



MURSKAIMEN MODULAARINEN RAKENNE

Janne Lähdetniemi

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

JANNE LÄHDETNIEMI:
Murskaimen modulaarinen rakenne

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Huhtikuu 2015

Murskaimia kehitetään jatkuvasti paremman suorituskyvyn sekä paremman hintalaatusuhteen saavuttamiseksi. Modulaarinen rakenne helpottaa murskaimen sekä optioiden valitsemista tiettyyn sovellukseen ja tekee murskainten kehityksestä helpompaa sekä tehokkaampaa.

Tämä opinnäytetyö on tehty Metso Minerals Oy:lle liittyen murskaimen modulaariseen rakenteeseen. Työn tarkoituksena oli selvittää uuden murskauskammion kehitykseen liittyviä mahdollisuuksia ja ongelmia. Mallinnuksessa erinäköisiä haasteita aiheuttivat kammion teräsrakenteet, ulkonäkö sekä modulaarisuus.

Kehitystarpeiden vuoksi päädyttiin irrotettavaan murskauskammioon sekä vaihdettavaan kammioarenkaaseen. Murskaimelle tulee alkuperäisten sovellusten lisäksi kokoonpano, jonka vaihtoehtoisen kammioarenkaan avulla saavutetaan suurempi murskaussuhde. Työn tuloksia sovelletaan muihin murskainmalleihin ja kehitys jatkuu pienemmän kammion parissa.

Opinnäytetyön liitteet ovat luottamuksellisia eikä niitä ole julkaistu opinnäytetyön yhteydessä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Product Development

JANNE LÄHDETNIEMI:
Modular Structure of a Crusher

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 5 pages
April 2015

Crushers are developed continuously to reach a better capacity and better price-quality ratio. Modular structure facilitates the choosing of a crusher and options for a certain application and makes crushers' development easier and more effective.

This thesis was made for Metso Minerals Ltd, and deals with the modular structure of a crusher. The purpose of this work was to clarify possibilities and problems when developing a new crushing chamber. There were several challenges in 3D modeling as regards steel structure, modularity and appearance.

Due to the development needs defined by Metso Minerals, a detachable crushing chamber and replaceable chamber ring were chosen as best design choices. In addition to the original assembly, the crusher will have an assembly with an alternative chamber ring which can reach a higher reduction rate. The results of the work will be adapted to other crusher models and the development continues in the designing of a smaller chamber.

The appendices of this thesis have been removed here because of confidentiality.

Key words: product development, modularity, impact crusher, Metso Minerals

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	YRITYS.....	7
2.1	Metso	7
2.2	Metso Minerals Oy	8
3	BARMAC MURSKAIMET.....	11
3.1	Barmac B-sarjan keskipakomurskaimet (VSI)	11
3.2	Toimintaperiaate	13
3.3	Barmac B6150SE VSI	15
4	MODULOINTI	16
4.1	Yleistä	16
4.2	Moduloinnin tavoitteet ja hyödyt.....	17
5	KEHITYSTARPEET	18
5.1	Murskauskammio.....	18
5.2	Kivipatja-kammiorengas.....	20
5.3	Alasin-kammiorengas	21
6	LUONNOSTELU.....	22
6.1	Reunaehdot	22
6.2	Murskauskammio.....	22
6.2.1	Kammion madaltaminen	22
6.2.2	Kammion kiinnitys.....	23
6.3	Kivipatja-kammiorengas.....	24
6.4	Alasin-kammiorengas	25
7	LOPPUTULOS	27
7.1	Murskauskammio.....	27
7.2	Kivipatja-kammiorengas.....	28
7.3	Alasin-kammiorengas	29
7.4	Kokonaisuus.....	30
8	YHTEENVETO	32
	LÄHTEET.....	33
	LIITTEET	34

LYHENTEET JA TERMIT

VSI	Vertical shaft impactor, keskipakomurskain
Alasin	Kivi terästä vasten -kammio rengas
Kivipatja	Kivi kiveä vasten -kammio rengas
Roottori	Pyörivä osa koneen keskellä, joka sinkoaa kivet murskaus-kammion seiniin
Tippi	Roottorin portilla sijaitseva kärki, joka suojaa roottoria vahingottumiselta
Keskimitta	Määrittää seulonnassa partikkelin koon
Revisio	Nimikkeen tai kokoonpanon versio
Variantti	Kokoonpanon vaihtoehtoinen komponentti
B7150M	B7150SE murskaimen liikuteltava malli

1 JOHDANTO

Metso Minerals Oy:n Tampereen toimipisteessä suunnitellaan lähes kaikkia yrityksen tuotteita ja vuodesta 2014 alkaen myös keskipakomurskaimia. Keskipakomurskaimet ovat materiaalin hienomurskaukseen tarkoitettuja koneita. Tällä hetkellä tarjonnassa on kolme erikokoista murskainmallia. Murskainten kehityksessä pyritään yhtenäisempään tuoterakenteeseen suunnittelun, valmistuksen sekä varaosamyynnin tehostamiseksi. Pitkästä historiasta huolimatta pienimmän murskainmallin rakenne on hieman erilainen. Tavoitteena on tehdä kaikista murskainmalleista yhtenäisempiä, joten pienimpään murskaimeen on tarve suunnitella irrotettava murskauskammio niin kuin muissa malleissa.

Tämä opinnäytetyö on tehty Metso Minerals Oy:lle liittyen murskaimen modulaariseen rakenteeseen. Työn tavoitteena on selvittää uuden murskauskammion kehitykseen liittyviä mahdollisuuksia ja ongelmia. Murskauskammion lisäksi työssä käsitellään kahta erilaista kammiorengasta, joiden mukaan kammion sisäpuoli muokataan niille sopivaksi. Samalla murskausperiaattella toimiva uusi kammiorengas on suunnittelulähtöinen kehitysidea ja uudella tavalla toimivan kammiorengaan perustana on tuotetestauksessa oleva suuremman murskaimen kammiorengas ja siitä saadut tulokset.

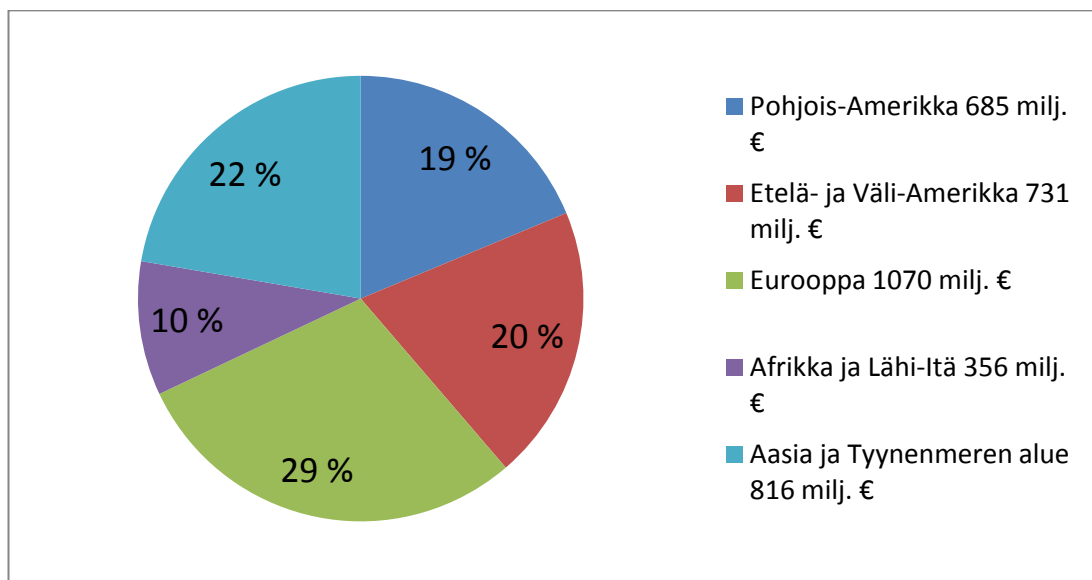
Työn perustana on tarve asiakaslähtöiseen modularisointiin. B5100SE:n valmistuksen loputtua koneista on tullut asiakaskyselyitä, joten mallille päätettiin kehittää korvaava kokoonpano suuremman murskaimen pohjalta. Työ pohjustaa ideaa, jonka tavoitteena on suunnitella nykyiseen murskaimeen myös pienempi vaihdettava murskauskammio, joka korvaa pienemmän valmistuksesta poistuneen murskaimen ja laajentaa kapasiteetin kattamaan molemmat koneet. Työn pohjalta suunnitellaan vaihdettavat kammiorengaat myös muihin murskainmalleihin.

2 YRITYS

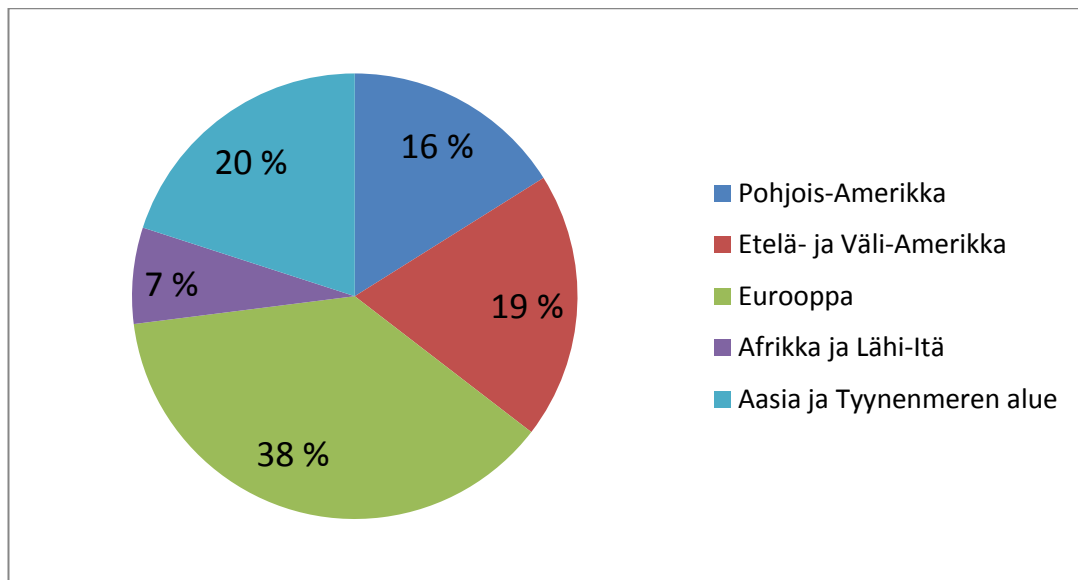
2.1 Metso

Metso on globaali prosessi- ja teknologiateollisuuteen keskittynyt konserni, jolla on toimipisteitä ympäri maailmaa. Työntekijöitä Metsolla on noin 16 000 yli 50:ssä maassa. Metson päätoimialoja ovat kaivosteollisuus ja maarakennus sekä öljy ja kaasu. Toimintaa löytyy myös muilta teollisuuden aloilta mm. kierrätyksestä, meriteollisuudesta sekä elintarviketeollisuudesta. Metso toimittaa useille eri teollisuuden aloille luotettavia ja kestäviä tuotteita sekä palveluita ja onkin johtava prosesseja tehostavien laitteiden ja palveluiden toimittaja. (Metso konserni.)

Metson liikevaihto vuonna 2014 oli lähes 3,7 miljardia euroa, josta palveluiden osuus 55 %. Kehittyviin markkina-alueisiin kuuluvat Etelä- ja Väli-Amerikka, Afrikka ja Lähi-Itä sekä Aasia ja Tyynenmeren alue. Kuviossa 1 nähtävissä Metson liikevaihdon jakaantuminen eri markkina-alueille. Kuviossa 2 kuvataan Metson henkilöstö alueittain. (Metso vuosiesite 2014.)



KUVIO 1. Liikevaihdon jakaantuminen



KUVIO 2. Henkilöstön jakaantuminen

Vuonna 2013 Metson osittaisjakautumisen johdosta massa, paperi ja voimantuotanto liiketoiminnoista muodostettiin Valmet Oyj, joka listattiin Helsingin pörssiin vuoden 2014 alussa. Vuoden 2014 aikana myös Metson automaatio liitettiin Valmettiin. Metson liiketoiminnoiksi jäivät kaivos- ja maarakennusteknologia sekä öljy ja kaasu. Metso Minerals valmistaa siirrettäviä murskausyksiköitä, murskaimia, seuloja, kuljettimia sekä muita kaivos- ja murskausteollisuudessa tarvittavia laitteita. Metso Flow Control vastaa venttiilitarjonnan kehittämisestä ja kasvattamisesta öljy- ja kaasuteollisuuden asiakkaille sekä pumpputarjonnasta kaivosasiakkaille. (Metso vuosiesite 2014.)

2.2 Metso Minerals Oy

Metso Minerals on johtava älykkäiden latteiden ja prosessien toimittaja kaivos- ja maarakennusteollisuudessa. Metson valikoimista löytyy suuri määrä erilaisia ratkaisuja kiven ja mineraalien käsittelyyn, seulontaan ja kuljetukseen sekä metallinkierrätykseen. Metso Mineralsin liikevaihto vuonna 2014 oli noin 2,7 miljardia ja henkilöstöä oli noin 10 500. (Metso vuosiesite 2014.) Tuotantolaitoksia Metso Mineralsilla on ympäri maailmaa ja tärkeimmät niistä sijaitsevat Suomessa, Brasiliassa, Ranskassa, Kiinassa, Intiassa sekä USA:ssa.

Tampereen toimipiste sijaitsee Lokomonkadulla Hatanpäällä. Lokomonkadun toimipiste on perustettu vuonna 1915 ja sai silloin nimekseen Lokomo. Nykyään työntekijöitä Tampereen tehtaan alueella on noin 900. Tampereella suunnitellaan, valmistetaan sekä myydään useita eri murskaimia, seuloja, kuljettimia sekä liikuteltavia murskainyksiköitä. Hatanpäällä toimii myös Pohjoismaiden suurin teräsvalimo. Metso ilmoitti vuoden 2014 lopussa myyvänsä Tampereen valimon suomalaiselle TEVO Oy:lle. Uusi omistaja jatkaa nykyisissä tiloissa TEVO-Lokomo nimellä valimon vanhojen työntekijöiden kanssa ja tavoitteena on saada kauppa päätökseen keväällä 2015.

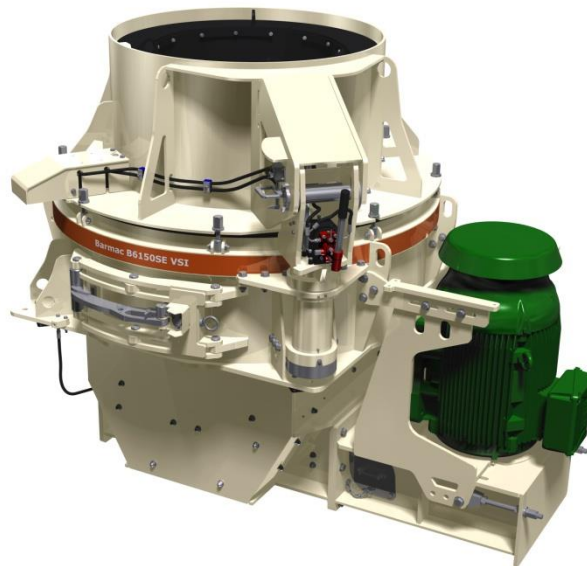
Murskaimia käytetään pääasiassa louhoksilla, rakennus- ja kaivosteollisuudessa sekä kiviaineksen kierrätykseen. Tampereen tehtaan tärkeimpiä tuotteita ovat murskaimet ja liikuteltavat murskainyksiköt. Tehtaalla valmistetaan leuka-, kara- ja keskipakomurskaimia. Leukamurskain on suunniteltu tehokkaaseen kovan kiven ja kivimateriaalin esimurskaukseen (kuva 1). Kartiomurskaimet sopivat hyvin väli- ja jälkimurskausvaiheisiin (kuva 2). Keskipakomurskain soveltuu jälkimurskausvaiheisiin, jolloin kiven lopullinen muoto ja murskan laatu ovat tärkeitä (kuva 3). Lähes kaikki murskaimet soveltuvat paikallaan oleviin ja liikuteltaviin sovelluksiin (Metso konserni).



KUVA 1. Nordberg C130 –leukamurskain (Kuva: www.metso.com)



KUVA 2. Nordberg GP220 –kartiomurskain (Kuva: www.metso.com)



KUVA 3. Barmac B6150SE VSI -keskipakomurskain (Kuva: www.metso.com)

3 BARMAC MURSKAIMET

3.1 Barmac B-sarjan keskipakomurskaimet (VSI)

Barmac VSI keksittiin Uudessa-Seelannissa 70-luvulla. Barmacilla on pitkä historia, mutta murskaimen alkuperäinen idea on pysynyt samana tähän päivään saakka. Metso on valmistanut Barmac-murskaimia vuodesta 2001 asti. Useiden eri mallien ja valmistajien jälkeen kokonaistoimitusten määrä 1970-luvulta tähän päivään n. 4000 kpl. (Barmac VSI Product History)

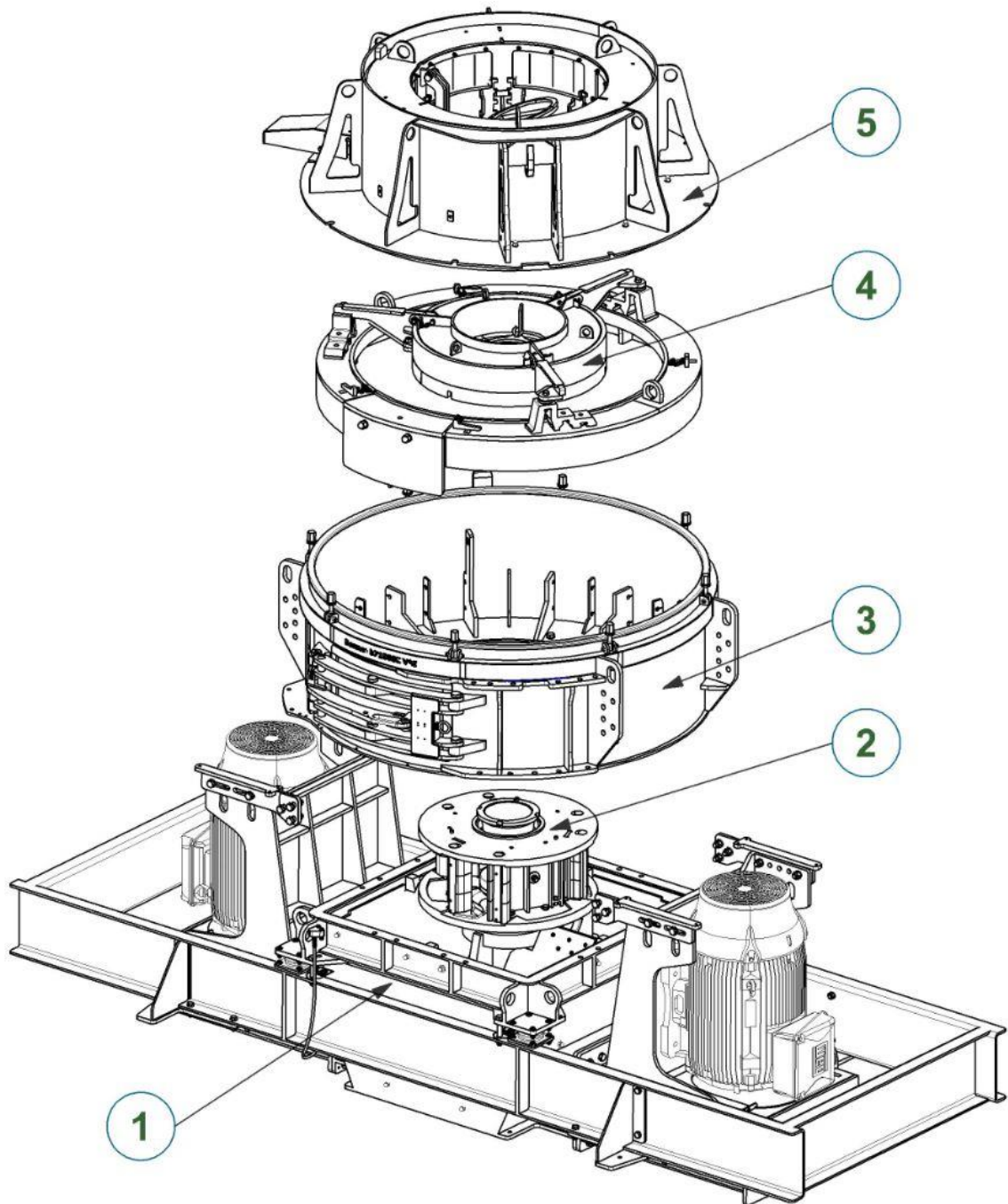
Barmac keskipakomurskaimet on suunniteltu jälkimurskausvaiheisiin, jolloin kiven lopullinen muoto on tärkeää. Keskipakomurskaimet ovat Metson valmistamista murskaimista ainoita, jotka murskaavat kivi kiveä vasten. Murskaimen toiminnan ansiosta kivi murskautuu heikoimmasta luonnollisesta kohdasta eikä pelkän voiman vaikutuksesta. Tästä syystä lopputuote täyttää asiakkaan tarkimmatkin vaatimukset. Kivi kiveä vasten iskevän murskauksen tulos eroaa suuresti muista murskaustyypeistä, kuten puristavasta tai jauhavasta. Lopputuloksena on kuutiomainen kokonaisuus, joka sopii hyvin betoniin, asfalttiin sekä muihin perustuksiin ja seoksiin. Keskipakomurskain sopii mainiosti varsinkin kuluttaville ja hioville materiaaleille esim. mineraaleille. (Metso konserni; Barmac Application Handbook 2011). Kivi kiveä vasten murskaus (autogeenimurskaus) ei kuluta osia läheskään yhtä paljon kuin kivi terästä vasten murskaus. Tämän ansiosta lopputuotteen ns. saastuminen jää erittäin pieneksi. Murskain soveltuu erittäin hyvin mm. lasin murskaamiseen, koska tipit kuluvat hitaasti kulutusta kestävästä volframkarbidin ansiosta ja täten tiipeistä ei irtoa metallia lasin sekaan.

Murskaimia voidaan käyttää laitoksissa ja kaivoksissa sekä kiinteissä, että liikuteltavissa sovelluksissa. Jokaista Barmac murskainta rajoittaa syötekoon keskimitta tai sen maksimi pituus (taulukko 1). Maksimi syötekoot riippuvat murskaimeen valitun roottorin koosta. (Barmac Application Handbook.)

TAULUKKO 1. Murskainmallien syötekoot, myös valmistuksesta poistuneen B5100SE

Malli	(B5100SE)	B6150SE	B7150SE	B9100SE
Max. keskimitta mm	30	37	45	50
Max. pituus mm	30	37	57	64

Kuvassa neljä on esillä murskaimen moduuleita. 1. Murskaimen runko, sähkömoottorit sekä tukirunko 2. Roottori 3. Murskauskammio 4. Kammiorengas ja keskiosa 5. Syöttösuppilo sekä rungon yläosa



KUVA 4. Murskaimen moduulit

Barmac-murskaimien maailmanlaajuinen suosio perustuu niiden tehokkuuteen, pieneen kokoon sekä monipuolisuuteen. Ylläpitokustannukset ovat alhaiset osien hyvin pienen kulumisen takia. Barmac:n murskausratkaisun ansiosta sillä voidaan murskata erittäin paljon kuluttavia materiaaleja helposti ja vaivatta. Keskipakomurskainta voidaan käyttää useissa sovelluksissa. Sillä voidaan mm. kierrättää lasia, asfalttia sekä betonia. Murskaimella voidaan myös erottaa timantteja niitä ympäröivästä kiviaineksesta.

3.2 Toimintaperiaate

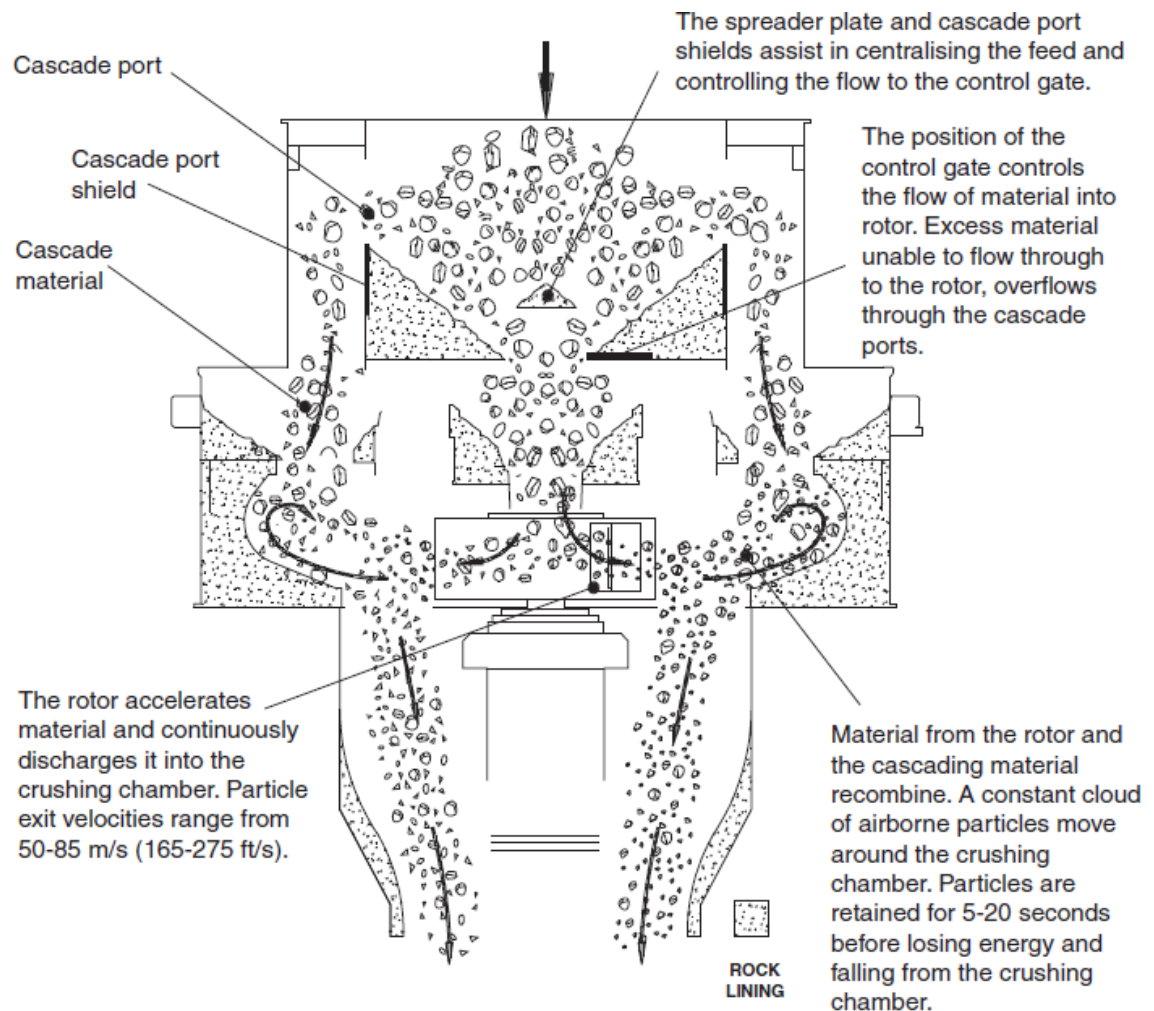
Barmac murskaimissa käytetään hyväksi koettua kivipatjalla vuorattua roottoria. Roottori sinkoaa jatkuvan kivivirran murskauskammioon, joka muodostaa kivipatjan kamion suojaksi. Koneen päältä syötettävälle materiaalille annetaan kivivuoratusta roottorissa jopa 85 m/s (yli 300 km/h) lähtönopeus. Tämä prosessi paikkaa kivipatjaa ja ylläpitää samalla jatkuvaa ”kivi kiveä vasten” murskaus ja jauhatus ketjureaktiota (kuva 5, kuva 6).



KUVA 5. Murskauskammiota suojaava kivipatja. Kuvassa vasemmalla osa roottoria. (Kuva: Tuomas Takalo 2014)

Toinen, määrältään säädettävä materiaalivirta voidaan ohjauttaa murskauskammioon, millä saadaan aikaan kammion sisällä olevan raemäärän ahtautuminen, mikä puolestaan parantaa energian siirtymistä kivipartikkeleihin. Tämä, yhdessä muiden muuttujien, kuten roottorin halkaisijan ja nopeuden sekä murskauskammion profiilin kanssa, parantaa murskauksen hyötysuhdetta, vähentää kulumista sekä tarjoaa tehokkaan tavan ohjata murskaus- ja jauhatustapahtumaa hienojen jakeiden osuuden maksimoimiseksi tai minimoimiseksi. (Barmac B1100 Sarjan Keskipakomurskain - käyttöohjeet.)

Eräisiin malleihin on saatavissa halkaisijaltaan erikokoisia roottoreita. Siirtyminen roottoriin, jossa on suurempi halkaisija kasvattaa tehokkaasti kärkien kehänopeutta ja vaikutus on samanlainen kuin jos roottorin nopeutta olisi lisätty, minkä lisäksi roottorin pidempi jauhatusvarsi tuottaa enemmän hienoja jakeita kuin pienihalkaisijaisempi roottori jolla on sama kehänopeus. (Barmac B1100 Sarjan Keskipakomurskain - käyttöohjeet.)



KUVA 6. Barmac murskaimen toimintaperiaate (Kuva: Barmac käyttöohje)

3.3 Barmac B6150SE VSI

Kolmesta tarjonnassa olevasta murskainmallista B6150SE on pienin (kuva 7). Vaikka-kin malli on pienin, silti sillä riittää murskauskapasiteettia 60 – 217 t/h riippuen ohisyötöstä. Minimisyöttöä ei saa alittaa, sillä murskauskammiota suojaava kivipatja ei säily, jos materiaalivirta on liian pieni. Tämä johtaa kivipatjan ja kammion teräseinien kulumiseen, joka on erittäin haitallista murskaimen toiminnan kannalta.

Kuvassa 7 esillä olevan murskaimen paino on noin 6400 kg. Seuraava malli on jo huomattavasti isompi ja painaa noin 12 500 kg. Murskaimen paino riippuu siihen asennetuista optioista esimerkiksi ylärunгон nosturista sekä tukirungosta. Tukirungoksi voi valita vakiomallin tai mallin joka on tarkoitettu alueille joilla on maanjäristyksiä. Esimerkiksi maanjäristyksiä kestävä runko ja ylärunгон nosturi lisäävät painoa noin 600 kg mikä on murskaimen kokonaispainoon nähden suuri.



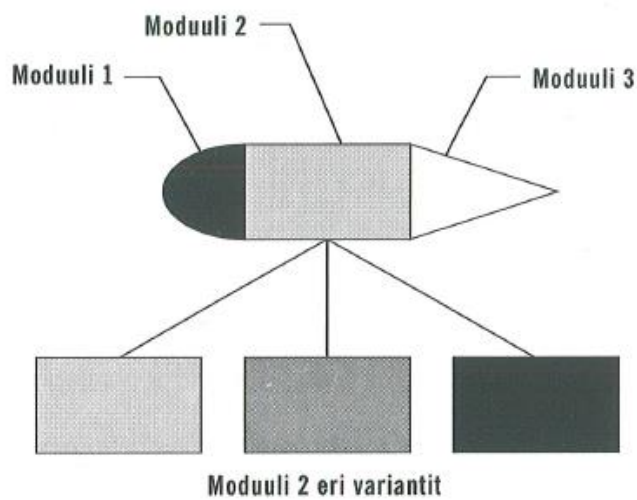
KUVA 7. Barmac B6150SE (Kuva: Janne Lähdetniemi 2015)

4 MODULOINTI

4.1 Yleistä

Moduloinnilla tarkoitetaan tuotteen jakamista itsenäisiin yksiköihin (moduuleihin), joilla on tarkasti määritellyt ja vakioina pidettävät rajapinnat, jotka mahdollistavat moduulien yhdistettävyyden ja vaihdettavuuden. (Österholm & Tuokko 2001, 8)

Modulointi on strateginen valinta, jonka suunnittelussa pitää ottaa huomioon asiakkaan, suunnittelun, valmistuksen ja logistiikan tarpeet. Moduulin muodostamiseen ohjaavat tuoterakenne sekä kehittämis- ja variointitarve. (Soronen 1999, 19.) Moduloinnilla päästään mahdollisimman suureen standardikomponenttien lukumäärään ja variaatioiden hallintaan, koska varioinnin vaikutukset voidaan rajata koskemaan vain osaa tuotteesta. Erona standardointiin moduloinnilla ei pyritä asiakkaille tarjottavan tuotevalikoiman pienentämiseen, vaan moduloitaessa pyritään tunnistamaan eri asiakasryhmien vaatimukset ja rajaamaan tuotteiden variointi tärkeisiin ominaisuuksiin. (Österholm & Tuokko 2001, 8.) Kuviossa 3 havainnollistetaan moduuleita ja variantteja.



KUVIO 3. Tuote jaettu moduuleihin, joilla on eri variantteja (Soronen 1999)

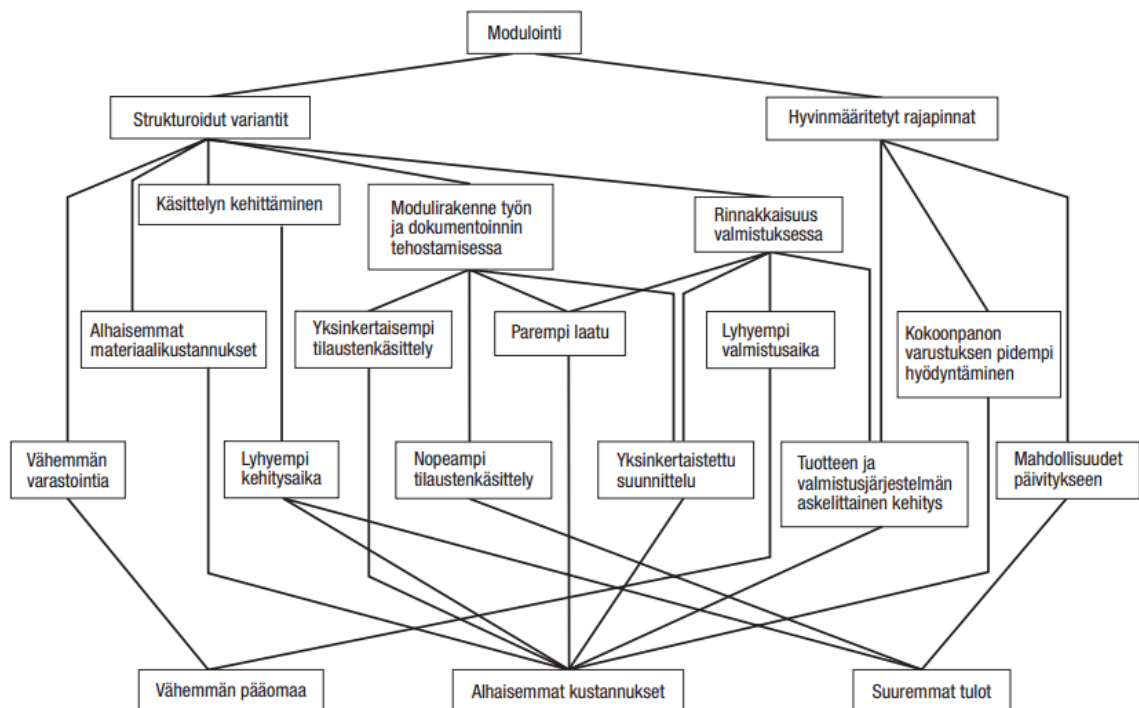
Tuotteiden moduloinnilla voidaan tuottaa räätälöityjä tuotteita tietystä määrästä moduuleja. Jokaisella moduulilla on keskenään vaihtokelpoisia variantteja, joiden toiminnot ja tarkoitukset ovat erilaisia, mutta tuotteeseen liittyvät rajapinnat ovat vakioita. (Soronen 1999, 19.) Tämän työn näkökulmasta kammioirenkaat ovat tietyn moduulin variantteja,

murskauskammio on moduuli ja murskain on modulaarinen. Rajapintoina toimivat murskauskammion sisäpinta sekä kammion kiinnityskehikko.

4.2 Moduloinnin tavoitteet ja hyödyt

Tuotteen moduloinnissa on tärkeää, että valitaan keskeiset tavoitteet, jotka halutaan saavuttaa. Tavoitteita voivat olla esimerkiksi mahdollisimman tuotantoystävällinen tuoterakenne, valmistuksen läpimenoajan lyhentäminen, toimitus- ja tuotesuunnitteluajan lyhentäminen sekä laadun parannus. Jokainen yritys määrittää ja valitsee omat tärkeät tavoitteet. Kaikki tuotteiden moduloinnin positiiviset vaikutukset eivät automaattisesti seuraa moduloinnista ja niitä kaikkia ei välttämättä voida saavuttaa samanaikaisesti. (Tekes 2001.)

Moduloituihin tuotteisiin siirtymisessä on monia vaikutteita, jotka vaihtelevat yrityksittäin. Tutkimuksissa on löydetty yleisiä syitä, jotka voimakkaasti liittyvät moduloitujen tuotteiden kehittämiseen. Syitä esiintyy tuotteen koko elinkaaren ajan kehityksestä sekä kokoonpanosta ja valmistamisesta käyttöön ja kierrätykseen. (Tekes 2001.) Näitä syitä on esillä kuviossa 4.



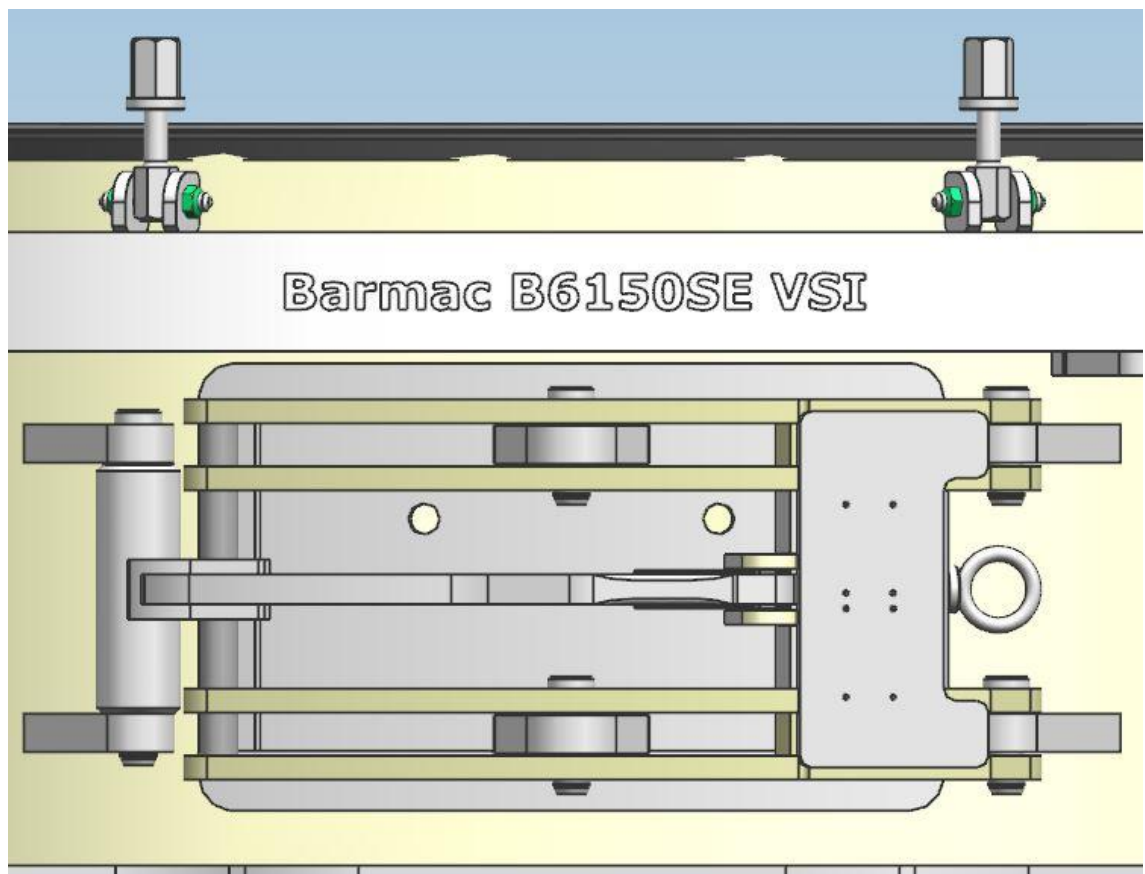
KUVIO 4. Moduloinnin vaikutukset ja kannattavuus (Tekes 2001)

5 KEHITYSTARPEET

5.1 Murskauskammio

Lähtökohtana on murskauskammion madaltaminen, murskaimen modularisointi ja materiaalivirtaa ohjaavan keskiosan pois jättäminen murskan rakenteesta. Kammion madaltaminen tuo monia haasteita suunnitteluun, koska useat kammion eri osat muuttuvat. Kun keskiosa jätetään pois, syöttösuppilo pitää saada matalammalle, jotta materiaalivirta jatkuu suoraan roottorin sisään eikä sen päälle. Kun materiaalivirta on useita kymmeniä tai jopa satoja tonneja tunnissa riippuen murskaimesta, roottori ei kestä pitkään kulutusta, jos materiaalia tippuu sen päälle.

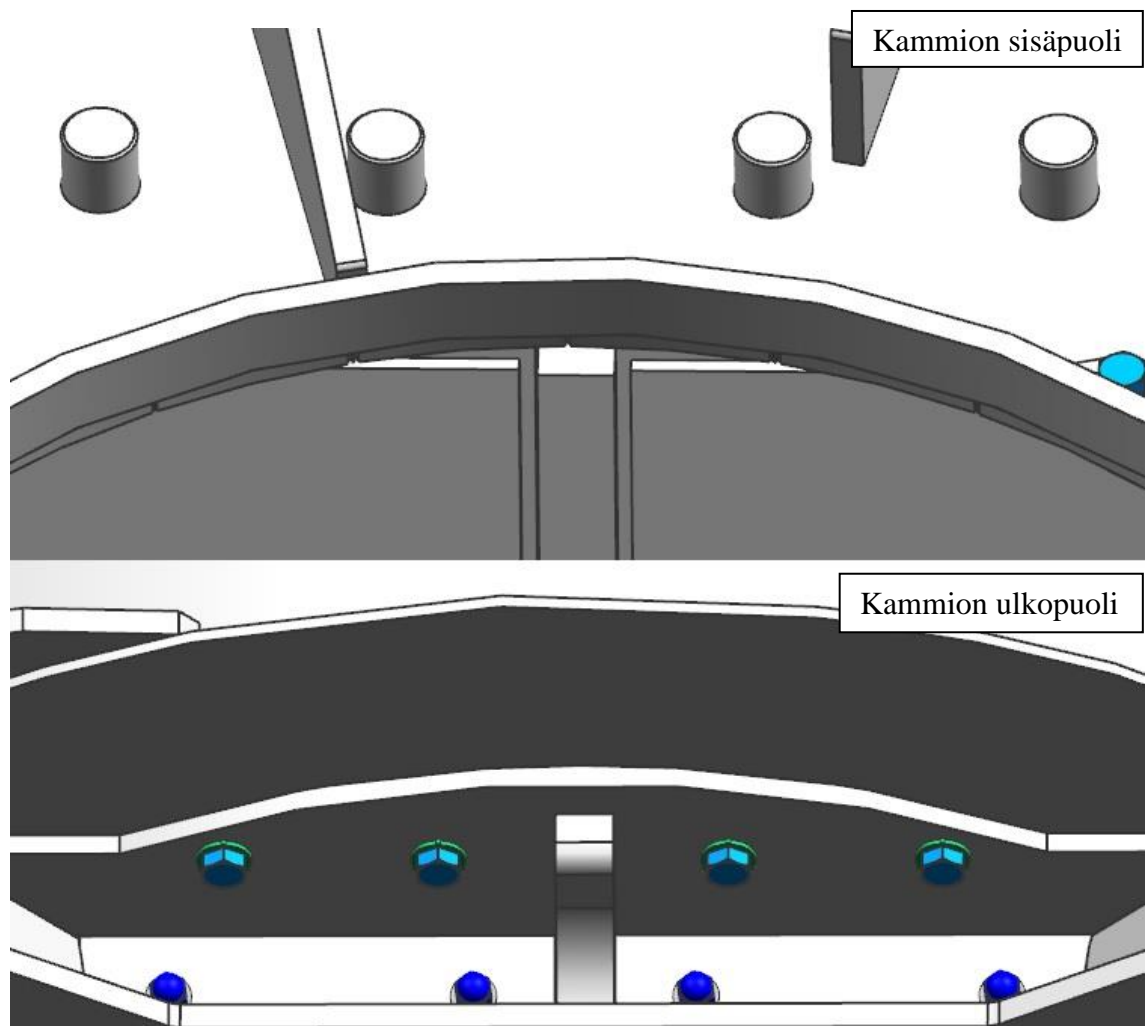
Madaltamista rajoittaa lähtökohtaisesti kammion ovi. Oven kohtaa tai itse ovea ei muokata, joten se määrittelee kammion madaltamisen rajan. Kuten kuvasta 8 on havaittavissa, nykyisen kammion madaltamiseen ei ole juurikaan tilaa vaan se täytyy suunnitella uudestaan.



KUVA 8. Nykyinen murskauskammio oven kohdalla.

Nykyisessä murskaimessa kammio on kiinteä osa alarunkoa. Se on hitsattu pohjasta kiinni alarungon päälle. Tarkoituksena on tehdä kaksiosainen runko niin kuin muissa malleissa. Kammioista pitää tehdä pultattava, jotta se voidaan tarvittaessa vaihtaa mahdolliseen pienempään kammioon asiakkaan tarpeesta. Tällä myös mahdollistetaan kahden eri mallin valmistaminen samasta alarungosta. Pultattava kammio myös mahdollistaa helpomman huollon ja mahdolliset tarvittavat korjaukset sekä itse kammioon, että murskaimen alarunkoon.

Kammion kiinnitys pulteilla tulee olla samantapainen kuin isommissa malleissa, mutta alarungon kiinnityslevy pitää olla erilainen. Levyyn pitää olla mahdollista kiinnittää myös pienempi murskauskammio, minkä johdosta siitä ei voi tehdä samanlaista kuin isommista malleista. Liitos on tarkoitus tehdä niin kuin mallissa B7150M eli kuvassa 9 näkyvien kiinni hitsattujen lieriöiden avulla. Niiden sisällä on pultteihin sopiva kierre ja ne toimivat samalla pulttien suojina kammion sisäpuolella.

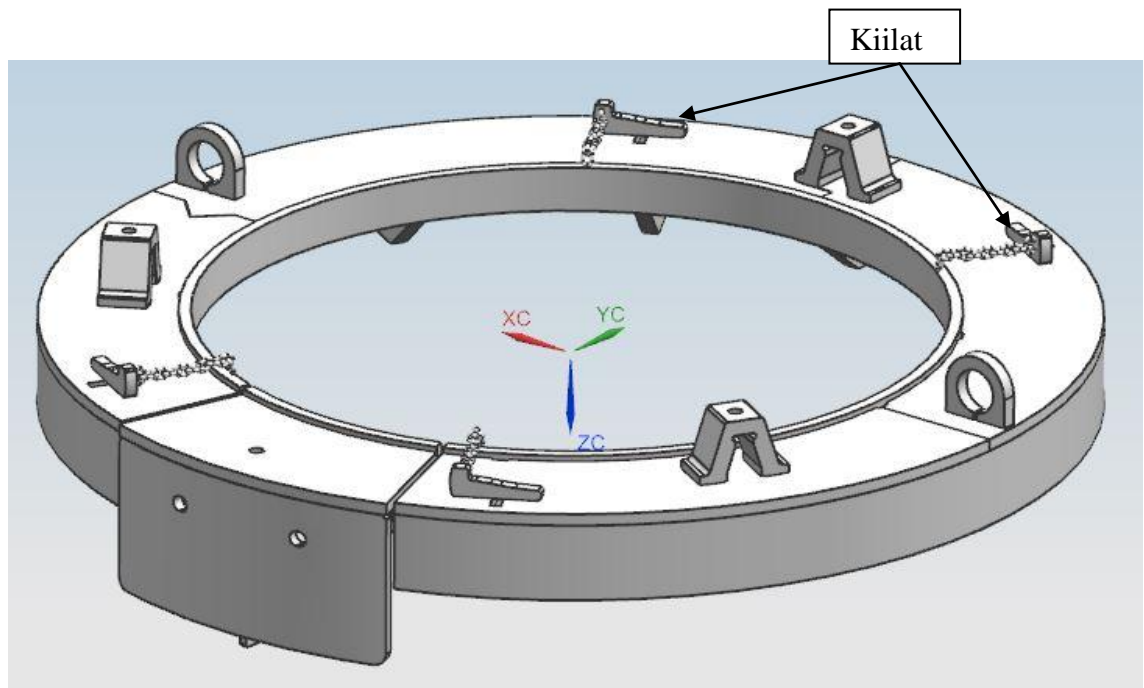


KUVA 9. B7150M murskauskammion kiinnitys

5.2 Kivipatja-kammiorengas

Tämän hetkinen ratkaisu on kivi kiveä vasten murskaus (kuva 6). Ratkaisu toimii hyvin ja murskatun tuotteen laatu on korkea ja muoto on haluttu kuutiomainen. Osien kuluminen on pientä, koska roottorin sisäseiniä, kammiorengasta ja itse kammion sisäseiniä suojaa kivipatja, jota pidetään yllä murskauksen avulla.

Nykyisen puolikkaan kammiorengaan tilalle tarvitaan uudenlainen kokonainen kammiorengas, jonka voi tarvittaessa nostaa kammioista pois ja vaihtaa erilaiseen alasin-kammiorengaaseen. Tämän hetkinen irrotettava kammiorengas kattaa noin puolet murskauskammion korkeudesta ja toinen puoli on hitsattu murskauskammioon kiinni. Ren- gas on kiinni murskauskammiossa neljällä kiilalla, jotka näkyvät kuvassa 10. Myös uu- denmallisen kammiorengaan kiinnitys on tarkoitus tapahtua samoilla kiiloilla. Kuvassa näkyvät kolmionmalliset keskiosan tuet jätetään tarpeettomina pois uuden kammiorengaan suunnittelussa.



KUVA 10. Nykyinen kammiorengas ja ovisuoja

5.3 Alasin-kammiorengas

Kehitystarpeena on kivi terästä vasten murskaus. Ideana on, että kivi murskautuu valkoisesta valuraudasta valmistettua alasinta vasten. Näin saadaan parempi murskaussuhde kuin kiveä vasten murskatessa, mutta osien kuluminen on hieman suurempaa kivipatjan puuttumisen vuoksi. Suuremman murskaussuhteen ansiosta murskattu materiaali on pienempää ja takaisinkierto vähenee, mikä vähentää roottorin osien kulumista. Murskatun materiaalin määrä kasvaa noin 4%. Kun puhutaan sadoista tonneista tunnissa, kokonaisuudessaan määrän kasvu on merkittävä.

Samankaltainen kammiorengas on jo olemassa ja sitä on testattu erään toisen murskaimen kanssa. Kyseinen murskain on seuraava isompi malli B7150SE. Testeissä rengas on toiminut mainiosti, joten siitä lähdettiin kehittämään kammiorengasta myös pienempää murskainta varten murskauskammion kehityksen ohella. Testatusta kammiorengasta kuvia liitteessä 1.

6 LUONNOSTELU

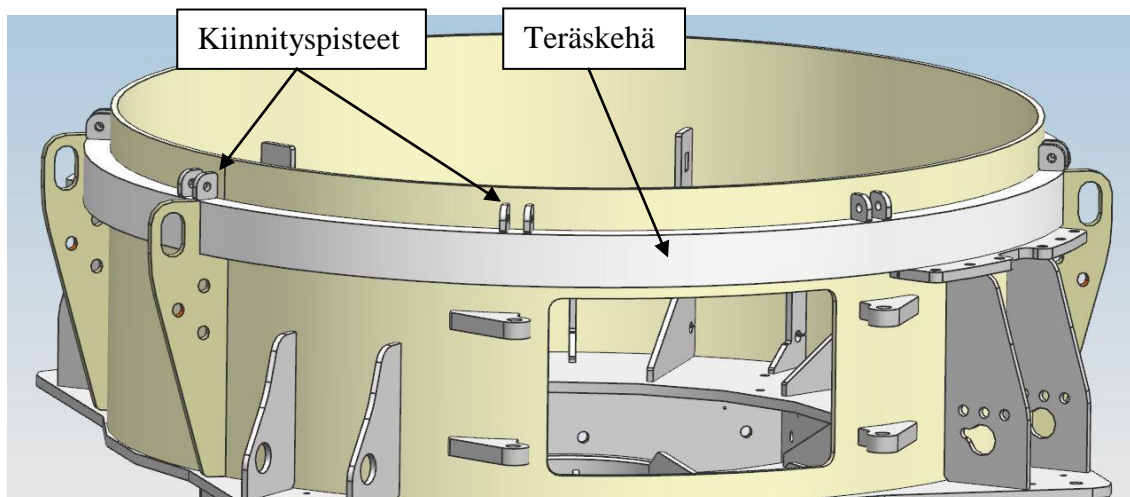
6.1 Reunaehdot

Ennen työn alatusta määriteltiin tietyt reunaehdot suunnittelulle. Reunaehdot olivat seuraavat: murskauskammion ovi sekä sen paikka kammiossa tuli säilyttää ennallaan, kammiorenkaiden korkeus piti olla sama kuin nykyisen renkaan korkeus ja murskauskammion halkaisija sekä murskaimen alarunko piti säilyttää koskemattomina. Kun kammion halkaisija pidetään ennallaan ja kammiorenkaat tehdään sen mukaan, se antaa mahdollisuuden kammiorenkaiden käytölle myös vanhemmissa murskaimissa. Kammiorenkaiden korkeuden sekä oven paikan säilyessä samana ne mahdollistavat ovea suojaavan kammiorenkaan osan käyttämisen molemmissa kokoonpanoissa. Alarungon säilyminen ennallaan mahdollistaa sen käyttämisen vanhoissa sekä uusissa koneissa.

6.2 Murskauskammio

6.2.1 Kammion madaltaminen

Murskauskammiota on tarkoitus madaltaa mahdollisimman paljon, jotta murskaimen kokonaiskorkeus pienenee ja tarvittavasta syöttösuppilosta saadaan mahdollisimman lyhyt. Madaltaminen tuo kuitenkin ongelmia tietyn pisteen jälkeen. Kammion ulkopuolella on erittäin paljon kiinni hitsattavia osia ja niiden sijainnilla on olennainen merkitys mm. murskaimen ylärunгон kiinnitykseen sekä murskauskammion rakenteen kestävyys-teen. Varsinkin kammiota tukeva teräskehä täytyy suunnitella uudestaan tai jättää pois kokonaan (kuva 11). Myös ylärunгон kiinnityspisteet täytyy mahdollisesti suunnitella uudestaan, koska niiden tuenta jää yhden sivun varaan edellisen kahden sivun tuennan sijaan (kuva 11).



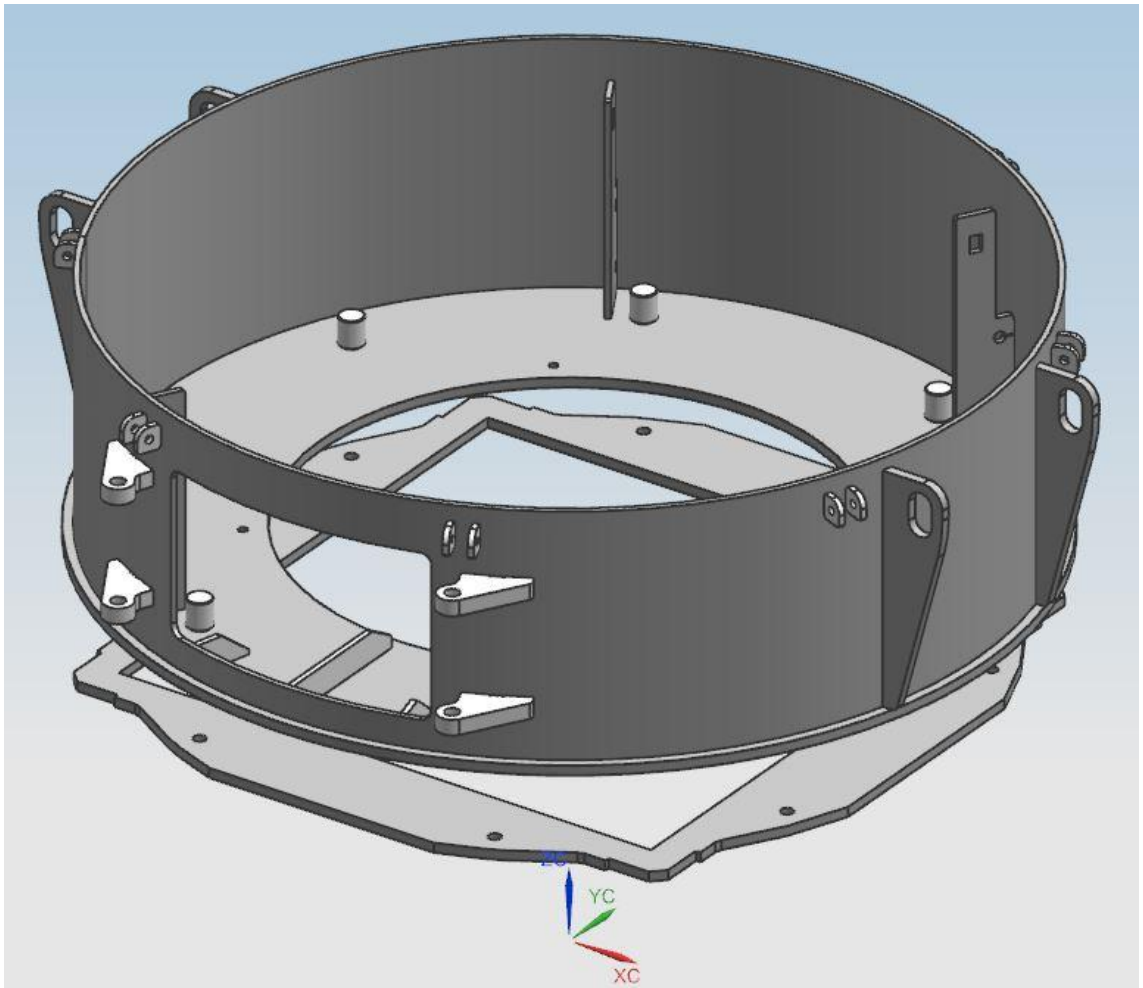
KUVA 11. Nykyinen murskauskammio

Kammion madaltaminen vaikuttaa myös muihin murskaimen kokoonpanon osiin esim. ylärunгон nostolaitteeseen sekä huoltonosturiin. Madaltamisen jälkeen molempien kiinnityspisteet kammion ulkopuolella täytyy mahdollisesti suunnitella uudestaan riippuen kammion lopullisesta ulkomuodosta. Huoltonosturin ja ylärunгон nostolaitteen kiinnityspisteiden suunnittelu ei sisälly opinnäytetyöhön, sillä työ rajattiin koskemaan pelkästään murskauskammiota.

6.2.2 Kammion kiinnitys

Kammion kiinnitykseen tuo haastetta lieriömäisten vastakappaleiden määrä sekä sijainti kammion pohjalla. Sijainti pitää määrittää niin, että kammioon voidaan laittaa paikoilleen kumpi tahansa murskausrengas ilman, että lieriöt ovat tiellä. Niitä ei voi sijoittaa kammion ulkokehälle, koska sillan alarunгон kiinnityslevystä tulisi tarpeettoman suuri (kuva 12). Myöskään sisäkehä ei käy, koska sillan ne ovat alasin-kammiorenkaiden tiellä.

Vastakappaleiden määrään vaikuttaa niiden sijainti kammiossa. Jos niitä on 16 kappaletta, alarunгон kiinnityslevystä tulee suurempi ilman erikoisempaa hyötyä. Sama tilanne toistuu 12 kappaleen kanssa. Niinpä kammio on suunniteltu kiinnitettäväksi 8 pultilla 16 tai 12 sijaan. 8 pulttia riittää pitämään kammion tukevasti paikoillaan ja siten kammio on helpompi sekä nopeampi vaihtaa tarvittaessa. Liitteestä 2 näkee lieriöiden paikan sekä niiden sijainnin suhteessa molempiin kammiorenkaisiin.



KUVA 12. Uuden murskauskammion ja alarungon kiinnityslevy.

6.3 Kivipatja-kammiorengas

Kammiorenkaan pois nostamisen jälkeen kammioon ei saa jäädä mitään tarpeetonta, jotta sinne voidaan sijoittaa vaihtoehtoinen alasin-kammiorengas. Molempien renkaiden kiinnitys kammioon tapahtuu samalla tavoin, jotta kiinnitys olisi yksinkertainen ja vähän tilaa vievä. Kiinnitys on sama kiilamainen kiinnitys niin kuin nykyisessä mallissa. Uudessa kammiorenkaassa on mahdollista käyttää joitain vanhoja osia. Esimerkiksi oveen kiinnitettävä ovisuoja pysyi samana, koska ovea tai sen sijaintia ei muokattu. Suurin muutos tulee tukiin, joita vasten kivipatja kasaantuu. Tuista pitää tehdä pidempiä, jotta ne kattaisivat koko kammion alan. Työ on todennäköisesti helpoin tehdä kammioon kiinni hitsattujen tukien pohjalta, sillä niissä on valmiina reiät kammioon sijoitettavalle ylimääräisten tukien kokoonpanolle.

6.4 Alasin-kammiorengas

Alasin-kammiorengaan suunnittelussa otettiin mallia testausvaiheessa olevasta suuremman murskaimen kammiorengasta. Kokoonpanolla pitää olla sama ulkohalkaisija kuin kivipatja-kammiorengalla ja sen pitää olla samankorkuinen, jotta kiinnitys ja murskauskammion madallus olisivat mahdollisia. Osat joita vasten kivet murskautuvat ovat samoja kuin isommassa mallissa, mutta niitä on kokoonpanossa vähemmän.

Alasin jota vasten kivi murskautuu ei ole suorassa kulmassa roottorin ulostuloportteihin nähden. Roottorista ulos lentävä materiaali ei lennä ulos kohtisuorassa roottorin ulostuloportteihin nähden vaan se lentää roottorin pyörimisliikkeen tangentin mukaisesti. Alasimen on oltava optimaalisessa kulmassa, jotta materiaali osuu siihen kohtisuoraan ja murskautuu kunnolla osuessaan.

Kammiorengaan murskauskehän etäisyys roottoriin pitää olla oikean mittainen, jotta materiaali murskautuu ja putoaa murskaimen läpi kuljettimelle. Etäisyys pitää olla tarpeeksi suuri, jotta murskattu kivi ei kimpoa murskauspinnasta takaisin roottoriin ja kuluta sitä. Testien perusteella roottoriin kimpoaa materiaalia takaisin jonkin verran ja se kuluttaa roottorissa suojattomina olevia teräksestä valmistettuja muttereita ja pultteja (kuva 13). Työn aikana löytyi muutamia mahdollisia ratkaisuja pulttien ja muttereiden suojaksi. Etäisyys vaikuttaa myös murskaimen tehon tarpeeseen. Roottorista ulos lentävän kiven nopeus hidastuu, jos etäisyys on liian suuri. Kehän on siis oltava tarpeeksi lähellä ja samaan aikaan riittävän kaukana roottorista, jotta murskaus on kustannustehokasta.



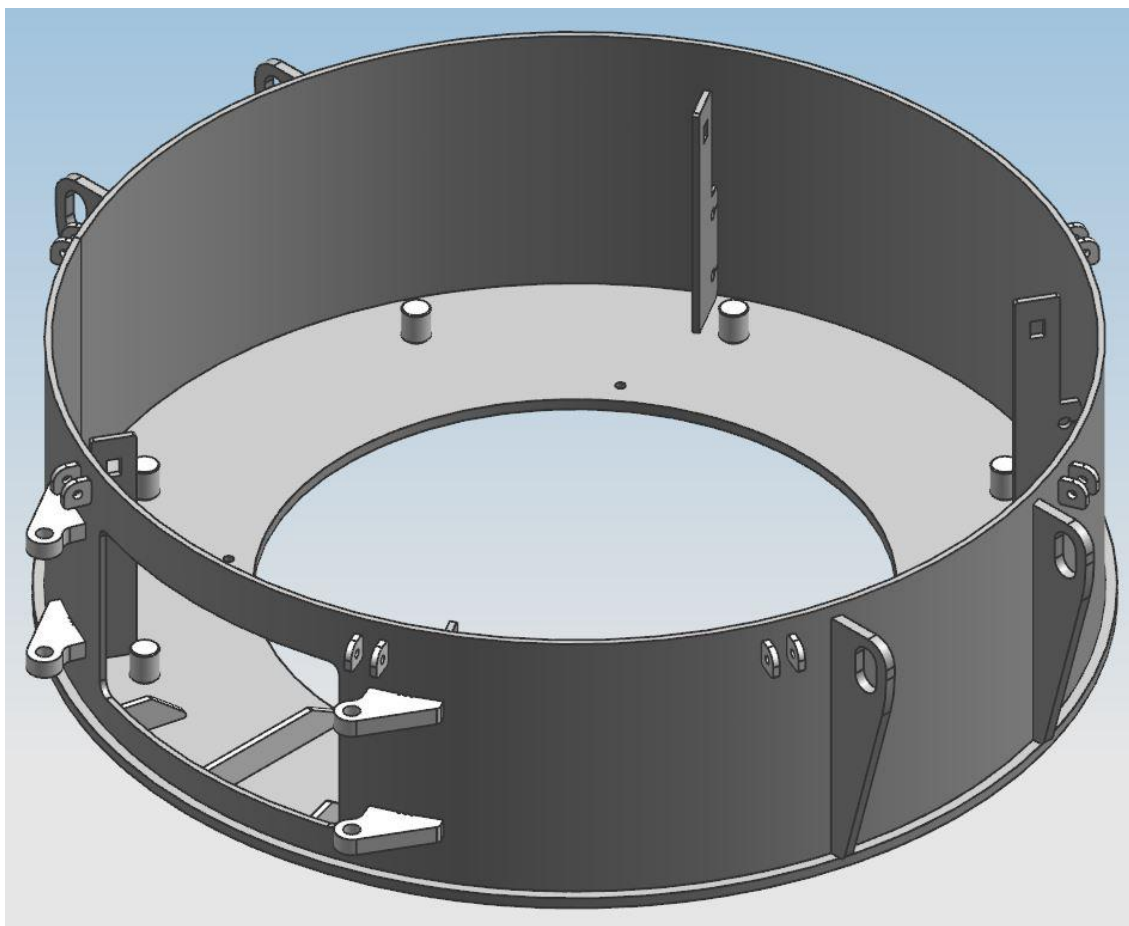
KUVA 13. Roottorissa sijaitseva kulunut pultti ja mutteri (Kuva: Elliot Brindle 2014)

7 LOPPUTULOS

7.1 Murskauskammio

Lopullinen murskauskammion luonnos on noin 100 mm matalampi kuin edellinen. Maltamisen takia kammiota kiertänyt vanne on jätetty pois, koska se ei mahtuisi kammion ulkokehälle oven kohdalta (kuva 14). Kammiota kiertävä vanne saatetaan myöhemmin lisätä takaisin kammioon ulkonäön tai rakenteen kestävyys takia, mutta tässä revisiossa se on jätetty pois. Ylärunгон kiinnityspisteet todettiin tarpeeksi kestäviksi, sillä ylärunkoon ei kohdistu mitään huomattavia voimia sivusuunnassa. Ylärunkoon kohdistuu voimia vain pystysuunnassa, mutta voimat ovat pieniä, joten pultit pitävät ylärunгон kiinni kammiossa.

Kammion kiinnitys alarunkoon tapahtuu 8 pultilla kammion pohjasta ja pultteja suojaavat lieriön muotoiset vastakappaleet. Oven kohdalla pohjalevyyn hitsatut levyt ovat samoja kuin alkuperäisessä murskauskammiossa. Kammiorenkaita paikoillaan pitävien kiilojen pidikkeet piti osittain suunnitella uudestaan, jotta molemmat kammiorenkait mahtuvat murskauskammioon. Monet murskauskammion muutoksista ovat polttomallien muokkauksia, joten osien valmistuksen kannalta muutos on pieni. Noin puolet uuden kammion osista ovat jo käytössä alkuperäisessä murskaimessa, tai muissa murskaimissa.



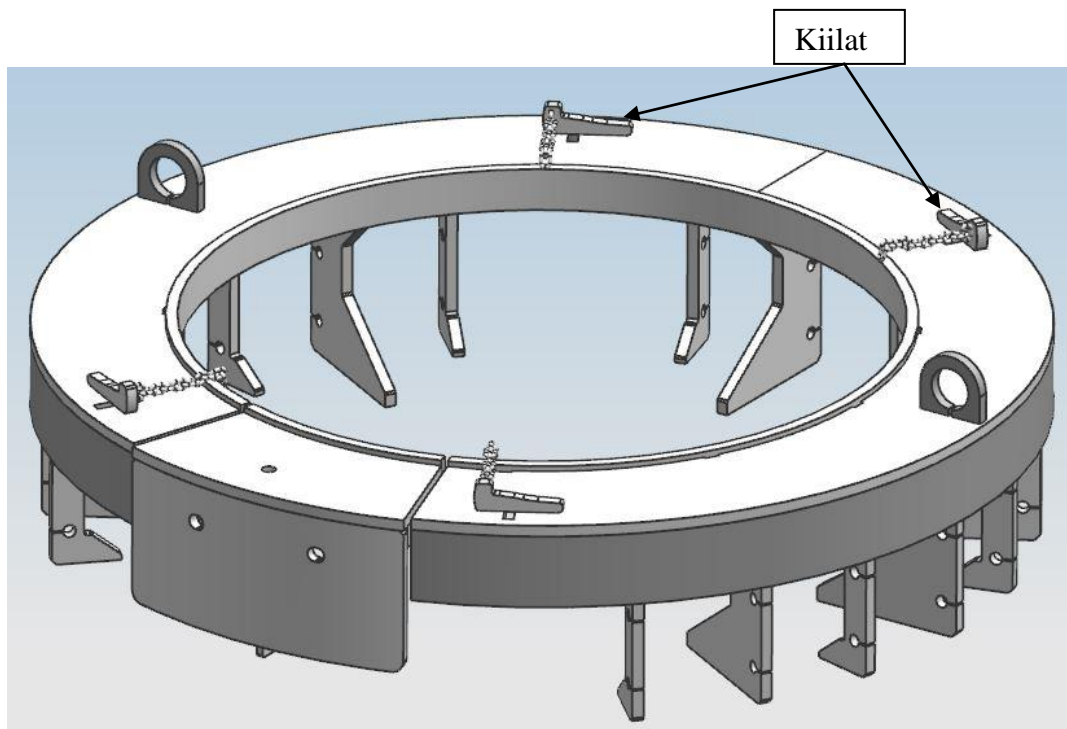
KUVA 14. Murskaimen uusi vaihdettava murskauskammio

7.2 Kivipatja-kammioirengas

Lopullisen kammioirenkaan toimintaperiaate on sama kuin alkuperäisessä. Erona on se, että koko rengas lasketaan murskauskammioon missä se kiinnitetään kiiloilla paikoilleen. Kiinnityksessä käytettävät lattaraudat kammion sisällä ovat hitsattu kiinni ja paikkaavat kammioirenkaassa näkyvät tyhjät tukien paikat kivipatjan muodostuksessa. Kun kammioirenkaan halkaisija sekä korkeus ovat samoja kuin nykyisessä, sen kiinnitykseen voidaan käyttää samoja kiiloja kuin alkuperäisessä kammioirenkaassa (kuva 15).

Vanhojen kaksiosaisten kivipatjan tukien sijaan tilalla ovat yhdestä levystä valmistetut tuet (kuva 15). Tukien reikien paikoitus on sama kuin vanhassa renkaassa, jotta kammiin voidaan tarvittaessa sijoittaa ylimääräisiä tukia. Ylimääräiset tuet auttavat kivipatjan rakentamisessa ja ylläpitämisessä, kun kyseessä on kuiva tai erittäin kuiva murskattava materiaali, tai todella hieno syötekoko.

Hyvänä esimerkkinä toimivat merien rannat joilla on vuorovesi ilmiö. Suojavyöhykkeillä yritetään usein estää eroosiota eli rantojen mereen huuhtoutumista. Samaa periaatetta käytetään myös ylimääräisten tukien kanssa, kun tahdotaan, että kivipatja pysyy ylhäällä ja suojaa kulumiselta.



KUVA 15. Kivipatja-kammiorengas

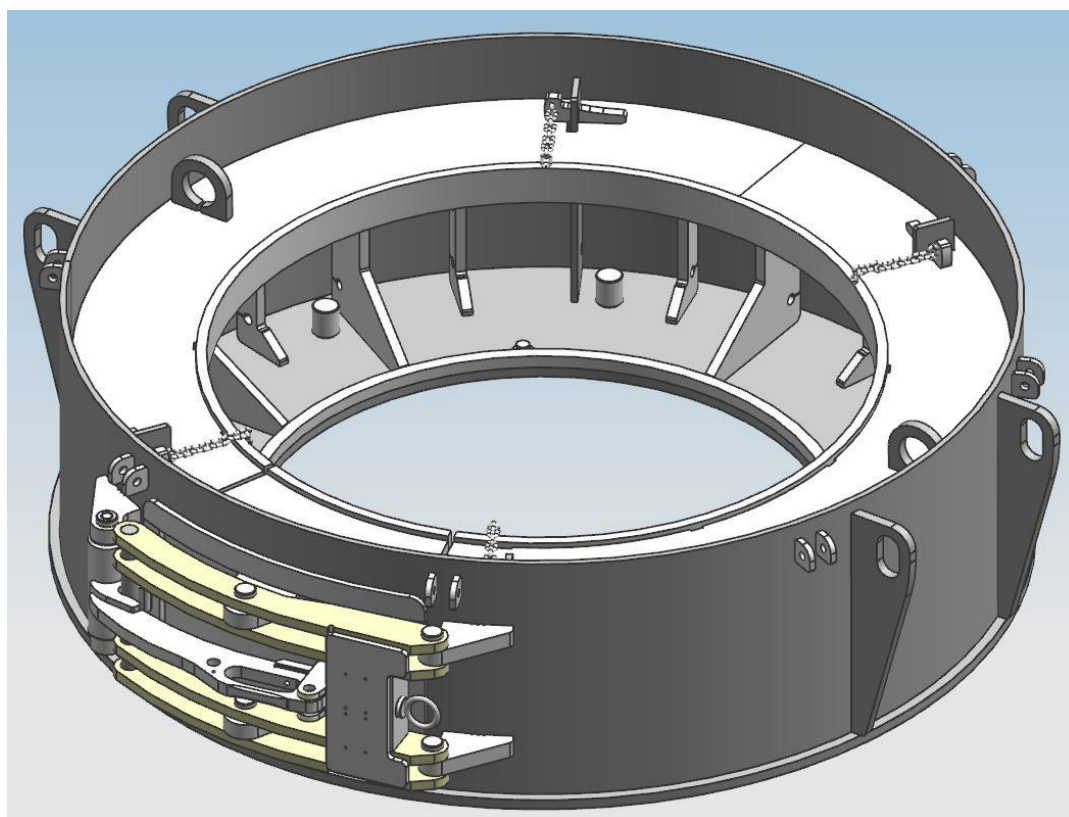
7.3 Alasin-kammiorengas

Suuremman murskainmallin testien perusteella alasin-kammiorengas toimii niin kuin pitääkin, joten sen pohjalta päätettiin tehdä vastaava malli myös pienempään murskaimeen. Molemmissa renkaissa on käytössä samat alasimet, sillä ne toimivat moitteetta molemmissa kokoonpanoissa huolimatta siitä, että ne on suunniteltu suurempaan kammiorenkaaseen.

Alasinten kulma roottoriin nähden piti ottaa suunnittelussa huomioon, jotta murskaus onnistuisi odotusten mukaan myös pienemmän säteen omaavan kammion kanssa. Kulmasta tuli lähes samankokoinen kuin suuremmassa kokoonpanossa. Tarvittaessa kulmaa on mahdollista säätää alasinten tukia muuttamalla. Siihen ei kuitenkaan ryhdytty, sillä siinä tapauksessa tuet olisi pitänyt suunnitella uudestaan ja se olisi haitannut osien yhteensopivuutta eri murskainten kesken. Kuvia valmiista alasin-kammiorenkaasta erikseen sekä paikoillaan murskauskammion sisällä liitteessä 2.

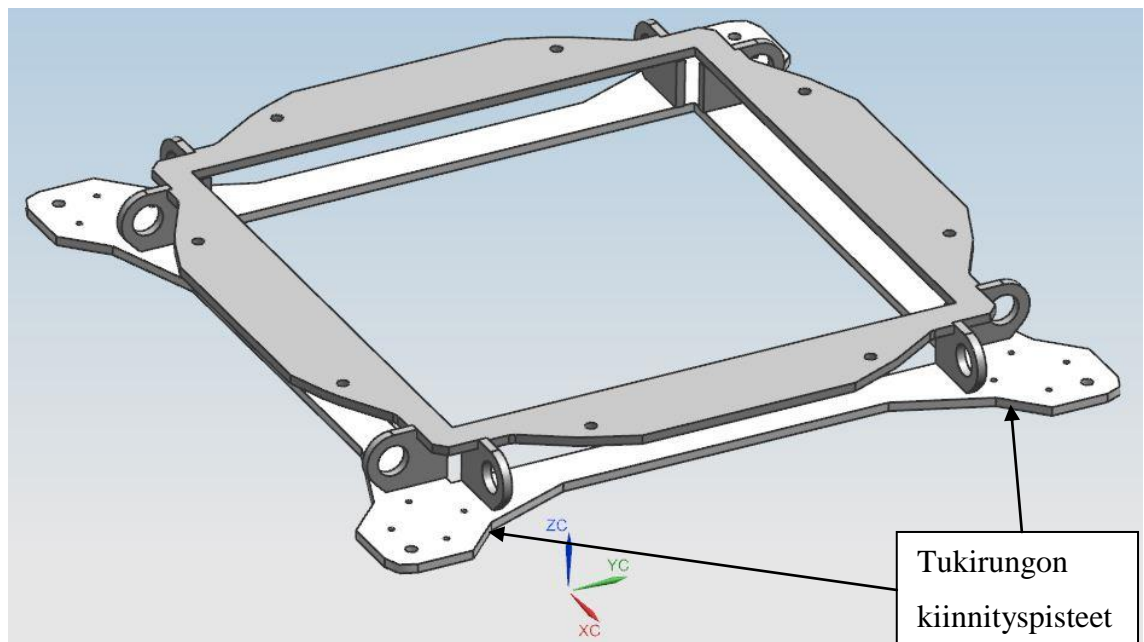
7.4 Kokonaisuus

Kuvassa 16 nähtävissä valmis murskauskammio sekä kammiorengas paikoillaan. Kokonaisuutena vaihdettava murskauskammio sekä vaihdettavat kammiorengaat toimivat nykyistä ratkaisua paremmin ja helpommin. Uudessa kammiossa ei tarvitse kuin irrottaa kiilat ja paikoillaan olevan kammiorengaan saa nostettua pois esimerkiksi huoltoa tai kammiorengaan vaihtoa varten. Jos vanhaan kammioon haluaa alasin-kammiorengaan, kammioista pitää ensin polttoleikata vanhat kivipatjan tuet pois, jotta rengas on mahdollista asentaa paikoilleen. Tukien poistamisen jälkeen kammioon voidaan asentaa kumpi tahansa uusista kammiorengaista, sillä kammion halkaisija on sama kuin nykyisessä mallissa. Uusia kammiorenkaita voidaan käyttää useissa vanhemmissa murskaimissa, mutta ei kaikissa. Käyttökelpoisuus riippuu murskaimen iästä ja mallista.



KUVA 16. Kivipatja-kammiorengas paikoillaan murskauskammion sisällä.

Murskaimen nykyinen alarunko voidaan nopeasti muokata valmistuksessa yhteensopivaksi uudelle murskauskammiolle kiinnityskehikon avulla. Alarunkoon lisättiin murskaimen ja kammion kiinnityksissä tarvittavat levyt rungon ympärille sekä nostokorvat. Kiinnityksessä käytettävä kehikko voidaan valmistaa irrallaan murskaimesta tai vaihtoehtoisesti hitsaamalla osa kerrallaan murskaimeen kiinni. Kuvassa 17 esillä myös murskaimen kiinnityspisteet tukirunkoon. Kiinnityspisteiden sijanti oli tärkeä pitää samana, sillä niitä muokkaamalla muutos olisi laajentunut myös tukirunkoon. Murskain pitää olla mahdollista kiinnittää myös vanhoihin tukirunkoihin. Yhteensopivuus myös helpottaa tapauksia, joissa vanha murskain halutaan korvata samankokoisella, mutta uudella murskaimella.



KUVA 17. Alarunkoon hitsattava kehikko kammion kiinnitystä varten

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella tiettyyn murskaimeen irrotettava murskauskammio niin kuin muissa murskainmalleissa sekä suunnitella kammiorenkaat, joita voidaan käyttää uuden kammion kanssa. Lopputulosta piti olla myös mahdollista soveltaa muihin murskainmalleihin, jotta kaikista murskaimista saadaan yhtenäisemmät. Nykyisen kiinni hitsatun kammion ja vajaan kammiorenkaan tilalle tuli pultattava kammio ja kammioon laskettava koko kammion peittävä kammiorengas sekä lisäksi tuli erilainen vaihdettava kammiorengas. Murskauskammiossa sekä kammiorenkaissa pyrittiin käyttämään jo muissa malleissa olevia osia mahdollisimman paljon. Työn kaikki moduulit esillä liitteessä 3.

Opinnäytetyön aikana vastaan tuli joitakin mahdollisia kehitystarpeita ja kehitysehdotuksia koskien murskaimen alarunkoa sekä osakokoonpanoja. Kehitysehdotuksia tuli myös ylärunгон kiinnitykseen liittyen. Murskaimen kehitys jatkuu työn jälkeen murskauskammion sekä osakokoonpanojen kehityksellä, jotta kammio saadaan tuotantoon. Kammiorenkaat suunniteltiin alusta loppuun asti, mutta niitä ei ole heti mahdollista käyttää vanhojen murskauskammioiden kanssa ilman kammioiden muokkausta.

Rakenteeltaan kaikki murskainmallit ovat samankaltaisia, joten työn lopputuloksen pohjalta murskauskammio ja kammiorenkaat voidaan helpommin suunnitella myös isompiin malleihin sekä mahdolliseen pienempään murskauskammioon. Työn jälkeen murskauskammioon sekä osakokoonpanoihin jäi vielä tarvittavaa suunnittelua, koska kammio liittyy moniin eri osakokoonpanoihin, joita ei työssä alettu muokkaamaan niiden laajuuden takia. Työ toteutettiin Metsossa käytetyllä NX 10 3D-mallinnusohjelmalla.

LÄHTEET

Einovaara, J. 2012. Massaräätälöinti ja modulaarisuus veneen tuotesuunnittelussa. Venealan koulutusohjelma. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Järvenpää, V. 2008. Karamurskaimen kulutussuojien kehitys. Kone- ja tuotantotekniikka. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kuntonen, M. 2008. Uustuotteen valmistusprosessin tehostaminen. Kone- ja tuotantotekniikka. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Metso. Barmac Technical Information. Luettu 30.1.2015.
<http://www.barmactechinfo.com/>

Metso. Barmac VSI Product History -PowerPoint esitys.

Metso. 2015. Metso vuosiesite 2014. Luettu 24.4.2015
http://www.metso.com/reports/2014/assets/pdf/metso_annual_review_2014_finnish.pdf

Metso konserni. Luettu 21.1.2015 www.metso.com

Metso Minerals. Barmac VSI kuva-arkisto.

Metso Minerals. 2002. Basics in Minerals Processing. 1. painos.

Metso Minerals. 2003. Barmac B1100 sarjan keskipakomurskain –käyttöohjeet. Matamata, Uusi-Seelanti.

Metso Minerals. 2011. Barmac Application Handbook. Matamata, Uusi-Seelanti.

Metso Minerals Oy:n tuotetietokanta.

Miltton Oy. 2014. Metso vuosiesite 2013. Luettu 29.1.2015.
http://www.metso.com/reports/2013/assets/files/downloads/metso_annual_review_2013_finnish.pdf

Soronen, O. 1999. Massaräätälöinti asiakasmyönteisessä tuotannossa. Metalliteollisuuden Kustannus Oy. Helsinki.

Tekes. 2001. Uuden tietotekniikan vaikutukset liiketoimintaan. Luettu 11.4.2015.
http://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/uuden_tietotekniikan.pdf

Österholm, J. Tuokko, R. 2001. Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin. Metalliteollisuuden Kustannus Oy. Helsinki.

LIIITEET