, edettiin asennukseen ja sieltä suunnitteluun ja pyrittiin saamaan haastateltavilta tarkkoja tietoja juuri heidän ydinosaamisalueestaan, eli asioista joita täytyy ottaa huomioon valmistuksen, asennuksen tai suunnittelun kannalta.

Tuotannossa asentajat joutuvat toimimaan murskauskartioiden kanssa päivittäin ja murskauskartioille suunniteltujen nostotyökalujen on tärkeää täyttää heidän asettamansa vaatimukset etenkin tilanteessa, jossa samaa nostotyökalua halutaan käyttää myös asentajien toimesta kokoonpanolinjalla, mutta myös muutoin, sillä nostotyökalu, jota alan ammattilaiset pitävät liian laaduttomana, ei myöskään voi olla riittävän laadukas Metson asiakkaille. Lisäksi tuotannossa toimivilta asentajilta saadaan kattavaa palautetta nostotyökaluista sekä niiden toimintaperiaatteesta, joten heidän näkemyksensä nostotyökalun toiminnasta on äärimmäisen tärkeä tutkimuksen onnistumisen kannalta.

Asentajien antamien esitysten avulla koottiin osiossa 3.3.2 Asennus esitetyt kuvat ulomman murskauskartion rakenteen kokoamisesta, sekä saatiin useita kyseisessä osiossa esitettyjä reunaehdoja nostotyökalun suunnitteluun. Tämän lisäksi asentajille esiteltiin vaihtoehtoisia nostotyökaluja ja kysyttiin heidän kommenttejaan sekä näkemyksiään, jotka otetaan huomioon osiossa 5.2 Suositellut vaihtoehdot, jossa esitetään perustellusti parhaat nostotyökaluvaihtoehdot tilaajan käyttöön.

Suunnitteluinsinööri Kari Peltomäki vastaa Metson kulutusosien suunnittelusta ja on täten tärkeä tietolähde opinnäytetyön kannalta. Hänen kokonaisvaltaista tietämystään hyödynnetään jatkuvasti opinnäytetyön aikana, jotta saadaan tärkeää kokemusta sekä käytännön osaamista kulutusosien suunnittelusta.

Peltomäen kanssa tehdyn haastattelun pohjalta tultiin siihen tulokseen, että käytännössä yksi työkalu, jolla pystyisi nostamaan kaikkien eri koneiden kulutusosat ei ole

käytännöllinen johtuen koneiden kokoeroista, vaan on järkevämpää jaotella koneet kahteen ryhmään eli pieniin (GP100, GP100S, GP220, GP200S, GP330 ja GP300S) sekä suuriin (GP500S, GP550 ja GP7) koneisiin ja pyrkiä suunnittelemaan yksi nostotyökalu pienille koneille ja yksi suurille aina kutakin eri osaa kohden.

Rami Lehtinen on Tevo Lokomo Oy:n mangaanisolun johtaja, eli omaa valtavan määrän tietotaitoa ulompien murskauskartioiden valmistamisesta, sekä siinä kohdatuista ongelmista. Haastattelussa pyrittiin pohtimaan ulomman murskauskartion eri osien valmistusta, sekä millä tavalla kyseisten osien, etenkin alaosan, valmistusta voitaisiin muuttaa nostoapuvälineiden suunnittelun kannalta mieluisampaan suuntaan.

Käytännössä haastattelussa todettiin, että nostoreikien tekeminen alaosaankin olisi kyllä täysin mahdollista ja tapoja olisi monia erilaisia kuten koneistus, polttoleikkaus tai valaminen, mutta näissä kaikissa olisi omat haasteensa. Koneistaminen vaatii kulmasäädön, jotta nostoreikä voidaan tehdä kappaleeseen, valaminen vaatii erityisosaamista, jotta keerna asettuu oikealle paikalle, eikä pääse liikkumaan ja taasen polttoleikkaus on mangaaniterästen osalta varsin hidas operaatio, sekä väärintehtynä johtaa helposti kartioiden soikioitumiseen. Näiden haasteiden myötä todettiin, että pyritään suunnittelemaan alaosan nostotyökalu ilman muutoksia ulomman murskauskartion osiin, mikäli se vain jollain tavalla näin onnistutaan tekemään.

4.2 Säädökset ja määräykset

Nostotyökalun suunnitteluun liittyy useita eri standardeja sekä lain kohtia, joista käydään tässä osiossa keskeisimmät läpi. Opinnäytetyön ulkopuolelle rajataan nostoapuvälineen dokumentaation toteuttaminen, joten dokumentaatioon liittyviä määräyksiä ei tulla työn rajoissa suorittamaan, vaikka niitä seuraavissa kohdissa tullaankin joiltakin osin sivuamaan, koska liittyvät vahvasti myös itse nostoapuvälineen suunnitteluun.

4.2.1 Työturvallisuuslaki (738/2002)

”Tämän lain tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ennalta ehkäistä ja torjua työtapaturmia, ammattitauteja ja muita työstä ja työympäristöstä johtuvia työntekijöiden fyysisen ja henkisen terveyden, jäljempänä terveys, haittoja.”
(Työturvallisuuslaki 738/2002)

Edellä kuvattu suora lainaus kuvaa lyhyesti ja ytimekkäästi työturvallisuuslain tarkoituksen ja seuraavissa kappaleissa avataan lyhyesti, millä tavoin laki pyrkii saavuttamaan kyseisen tavoitteen, sekä mitä edellytyksiä laki asettaa koskien nostotöiden tekemistä. Jokaisen nostotyökalun suunnittelijan tulee olla perehtynyt näihin lain kohtiin sekä varmistua siitä, että suunniteltu nostotyökalu täyttää laissa asetetut vaatimukset.

Työturvallisuuslain (738/2002) mukaan työnantajan on jatkuvasti tarkkailtava muun muassa työtapojen turvallisuutta, jonka myötä opinnäytetyön tilaaja on tässä tapauksessa nähnyt tarpeelliseksi muuttaa työtapoja kehittämällä paremman toimintatavan ulomman murskauskartion siirtoihin. Lisäksi työturvallisuuslaissa (738/2002) asetetaan myös selkeä vaatimus sille, että suunnittelija on velvollinen varmistumaan siitä, että suunnittelun lopputulos täyttää laissa määritetyt edellytykset.

Seuraavat työturvallisuuslain (738/2002) lainkohdat koskevat nostotyökalun sekä nostojen suunnittelua ja asettavat reunaehdoja muun muassa nostotyökalun tarkastamiselle sekä käyttämiselle, mutta nämä liittyvät esimerkiksi nostotyökalun dokumentaatioon ja täten rajautuvat tämän myötä opinnäytetyön ulkopuolelle, mutta ovat kuitenkin kohtia, jotka täytyy ottaa huomioon nostotyökalun suunnittelun ja markkinoille saattamisen yhteydessä.

Koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden turvallisuus

35 § Työpaikan sisäinen liikenne ja tavaroiden siirtäminen

41 § Koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden käyttö

43 § Työvälineiden käyttöönotto- ja määräaikaistarkastukset.

Työn turvallisuuteen vaikuttavien muiden henkilöiden velvollisuudet

56 § Tuotteen valmistajan ja luovuttajan velvollisuudet.

58 § Koneen, työvälineen tai muun laitteen asentajan velvollisuudet

59 § Käyttöönotto- ja määräaikaistarkastuksen suorittajan velvollisuudet

4.2.2 Koneasetus (12.6.2008/400)

”Asetuksessa säädetään koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvistä olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista sekä niiden vaatimuksenmukaisuuden osoittamisesta, markkinoille saattamisesta ja käyttöön otosta.” (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400)

Edellä esitetty suora lainaus kuvaa asetuksen tarkoitusta ja tämän vaikutukset nostotyökalun suunnitteluun tullaan esittämään jäljempänä. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta esitetään usein myös lyhemmin nimellä koneasetus ja jatkossa tässä opinnäytetyössä tullaan käyttämään myös kyseistä nimitystä.

Koneasetuksessa (12.6.2008/400) nostoapuväline määritellään seuraavasti:

”Nostoapuvälineellä tarkoitetaan komponenttia tai laitetta, jota ei ole kiinnitetty nostolaitteeseen ja jonka avulla kuormaan voidaan tarttua ja joka on sijoitettu koneen ja kuorman väliin tai kiinnitetty itse kuormaan tai joka on tarkoitettu kuorman kiinteäksi osaksi ja joka on saatettu markkinoille erillisesti; raksien ja niiden komponenttien katsotaan myös olevan nostoapuvälineitä”

Määritelmän mukaisesti tässä opinnäytetyössä olevat nostotyökalut luetaan nostoapuvälineiksi, jolloin niiden täytyy täyttää nostoapuvälineille asetetut vaatimukset.

Koneasetus sisältää sekä säätää keskeiset konetta koskevat terveys- ja turvallisuusvaatimukset sekä vaaditut toimenpiteet koneen vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi. Asetuksessa määritetään muun muassa selkeät velvollisuudet valmistajalle koskien markkinoille saattamista sekä käyttöön ottamista. Seuraamalla yhdenmukaistettua standardia voidaan suunniteltavan koneen katsoa täyttävän kyseisen standardin kattamat keskeiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400.)

Nostoapuvälineitä koskevat määräykset esiintyvät osana koneasetuksen liitettä 1, jossa määrätään muun muassa nostoapuvälineiden sisältämistä tiedoista, mekaanisesta lujuudesta ja käyttöohjeista (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400.)

4.2.3 Käyttöpäätös (12.6.2008/403)

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta esitetään usein myös lyhemmin nimellä käyttöpäätös, jota tullaan käyttämään jatkossa myös tässä opinnäytetyössä. Käyttöpäätöksen soveltamisalan mukaan sitä sovelletaan koneen käyttöön sekä tarkastamiseen työturvallisuuslain tarkoittamissa töissä (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 12.6.2008/403).

Käyttöpäätöksen mukaan nostoapuvälineet kiinnitetään taakkaan siihen suunnitelluista erityisistä nostopisteistä ja mikäli tämä ei ole mahdollista, täytyy muulla tavoin varmistaa, että taakka voidaan tästä huolimatta nostaa turvallisesti. Käyttöpäätöksessä veloitetaan myös säilyttämään nostoapuvälineet niin, että ne eivät pääse vahingoittumaan tai rikkoutumaan. Näiden lisäksi kielletään käyttämästä nostoapuvälinettä, josta puuttuu merkintä, joka osoittaa suurinta sallittua kuormaa, joka nostoapuvälineellä saadaan nostaa sekä kielletään myös vahingoittuneen nostoapuvälineen käyttäminen. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 12.6.2008/403.)

Käyttöpäätöksessä määrätään, että nostoapuvälineet tulee tarkastaa vuoden välein, ellei turvallisuusperustein työvälineen käytön perusteella voida tätä lyhempää tai pidempää tarkastusväliä käyttää. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että hyvin vähäiselle käytölle sekä kuormitukselle jäävän nostoapuvälineen tarkistusväliä voidaan perustellusti pidentää ja vastaavasti taajaan käytetyn sekä kovalle kuormitukselle joutuvan nostoapuvälineen tarkistusväliä tulee tihentää. Lisäksi käyttöpäätöksessä määritetään selvät reunaehdot sille, kuka ja millä edellytyksillä tarvittavan määräaikaistarkistuksen voi suorittaa. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 12.6.2008/403.)

Käytännössä monet käyttöpäätöksen kohdat sisältyvät nostoapuvälineen mukana toimitettaviin käyttö-, huolto- sekä tarkastusohjeisiin, joten niitä ei tulla käsittelemään tarkemmin tämän opinnäytetyön rajoissa.

4.2.4 Koneturvallisuusstandardit

Koneasetuksessa keskitytään vain olennaisiin turvallisuutta koskeviin vaatimuksiin, eivätkä kaikki vaatimukset ole välttämättä suoraan sellaisenaan helposti toteutettavissa, joten on luotu yhdenmukaiset koneturvallisuusstandardit täydentämään koneasetusta. Tapauksessa, jossa kone on valmistettu yhdenmukaistettujen standardien mukaisesti, oletetaan kyseisen koneen täyttävän kyseisen standardin käsittämät olennaiset terveys ja turvallisuusvaatimukset eli kyse on niin sanotusta vaatimuksenmukaisuusolettamuksesta. (Koneturvallisuuden standardit 2016, 6.) Yhtenäistettyjen koneturvallisuusstandardien seuraamiseen ei siis velvoiteta, mutta niitä seuraamalla valmistajalle taataan vaatimustenmukaisuusolettama. Vaatimustenmukaisuusolettamalla tarkoitetaan sitä, että seuraamalla yhtenäistettyjä standardeja, koneet ovat automaattisesti säädösten olennaisten vaatimusten mukaisia, eikä koneen markkinoille pääsulle esiinny yllättäviä esteitä. (Vaatimustenmukaisuusolettama 2018.)

Koneturvallisuuteen liittyvät yhtenäistetyt standardit jaotellaan kolmiportaisen hierarkian mukaisesti A-tyyppin, B-tyyppin sekä C-tyyppin standardeihin. A-tyyppin standardit ovat turvallisuuden perusstandardeja, joihin kuuluu standardit SFS-EN ISO 12100 sekä SFS-EN ISO 14121-1. A-tyyppin standardeja kutsutaan turvallisuuden perusstandardeiksi ja niiden suunnitteluperiaatteita sovelletaan kaikkiin koneisiin. B-tyyppin standardit ovat turvallisuuden ryhmästandardeja, joissa käsitellään yksittäistä turvallisuusnäkökohtaa tai suojausteknistä laitetta. C-tyyppin standardit ovat konekohtaisia turvallisuusstandardeja, jotka käsittelevät yksityiskohtaisia turvallisuusvaatimuksia. (Koneturvallisuuden standardit 2016, 10-11.)

5 SUUNNITTELU

5.1 Nostotyökaluvaihtoehtojen mallinnus

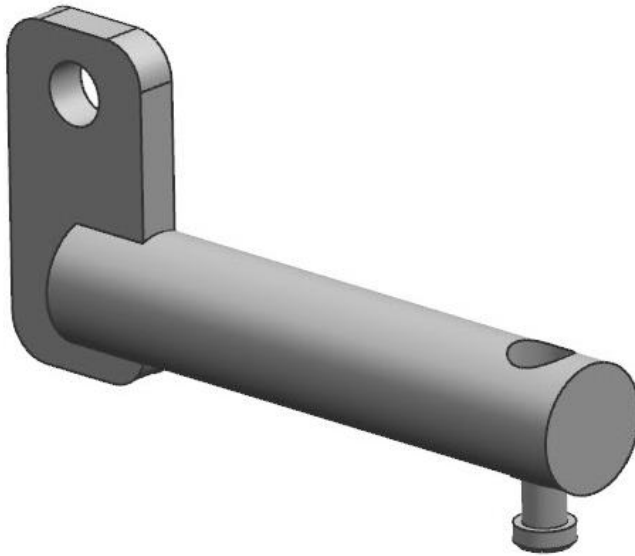
Erilaisten mallinnettujen vaihtoehtojen esittely jaetaan kolmeen osaan eli ulomman murskauskartion yläosaan, väliosaan sekä alaosaan. Jokaisessa osiossa päädyttiin esittelemään yksityiskohtaisesti vain kahta erilaista nostotyökaluvaihtoehtoa, jotka sopivat kyseisen osan nostamiseen, sekä käsitellään lyhyesti sitä, millaisia ongelmia tai huomioita kyseinen nostoapuvälineen kohdalla tehtiin.

Yleisesti tutkittiin myös mahdollisuutta esimerkiksi magneettien käyttämiseen nostamiseen, mutta ideasta jouduttiin luopumaan heti alkuun, sillä mangaani on paramagneettinen aine (Lide 2004, 4-146), jolloin sitä ei voida nostaa magneettien avulla. Lisäksi kaikki muotolukittuvat nostotyökalut, jotka eivät lukitu nostettavaan kappaleeseen pystysuunnassa sekä ylöspäin että alaspäin hylättiin, sillä nostettava kappale ei saa irrota nostotyökalusta, vaikka kappale laskettaessa törmäisi esimerkiksi rungon kanssa. Myös kaikki kulutuspinnoille lukittuvat nostotyökaluvaihtoehdot hylättiin, sillä käytettyjä kulutusosia nostettaessa kyseiset pinnat ovat todennäköisesti kuluneet pois tai menettäneet muotoaan ja täten niistä nostaminen ei ole turvallista. Lisäksi käytettäviä kulutusosia nostettaessa pinnat ovat likaiset ja voivat sisältää niin öljyä, monenlaista kiviainesta kuin muitakin epäpuhtauksia, jonka takia kaikkia kitkalukitteisia nostotyökaluvaihtoehtoja arvioitiin kriittisesti.

5.1.1 Ulomman murskauskartion yläosa

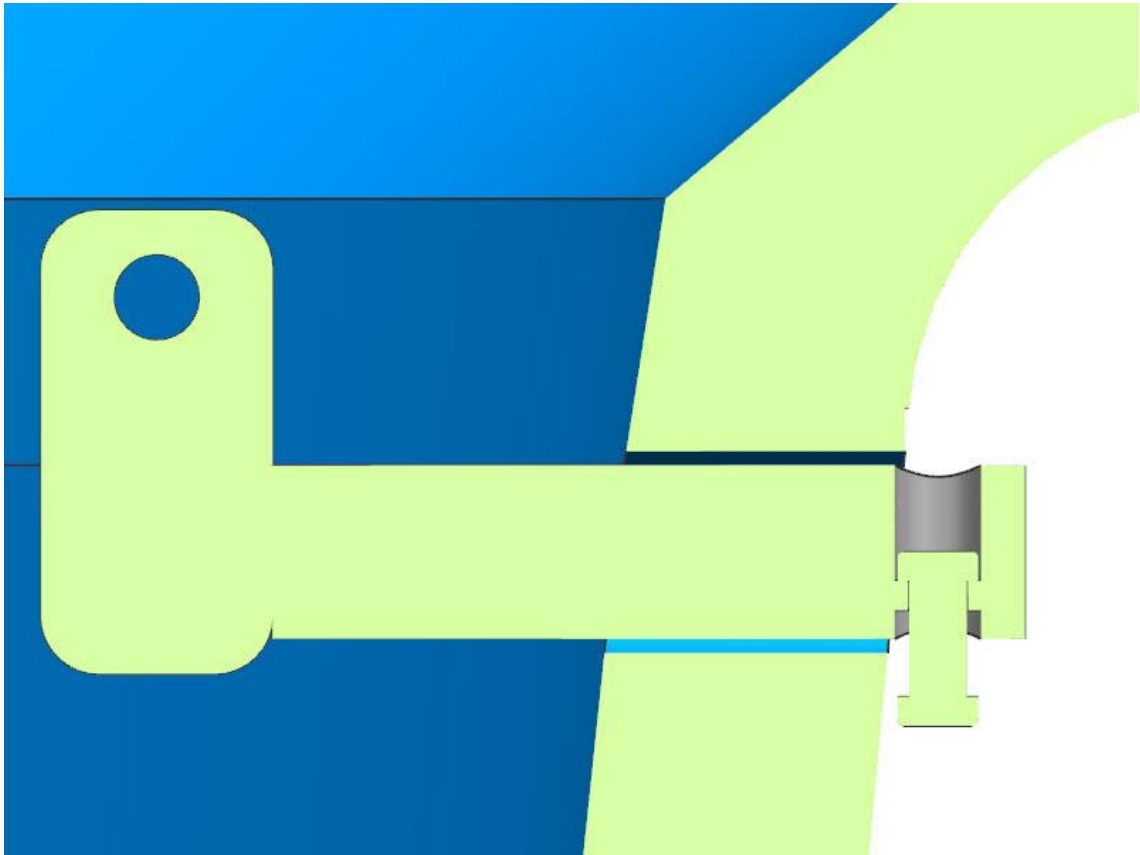
Ulompi murskauskartio sisältää yläosan välimurskaimissa GP100S, GP200S, GP300S, GP500S sekä GP7. Yläosaan tehdään valmistuksen yhteydessä koneen koosta riippuen kaksi halkaisijaltaan 30 – 45 millimetriä suurta reikää nostoja varten.

Kaikkein yksinkertaisin vaihtoehto ulomman murskauskartion nostamiseen olisi käyttää nostoapuvälineenä nostotappeja, joissa putki työnnetään nostoreiän läpi, jonka jälkeen putkea käännetään 180 astetta lukitusasentoon, jolloin tappi lukittuu yläosaan, eikä pääse enää kulkemaan nostoreiän lävitse.



KUVA 12 3D-mallinnus nostotapista nostoasennossa.

Käytännössä kyseinen nostotappi koostuu kolmesta osasta eli nostolevystä, tangosta sekä lukitustangosta. Asennettaessa paikalleen nostoa varten nostolevy käännetään alaspäin, jolloin lukitustappi on halkaisijaltaan samansuuruinen nostoreiän läpi menevän putken kanssa. Tämän jälkeen käännetään nostolevy takaisin ylöspäin, jolloin painovoima vetää lukitustapin alaspäin ja nostoväline lukittuu, kuten kuvassa 13 on poikkileikkauksen avulla havainnollistettu.

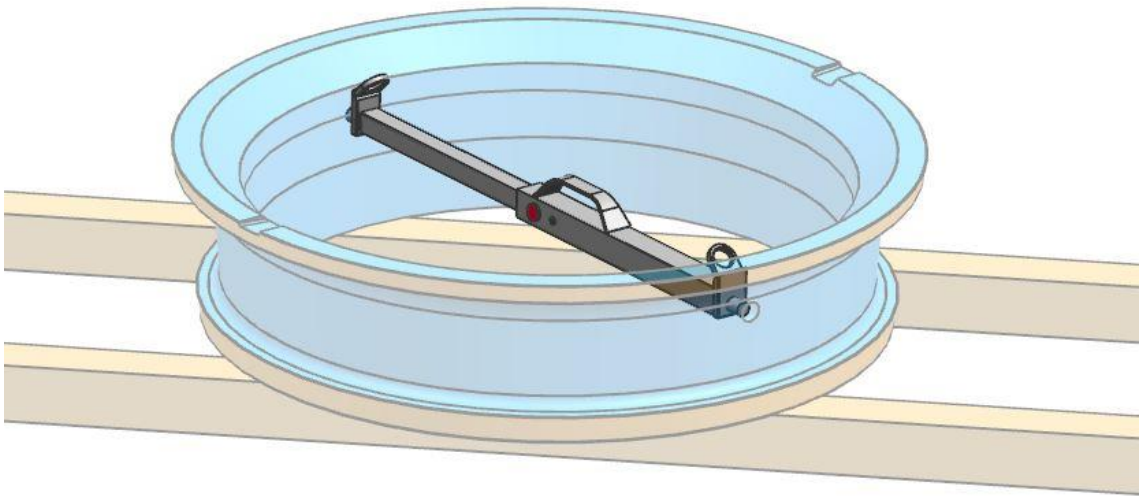


KUVA 13 Havainnollistava poikkileikkaus nostovaiheesta

Kuitenkaan kyseistä nostoapuvälinettä ei voida todellisuudessa käyttää yläosien tai minkään osien nostamiseen sellaisenaan, sillä kyseinen tappi hyödyntää painovoimaa lukitusmekanismina, mutta samaan aikaan nostolevy kääntyisi kuvassa 13 esitetyssä mallissa painovoiman vaikutuksen myötä alaspäin, mikäli siihen ei kohdistu voimaa ylöspäin. Ongelma voitaisiin korjata tekemällä nostopisteen alapuolelta painavampi, mutta tällöinkin ongelma pysyisi tilanteessa, jossa esimerkiksi asennuksen yhteydessä ulompi murskauskartio osuisi paikalleen laskettaessa johonkin esteeseen, kuten koneen runkoon. Tällöin ketjut jatkaisivat hetken matkaa alaspäin ja voisivat kääntää nostolevyn alaspäin, jolloin lukitus aukeaisi ja nostoapuväline pääsisi luistamaan pois nostoreiästä.

Tämänkin ongelman pystyisi korjaamaan, mutta tässä vaiheessa kyseisen nostotyökaluvaihtoehdon alkuperäinen KISS-periaate (eng. Keep it simple, Stupid!), eli yksinkertaisuuteen pyrkivä ajatteluperiaate ei enää toteutuisi, eikä kyseisen vaihtoehdon pidemmälle mallintaminen ole enää järkevää, sillä rakenteesta tulisi alkuperäiseen ideaan nähden todella monimutkainen ja vaikeakäyttöinen. Kyseisestä vaihtoehdosta saatiin kuitenkin paljon tärkeää tietoa muiden vaihtoehtojen suunnittelua varten.

Toinen esiteltävä vaihtoehto olisi kahdesta erikokoisesta putkesta muodostettu putkikokonaisuus, jossa pienemmän poikkileikkausprofiilin omaava putki liikkuisi suuremman putken sisällä, jolloin putket voitaisiin lukituksen auki asennossa asettaa kohdalleen niiden päätylevyihin hitsatuista putkipaloista, jotka asettuisivat yläosaan tehtyjen nostoreikien sisään. Tämän jälkeen asetettaisiin lukitustappi putkien läpi niissä kohdakkain olevista lukitusrei'istä, jolloin putket eivät pääsisi enää liikkumaan limittäin.



KUVA 14 Havainnollistava 3D mallinnus nostotyökalusta kiinnitettyä yläosaan.

Kuvassa 14 on esitetty yksinkertainen malli suunnitellulle nostotyökalulle, kuvassa punaisella on merkattu lukitustappia, sininen kuvaa ulomman murskauskartion yläosaa ja harmaalla on esitettyä itse nostotyökalu. Nostotyökalu koostuisi siis kahdesta erikokoisesta putkesta, kahdesta päätylevystä joihin hitsattaisiin kiinni nostokorvake sekä tapista lukitusta varten, lukitussokeasta sekä nostokahvasta. Asettamalla molempiin päihin ketjuraksien päässä olevat nostokoukut tai liitoslenkit, pystytään kokonaisuus nostamaan turvallisesti, helposti sekä nopeasti.

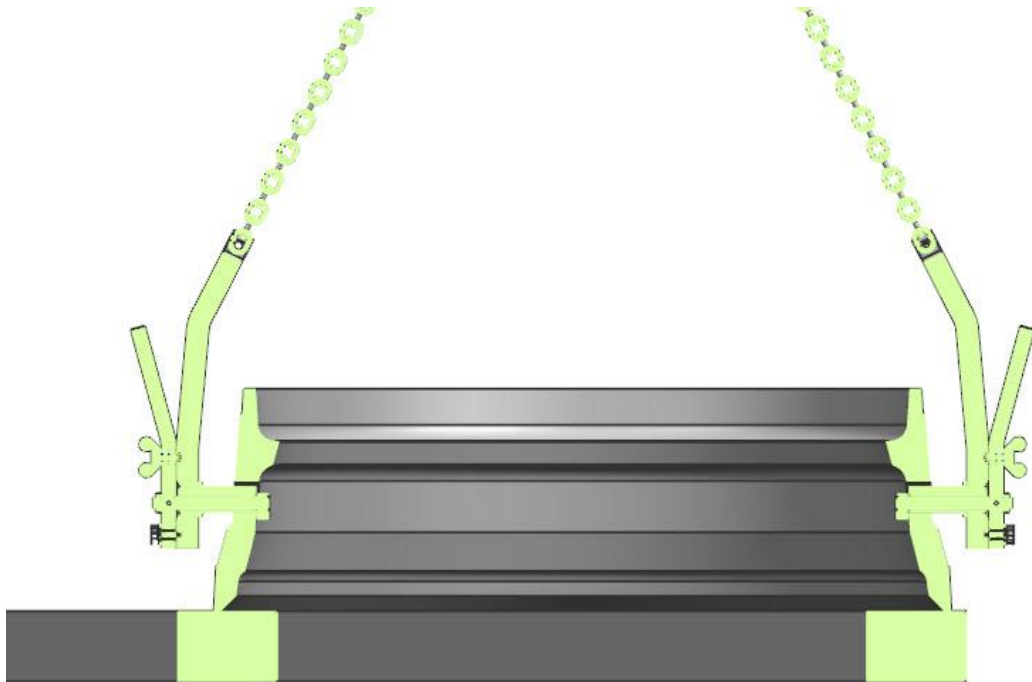
Kyseisellä vaihtoehdolla voitaisiin valmistaa myös vain yksi nostotyökalu, jolla pystyttäisiin nostamaan kaikkien neljän eri välimurskaimen ulompien murskauskartioiden yläosat, mutta käytettävyyden kannalta tämä tarkoittaisi huomattavia kompromisseja. Yhden kaikkiin ulomman murskauskartion yläosiin sopivan

nostotyökalun mitoitus täytyisi tehdä suurimman että painavimman mukaisesti, jolloin pienintä yläosaa käsiteltäessä kyseinen nostotyökalu koettaisiin helposti liian kankeaksi ja painavaksi. Tämän lisäksi vaadittaisiin kolmas putki, jotta pituussäätö olisi riittävä kaikkien koneiden käyttämistä varten.

5.1.2 Ulomman murskauskartion väliosia

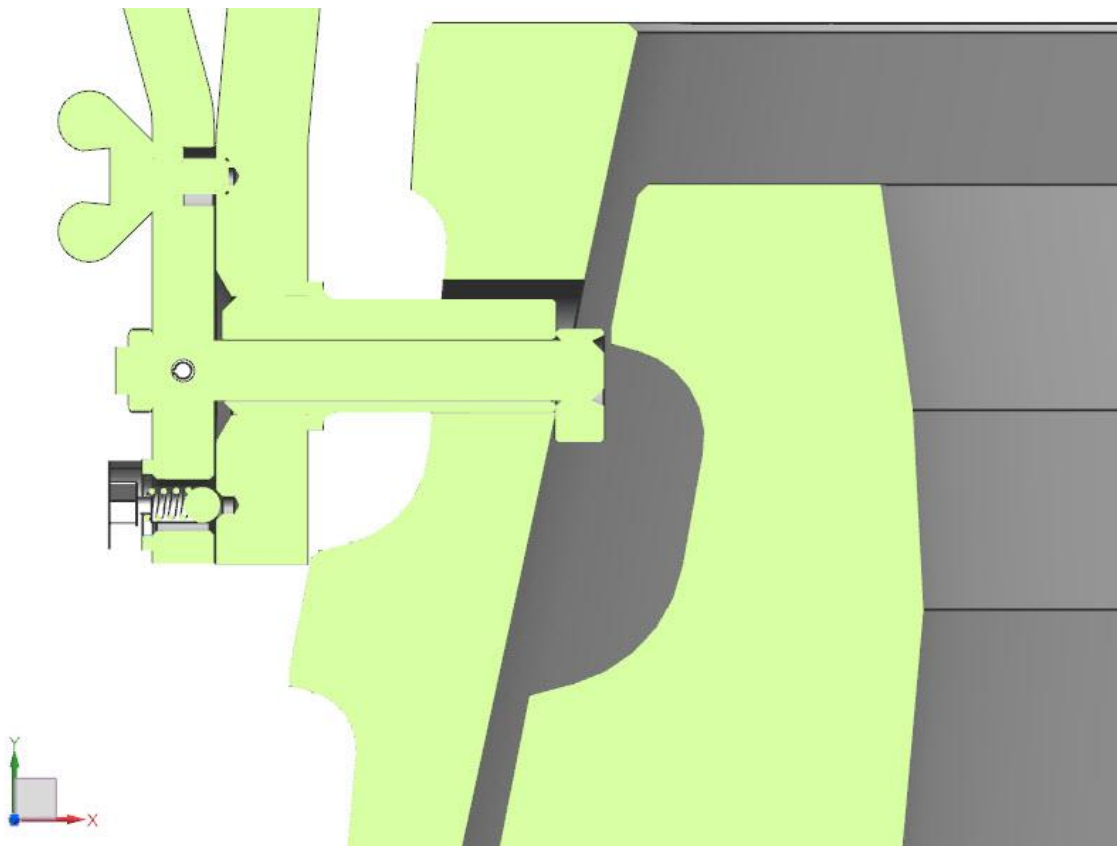
Molemmat ulomman murskauskartion väliosien esiteltyt nostotyökalumallit päätettiin suunnitella niin, että niillä pystytään nostamaan väliosia vain kartion ulkopuolelta. Kartion sisäpuolista nostoa tarvittaisiin vain yhden koneen yksittäisen väliosien nostamiseen, mutta koska kyseessä on välimurskain Nordberg GP7, voidaan kyseisen koneen ulomman murskauskartion yläosan nostotyökalu suunnitella toimivaksi myös väliosien sisäpuolista nostoa varten.

Ulomman murskauskartion väliosien nostotyökaluun voidaan hyödyntää erään toisen Metson tuotteen nostamiseen suunniteltua nostotyökalua. Kyseiseen nostotyökaluun tarvitsisi kuitenkin tehdä joitakin muutoksia, jotta sitä voitaisiin käyttää väliosien nostamiseen. Kuvassa 15 on esitetty kyseinen työkalu vaiheessa, jossa sille ei ole tehty vielä mitään muutoksia.

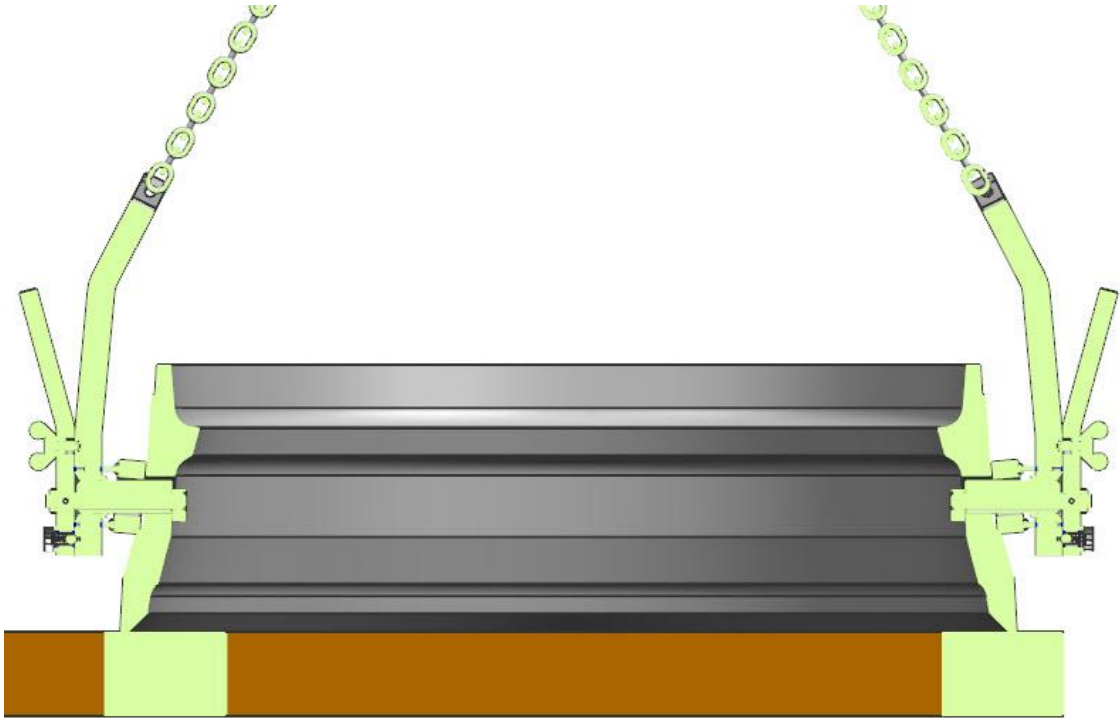


KUVA 15 Havainnollistava poikkileikkaus nostotyökalusta kiinnitettynä väliosien ulkopuolelta

Kuten kuvasta 15 sekä 16 nähdään, niin työkalun toimintaperiaate pohjautuu akselin päässä olevaan epäkeskoiseen osaan, joka on auki asennossa samankeskeinen muun akselin kanssa, mutta lukittuna noin 10 millimetriä epäkeskoinen. Kohdassa 3.3.1 Rakenne mainitulla tavalla välisien reiän halkaisijan toleranssin vaihteluväli on kuitenkin 10 millimetriä, joten noin 10 millimetrin epäkeskoinen lukitus ei ole riittävä, vaan sitä pitäisi suurentaa. Sen lisäksi kuvasta 15 nähdään, että työkalu pääsisi sivuttaissuunnassa liikkumaan nostoreiässä ja tämä johtaisi todennäköisesti törmäykseen alaosan kanssa (kuva 16), joten sivuttaisliike pitäisi pystyä lukitsemaan. Näiden huomioiden kohdalta nostotyökaluun tehtiin muutoksia, jotka näkyvät kuvassa 17.



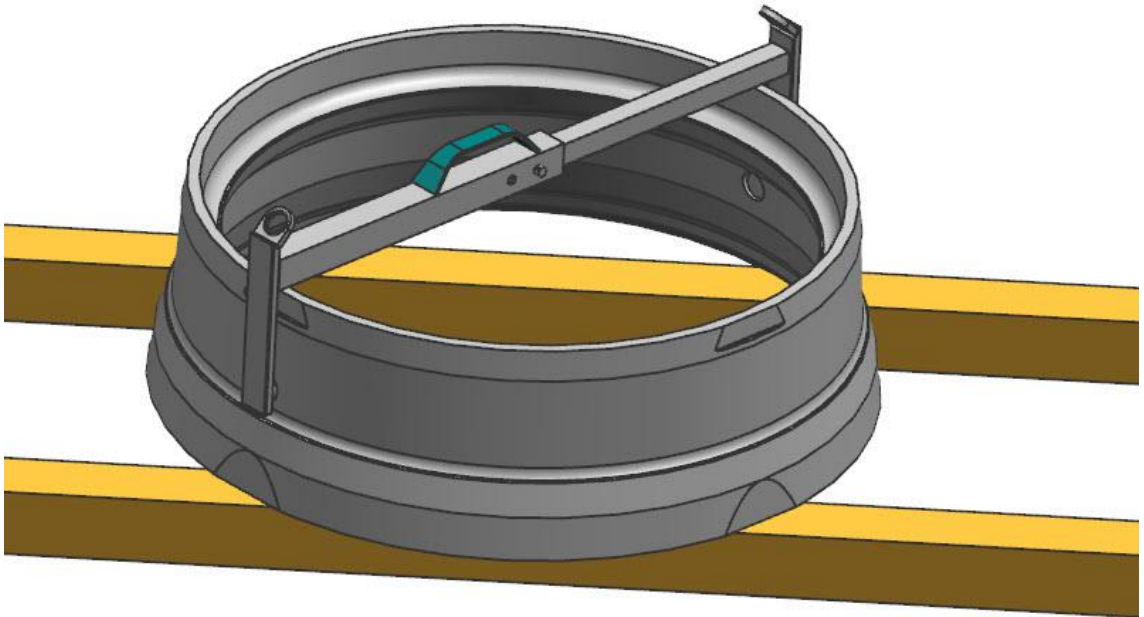
KUVA 16 Havainnollistava kuva rajallisesta tilasta nostotyökalun ja alaosan välillä



KUVA 17 Muutokset tehtynä nostotyökaluun

Kuvassa 17 työkaluun on lisätty lukitusmutterit ja kumilevy, joilla työkalu voidaan asettaa tiukasti paikalleen kiristämällä pulttia kumia vasten, jolloin se vetää työkalua ulospäin kartiosta. Työkalu olisi tässä vaiheessa kuitenkin varsin monimutkainen käyttää ja sisältäisi yhteensä kuusi erilaista lukittavaa kohtaa ja useita eri osia. Lukituksen osalta epäkeskoisuus olisi riittävä tilanteissa, joissa nostotyökalu lukittaisiin joko nostoreiän alareunaan tai keskelle esimerkiksi sovitusholkin avulla, jota käytettäisiin vain tapauksissa, joissa kartion nostoreiän halkaisija olisi toleranssissa sallitun vaihteluvälin positiivisella puolella. Vaadittujen muutosten myötä kyseisen nostotyökalun käytettävyys kärsisi merkittävästi, eivätkä saman nostotyökalun käytöstä saadut kustannussäästöt konkretisoituisi sillä tavalla, kuin alkuperäisen suunnitelman mukaan oli toivottu.

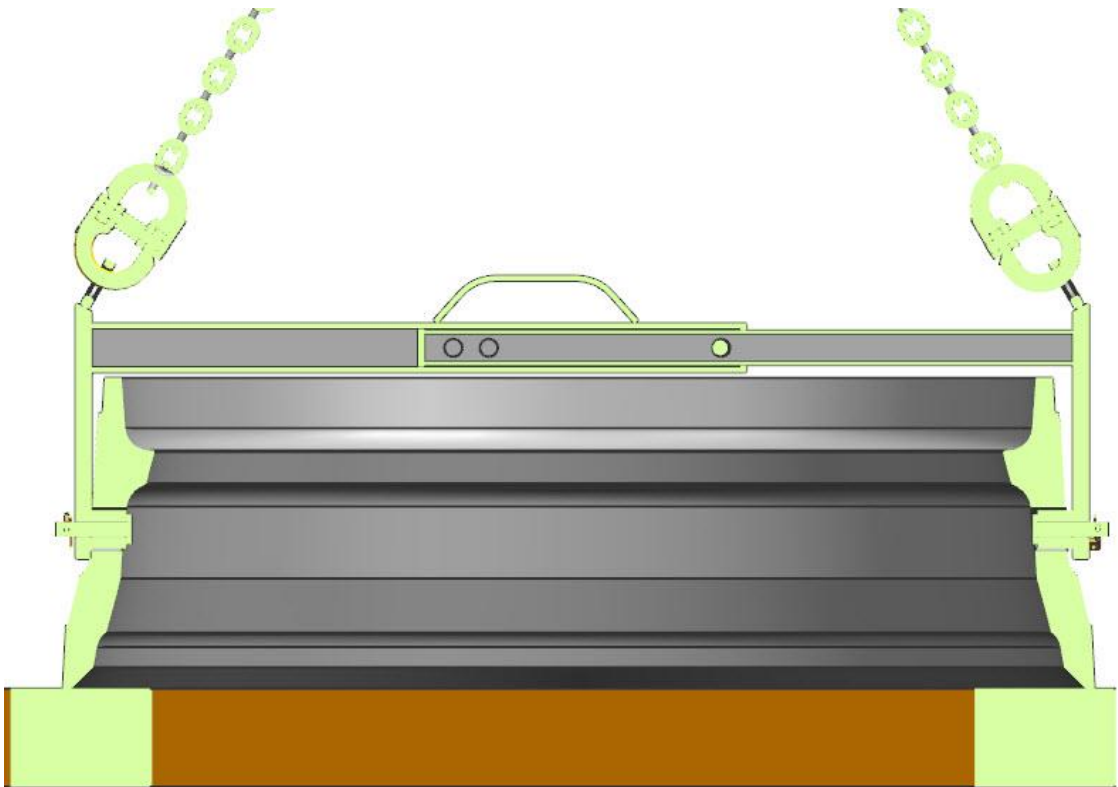
Toinen vaihtoehto väliosien nostamiseen olisi hyödyntää yläosan nostamiseen suunniteltua putkirakennetta, johon molempiin päihin asennettaisiin kuitenkin tässä tapauksessa aivan erilaiset päätylevyt, kuten nähdään kuvasta 18. Toimintaperiaate olisi sama kuin ulomman murskauskartion yläosan nostamisessakin, mutta tässä tapauksessa paikalleen asennettaessa putkia työnnetään sisäänpäin ja irti otettaessa vedetään ulospäin.



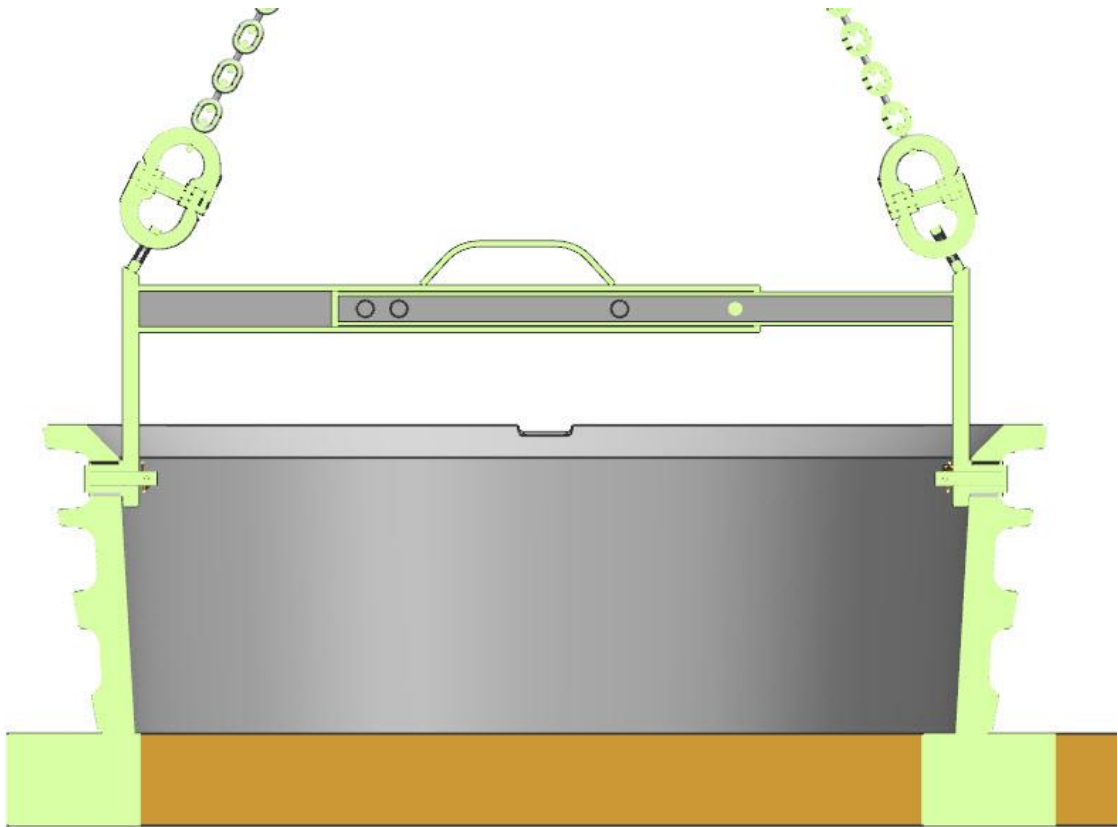
KUVA 18 Väliosalle suunniteltu nostoapuväline

Kuvassa 18 esitellyn nostotyökalun etu olisi, että se käyttäisi samoja osia kuin osiossa 5.1.1 Ulomman murskauskartion yläosa toisena vaihtoehtona ehdotettu nostotyökalu, joka alentaisi valmistus sekä varastointikustannuksia. Lisäksi putkirakenteen ansioista nostotyökalu olisi helppo valmistaa modulaarisesti lisäämällä lukitusosalle kullekin eri koneelle sopiva lukitusreikä samalla tavalla kuin yläosalle suunnitellun nostotyökaluvaihtoehdon kanssa.

Tässä vaiheessa havaittiin kuitenkin, että miksi yläosalle sekä väliosalle pitäisi olla omanlaisensa nostotyökalu, kun toimintaperiaate on täysin sama, mutta lukittuvat vain eri puolelle kartiota. Tämän myötä lähdettiin valmistamaan entistä modulaarisempaa nostoapuvälinettä, jolla pystytään nostamaan sekä ulomman murskauskartion väliosia että yläosia. Lopputuloksena päädyttiin kuvassa 19 esitettyyn malliin, jossa murskauskartioiden nostoreikiin lukittuvien nostoholkkien puolta voidaan helposti vaihtaa.



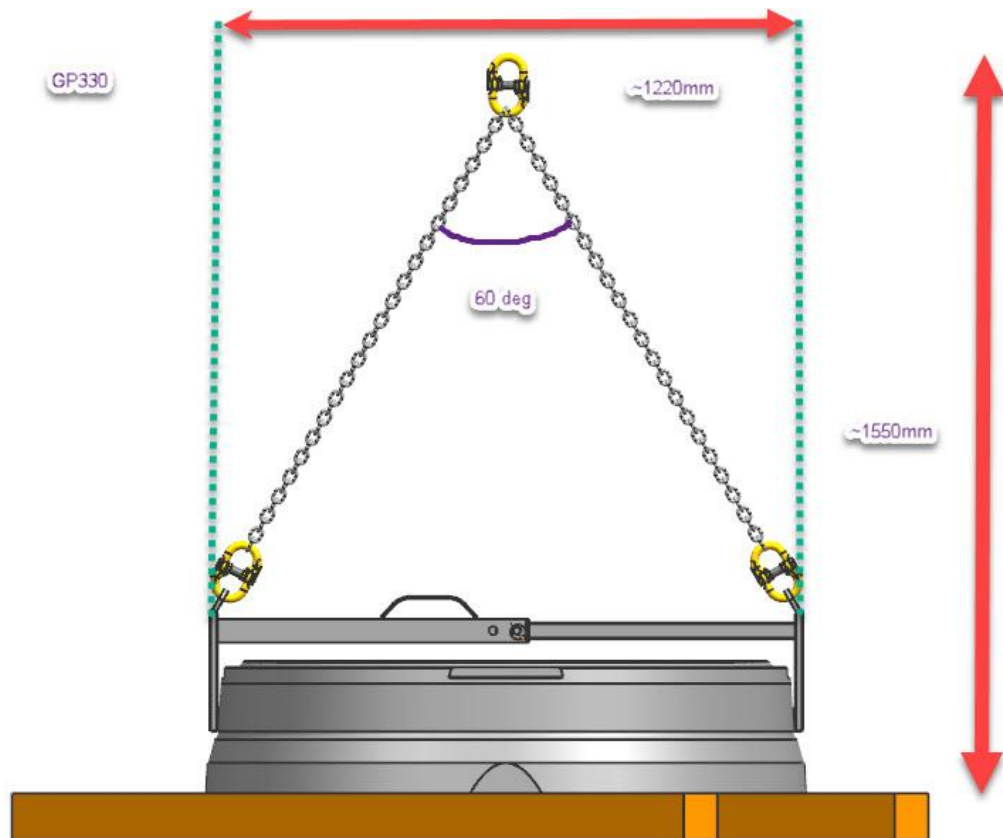
KUVA 19 Väliosan modulaarisempi nostoapuväline, joka toimii myös yläosan kanssa
Kuvassa 19 esitetyssä poikkileikkauksesta nähdään toimintaperiaate varsin selkeästi ja se on täysin sama kuin aiemmassa osiossa 5.1.1 Ulomman murskauskartion yläosa. Esitetyllä nostotyökalulla nostoholkkien puoli voidaan kuitenkin helposti vaihtaa, irrottamalla päätylevyistä niiden läpi menevät lukitustapit ja tämän jälkeen asentamalla holkki toiselle puolelle levyä, kuten kuvassa 20 on esitetty.



KUVA 20 Nostoapuväline asennettuna yläosaan

Ongelmia tulee kuitenkin nostoholkin halkaisijan kanssa, sillä yläosissa nostoreikien halkaisija on konekohtainen, kun taas välisosissa nostoreikien halkaisija on koneesta riippumatta yhtä suuri. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että joko valmistetaan erikokoisia holkkeja, jotta ne sopivat kussakin yläosassa olevaan nostoreikään tai sitten muutetaan yläosiin valmistusvaiheessa tehtävät nostoreiät kaikissa koneissa samankokoisiksi kuin väliosien nostoreiät.

Nostotyökalun kannalta on oleellista myös mitoittaa ketjuraksin pituus nostoon sopivaksi, jota on havainnollistettu kuvassa 21. Ketjuraksin kulman kasvaessa raksille kohdistuva kuormitus sekä vaakasuuntainen voima kasvavat (SFS-EN 818-6 + A1, 18), joten kyse on myös paljon lujuuslaskennallisesta ongelmasta.



KUVA 21 Havainnollistava kuva ketjuraksin kulman vaikutuksesta

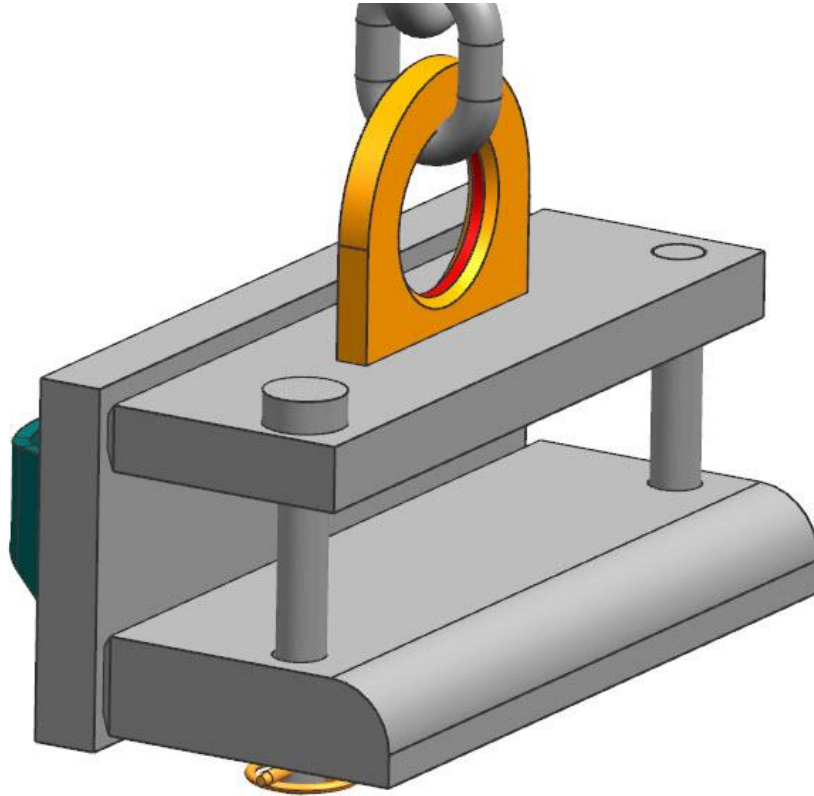
Kuvasta 21 nähdään tilanne, jossa ketjujen välinen kulma olisi 60 astetta, jolloin haaroihin kohdistuva kuormitus sekä vaakasuuntainen voima ovat varsin maltillisia, mutta tällöin nostopiste on jo noin 1,5 metriä väliosan pohjasta ylöspäin. Suurentamalla kulmaa raksin ketjujen välillä saadaan nostopistettä tuotua alaspäin, mutta tällöin putkiin sekä lukitustappiin kohdistuvat sivuttaisvoimat kasvavat, joten optimaalinen ketjupituus tullaan muodostamaan lujuuslaskennan sekä asentajien antaman informaation myötä mahdollisimman optimaaliseksi.

5.1.3 Ulomman murskauskartion alaosa

Alaosan nostotyökalut päätettiin suunnitella kiinnityskorvakkeisiin asennettaviksi kohdassa 3.3.3 Yleistä tietoa tehdyn esitietoselvityksen sekä aiempien alaosaan suunniteltujen nostotyökalukokemuksien pohjalta. Aiemmin nostotyökalu oli pyritty tekemään esimerkiksi ulkoreunaan kiinnittäväksi, jolloin rakenteesta tuli liian monimutkainen, toimimaton ja kallis (Peltomäki 2018). Painopisteen alapuolelta nostettaessa kiinnityspisteitä täytyy olla vähintään kolme, sekä niiden tulee sijaita tasossa painopisteen ympärillä ja mielellään myös tasaisin välein (SFS-EN 818-6 + A1, 18).

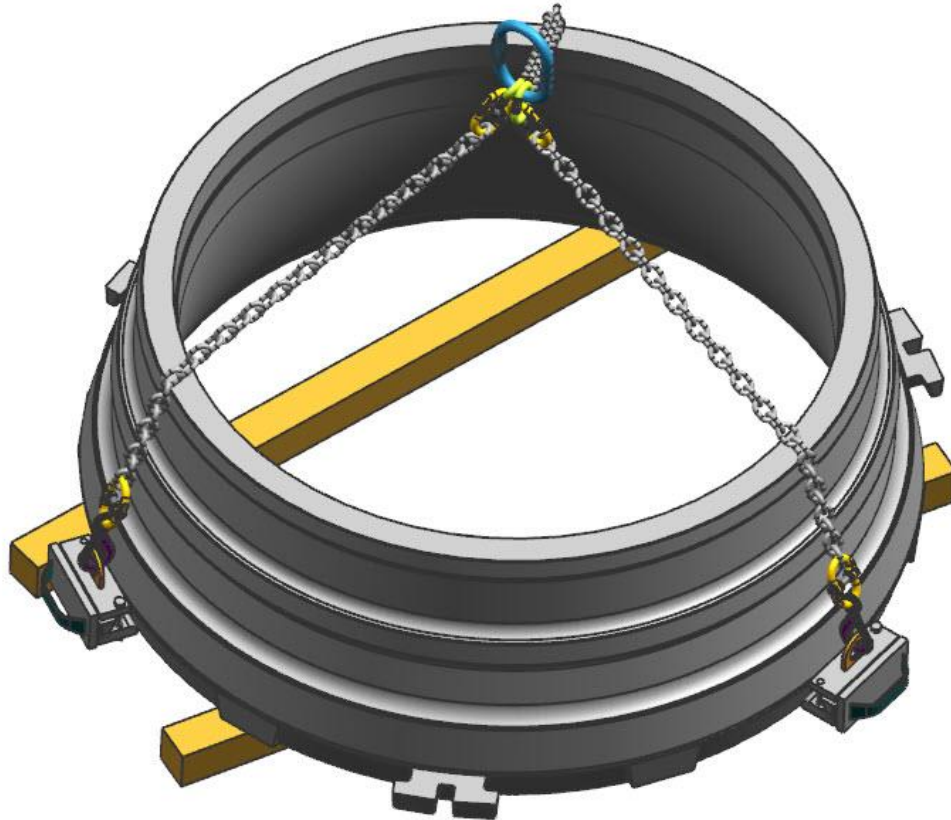
Kiinnityskorvakkeita on ulomman murskauskartion alaosassa yhteensä kuusi, joten tästä syystä kolme nostopistettä 120 asteen välein on tässä tapauksessa järkevin valinta.

Ensimmäinen esiteltävä vaihtoehto on C mallinen koukku, joka asennettaisiin nostokorvakkeeseen. C-koukku koostuisi kolmesta toisiinsa kiinni hitsatusta levystä, hitsattavasta nostokorvakkeesta, kantokahvasta sekä kahdesta lukitustapista, joista toinen on kiinteä ja toinen irrotettava, kuten kuvasta 22 nähdään.



KUVA 22 Vaihtoehto 1 mallinnettuna

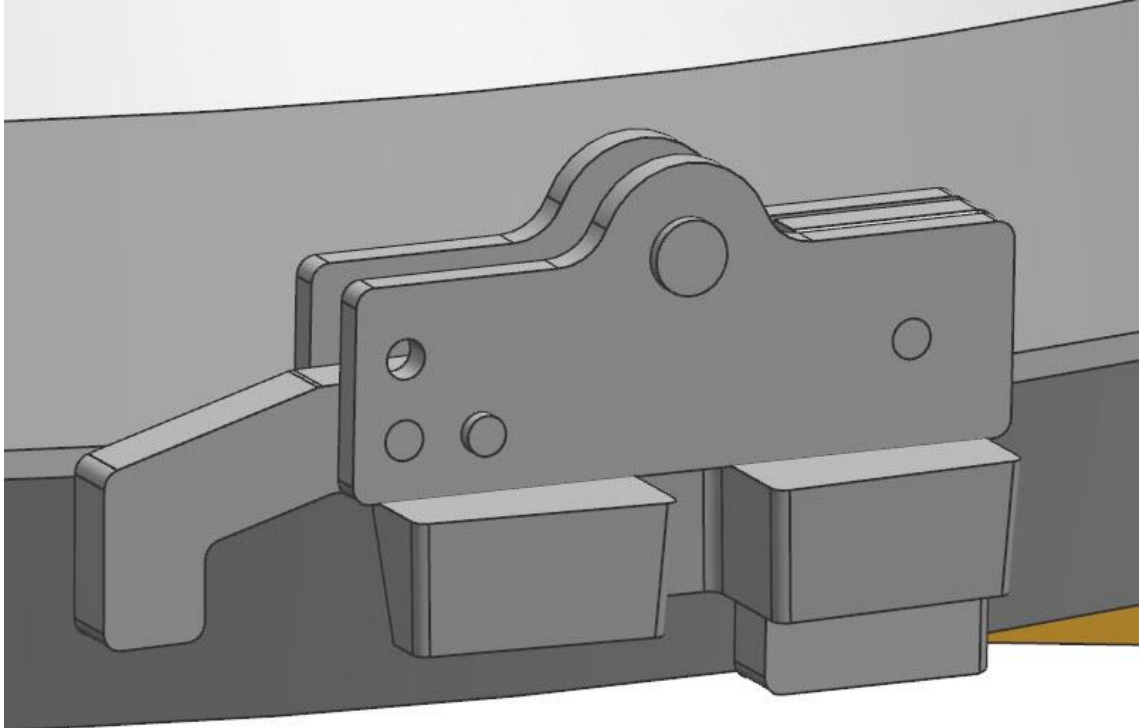
Kuvasta 22 havaitaan myös, että käyttö olisi yksinkertaista, sillä nostokoukun paikalleen asettaminen sekä irrottaminen onnistuu vain yhden sokan irrottamisen jälkeen, jolloin nostotyökalun pystyy vain vetämään pois paikaltaan. Kuvassa 23 on esitetty 3D mallinnus tilanteesta, jossa alaosaan on asennettu kolme vastaavaa nostotyökalua.



KUVA 23 Nostotyökalu asennettu paikalleen

Kuvassa 23 ketjuraksien päissä on käytetty nostokoukkuja, mutta myös liitoslenkit toimivat raksien päissä yhtä hyvin. Kuvassa 22 nostotyökaluvaihtoehto on kiinnitetty suurimpaan Nordberg GP7 -karamurskaimeen ja jotta kyseistä nostotyökalua voitaisiin käyttää pienempien koneiden alaosien kanssa, täytyy siihen lisätä useampia lukitusreikiä lukitustappia varten. Samaa työkalua ei kuitenkaan pysyttäisi käyttämään kaikkien erikokoisten koneiden alaosien nostoihin, mutta tässäkin tapauksessa voitaisiin tehdä pienillä sekä suurilla koneilla oman kokoisensa nostotyökalu, samalla tavalla kuin yläosan sekä väliosan kohdalla.

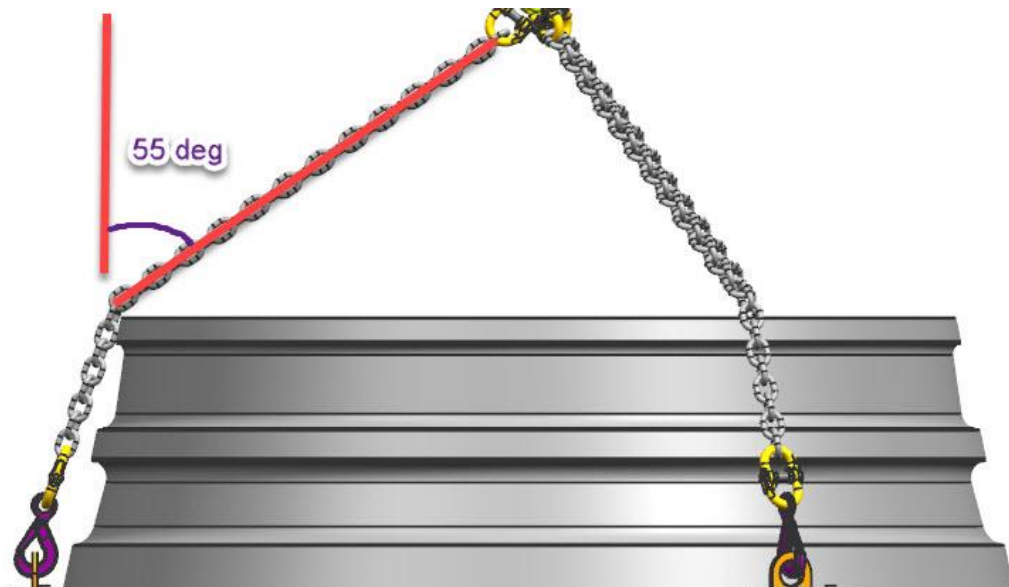
Toisena vaihtoehtona esitellään kuvassa 24 näkyvää nostotyökaluvaihtoehtoa, jossa lukitus tapahtuu kääntyvän nostokynnen avulla, samalla tavalla kuin osiossa 3.3.3 Yleistä tietoa esitellyn sisemmän murskauskartion nostotyökalussa. Nostokynnet lukittuisivat sivusuunnassa ulomman murskauskartion alaosan kiinnityskorvakkeissa oleviin loviin, ja estäisivät näin sivuttaissuuntaisen liikkeen, sekä kiinnityskorvakkeen ylä- että alapinnalle, jolla estettäisiin vastaavasti pystysuuntainen liike.



KUVA 24 Nostokynsiä hyödyntävä nostotyökaluvaihtoehto

Kuvassa 24 esitetty vaihtoehto vaatisi kuitenkin kullekin erikokoiselle koneelle oman nostotyökalunsa, joka olisi mitoitettu juuri kyseiselle koneelle sopivaksi, jolloin erilaisia nostotyökaluja jouduttaisiin tekemään alaosille yhteensä yhdeksän erilaista. Tämä johtuu siitä, että korvakkeissa olevat lovet pienenevät aina konekoon pienetessä, jolloin myös nostotyökalun ainepaksuutta pitäisi myös muuttaa samassa suhteessa, jotta se mahtuu lukittumaan korvakkeessa olevaan loveen.

Kaikilla kiinnityskorvakkeisiin lukittuvilla nostotyökaluilla täytyy kiinnittää erityistä huomiota ketjujen asettumiseen, sillä murskauskammion ollessa lähes pystysuora ulkopinnaltaan syntyy ketjuun herkästi suuri taitos kartion yläkulmassa, kuten havainnollistavasta kuvasta 25 nähdään.



KUVA 25 Ketjun taitos 3D mallinnuksen avulla kuvattuna

Kuvassa 25 ketjun kulmaa on havainnollistettu tapauksessa, jossa ketjun ja pystyakselin välillä on 55 asteen kulma. Tällöin nostopiste on varsin lähellä alaosan yläpintaa, mutta ketju joutuu huomattavalle rasitukselle ja vaakasuuntainen voima on suuri verrattuna loivempaan kulmaan. Tästä syystä ehdotetaan, että lujuuslaskennassa tehdään tarkka selvitys siitä, millä tavalla kyseinen kulma vaikuttaa ketjun kestävyYTEEN ja asetetaan nostotyökalulle selkeä maksimikulma, jossa sitä saa käyttää ja varmistetaan tämä myymällä oikein mitoitetuilla ketjuilla varustettu ketjuraksi nostotyökalun mukana. Tämän lisäksi lisätään ketjuun kumisuojus, jotta ketju ei pääse suoraan kontaktiin alaosan kanssa, vaan välissä on aina esimerkiksi kumisuojus.

Mikäli ketju haluttaisiin tuoda aluksi suoraan ylöspäin ja vasta kartion yläpuolella kulmassa, voitaisiin tilanteeseen kehittää kuvan 26 kaltainen levittäjä (eng. spreader beam), jolla tämä olisi mahdollista. Tällöin nostotyökalukokonaisuus olisi kuitenkin huomattavasti vaikeampi ja monimutkaisempi käyttää sekä kalliimpi valmistaa, joten kyseinen levittäjän mahdollisuus päätettiin jättää pois nostotyökalun kokoonpanosta.

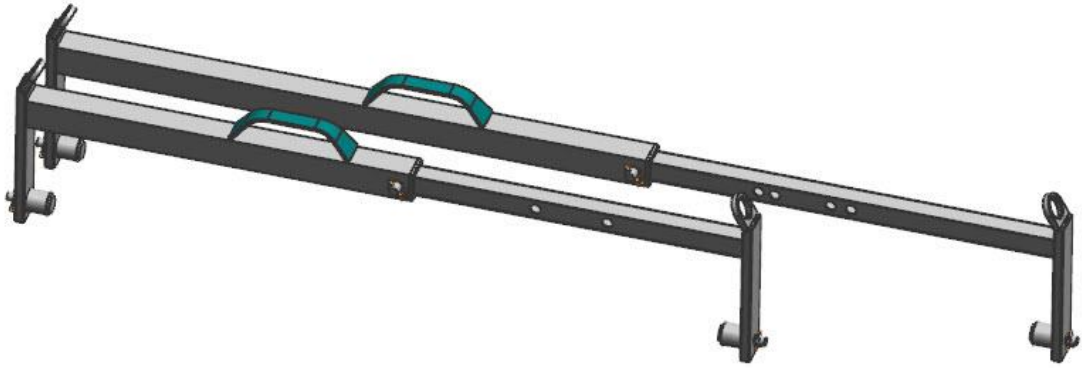


KUVA 26 Ketjut tuotu levittäjän avulla aluksi pystysuoraan ylöspäin

5.2 Suositellut vaihtoehdot

Lopullisiin vaihtoehtoisin päädyttiin tuotekehitysprosessin myötä, joka alkoi erilaisten mallien kehittämisestä. Malleja kehitettiin niin asentajien, muiden kollegojen kuin opinnäytetyön tekijän ideoiden sekä visioiden pohjalta. Osa malleista karsittiin pois jo matkan varrella, mutta niistä pyrittiin ottamaan niiden hyviä ominaisuuksia jatkokäyttöä varten. Lopuksi erilaisia malleja arviottiin niiden turvallisuuden, käytettävyyden sekä hinnan perusteella. Arviointeja tehdessä hyödynnettiin muun muassa kulutusosien suunnittelusta vastaavan Peltomäen osaamista sekä näkemyksiä.

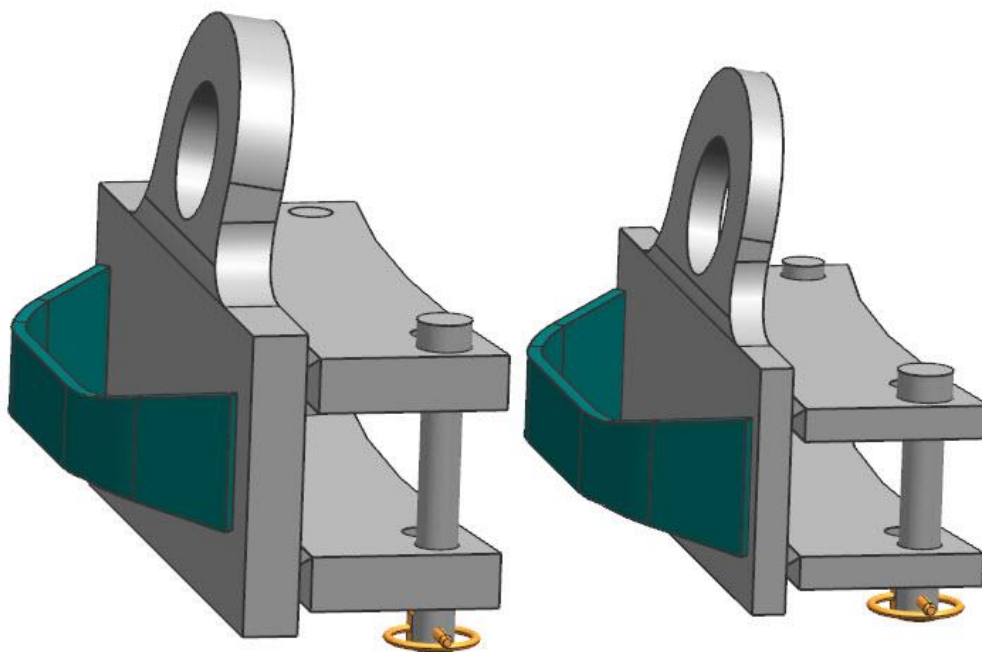
Lopullisiksi vaihtoehdoiksi valittiin yläosan sekä väliosan osalta putkirakenne, josta valmistetaan kaksi erikokoista nostotyökalua, eli yksi nostotyökalu pienille koneille ja yksi suurille koneille. Näiden pituussuunnan mittaeroa on havainnollistettu kuvassa 27, josta nähdään, että eroa leveydessä on varsin merkittävästi jo kuvassa, jossa molemmat nostotyökalut ovat asetettuna suurimpaan lukitusasentoonsa. Vielä suurempi ero on nostotyökalujen pienimpien asetusten välillä.



KUVA 27 Yläosan sekä väliosien nostotyökalu

Kuvassa 27 suurempaa nostotyökalua käytettäisiin GP550, GP500S sekä GP7 koneiden ulompien murskauskartioiden väliosien sekä yläosien nostoihin ja vastaavasti pienempi nostotyökalu toimisi koneille GP100, GP100S, GP220, GP200S, GP330 ja GP300S. Lisäksi opinnäytetyössä ehdotetaan, että ulomman murskauskartion yläosien nostoreikien koko yhtenäistetään samankokoiseksi kuin väliosien, mutta valmistetaan siirtymävaiheen ajan erikokoisia holkkeja nostotyökalun päätylevyyn kiinnitettäväksi, jotta nostotyökalu toimii myös vanhojen kulutusosien kanssa.

Alaosan nostotyökaluksi esitetään kuvassa 23 esitettyä C-koukkumallia, mutta lisätään kyseiseen osaan kumisuojus ketjulle, sekä asetetaan selkeä rajaus sille, kuinka suuri kulma ketjuun saa suurimmillaan tulla riippuen lujuuslaskennan sekä asentajien antamista asiantuntijalausunnoista. Kyseinen nostotyökalu valmistetaan kahdessa koossa samalla tavalla kuin yläosan sekä väliosien nostotyökalu, josta on esitetty havainnollistava kuva 28 alla. Kuvassa 28 esiteltyihin malleihin on tehty nostotyökalun valmistettavuuteen liittyvien huomioiden pohjalta, jotka esitellään seuraavassa osiossa 5.3 Nostotyökalujen valmistettavuus.



KUVA 28 Alaosan nostotyökalun kaksi erikokoista mallia

5.3 Nostotyökalujen valmistettavuus

Tässä osiossa käydään lyhyesti läpi ehdotettujen nostotyökaluvaihtoehtojen valmistettavuutta, sekä annetaan joitakin suosituksia siitä, miten valmistusmenetelmät sekä käytettävät nimikkeet tulisi valita. Nostotyökalun valmistettavuuden kannalta oleellista on kuitenkin suorittaa lujuuslaskennan avulla tehtyä optimointia, joten esimerkiksi lopullisia materiaalivalintoja ei voida ennen sitä suorittaa. Suunnittelussa määräytyy jopa 80 % tuotteen loppuhinnasta, joten tuotteen valmistettavuuden huolellisella suunnittelulla voidaan varmistaa alhaisempi valmistushinta, parantaa toimitusaikoja sekä toimitusvarmuutta samalla varmistaen valmistuksen laatu (Piironen 2013, 4).

5.3.1 Yläosan ja väliosan nostotyökalu

Kyseinen nostotyökalu koostuu siis yhteensä 11 erilaisesta osasta: nostokorvake, päätylevy, nostoholkki, nostoholkin lukitustappi, lukitustapin sokka, kantokahva, suuremman putken päässä oleva lukituslevy, pienemmän putken päässä oleva lukituslevy,

suuremman pinta-alan ohutseinäinen putki, pienemmän pinta-alan ohutseinäinen putki ja putkien lukitustappi.

Lukitussokkia käytetään yhteensä siis kolmessa eri kohdassa ja valmistettavuuden kannalta on järkevintä käyttää täysin samanlaisia lukitussokkia jokaisessa kohdassa, jolloin varastointi, varaosien toimittaminen sekä kokoonpaneminen tulevat halvemmaksi ja helpommaksi. Lukitussokaksi suositellaan valittavan jokin niistä kaupallisista sovelluksista, joita Metso käyttää jo nykyisellään tuotteissaan, sillä kaupallisia ja hyvin saatavilla osto-osia suositellaan käytettäväksi mahdollisimman paljon alhaisen valmistushinnan saavuttamiseksi (Piironen 2013, 8).

Lukitustappien osalta selvitetään mahdollisuus vastaavien toisessa tuotteessa käytettävien nimikkeiden käyttämiseen sekä mikäli vastaavaa nimikettä ei löydy, niin osto-osien käyttämiseen, sillä lukitustappi on yleinen kaupanimike, jolloin kannattaa pyrkiä osto-osien hyödyntämiseen (Piironen 2013, 8).

Kantokahvaksi valittiin nimike, jota käytetään jo useammassa Metson tuotteessa, jolloin kyseistä nimikettä voidaan nostotyökalua varten tilata vain useampia, joka yleensä laskee tilauskustannusten hintaa (Koivisto, Laitinen, Niinimäki, Tiainen., Tiilikka, & Tuomikoski 2008, 15).

Päätylevyt ovat toistensa kanssa samanlaiset, eikä niissä ole syytä vaatia tarkkaa pinnanlaatua, eikä myöskään mittatarkkuutta vaativia pintoja, joten esimerkiksi lukitustappia varten tehtävä reikä voidaan myös polttoleikata, eikä sitä täydy esimerkiksi koneistaa tarkemman paikkatoleranssin saavuttamiseksi. Sama pätee myös nostoholkin valmistukseen. Päätylevyjen materiaali valitaan lujuuslaskennan lopputuloksena, mutta mikäli mahdollista käytetään S235 terästä S355 sijaan, sillä se on suhteelliselta massahinnaltaan jopa 10 % halvempaa kuin vastaava S355 rakenneteräs (Piironen 2013, 7).

Samanmallisia nostokorvakkeita käytetään muissakin Metson tuotteissa, joten valmistuksen kannalta on järkevää selvittää onko täysin tai lähes samoilla mitoilla valmistettuja nostokorvakkeita olemassa jo valmiina, jolloin kyseistä nimikettä voitaisiin käyttää myös tässä tapauksessa, tällöin varastointinimikkeet sekä valmistusnimikkeet vähenisivät yhdellä sillä käytettäisiin toistuvaa uniikkia osaa. Pelkästään yksittäisen

nimikkeen tiedollinen käsittely voi tuotteen elinkaaren aikana tuoda jopa tuhansien eurojen kustannukset ja näiden lisäksi samojen nimikkeiden käyttäminen vähentää varastointi sekä tilauskustannuksia (Piironen 2013, 13).

Putkiprofiilien optimointi suoritetaan lujuuslaskentatiimin avulla, eli selvitetään, mikä putkiprofiili tulisi kaikkein halvimmaksi, mutta kestäisi siihen kohdistuvat rasitukset. Putkiin tehtävät reiät lukitustappia varten kannattaa tehdä vähintään millin mielellään jopa pari suuremmaksi kuin mitä itse lukitustapin halkaisija on, joten valmistustavaksi voidaan valita tässäkin tapauksessa halvin mahdollinen, eikä ole syytä vaatia esimerkiksi koneistusta.

Putkien lukitukseen käytettävien levyjen ainoa tehtävä on estää putkia irtoamasta toisistaan, jotta putket eivät pääse irtoamaan toisistaan esimerkiksi paikalleen asennettaessa säätölukituksen ollessa auki. Täten kyseisiin levyihin voidaan käyttää S235 JR rakenneterästä tai muuta vastaava ominaisuuksiltaan kustannustehokkaampaa terästä.

Nostotyökalu tulee sisältämään hitsausliitoksia useassa eri kohdassa, vaikka yleisesti hitsausliitoksia tulisi pyrkiä käyttämään mahdollisimman vähän. Suurin osa hitsausliitoksen valmistuskuluista tulee työnosuudesta, mutta myös esimerkiksi käytetyllä lisäaineella ja suojakaasulla on vaikutusta. Hitsauksen suunnittelu voidaan jakaa viiteen eri osa-alueeseen, jotka ovat materiaalivalinnat, hitsien mitoittaminen, railon ja liitostyyppin valinta, hitsin valmistettavuus sekä muut hitsille asetettavat vaatimukset. (Piironen 2013, 40.)

Ensimmäisenä hitsinä käsitellään päätylevyn ja nostokorvakkeen väliin tehtävä hitsi, jonka koko tarpeellisuus asetetaan kyseenalaiseksi, sillä kyseinen hitsi voitaisiin todennäköisesti korvata tässä tapauksessa levyyn tehtävällä taivutuksella, jolloin rakenteesta saataisiin myös yksi ylimääräinen osa poistettua sekä kaksi hitsausliitosta. Tämän myötä tehtiin päätös, jonka perusteella kyseinen hitsausliitos korvataan levyn taitoksella.

Toinen hitsaus on suuremman putken sekä pienemmän putken päihin kiinni hitsattavat lukituslevyt, jotka estävät putkia irtoamasta toisistaan. Ilman kyseisiä levyjä putket voisivat irrota toisistaan esimerkiksi asennettaessa, kun putkien päitä halutaan tuoda toisistaan kauemmas. Kyseiset lukituslevyt eivät ole nostotyökalun toiminnan kannalta

välttämättömiä, vaan niiden tehtävä on parantaa käyttömukavuutta, joten opinnäytetyössä ehdotetaan asennuksessa testattavaksi myös rakennetta, jossa kyseisiä lukituslevyjä ei ole. Tällöin voitaisiin luopua jälleen kahdesta hitsausliitoksesta. Mikäli hitsausliitokset halutaan valmistaa, tulisi ne tehdä a3 mitalla puoli-v hitsinä osien väliin ja tätä varten tulisi lukituslevyihin valmistaa sopivat railot.

Oleellisin hitsausliitos rakenteessa on putkien hitsaus päätylevyihin, johon suositellaan käytettäväksi ympäri pienahitsiä, jota pidetään yleisesti kustannustehokkaana hitsausliitoksen muotona (Piironen 2013, 43). Mitoituksen osalta tulee välttää ylimitoitusta, sillä yleisen nyrkkisäännön mukaisesti kaksinkertaistamalla a-mitta kolminkertaistetaan hinta (Piironen 2013, 42), mutta varmistua lujuuslaskennan avulla mitoituksen riittävästä kestävyydestä, sillä kyseisen hitsausliitoksen pettäminen voisi äärimmillään johtaa nostettavan kappaleen tippumiseen ja vaaratilanteeseen.

Viimeisimpänä käsiteltävänä hitsausliitoksena on kahvan hitsaaminen kiinni suurempaan putkeen, mutta kyseisen hitsin osalta pyritään vain ja ainoastaan mahdollisimman helposti tehtävään sekä minimimitoitettuun hitsiin, joten suositellaan käytettäväksi a-mitaltaan kolmen suuruista puoli-v-hitsiä, sillä kahvan taivutuksista johtuen sen ja putken väliin syntyy automaattisesti valmis hitsausrailo.

5.3.2 Alaosan nostotyökalu

Ulomman murskauskartion alaosan nostotyökalun kohdalla pyritään noudattamaan samoja periaatteita kuin edellisessä osiossa, eli valitsemaan valmis nimike, mikäli sellainen on olemassa ja näin on esimerkiksi kahvan kohdalla. Lisäksi lukitussokkana käytetään samaa ostonimikettä kuin yläosan ja väliosan työkalun kohdalla ja myös lukitustappi valitaan samalla periaatteella kuin yläosan ja väliosan nostotyökalun kohdalla, sekä selvitetään hintojen myötä sitä kannattaako molemmat lukitustapit tehdä irtoaviksi vai esimerkiksi hitsata toinen paikalleen.

Nostotyökalun levyjen suhteen joudutaan tekemään uudet nimikkeet ja materiaaliksi valitaan todennäköisesti S355 JR rakenneteräs, jonka saatavuus sekä hinta ovat kohtuullisia, mutta lopullinen materiaalivalinta tehdään vasta lujuuslaskennan jälkeen. Myöskin sopivat ainepaksuudet valitaan lujuuslaskennan perusteella ylimitoituksen, mutta myös riittävän kestävyuden varmistamiseksi. Ylälevynä sekä alalevynä voidaan

käyttää samaa nimikettä, jolloin saadaan edellisessä osiossa 5.3.1 kuvattuja varastointi- sekä nimikkeen hallinnointisäästöjä.

Hitsausliitosten osalta joudutaan miettimään myös hitsausliitoksen vaatimaa tilaa, jonka takia ehdotetaan levyjen hitsiliitokseen käytettäväksi puoli-v-hitsiä, joissa hyödynnetään valmistusvaiheessa levyihin tehtäviä railoja, jotka näkyvät havainnollistettuna esimerkiksi kuvassa 22. Tällöin hitsin pinta jäisi lähes samalla tasolle levyn pinnan kanssa. Lisäksi korvataan osiossa 5.1.3 Ulomman murskauskartion alaosa näkyvä nostokorvake tekemällä levyyn taitos, kuten osiossa 5.2 Suositellut vaihtoehdot näkyvässä kuvassa 28 on esitetty.

5.4 Nostotyökalujen riskianalyysi

Nostotyökaluille suoritettiin riskianalyysit, joilla pyrittiin ensisijaisesti selvittämään näkyvimpiä riskejä työkalujen osalta. Riskianalyysit tulee suorittaa vielä uudelleen lopullisen nostotyökalun mallin varmistumisen yhteydessä täysin oikeilla tiedoilla esimerkiksi nostotyökalun massan osalta. Riskianalyysit suoritettiin SFS EN ISO 12100 standardin pohjalta. Taulukossa arvioitiin työvaihetta, jossa vaara esiintyy, vaaratyyppiä, vaaratilannetta, seurauksia, todennäköisyyttä, riskiä, riskin tasoa, korjaustoimenpidettä, korjaustoimenpiteen jälkeistä seurausta sekä todennäköisyyttä ja niiden muodostamaa riskin tasoa.

Vaaratilanteeseen liittyvä riski syntyy vakavuuden (taulukossa käytetty ilmausta seuraus) sekä vahingon esiintymistodennäköisyyden (taulukossa käytetty ilmausta todennäköisyys) funktiona (SFS-EN ISO 12100, 42). Liitteissä 1 ja 2 esitettyjen seurauksen sekä todennäköisyyden asteikkoja on avattu alla olevissa taulukoissa 2 ja 3. Seuraukset arvioidaan taulukossa näkyvällä tavalla asteikolla 1-100, joista alin arvo tarkoittaa, että ei ole seurauksia ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi onnistuneen riskin poistamisen jälkeen. Luonnollisesti seurauksista vakavin on kuolemaan johtava ja pienimmät mustelmia tai naarmuja aiheuttavia.

TAULUKKO 2 Seurausten vakavuutta selittävä taulukkoa

Seurausten vakavuus	
100	Kuolema tai hyvin vakavia vammoja (esim. pysyvä tajuttomuus, kooma tai aivovaurio)
90	
	Kahden raajan menetys tai sokeutuminen sekä muita vastaavia pysyviä vammoja
80	
70	Raajan, silmän tai kuulon menetys tai muita vastaavia vammoja (mm. useamman sormen menettäminen tai niiden toimintakyvyn heikentyminen)
60	
50	Suuren luun murtuma tai vaikea sairaus (parantuu) tai pysyviä lievähköjä vammoja (pala pois sormesta, nivelen toiminta-alueen rajoittuminen tms.)
40	
30	Pieni luunmurtuma tai pienehkö sairaus (palautuva)
20	Haava, hankautuma, huonoa oloa
10	Naarmuja tai mustelmia
1	Ei seurauksia

Taulukossa 3 on esitetty riskien todennäköisyyttä asteikolla 0-1, joista 1 tarkoittaa sitä, että tapahtuminen on varma ja 0 vastaavasti sitä, että tapahtuminen ei ole mahdollista. Liitteessä esitetyissä taulukoissa tapahtumisen todennäköisyyttä on arvioitu ilman ulkopuolisia lähteitä kuten tapaturmatilastoja tai rekisterejä.

Riskien pienentämiseen käytetään kolmen askeleen menetelmää, jossa ensimmäinen askel on luontaisesti turvalliset suunnittelutoimenpiteet, toinen askel on suojaustekniset toimenpiteet ja/tai täydentävät suojaustoimenpiteet ja viimeinen eli kolmas askel on käyttöä koskevat tiedot (SFS-EN 12100, 52).

5.4.1 Ulomman murskauskartion yläosan ja välioson nostotyökalun riskianalyysi

Liitteessä 1 on esitelty ulomman murskauskartion välioson sekä yläosan nostotyökalulle suoritettu riskianalyysi. Riskianalyysi on jaettu kolmeen vaiheeseen sen mukaan, missä työvaiheessa kyseiset riskit esiintyvät, eli asennus yläosaan tai väliosaan, nostaminen sekä nostotyökalun huolto ja kunnossapito.

Asennusvaiheessa esiintyviä riskejä havaittiin yhteensä viisi. Ensimmäisenä riskinä havaittiin mahdollisuus sille, että nostotyökalu heilahtaa tai putoaa päälle. Kyseinen riski liittyy aina nostotyöhön, jossa nostovälineet täytyy kiinnittää nostettavaan kappaleeseen, eikä sitä voida täten ikinä täysin poistaa, mutta varoittamalla riskistä käyttöohjeessa voidaan riskin todennäköisyyttä pyrkiä pienentämään.

Toisena riskinä huomioitiin, että raaja voi puristua nostotyökalun ja nostettavan kappaleen väliin, joka voi johtaa käyttäjällä esimerkiksi haavoihin. Riskiä ei voida poistaa, sillä nostotyökalu täytyy asettaa paikoilleen, jolloin riski on aina olemassa, mutta huolellisella käytöllä riskin todennäköisyyteen pystytään vaikuttamaan. Valitettavasti huolelliseen käyttämiseen ei voida kuitenkaan muuta, kuin velvoittaa ja varsinainen huolellisuudesta vastaaminen jää asiakkaan vastuulle.

Kolmanneksi riskiksi nostettiin henkilön putoaminen työkalua asennettaessa, mutta tätä riskiä ei käsitellä nostotyökalun osalta, sillä kyseinen riski on käsitelty GP-murskaimen riskianalyyssissä tarkemmin. Huoltoa varten on olemassa esimerkiksi huoltotasoja ja muita riskiä pienentäviä tekijöitä.

Neljäntenä riskinä on oletettava väärinkäyttö, eli nostotyökalun kunnan tarkistus laiminlyödään. Oletettava väärinkäyttö viittaa kohtuudella ennakoitavissa olevaan väärään käyttöön eli käyttötapaan, jolla konetta ei ole tarkoitettu käytettäväksi, mutta joka voi seurata ennakoitavissa olevasta inhimillisestä käyttäytymisestä kuten huolimattomuudesta (SFS-EN ISO12100, 40). Nostotyökalun mukana toimitetaan selkeä

tarkastusohje sekä tarkastuslista esimerkiksi mittojen osalta ja veloitetaan nostotyökalun käyttäjä tarkastamaan nostotyökalu tarpeeksi usein.

Viimeiseksi asennusvaiheenriskiksi huomattiin lukitustapin asentaminen väärään lukitusreikään tai kokonaan asentamatta jättäminen. Tällöin nostotyökalu ei lukitu ja nostettava kappale voi päästä putoamaan. Riskiä voidaan pienentää lisäämällä lukitustapille sekä sen sokalle ketju, jolloin lukitustappi tai sokka eivät pääse katoamaan ja kulkevat aina nostotyökalun mukana. Lisäksi lisätään vähintään käyttöohjeeseen merkinnät oikeasta lukitusreiästä kullekin koneelle, mutta tutkitaan mahdollisuutta myös esimerkiksi ohjeistustarran kiinnittämisestä nostotyökaluun.

Nostovaiheessa löydettiin neljä erilaista riskiä, joista ensimmäisenä on yläosan tai väliosan kiinni juuttuminen koneen runkoon, joka voi tapahtua esimerkiksi kiviaineksen kiilautumisen seurauksena. Tällöin nostettaessa nostotyökaluun kohdistuu hetkellisesti suurempi voima kuin mille se on suunniteltu, jolloin nostotyökalu hajoaa hallitsemattomasti. Riskiä voidaan pienentää lisäämällä nostotyökaluun murtosokka, jolloin nostotyökalun hajoaminen on niin sanotusti hallittua ja samalla suojataan nostotyökalun muita osia liialliselta jännitykseltä.

Toinen nostovaiheen riski liittyy tilanteeseen, jossa nostoholkki ei ole oikean kokoinen kulutusosassa olevaan reikään. Näin voi käydä esimerkiksi tilanteessa, jossa nostotyökalulla pyritään nostamaan piraattikulutusosaa, jonka mitoitus ei vastaa Metson virallisten kulutusosien mittoja. Tällöin kappale ei kiinnity oikein ja voi päästä putoamaan. Riskiä pienennetään ilmoittamalla selkeästi, että nostotyökalun käyttäminen muiden kuin Metson virallisten kulutusosien kanssa on kiellettyä.

Kolmantena riskinä havaittiin nostolaitteen ylikuormittuminen, jonka vuoksi nostotyökalussa tapahtuu muodonmuutoksia, jotka johtavat nostotyökalun pettämiseen. Lisätään asennukseen liittyvässä riskissä 4 mainittu tarkastusohje, jolloin mahdolliset muodonmuutokset havaitaan nostotyökalua tarkastettaessa.

Viimeisenä nostamiseen liittyvänä riskinä havaittiin lukitussokan käyttämättä jättäminen nostoholkin lukitustapissa. Tämä voi johtua esimerkiksi tilanteesta, jossa työkalua on käytetty ensin yläosan nostoon ja lukitusholkin puolta vaihdettu sen jälkeen väliosian nostoon sopivaksi. Nostotyökalu toimii periaatetasolla myös ilman lukitussokkaa kitkan

ansiosta, mutta esimerkiksi tilanteessa, jossa nostettava kappale törmää noston aikana, voisi tämä johtaa kappaleen välittömään putoamiseen. Lisätään selkeä kieltö nostojen suorittamisesta ilman lukitussockaa sekä lukitussockalle ketju, jotta se kulkee aina nostotyökalun mukana.

Huoltoon ja kunnossapitoon liittyvänä riskinä huomioitiin, että asiakas saattaa mennä muuttamaan tai ”korjaamaan” nostotyökalua, jolloin nostotyökalun ominaisuudet voivat muuttua tai heiketä. Kielletään nostotyökalun minkäänlainen ohjeista poikkeava muuttaminen, sekä lisätään varoitusteksti.

Yleisenä yhteenvetona nähdään, että suurin osa havaituista riskeistä voidaan minimoida kiinnittämällä huomiota käyttöohjeisiin sekä tarkastusohjeisiin, jotka toimitetaan nostotyökalun mukana. Lisäksi lisäämällä kaikille lukitustapeille sekä lukitussockille ketjut, jotta ne ovat aina kiinni nostotyökalussa, voidaan riskejä pienentää huomattavasti. Kokonaisuutena nähdään myös, että nostotyökalun modulaarisuus lisää riskejä, sillä käyttäjä voi huolimattomasti käyttää esimerkiksi väärää lukitusreikää, jolloin nostotyökalu ei välttämättä lukitu paikalleen jäməkästi, joka voi johtaa kappaleen putoamiseen ja vaaratilanteeseen tai henkilövahinkoon.

5.4.2 Ulomman murskauskartion alaosan nostotyökalun riskianalyysi

Liitteessä 2 on esitelty ulomman murskauskartion alaosan nostotyökalun riskianalyysi. Kyseinen riskianalyysi on tehty samalle pohjalle ja samalla periaatteella kuin yläosan ja väliosian nostoihin suunnitellun nostotyökalun riskianalyysi. Alaosan nostotyökalussa esiintyy paljon samoja riskejä kuin yläosan ja väliosian nostotyökalussa, joten liitettä 2 ei lähdetä käymään läpi kohta kohdalta samalla tavalla kuin edellisessä osiossa, vaan nostetaan esiin vain ne riskit, jotka poikkeavat väliosian ja yläosan nostotyökalusta.

Ensimmäinen poikkeava riski on vain kahden c-koukun käyttäminen. Kun kappaletta lähdetään nostamaan vain kahdella c-koukulla, se pyrkii kääntymään painopisteensä ympäri ja voi pudota tämän seurauksena. Riskin pienentämiseksi kielletään muut nostotavat kuin kolmen c-koukun käyttäminen käyttöohjeessa ja lisätään varoitusteksti.

Toinen poikkeava riski on vääränmittaisen ketjuraksin käyttäminen. Tämä riski saadaan minimoitua, kun nostotyökalun mukana toimitetaan oikein mitoitettu ja suojattu

ketjuraksi, eli ilmoittamalla muiden ketjuraksien käyttämisen olevan kielletty sekä mitoittamalla suurin sallittu nostokulma ketjulle.

6 POHDINTA

Opinnäytetyössä suoritettiin nostotyökalututkimus, jonka lopputuloksena tilaajalle pystyttiin tarjoamaan kaksi erilaista nostotyökalumallia, joista molemmat kahdessa eri koossa: suurempana ja pienempänä versiona. Näillä neljällä työkalulla pystytään periaatetasolla nostamaan kaikki Metson GP –sarjan karamurskainten ulompien murskauskartioiden eri osat, eli niin alaosat, välisosat kuin yläosatkin. Yhteensä kyseisiä osia on noin 50 erilaista.

Opinnäytetyön tutkimuksen kannalta parhaimman lopputuloksen saavuttaminen vaatii kuitenkin, että tilaajan ulomman murskauskartion yläosalle tehtävät nostoreiät muutetaan kaikki samansuuruisiksi kuin väliosan nostoreiät. Tämä on ainoa opinnäytetyössä annettava suora parannusehdotus, joka tilaajalle esitetään. Toisaalta, mikäli näin ei voida toimia, voidaan tässä vaiheessa hyödyntää yläosalle suunnitellun nostotyökalun modulaarisuutta kehittämällä ulkohalkaisijaltaan erikokoisia nostoholkkeja, jolloin nostotyökalut ovat muutoin täysin samanlaisia, mutta niihin asennettavan nostoholkin ulkohalkaisija muuttuu ulomman murskauskartion nostoreikään sopivaksi.

Modulaarisuuden suhteen ongelmaksi muodostuu helposti koneiden suuret kokoerot, sillä pienimmän koneen osien painaessa vain kymmenesosa siitä, mitä suurimman koneen osa, ei näiden koneiden välillä voida luonnollisesti juurikaan käyttää samoja osia nostotöiden tekemiseen. Tämä ongelma korostuu opinnäytetyössä ennen kaikkea ulomman murskauskartion alaosaa varten ehdotetussa nostotyökalumallissa, jossa joudutaan todennäköisesti vahvistamaan käytännössä lähes kaikkia osia siirryttäessä pienemmästä nostotyökalusta suurempaan. Ongelman suuruus riippuu luonnollisesti myös nostettavan kappaleen tuottamista reunaehdoista, kuten tässäkin opinnäytetyössä nähtiin, eivätkä kokoerot vaikuttaneet samalla tavalla yläosan sekä väliosan nostotyökalun modulaarisuuteen.

Tilaajalle tarjottujen nostotyökalujen lopullinen malli riippuu paljolti lujuuslaskennan perusteella saaduista tuloksista ja näissä huomio kiinnittyy etenkin alaosan nostotyökalun käyttäytymiseen nostojen aikana. Ketjujen suuntautuessa kohti ulomman murskauskartion alaosan keskilinjaa aiheuttavat ne nostotyökaluun momenttia, jonka seurauksena nostotyökalu pyrkii kääntymään siihen kiinnitetyn ketjun normaalin suuntaiseksi. Edellä kuvatussa tilanteessa nostotyökalu pyrki täten ikään kuin

vääntymään nostokorvakkeen ympäri, jolloin lukitustappeihin sekä hitsaussaumoihin kohdistuvat voimat saattavat nousta liian suuriksi. Opinnäytetyössä käsitellyllä tavalla voimien suuruuteen voidaan kuitenkin vaikuttaa myös sen avulla, kuinka pystysuoraan ketjut lähtevät alaosan nostotyökalun kiinnityspisteistä.

Yläosan sekä väliosan nostotyökalun suhteen kestävyuden arvioiminen yksinkertaistetun lujuuslaskennan avulla on huomattavasti helpompaa, sillä putkiin kohdistuu nostotyökalussa esiintyvä vaakasuuntainen voima, johon pystytään vaikuttamaan ketjujen kulman avulla. Vastaavasti pystysuuntainen voima tulee lukitustapin kannettavaksi, mutta senkin halkaisijan suuruutta sekä materiaalia pystytään tarvittaessa muuttamaan, mikäli lujuuslaskennan tulosten perusteella tähän nähtäisiin syytä.

Tutkimuksen lopputuloksena valmistuneiden mallinnusten kehittäminen jatkuu yhä opinnäytetyön jälkeen esimerkiksi edellä kuvattujen mahdollisten ongelmien selvittämiseen lujuuslaskennan avulla, mutta myös dokumentoinnin sekä testaamisen merkeissä. Opinnäytetyössä esitellyllä tavalla myöskin nostotyökalujen optimointia tullaan suorittamaan. Lopullisten nostotyökalujen prototyyppien yksityiskohtainen valmistaminen vaatii kuitenkin paljon aikaa, eikä tuloksia jäädä täten opinnäytetyön merkeissä odottamaan. Tämä oli kuitenkin opinnäytetyön alkuperäinen odotusarvokin, että tilaajalle tarjottujen nostotyökalujen ei oleteta olevan täysin käyttövalmiita, vaan niiden edelleen kehittäminen tulee jatkumaan myös opinnäytetyön päättymisen jälkeen.

Suunniteltujen nostotyökalujen ansiosta ulompien murskauskartioiden nostotöiden katsotaan jatkossa olevan turvallisempia, käytännöllisempiä, mutta myös nopeampia suorittaa kuin ennen nostotyökalun suunnittelua. Nostotyökaluille suoritettavan alustavan riskianalyysin perusteella kaikki niissä esiintyneet riskit pystyttiin minimoimaan siedettävälle tasolle, mutta luonnollisesti riskien seuranta tullaan tilaajayrityksessä suorittamaan nostotyökalujen osalta niiden valmistumisen jälkeen. Ehdotetut nostotyökalut on suunniteltu täyttämään työturvallisuuslain, koneasetuksen, käyttöpäätöksen sekä koneturvallisuusstandardien niille asettamat vaatimukset, sekä tullaan myös edelleen kehittämään näiden asettamien reunaehtojen mukaisesti.

Opinnäytetyössä suoritettavan tutkimuksen ansiosta ulomman murskauskartion osien nostotyökalujen edelleen kehittäminen sekä mahdollinen uudelleen kehittäminen, mikäli tälle nähtäisiin tarvetta, onnistuvat helposti opinnäytetyön tarjoamien tietojen ansiosta.

LÄHTEET

Koivisto, K, Laitinen, E., Niinimäki, M., Tiainen, T., Tiilikka, P. & Tuomikoski, J. 2008. Konetekniikan materiaalioppi. 12. uud. p. Helsinki: Edita.

Lehtinen, R. Mangaanisolun johtaja. 2018. Haastattelu 22.3.2018. Haastattelija Kuusinen, S. Tampere

Lide, D. R. 2005, CRC Handbook of Chemistry and Physics, Internet Version. Luettu 23.3.2018. Vaatii kirjautumisen.
<http://hbcponline.com/faces/contents/ContentsSearch.xhtml>

Metso. Murskainten kulutusosat. Luettu 23.3.2018
<https://www.metso.com/contentassets/c3cbad681ffe4d06b39ef19e4eb9a2eb/Metso-crusher-wear-parts-services-Tampere.jpg?preset=header-slider-thumb>

Metson vuosikatsaus 2017.
https://www.metso.com/siteassets/documents/2018/finnish/metso_2017_ar_fi.pdf

Metso. Terveys, turvallisuus ja ympäristö. Luettu 23.3.2018
<https://www.metso.com/fi/yritys/Sustainability/terveys-turvallisuus-ja-ymparisto/>

Metso lyhyesti. Luettu 23.3.2018
<https://www.metso.com/fi/yritys/metso-yrityksena/metso-lyhyesti/>

Metso.Nordberg GP cone crushers instruction manual. 01/2018

Metsta Ry. Koneturvallisuuden standardit. 2017. Luettu 23.3.2018
http://www.sfsedu.fi/files/129/Koneturvallisuuden_standardit_2016.pptx

Metsta Ry. Vaatimustenmukaisuusolettama. Luettu 25.3.2018
http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden_teemasivut/standardisointi/02-01-00.php

Peltomäki, K. Suunnitteluinsinööri. 2018. Haastattelu 22.3.2018. Haastattelija Kuusinen, S. Tampere

Piironen T. 2013. Teräsrakenteiden suunnitteluohjeita parempaan valmistettavuuteen.
<http://portal.savonia.fi/pdf/julkaisutoiminta/2013-hitnet-suunnittelijanopas.pdf>

SFS-EN ISO 12100. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Vaatii käyttöoikeuden
<https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 818-6 + A1. 2008. Lyhytlenkkinen nostokettinki. Turvallisuus. Osa 6: Kettinkiraksit. Valmistajan toimesta laadittavien käyttö- ja huolto-ohjeiden määrittely. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Vaatii käyttöoikeuden
<https://online.sfs.fi/>

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738.

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400.

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta
12.6.2008/403.

LIITTEET

Liite 1. Ulomman murskauskartion yläosan ja väliosan nostotyökalun riskianalyysi

Ulomman murskauskartion yläosan sekä väliosan nostotyökalun riskienarviointi										
Työvaihe	Vaaratyypit	Vaaratilanne	Seuraukset	Todennäköisyys	Riski	Korjaustoimenpide	Std kohta	Seuraukset todennäköisyys	Jäännösriski	
Asennus yläosaan/väliosaan										
Nostotyökalu nostetaan yläosaan/väliosaan	Isku	Nostotyökalu putoaa/heilahtaa päälle	30	0,3	9	Siedettävä	Varoitus ohjeeseen			
	Puristuminen	Raaja jää nostotyökalun ja väliosan/väliosaan väliin	20	0,5	10	Siedettävä	Käyttöohjeessa veloitetaan käyttämään nostotyökalua oikein ja			
	Putoaminen	Katso GP-murskaimen riskianalyysi								
Nostotyökalun kunnan tarkistus	Oletettava väärinkäyttö: ei tarkisteta	Nostotyökalu hajoaa ja nostettava kappale heilahtaa tai putoaa	100	0,1	10	Siedettävä	Tarkastusohje, mitat, korrosio jne.			
Lukitustappi asennetaan väärään lukitusreikään tai ei asenneta ollenkaan (esim. hukkuminen)	Putoaminen	Nostotyökalu ei lukitu nostettavaan kappaleeseen oikein jolloin nostettava kappale putoaa tai heilahtaa	100	0,2	20	Kohtalainen	Lisätään ketju lukitustappiin, jotta lukitustappi aina tallella. Merkinnät oikeasta lukitusreikästä ohjeisiin	100	0,1	10
Nostaminen										
Yläosan/väliosan nosto	Putoaminen/isku	Yläosa/väliosa ei irtoa rungosta: nostotyökalu hajoaa äkillisesti ja iskeytyy henkilöä päin	50	0,4	20	Kohtalainen	Lisätään murtosokka	20	0,4	8
	Putoaminen/isku	Nostotyökalun lukitushokki ei ole oikean kokoinen tai pääsee irtoamaan esim. piraatti kulutusosien takia. Nostettava kappale putoaa	100	0,3	30	Merkittävä	Kielletään käyttämästä muiden kuin virallisten Metson kulutusosien kanssa. Varoituksia ohjeisiin	100	0,1	10
	Putoaminen/isku	Nostolaite ylikuormittuu ja nostotyökaluun tulee muodonmuutos minkä johdosta nostotyökalu pettää	100	0,3	30	Merkittävä	Tarkastusohje	100	0,1	10
	Oletettava väärinkäyttö: ei asenneta lukitusosia lukitushokkias olevaan lukitustappiin	Holkin lukitustappi/sokka puuttuu esim. työkalun nostopuolen vaihdon seurauksena	100	0,3	30	Merkittävä	Lisätään sokalle ja tapille ketju, käyttöohje ja varoitukset	100	0,1	10
Huolto ja kunnossapito										
Nostotyökalun kunnossapito	Useita	Asiakas korjaa/muuttaa nostotyökalua suunnitellun vastaiseksi	100	0,4	40	Merkittävä	Kielletään, varoituksia ja ohjeita	100	0,1	10

Liite 2. Ulomman murskauskartion alaosan nostotyökalun riskianalyysi

Ulomman murskauskartion alaosan nostotyökalun riskienarviointi										
Työvaihe	Vaaratyypit	Vaaratilanne	Seuraukset Todennäköisyys	Riski	Korjaustoimenpide	Std kohta	Seuraukset Todennäköisyys	Jäännösriski		
Asennus alaosaan										
Nostotyökalu asetetaan alaosaan	Isku	Nostotyökalu putoaa/heilahtaa päälle	20	0,4	8	Siedettävä	Varoitus ohjeeseen			
	Puristuminen	Raaja jää nostotyökalun ja alaosan väliin	20	0,5	10	Siedettävä	Käyttöohjeeseen selkeä opastus oikeasta käyttötavasta			
Käytetään vain kahta c-koukkuja	Putoaminen	Alaosa kääntyy painopisteen suhteen ja putoaa	100	0,2	20	Kohtalainen	Käyttöohjeeseen kierto	100	0,1	10
Nostotyökalun kunnan tarkistus	Oletettava väärinkäyttö: ei tarkisteta	Nostotyökalu hajoaa ja nostettava kappale heilahtaa tai putoaa	100	0,1	10	Siedettävä	Tarkastusohje, mitat, korrosio jne.			
Käytetään väärin mitaista ketjuraksia	Putoaminen	Ketju katkeaa	100	0,2	20	Kohtalainen	Käyttöohje, kulman maksimi	100	0,1	10
Lukitusappi asennetaan väärään lukitusreikään tai ei asenneta ollenkaan (esim. hukkinen)	Putoaminen	Nostotyökalu ei lukitu nostettavaan kappaleeseen oikein jolloin nostettava kappale putoaa tai heilahtaa	100	0,2	20	Kohtalainen	Lisätään ketju lukitusappiin, jotta lukitusappi aina tallessa. Merkinnät oikeasta lukitusreikästä ohjeisiin	100	0,1	10
Nostaminen										
	Putoaminen/isku	Nostotyökalun lukitusappi pääsee irtoamaan kiinnityskorvakkeesta esim. piraatti kulutusosien takia. Nostettava kappale putoaa	100	0,3	30	Merkittävä	Kielletään käyttämästä muiden kuin virallisten Metson kulutusosien kanssa. Varoituksia ohjeisiin	100	0,1	10
Huolto ja kunnossapito										
Nostotyökalun kunnossapito	Useita	Asiakas korjaa/muuttaa nostotyökalua suunnitellun vastaiseksi	100	0,4	40	Merkittävä	Kielletään, varoituksia ja ohjeita	100	0,1	10