

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotekehitys

Tutkintotyö

Ville Järvenpää

KARAMURSKAIMEN KULUTUSSUOJIEN KEHITYS

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2008

DI Harri Laaksonen
Metso Minerals Oy, valvojana DI Timo Luoma

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotekehitys

Järvenpää, Ville Karamurskaimen kulutussuojien kehitys

Tutkintotyö 67 sivua

Työn ohjaaja DI Harri Laaksonen

Työn teettäjä Metso Minerals Oy, valvojana DI Timo Luoma

Maaliskuu 2008

Hakusanat kulutussuojat, karamurskain, Metso Minerals

TIIVISTELMÄ

Kulutussuojat ovat tärkeä osa karamurskaimen rakennetta. Kulutussuojilla suojataan murskaimen rakenteellisesti tärkeät osat murskattavan materiaalin kulutukselta. Kulutussuojien kehitys on tärkeä osa murskaimen suunnittelua itse murskaimen toimivuuden ja turvallisen käytön kannalta.

Tämä tutkintotyö on tehty Metso Minerals Oy:lle selventämään karamurskainten kulutussuojien tämänhetkistä tilaa. Karamurskaimissa on käytössä monia eri suojaratkaisuja ja erilaisia konstruktioita. Eri mallien kartoittaminen on tärkeää tämän hetkisen tilanteen hahmottamisen ja tulevien suunnitelmien luomisen kannalta. Työ on keskittynyt tutkimaan kulutussuojien kustannuksia, rakenteita ja asennuksessa ilmenneitä ongelmia. Tämän lisäksi työssä on tarkemmin tarkasteltu GP300-karamurskaimen kulutussuojien tilaa ja annettu ehdotelma tulevasta konstruktioimallista niin GP300:n, kuin myös muiden murskainten osalta.

Karamurskaimen kulutussuojien nykytilan selvittämisen jälkeen päädyttiin ehdottamaan suojille seuraavanlaista konstruktioita: Hatut tulisi jatkossa valmistaa kaikkiin malleihin valamalla. Yläarmiensuojat ja ylärungonsuojat tulisi kiinnittää runkoon pultein. Alarungonsuojauksessa käytettäisiin yhtenäistä kokonaisuutta, joka koostuisi valetuista armiensuojista ja levystä valmistetusta alahelmansuojasta. Näin ollen kulutussuojilla olisi yksi yhteinen rakenne, josta kehitys voisi jatkua.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Product development

Järvenpää, Ville

Engineering Thesis

Thesis Supervisor

Commissioning Company

March 2008

Keywords

Development of protection covers in cone crusher

67 pages

Harri Laaksonen (MSc)

Metso Minerals Oy, Supervisor: Timo Luoma (Msc)

protection covers, cone crusher, Metso Minerals

ABSTRACT

Protection covers are important part of cone crusher's construction. Protection parts cover crusher's important parts which are worn out by the crushed material. Development of the protection covers is an important part of the crusher development when it comes to functionality and safety use.

This work is made to Metso Minerals Co. to clarify the current state of the cone crusher's protection covers. There are several different types of protection covers and different types of constructions. Survey of different kinds of models is important to clarify the current situation and to create new plans. The basis of this work is to analyze costs of protection covers, constructions and problems of assembly. This work also concentrates on statement of GP300-cone crusher's protection covers and gives a new recommendation of construction model of cone crushers.

After analyzing the current state of the cone crusher's protection parts the following construction was recommended. In every model the hats should be made by casting. Arm guards and protection parts of upper frame should be attached in the frame by bolts. In the lower frame should be used standardized structure which consists of arm guards made by casting and lower frame protection made of steel plate. Therefore there would be a standardized construction for protection covers.

ALKUSANAT

Tämä työ tehtiin Metso Minerals Oy:lle, koska yrityksellä oli tarve selvittää karamurskainten kulutussuojien nykytilanne. Aihe oli melko haastava ja selvittävää oli paljon. Työn valmistumista auttoivat asiantuntevat henkilöt, joiden ohjeet ja neuvot edesauttoivat työn valmistumista.

Kiittää Jouni Rahkomaata mahdollisuudesta tehdä tutkintotyötä Metso Minerals Oy:lle. Kiitän myös Timo Luomaa tutkintotyön ohjaamisesta ja hyvistä vinkeistä ja ohjeista. Kiitän myös kaikkia Metso Minerals Oy:n työntekijöitä, jotka auttoivat tutkintotyön tekemisessä ja antoivat hyviä vinkkejä työtäni varten. Lisäksi kiitän Harri Laaksosta tutkintotyöni ohjaamisesta ja hyvistä vinkeistä työn tekemisen suhteen.

6.3.2008 Tampereella

Ville Järvenpää

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
ALKUSANAT	
SISÄLLYSLUETTELO	5
SANANSELITYKSET	6
1. JOHDANTO	7
2. YRITYKSEN ESITTELY	8
2.1 Metso konserni	8
2.2 Metso Minerals Oy	9
3. GP-MURSKAINTEN ESITTELY	12
3.1 GP-murskainmallien yleisesittely	12
3.2 Kulutussuojat	14
3.2.1 Hattu	16
3.2.2 Yläarmien suojat	17
3.2.3 Ylärungon suojat	18
3.2.4 Ala-armien suojat	18
3.2.5 Alahelmansuojat	19
4. NYKYTILA-ANALYYSI	21
4.1 Eri mallien rakenne	21
4.2 Kiinnitys	22
4.3 Kustannukset	25
4.4 Kulutussuojien paino	32
4.5 Kestoikä	37
4.6 Vertailua murskainmallien kesken	38
4.7 Kilpailijoiden kulutussuojaratkaisut	41
5. KULUTUSSUOJIEN KEHITYSTARPEET	43
5.1 Asennuksen ongelmat	43
5.2 Valmistus	47
5.3 Huolto	49
6. EHDOTELMA TULEVASTA KONSTRUKTIOSTA	51
6.1 Ylärungon suojaus	51
6.2 Alarungon suojaus	53
6.3 Edut vanhaan konstruktion verrattuna	55
7. GP300:N KULUTUSSUOJAT	57
7.1 Tarkempi esittely murskaimesta ja suojusta	57
7.1.1 Ylärungon suojaus	58
7.1.2 Alarungon suojaus	58
7.2 Ongelmat	59
7.3 Materiaalivaihtoehdot	61
7.4 Ehdotetun konstruktion sovellus GP300:n kulutussuojissa	62
8. YHTEENVETO	65
LÄHTEET	67

SANANSELITYKSET

Hattu	Murskaimen ylärunkoa ja ylärunгон yläpäässä olevaa huippulaakeria suojaava osa
Yläarmiensuojat	Suojaavat ylärunгон armeja murskattavan materiaalin kulutukselta
Ylärungonsuojat	Suojaavat ylärunгон kitaosaa murskattavan materiaalin kulutukselta
Ala-armiensuojat	Suojaavat alarunгон armeja
Alahelmansuojat	Suojaavat alarunгон alareunaa murskattavan materiaalin kulutukselta
Autogeeni	Kerros, joka kertyy murskaimen suojien päälle ja näin ollen suojaa kulutussuojaa
Armi	Rakenteellinen osa murskaimen rungossa, joka yhdistää ulkokuoren ja runгон sisäosan

1 JOHDANTO

Karamurskaimet ovat materiaalin väli- ja hienomurskaukseen tarkoitettuja koneita. Karamurskainten rakenteellisesti tärkeitä osia suojataan kulutussuojilla. Kulutussuojien tehtävänä on suojata murskainta murskattavan materiaalin kulutukselta. Karamurskaimen kulutussuojien rakenne on ollut hyvin kirjava eri murskainten välillä eikä yhtenäistä linjaa ole ollut. Karamurskaimissa käytössä olevat suojaratkaisut eivät ole poikineet yhtenäistä mallia, joilla kaikkien koneiden suojien suunnittelu olisi toteutettu. Suojien konstruktioiden monimuotoisuudesta johtuvien ongelmien välttämiseksi selvitystyö nykytilasta on tarpeen.

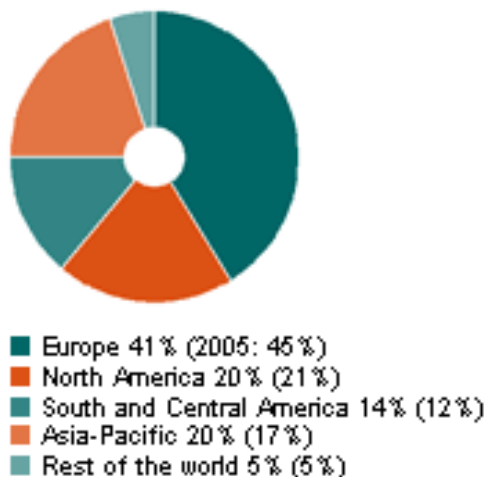
Tämän tutkintotyön tarkoitus on selvittää kulutussuojien nykytilanne karamurskaimissa, sekä selvittää tarkemmin GP300-karamurskaimen suojien rakennetta. Nykytila-analyysin lisäksi tarkoituksena on edellisen pohjalta tehdä ehdotelma uudesta konstruktioista. Tutkintotyö on syntynyt käytännön tarpeesta. Työ rakentuu kolmesta osasta. Ensimmäisessä osassa, luvussa 2, on esitelty kohdeorganisaatio, jolle työ on tehty. Tämän jälkeen luvussa 3 on esitelty työn kohteena olevat karamurskaimen kulutussuojat, jonka jälkeen luvussa 4 on tehty nykytila-analyysi karamurskaimen kulutussuojista. Luvut 5, 6 ja 7 käsittelevät niitä huomioita ja kehitystarpeita, joita karamurskaimen kulutussuojissa on ilmennyt. Lopuksi on esitetty ehdotelma tulevasta konstruktioimallista karamurskaimen uudeksi kulutussuojamalliksi.

Työtä on lähdetty tekemään selvittämällä karamurskaimissa käytettyjä suojamalleja ja tietokannoista selvinneitä kohtia eri osista ja osakokonaisuuksista. Työssä on myös haastateltu useita eri henkilöitä, jotka ovat olleet tekemisissä karamurskaimen kulutussuojien kanssa. Näiden pohjalta on tehty nykytila-analyysi, joka käsittelee karamurskainten kulutussuojien nykytilaa ja siinä ilmenneitä kehitystarpeita.

2 YRITYKSEN ESITTELY

2.1 Metso-konserni

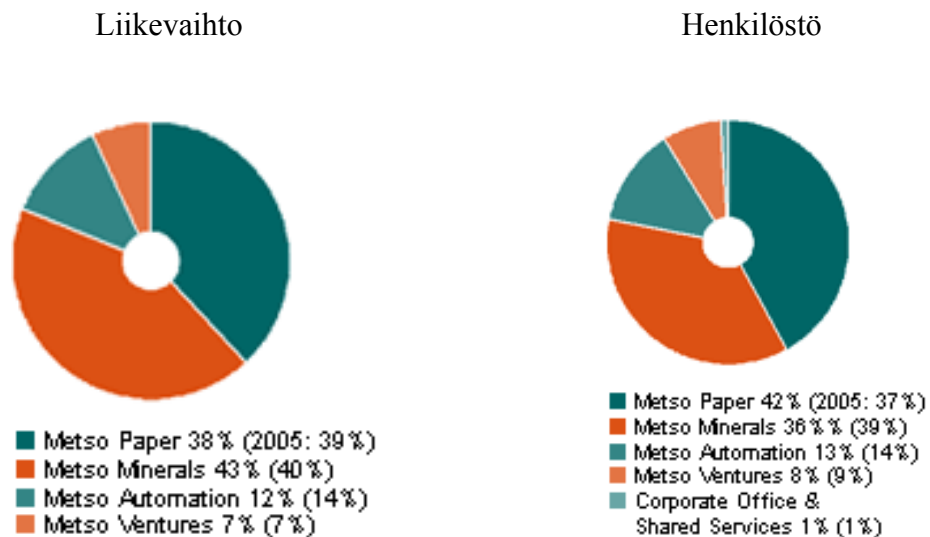
Metso on kansainvälinen teknologiaan keskittynyt konserni, joka toimii ympäri maailman. Metson toiminta on keskittynyt kolmeen suureen teollisuuden alaan. Nämä alat ovat sellun ja paperin valmistus, kiven ja mineraalien käsittely sekä energian tuotanto. Metsolla on toimintaa myös muilla pienemmillä teollisuuden aloilla. Metson toiminta on maailmanlaajuista. Toimipisteitä on yli 50:ssä eri maassa kaikilla mantereilla. Työntekijöitä konsernilla on yli 26 000. Liikevaihto vuonna 2006 oli yli viisi miljardia euroa, ja suurimmat markkina-alueet olivat Eurooppa ja Pohjois-Amerikka, jotka kattoivat noin 60 prosenttia liikevaihdosta, kuva 1. Muita tärkeitä markkina-alueita olivat Aasia ja Etelä-Amerikka, joiden kasvu on jo jonkin aikaa ollut kasvavaa ja kasvaa edelleen.



Kuva 1. Liikevaihto markkina-alueittain vuonna 2006 /2/

Metso on keskittynyt kolmeen päämarkkina-alueeseen. Markkina-alueilla toimivat yritykset ovat Metso Paper, Metso Minerals ja Metso Automation. Metso Paper on keskittynyt selluteollisuuteen, paperin tuotantoon ja energian tuotantoon tarkoitettuun teknologiaan ja on alallaan markkinajohtaja. Metso Minerals on markkinajohtaja kiven ja mineraalien käsittelylaitteissa kuten myös kierrätyslaitteiden valmistamisessa.

Metso Automation valmistaa koneita ja automaatiota massa- ja paperiteollisuuteen ja on allaan kolmanneksi suurin toimija. Liiketoiminta-alueista liikevaihdoltaan suurin on Metso Minerals, henkilöstöltään Metso Paper. Kuvasta 2 ilmenevät liikevaihdon ja henkilöstön osuudet. /2/



Kuva 2. Liikevaihdon ja henkilöstön jakautuminen eri liiketoiminta-alueilla /2/

2.2 Metso Minerals Oy

Metso Minerals on maailmalla markkinajohtaja kiven ja mineraalien käsittelyyn tarkoitetuissa laitteissa. Metso tarjoaa laajalla rintamalla tuotteita kiven ja mineraalien muokkaukseen, seulontaan, kuljettimiin ja metallin kierrätykseen. Vuonna 2006 Metso Mineralsin liikevaihto oli noin 2,2 miljardia euroa. Henkilöstöä Metso Mineralsissa on noin 9200, ja toiminta on levittänyt yli sataan maahan. Metso Mineralsilla on tuotantolaitoksia ympäri maailman. Tärkeimmät niistä sijaitsevat Suomessa, Ruotsissa, Saksassa, Ranskassa, USA:ssa, Etelä-Afrikassa, Brasiliassa ja Kiinassa.

Metso Mineralsin päätuotteina ovat murskaimet ja liikkuvat murskainyksiköt (kuva 3), syöttimet, seulat ja kuljettimet. Suuren osan liikevaihtoon tuo kattava tarjonta vara- ja kulutusosia.

Tampereen tehtaalla valmistetaan leuka- ja karamurskaimia, tela- ja pyörälustaisia murskainyksiköitä, kiinteitä ja siirrettäviä murskainlaitoksia sekä syöttimiä, kuljettimia ja seuloja. Tampereen tehtaan alueella toimii myös Metso Lokomo Steels, joka toimittaa murskaimiin keskeisiä valu- ja kulutusosia. Metso Lokomo Steels on pohjoismaiden suurin teräsvalimo. Vuoden 2008 alussa Metso Lokomo Steels yhdistyi Metso Minerals Oy:hyn. Kaiken kaikkiaan Tampereen tehtaan alueella työskentelee noin 1000 henkilöä.



Kuva 3. LT550GPF Lokotrac tela-alustainen liikkuva murskausyksikkö /3/

Tampereen tehtaalla valmistettuja murskaimia ja murskainlaitoksia käytetään kivilouhoksilla, rakennus- ja kaivosteollisuudessa sekä kiviperäisten materiaalien murskaukseen uusiokäyttöön. Tampereen tehtaalla valmistetaan kahta eri murskaintyyppiä, kara- ja leukamurskainta (kuva 4). Murskaintehtaalla valmistetaan yhtätoista eri leukamurskainmallia. Leukamurskain soveltuu tehokkaaseen kovan kiven ja kiviperäisten purkumateriaalien esimurskaukseen kiinteissä ja liikkuvissa sovelluksissa.

Karamurskaimia valmistetaan kymmentä eri mallia viidessä eri kokoluokassa. Karamurskaimet soveltuvat tehokkaaseen väli- ja hienomurskaukseen kiinteissä ja liikkuvissa sovelluksissa. /1/



Kuva 4. Leuka- ja karamurskain /3/

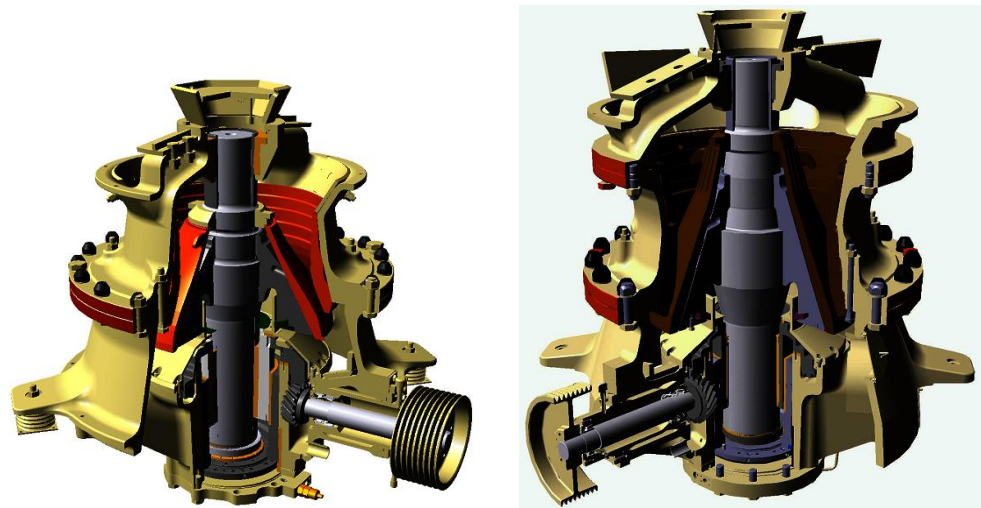
3 GP-MURSKAINTEN KULUTUSSUOJAT

3.1 GP-murskainmallien yleisesittely

Metso Minerals on valmistanut karamurskaimia vuodesta 1966 lähtien. Vuoteen 1980 mennessä tehtaalta oli lähtenyt noin 450 karamurskainta. Vuoteen 2002 mennessä tehtaalta oli valmistunut yli 1650 karamurskainta. Tällä hetkellä maailmalla on käytössä noin 2200 karamurskainta päivittäisessä työssä. Tehtailta valmistuvien karamurskainten määrä kasvaa vuosittain yli 300:lla. Määrä kertoo karamurskaimen ensiluokkaisesta luotettavuudesta ja monipuolisuudesta. Karamurskaimen suosio perustuu kompaktiin kokoon ja suureen murskaustehoon suhteessa koneen kokoon nähden. Karamurskaimella saadaan tuotettua alhaisimmat tuotantokustannukset murskatonna kohden ja paras lopputuotteen laatu. Karamurskainta voidaan käyttää laitoksissa ja kaivoksissa niin kiinteissä kuin liikkuvissa sovelluksissa. Murskaimen murskaussovellusten muuntelumahdollisuudet ovat lähes rajattomat ja parhaan lopputuloksen saamiseksi prosessi voidaan myös automatisoida täysin.

Murskausprosessi voidaan yleisesti jakaa kolmeen eri vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe on esimurskaus, johon käytetään yleisesti leukamurskainta. Toinen vaihe on välimurskaus ja kolmas vaihe on hienomurskaus. Karamurskaimia käytetään toisen ja kolmannen vaiheen murskaukseen. Karamurskaimet voidaan jakaa kahteen ryhmään, hieno- ja välimurskaimiin (kuva 5). Hienomurskaimia ovat GP100-, GP11F-, GP11M-, GP200-, GP300- ja GP550- murskaimet, kun taas välimurskaimiin kuuluvat GP100S, GP200S, GP300S ja GP500S. Erona hieno- ja välimurskaimilla on se, että välimurskaimissa on erillinen välirunko, joka tekee murskaimesta korkeamman. Välimurskainta käytetään toisen vaiheen murskauksessa ja siinä on suurempi syöttöaukko kuin hienomurskaimessa. Välimurskaimessa murskauskammio on pystympi ja korkeampi kuin hienomurskaimessa. Hienokone sijoittuu murskauksen kolmanteen vaiheeseen yleensä välikoneen jälkeen, koska jo kerran murskatusta kivistä on helpompi murskata tehokkaasti hyvän muotoista ja kokoista kiveä.

Syötteen ollessa hienomurskaimelle tullessa pienempää ei myöskään syöttöaukon tarvitse olla niin suuri ja kammio voi olla lyhyempi. Hienomurskaimella ei ole edes mahdollista murskata tietyn kokoista kiveä isompaa, joten myös tämän takia kivi on murskattava ennen hienokonetta.

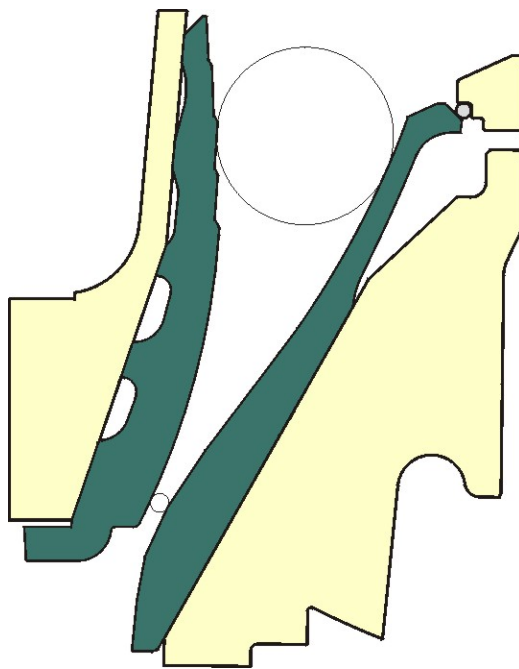


Kuva 5. Hieno- ja välimurskain /3/

Karamurskainten luotettavuus ja turvallisuus perustuu murskaimessa käytettyyn materiaaliin. Murskaimen runko valmistetaan korkealuokkaisesta suurlujuusteräksestä. Metso Mineralsin metallurginen osaaminen ja osien jatkuva kehitys varmistavat luotettavuuden jatkossakin murskausolosuhteista riippumatta. Rakenteellisesti kestävyys perustuu kara-akselin suureen läpimittaan ja lujiin runkorakenteisiin. Käytössä karamurskaimen kuluminen mangaanisten kulutusosien osalta on saatu vähäiseksi pitkän kokemuksen ja automaation avulla. Automaatio minimoi tuotantokustannukset pitämällä käyttöasteen maksimissa kompensoimalla kulutusosien kulumista ja tuottamalla seurantatietoa murskausprosessista.

Karamurskain on poikkeuksellisen muunneltava ja se pystytään valjastamaan moniin eriin murskaussovelluksiin. Välimurskaukseen on olemassa neljä eri murskaintyyppiä, joihin on saatavilla lähes kymmenen eri kammioratkaisua. Jälki- ja hienomurskaukseen on neljä eri murskainkokoja ja yhteensä yli 20 erilaista kammioratkaisua (kuva 6).

Luotettavuuden ja hyvän suorituskyvyn lisäksi GP-karamurskaimet ovat pienikokoisia. GP-karamurskaimet ovat keskimäärin noin 30 prosenttia matalampia kuin perinteiset karamurskaimet. Tämä johtuu murskaimen asetuksen säädön toteutuksesta. GP-karamurskaimessa on kuppimäntätyyppinen ratkaisu, kun normaalisti karamurskaimessa on alapuolinen mäntä kara-akselin säätöä varten. GP100- ja GP11-sarjan murskaimissa käytetään kuitenkin alapuolista mäntää kara-akselin säätöön. Myös kompakti koko ja alhainen kokonaispaino parantavat osaltaan GP-murskaimen suorituskykyä. /3; 4/



Kuva 6. Kammionmuoto karamurskaimessa (EC-GP550) /3/

3.2 Kulutussuojat

Kulutussuojat ovat tärkeä osa murskaimen rakennetta, kun puhutaan murskaimen suojauksesta kulumiselta. Kulutussuojat muodostavat yhdessä materiaalia murskaavien terien kanssa murskaimen runkoja suojaavan kokonaisuuden. Ylärunkoa kulutukselta suojaavat ylärungonsuojat, armiensuojat ja hattu. Alarungossa runkoa suojaavat armiensuojat ja alahelmansuojat. Yleisimmät valmistusmenetelmät ovat valaminen ja levystä tehdyt rakenteet.

Suojien merkitys iskukuormitusta vastaan on hyvin tärkeä välikoneissa, joissa murskattava materiaali on isompaa, eikä niin säännöllistä kuin hienokoneisiin syötettävä materiaali. Hienokoneissa taas hiovan kulutuksen kesto on tärkeässä roolissa. Kulutussuojien keston vaikuttaa suurimmalta osin kuitenkin murskattava kivimateriaali ja se, miten kiven syöttö murskaimeen tapahtuu.

Ylärungonsuojien tarkoitus on synnyttää suojan päälle murskatusta materiaalista suojakerros, joka suojaaa murskaimen runko-osia. Tätä kerrosta kutsutaan autogeeniksi (kuva 7 ja 8). Näin murskaimen rungonsuojat suojaavat runkoa ja samalla niiden kulumisen on hyvin vähäistä murskattavan materiaalin suojatessa suoja ja runkoa itse itseltään. Ylärungonsuojissa suojaavan kerroksen saaminen suojan päälle on elintärkeää. Tämä estää ylärungon kulumisen tehokkaasti. Materiaalikerros suojaaa hiovalta kulutukselta sekä iskukulutukselta.



Kuva 7. Ylärungonsuojauksen päälle kertynyt suojakerros /3/

Alarungon suojaus perustuu iskujen vastaanottoon, mikä syntyy murskatun materiaalin pudotessa alarungon läpi purkusuppiloon. Ala-armit suojaavat rungon armeja kivien iskuilta ja alahelmansuoja suojaaa rungon seinämiä kivien hiovalta kulutukselta. Alahelmansuojan alareunaan kertyy samantyyppinen kerros kiveä, joka suojaaa rungon alareunaa hiovalta kulumiselta suojatien samalla myös osaltaan purkusuppiloa. /3/



Kuva 8. Alahelmsuojan päälle kertynyt materiaalikerros suojaa alarunkoa /3/

3.2.1 Hattu

Murskaimen hatulla (kuva 9) on tärkeä tehtävä ylärungon suojauksessa. Sen tehtävänä on suojata murskaimen ylärungon keskiosia murskausmateriaalin aiheuttamalta kulumiselta. Hattu suojaa pääakselin yläpäätä, huippulaakeria ja ylärungon keskiosaa, johon käyttöakseli kiinnittyy ja missä huippulaakeri sijaitsee. Hatun tehtävänä on muodostaa suojan päälle materiaalista kerros (kuva 7). Tällä suoja suojaa itse itsensä kulumiselta ja näin ollen kestää huomattavasti kauemmin. Hattuja valmistetaan levystä hitsaamalla ja valamalla. Yleisempi tapa on valaminen. Valmistustapa vaikuttaa suuresti hatun kustannuksiin. Hattujen kustannus ylärungonsuojien kokonaiskustannuksista on huomattava. /3/



Kuva 9. Murskaimen hattu /3/

3.2.2 Yläarmiensuojat

Yläarmiensuojien merkitys koneen pitkäikäisyydelle on todella tärkeä. Yläarmiensuojat suojaavat ylärungon armeja kulumiselta. Murskaimeen syötettävä materiaali osuu yleensä kuljettimelta tullessaan yläarmeihin, kuten myös hattuun. Tämä kuluttaisi yläarmit puhki nopeasti, mikäli suojaus olisi puutteellinen. Suojia valmistetaan levystä sekä valusta (kuva 10). Yläarmiensuojien kustannukset riippuvat hyvin pitkälti suojan rakenteesta ja valmistustavasta. Yläarmiensuojia on kahta eri tyyppiä, joista toinen on levy rakenne. Ideana on kerryttää suojan päälle materiaalikerros, joka vähentää suojan kulumista. Levymäisissäkin suojissa on vielä kahta eri tyyppiä: suorasta levystä tehty sekä niin sanottu kupillinen levyrakenne. Toisen tyyppisissä suojissa suojaaminen perustuu iskunkestoön, eli materiaali iskeytyy suoja päin eivätkä näin osu runkoon. Armiensuojien osuus ylärungon kustannuksista on myös suuri.



Kuva 10. Valettu ja levystä tehty murskaimen yläarmiensuoja /3/

3.2.3 Ylärungonsuojat

Ylärungonsuojat (kuva 11) suojaavat murskaimen ylärunkoa hiovalta kulutukselta. Ilman suojausta murskattava materiaali syö rungon puhki hyvin lyhyessä ajassa. Ylärungonsuojiin kohdistuva kulutus on pääasiassa hiovaa, kun murskattava materiaali valuu kohti kitaa. Myös ylärungonsuojat valmistetaan joko valamalla tai levystä. Ylärungon kustannuksista ylärungonsuojat muodostavat pienimmän osuuden. Kuitenkin niiden merkitys on todella tärkeä, jopa tärkein ylärungon suojauksesta. Ylärungonsuojiin kohdistuu suurempi kulutus kuin armiensuojiin ja hattuun, koska kaikki murskan läpi menevä materiaali valuu ylärungonsuojia pitkin kohti kitaa. Ylärungonsuojat ovat rakenteeltaan yksinkertaisimmat, mikä vaikuttaa myös kustannusten tasoon.



Kuva 11. Ylärungonsuojat murskaimessa /3/

3.2.4 Ala-armiensiujat

Alarungon armeja suojataan armiensuojilla. Armiensuojia valmistetaan kahdella eri tavalla (kuva 12). Toinen tapa on levystä hitsaamalla ja toinen valamalla. Armien suojat suojaavat armeja murskatun materiaalin pudotessa murskauksen jälkeen purkusuppiloon.

Armiensuojat joutuvat pääosin hiovan kulutuksen kohteeksi, kun murskattu materiaali putoaa niiden päälle. Armiensuojat muodostavat yhdessä alahelmansuojien kanssa kokonaisuuden, joista alarungonsuojaus koostuu. Armiensuojat ja alahelmansuojat ovat kiinteästi kiinni toisissaan.



Kuva 12. Levystä tehty ja valettu ala-arminsuoja alarungossa /3/

3.2.5 Alahelmansuojat

Alahelmansuojat (kuva 13) suojaavat alarunkoa kulumisesta. Murskatun materiaalin pudotessa terien välistä kuluttaa murskattu materiaali alarunkoa lähes koko alarungon alueelta. Alahelmansuojat vuoraavat alarungon seinämät ja näin ollen estävät kulumisen. Suojien alareunassa on hyllytyyppinen osa, johon muodostuu murskatusta materiaalista kerros, autogeeni. Tämä kerrostuma suojaa niin runkoa kuin itse suojaakin tehokkaasti. Hyllyn olemassaolo on pakollinen suojan toimivuuden kannalta, koska suuri osa murskatusta materiaalista ohjautuu juuri alahelmansuojan alaosaan. Ilman hyllyä alahelmansuojan alaosa kuluu nopeasti puhki. Alarunkoon kohdistuu suuri hiova kulutus, joten alahelmansuoja on tärkeässä roolissa alarungon suojauksen suhteen.



Kuva 13. Alahelmansuojat murskaimen alarungossa /3/

4 NYKYTILA-ANALYYSI

4.1 Eri mallien rakenne

Kaikissa saman alkunumeron omaavissa koneissa on sama alarunko, joten alarungon suojauksessa ei ole eroja saman sarjan koneissa. Tästä poikkeuksena eroavat GP550 ja GP500S, joissa on eri alarungonsuojaus mutta sama alarunko. Välikoneessa yläarmiensuojat ovat yleisesti niin sanotusti kupilla varustetut, kun taas hienokoneiden yläarmiensuojat ovat yleensä malliltaan tasaiset.

GP500S:n ylärungonsuojaus sisältää valuhatun, valetut armeihin kiinnitettävät armiensuojat ja 8-osaiset ylärungonsuojat. Hattu kiinnitetään ylärunkoon pultein. Armiensuojat pultataan armeihin. Tämän lisäksi ne vaativat hitsausta kiinnityksessä. Ylärungonsuojat kiinnitetään hitsaamalla. Tämän lisäksi ne pultataan ylärunkoon. Alarungonsuojauksessa on käytössä vanhan konstruktiomallin suojat, jotka koostuvat erillisistä armiensuojista ja levyrakenteisista alahelmansuojista. Alahelmansuojassa on hyllytyyppinen rakenne suojan alareunassa, joka hitsataan kiinni alahelmansuojan seinään.

GP550:ssä on olemassa ylä- ja alarungon suojaukseen molempiin yhtenäinen kokonaisuus. Ylärungonsuojat sisältävät hatun, armiensuojat ja rungonsuojat. Kaikki ovat pulttikiinnitteisiä, ja kokonaisuus suojaa ylärungon kauttaaltaan. Hattu kiinnitetään pultein ylärungon päälle. Alarungonsuojauksessa on niin ikään yhtenäinen kokonaisuus, joka tulee kiinni alarunkoon pulttikiinnityksellä. Alarungonsuojat pitävät sisällään armiensuojat ja alahelmansuojat.

GP300S:n ylärungonsuojaukseen sisältyy levystä tehty hattu, armiensuojat ja 4-osaiset ylärungonsuojat. Ylärungonsuojauksessa käytetyt armiensuojat on taivutettu levystä ja ne kiinnitetään armeihin. Hattu kiinnitetään ylärunkoon pultein. Ylärungonsuojat kiinnitetään ylärunkoon hitsaamalla.

Alarungonsuojauksessa on käytössä yhtenäinen kokoonpano samaan tyyliin kuin GP550:ssä. Eroa rakenteessa ei ole, vaan suojaratkaisu on täysin samanlainen, joskin eri kokoluokkaa.

GP300:ssa ylärungonsuojaus koostuu levystä taivutetusta hatusta, levymäisistä armiensuojista ja levymäisistä ylärungonsuojista. Ylärungon suojat ovat 4-osaiset ja ne hitsataan runkoon. Alarungonsuojaus koostuu armiensuojista ja alahelmansuojista, ja ne ovat täysin samat kuin GP300S:ssä.

GP200S:ssä on levystä taivutettu hattu, armiensuojat ja ylärungonsuojat. Ylärungon suojaus on 8-osainen ja kiinnitetään runkoon pultein. Samoin myös hattu kiinnitetään pultein ylärunkoon. Yläarmiensuojat on tehty levystä taivuttamalla ja hitsaamalla ja ne kiinnitetään armeihin pulttikiinnityksellä. Alarungonsuojaus sisältää vain armiensuojat. Alarungonsuojauksessa ei ole ollenkaan alahelmansuojia muista malleista poiketen.

GP200:ssa suojaukseen kuuluvat levystä taivutettu hattu, pulteilla kiinnitettävät levymäiset armiensuojat ja ylärungonsuojat. 8-osainen ylärungonsuojaus tulee runkoon kiinni pultein, kuten myös hattu tulee ylärunkoon kiinni pultein. Armiensuojat kiinnitetään kahdella läpispultilla armeihin. Alarungonsuojaus on sama kuin GP200:ssa. Alarunko suojataan vain armiensuojilla.

4.2 Kiinnitys

Kulutussuojien kiinnittämiseen on käytössä kahta eri tyyliä. Ensimmäinen tapa on hitsaaminen, jossa osat kiinnitetään suoraan runkoon hitsaamalla. Lisäksi suoja voidaan hitsata kiinni toisiinsa, jolloin niistä muodostuu yhtenäisiä suojakokonaisuuksia. Toinen tapa kiinnittää suoja on pulttikiinnitys. Pulttikiinnityksessä suojat kiinnitetään rungon läpi pulttaamalla. Suoja voidaan myös pultata kiinni toisiinsa, jolloin suojista saadaan yhtenäisiä rakenteita.

Asennusvaiheessa murskaimeen kiinnitetään ne suojat, joiden kiinnitys ei tarvitse hitsausta. Kaikki ne suojan osat, jotka tulevat runkoon kiinni pultilla, kiinnitetään murskaimen kokoonpanopaikalla. Esimerkiksi kaikki murskaimen hatut kiinnitetään kokoonpanopaikalla, koska hatut ovat kaikki pulttikiinnitteisiä. Sellaiset suojat, jotka tarvitsevat hitsausta kiinnityksessään, hitsataan omissa erillisissä työpisteissä. Vasta hitsauksen jälkeen murskaimen runko on valmis kokoonpantavaksi. Sellaisten murskainmallien rungot, joiden rungonsuojien kiinnityksessä tarvitaan hitsausta, käyvät siis molemmissa asennuspaikoissa.

Suojien kiinnitys murskaintyypeittäin

GP500S:ssä ylärungonsuojauksessa käytetään molempia kiinnitystapoja. Ylärungonsuojista rungonsuojat tulevat kiinni pulteilla syöttösuppilon kiinnitysreikiin, mutta ne myös hitsataan toisiinsa kiinni. Myös armiensuojien kiinnityksessä käytetään molempia kiinnitystapoja. Armiensuojat pultataan armien läpi kiinni, mutta tämän lisäksi ne hitsataan kiinni rungonsuojiiin. Ylärungonsuojista muodostuu yhtenäinen paketti, joka suojaa murskaimen rungon hyvin. Alarungonsuojaus kiinnitetään myös molempia käytössä olevia kiinnitysmenetelmiä hyödyntäen. Alahelmansuojauksen osat hitsataan kiinni toisiinsa. Tämän lisäksi ne kiinnitetään hitsaamalla armiensuojiiin. Alahelmansuojat kiinnitetään vielä läpipultein alarunkoon kiinni.

Päinvastoin kuin GP500S:ssä GP550:n rungonsuojien kiinnitys ei tarvitse hitsausta lainkaan. Armiensuojat ja 4-osaiset rungonsuojat kiinnitetään pulteilla ylärunnon läpi. Armiensuojat kiinnitetään runkoon pultein samalta linjalta, mistä rungonsuojat tulevat kiinni. Armeihin ei kiinnitetä mitään, vaan kaikki kiinnityspisteet sijaitsevat ylärunnon reunalla. Alarungonsuojauksen osalta toteutetaan samaa periaatetta kuin ylärungonsuojauksenkin suhteen. Hitsauksia ei kokoonpanovaiheessa tarvita, vaan kaikki komponentit kiinnitetään runkoon pultein. Alahelmansuojat kiinnitetään molemmista päistä armiensuojiiin ja tämän lisäksi ne kiinnitetään läpipultilla runkoon. Ala-armiensauojat kiinnitetään suoraan runkoon. Kaikki suojien asentaminen tapahtuu kokoonpanopaikalla, missä itse murskainkin kokoonpannaan.

GP300S:n ylärungonsuojaus toteutetaan kahta eri kiinnitysmenetelmää käyttäen. Toiset osista hitsataan kiinni ja osa kiinnitetään pulttikiinnityksellä. Yläarmiensuojat kiinnitetään ylärungon armeihin pulttikiinnityksellä. Suojat pultataan armien läpi kahdella läpipultilla molemmilta puolilta. Rungonsuojat tulevat kiinni hitsaamalla. Suojat hitsataan kiinni runkoon. Tämän lisäksi ne kiinnitetään toisiinsa hitsaamalla. Alarungon kokoonpano tapahtuu kokoonpanopaikalla, koska hitsauksia ei tarvita. Kokoonpano tapahtuu vastaavalla tavalla kuin GP550 alarungonsuojien kokoonpanokin. Alahelmansuojat kiinnitetään molemmista päistä armiensuojiiin ja tämän lisäksi ne kiinnitetään läpipultilla runkoon. Ala-armiensuojat kiinnitetään suoraan runkoon.

GP300:ssa ylärungonsuojien kiinnitykset tehdään kaikki ennen kokoonpanoa lukuun ottamatta hatun kiinnitystä, joka tulee kiinni pultein. Hattu kiinnitetään pultein kaikissa muissakin murskaimissa. Yläarmiensuojat tulevat kiinni armiensuojiiin ja ne kiinnitetään suoraan armeihin hitsaamalla. Ylärungonsuojat hitsataan kiinni ylärunkoon, minkä lisäksi ne kiinnitetään toisiinsa hitsaamalla. Alarungonsuojaus on toteutettu kuten GP300S:ssä. Alarungonsuojat muodostavat yhteisen kokonaisuuden, joka kiinnitetään pulttikiinnityksellä.

GP200S:n rungonsuojauksessa ei tarvita ollenkaan hitsausta, koska kaikki suojat kiinnitetään pulteilla. Tämän johdosta kaikki suojien kiinnitykset voidaan toteuttaa kokoonpanopaikalla, eikä erillisiä asennuspaikkoja tarvita. Yläarmiensuojat kiinnitetään armien läpi pulttikiinnityksellä. Ylärungonsuojat kiinnitetään niin ikään pultein ylärungon läpi. GP200S:n ja GP200:n alarungonsuojaus on poikkeuksellinen muihin malleihin nähden, koska alarungonsuojauksessa on vain ala-armiensuojat. Ala-armiensuojat ovat levyä ja ne kiinnitetään pulteilla armien läpi, poikkeuksena kuitenkin käyttöakselin kohdalla oleva armi, jossa arminsuoja kiristetään pulteilla armeihin kiinni.

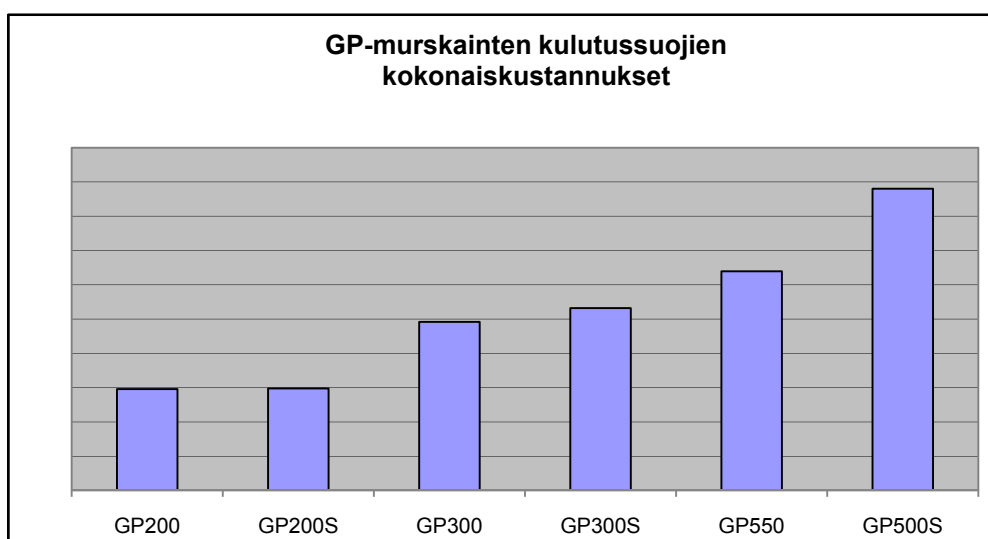
GP200:ssa ei myöskään tarvita mitään hitsauksia ylärungonsuojien kiinnityksen suhteen. Yläarmit kiinnitetään samaan tapaan kuin GP200S:ssä. Armiensuojat pultataan armeihin kiinni läpipultein. Ylärungonsuojien kiinnitys on toteutettu pulttikiinnityksellä, jossa jokainen suojan osa kiinnitetään runkoon läpipultilla.

GP200:n alarungonsuojissa käytetään samaa kiinnitystapaa, kuin GP200S:ssä. Alarunkoa ei siis suojaa kuin ala-armiensusojat.

4.3 Kustannukset

Murskaimen kulutussuojien kustannuksiin vaikuttavat monet tekijät. Näistä tekijöistä tärkeimpinä esille voidaan nostaa suojaratkaisujen rakenne, asennettavuus ja suojan valmistustapa, sekä murskaimen koko. Kiinnitystavasta johtuen asennukseen menevä aika voi vaihdella huomattavan paljon. Hitsattavien suojiin kiinnittämiseen menee huomattavasti enemmän aikaa kuin pulteilla kiinnitettäviin suojiin. Lisäksi kiinnitystapa vaikuttaa osaltaan siihen minkälainen rakenne suojiilla pitää olla. Suojan valmistustapa vaikuttaa myös osaltaan kulutussuojien kustannukseen. Murskaimen koon kasvaessa myös kulutussuojien kustannukset kasvavat. Isojen murskainten suojiin menevä materiaalin määrä on jo niin paljon suurempi, että se ei voi olla vaikuttamatta suojiin kustannuksiin.

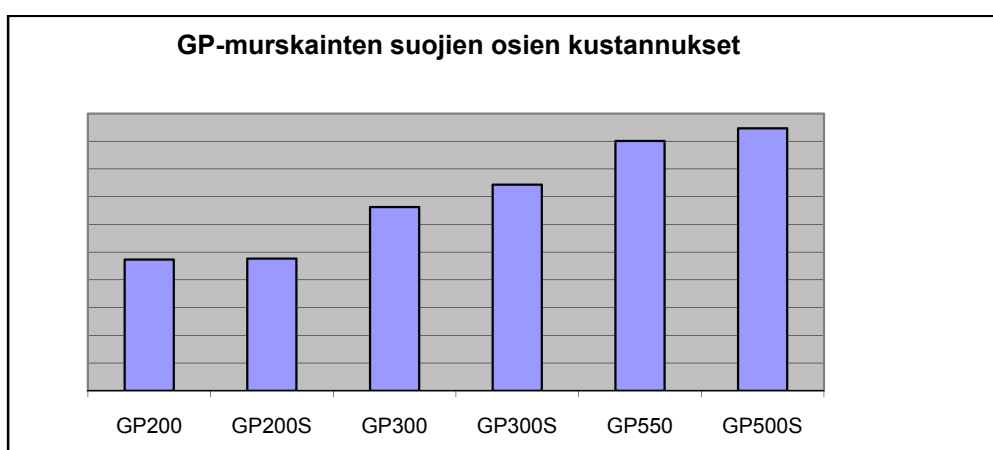
Kulutussuojien kokonaiskustannukset koostuvat itse suojiin osien kustannuksista, sekä suojiin asennuksessa ja kokoonpanossa käytetystä ajasta. Tässä suhteessa kustannuksiin eniten vaikuttava tekijä on osien kokonaiskustannukset, mutta myös asennuksesta ja kokoonpanosta syntyvillä kustannuksilla on merkitystä.



Kuva 14. Kulutussuojien kokonaiskustannukset /4/

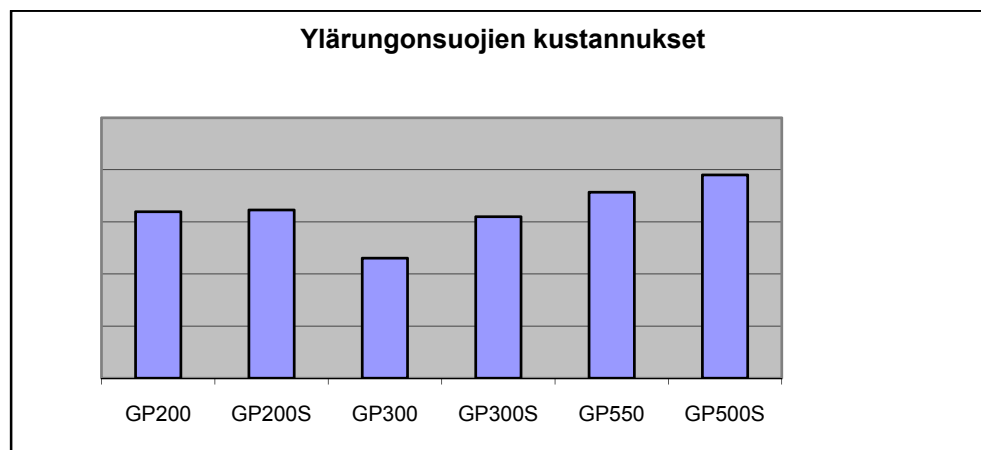
Kokonaiskustannusten perusteella (kuva 14) huomattavasti kallein murskain suojata on GP500S. Tämä johtuu siitä, että kyseisen murskaimen suojiin käytettävä asennusaika on suuri ja siitä syntyvät kustannukset suuret. GP500S on myös suurin karamurskain, joten silläkin perusteella sen suojaus on kustannuksissa suurin. Muuten kustannusten linja on laskeva pienempiin koneisiin siirryttäessä, kuten kuuluu ollakin. GP200:n ja GP200S:n kustannuksissa täytyy huomioida se, että alarungonsuojaukseen ei kuulu kuin pelkät armiensuojat, joten tältä osin näiden koneiden kustannukset eivät ole muihin täysin verrattavissa.

Kulutussuojien osista itsestään syntyvät kustannukset ovat hyvin linjassa. Osien kokonaiskustannuksessa on huomioitu vain osien kustannukset ilman asennustyötä (kuva 15). Verrattaessa kuvaa 14 ja kuvaa 15 voidaan nähdä, että asennuksesta ja kokoonpanosta tulevat kustannukset muodostavat suuren osan suojausten kokonaiskustannuksista. Niiden merkitys kokonaiskustannuksista on merkittävä ja jopa yllättävän suuri, jos niitä verrataan osista tuleviin kustannuksiin. Pienten koneiden suojat ovat edullisemmat ja murskaimen kasvaessa myös suojiin kustannus kasvaa, koska suojattavaa tulee enemmän. Välikoneen suojiin kustannukset ovat hienokoneita hieman suuremmat, koska ylärunnon suojausten tarve on suurempi.



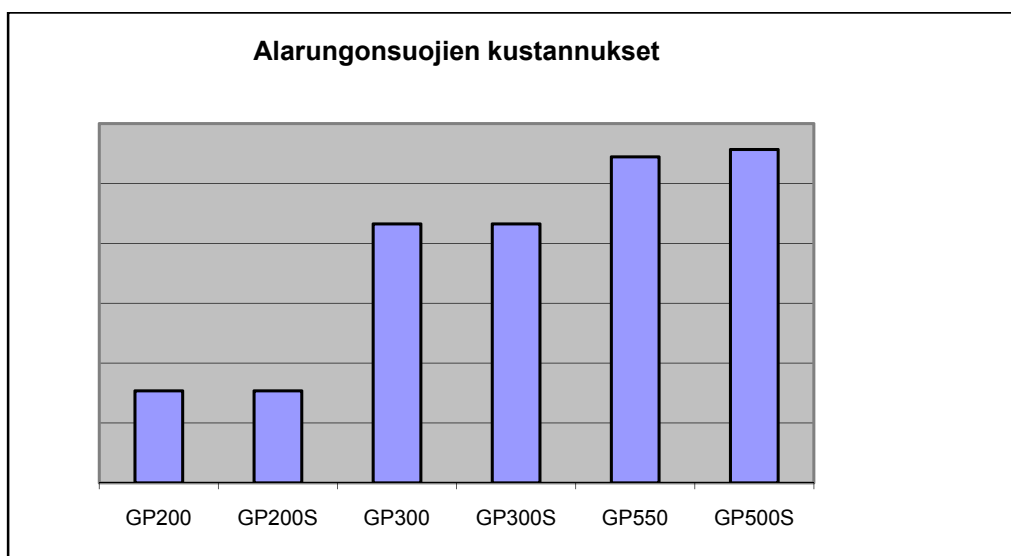
Kuva 15. Kulutussuojien osien kustannukset /4/

Murskaimen kulutussuojien kokonaiskustannuksista ei kuitenkaan käy ilmi, miten kustannukset jakautuvat murskaimen sisällä ylä- ja alarungonsuojauksen välillä. Ylärungon kustannukset ovat yleisesti pienemmät johtuen yksinkertaisemmasta rakenteesta. Ylärungon kustannukset ovat kuitenkin merkittävät, sillä hatun osuus ylärungon kustannuksista on melko suuri. Alarungon kustannukset johtuvat pitkälti monimutkaisesta alahelmansuojauksesta. Rakenne niissä on monimutkainen, ja tämän myötä valmistaminen on kallista. Ylä- ja alarungonsuojien kustannuksista ei vielä selviä kuitenkaan yksittäisten osien kustannukset. Yksittäisten osien rakenne ja valmistusmenetelmät vaikuttavat suuresti kustannusten muodostumiseen.



Kuva 16. Ylärungonsuojien kustannukset /4/

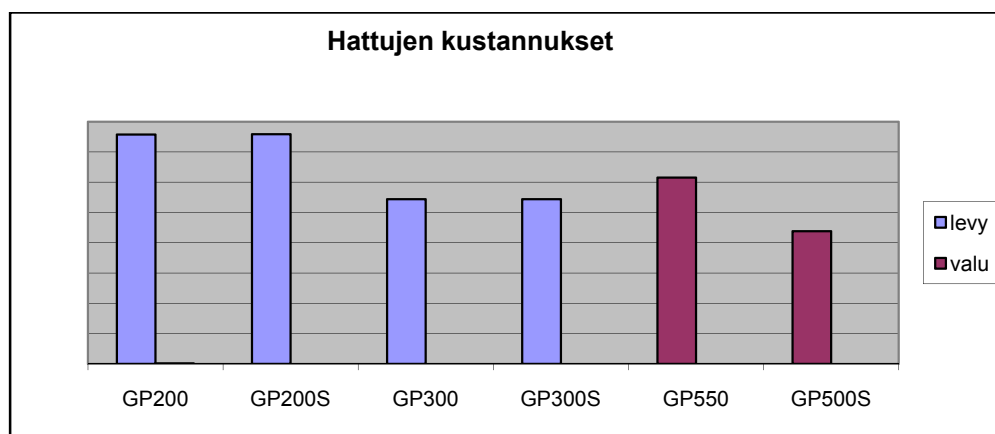
Ylärungon kustannuksissa tulee hajontaa, eikä pienin murskain ole kustannuksiltaan alhaisin ja suurin korkein (kuva 16). Kustannuksissa ei ole kovinkaan paljoa eroa koneen koosta riippumatta. GP200:n ja GP200S:n ylärungon suojien kustannukset ovat lähes yhtä korkeat kuin huomattavasti suuremman GP550:n. GP200:n ja GP200S:n kustannuksia nostaa levystä valmistettu hattu, joka on todella kallista verrattuna painoonsa ja kokoonsa. GP300:n ylärungonsuojien kustannusta voi pitää jopa kohtuullisena GP200:n kustannuksiin verrattuna. Kuitenkin se on täysin linjassa, jos ottaa huomioon isompien koneiden ylärungonsuojien kustannukset. Lisäksi GP300:n suojaratkaisujen rakenne on varsinkin armionsuojien osalta hyvin yksinkertainen.



Kuva 17. Alarungonsuojien kustannukset /4/

Alarungon kustannuksissa on jo huomattavaa vaihtelua (kuva 17). GP200:ssa ja GP200S:ssä on sama suojaus alarungon osalta, joten kustannuksetkin ovat tietysti samat. Sama pätee myös GP300:n ja GP300S:n osalta. GP200:n ja GP200S:n alarungonsuojien kustannukset ovat huomattavasti alhaisemmat kuin muiden murskainten. Tämä johtuu alarungonsuojien rakenteesta, jossa alarungonsuojaukseen kuuluu vain armiensuojat. Muissa koneissa alarungonsuojaukseen kuuluu lisäksi alahelmansuojat, joiden osuus alarungonkustannuksista on huomattava. GP550:n ja GP500S:n välillä ei juuri ole eroa alarungonsuojauksessa, vaikka näissä murskainmalleissa alarungonsuojaus on toteutettu täysin eri tavalla. GP550:n suojat ovat yhtenäinen kokonaisuus valusta valmistetuista armiensuojista ja levystä valmistetuista alahelmansuojista, kun taas GP500S:n alarungonsuojat ovat levystä hitsaamalla valmistettuja.

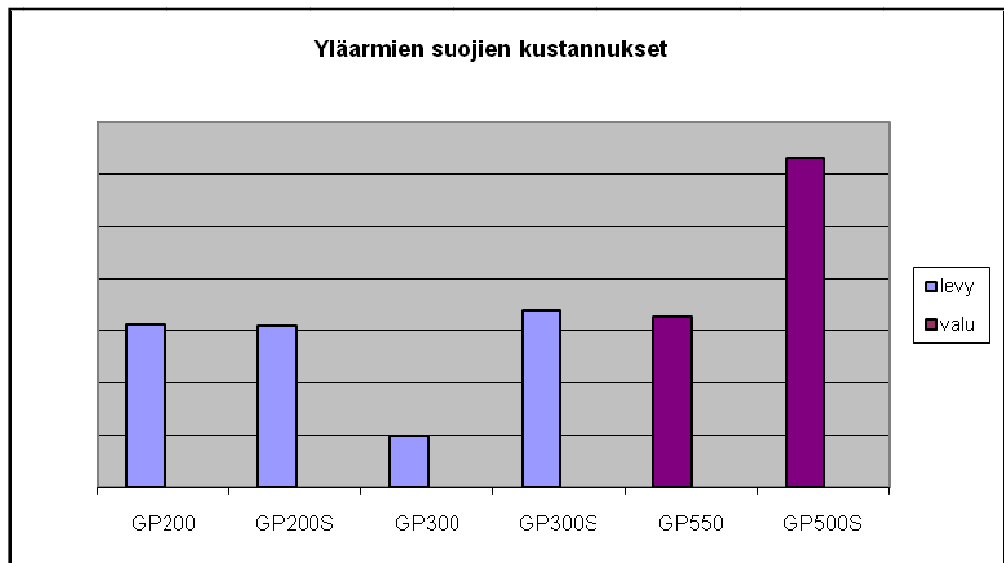
Ylärungon kustannuksista iso osa koostuu hatun kustannuksista. Hattu onkin koko kulutussuojien kallein komponentti jokaisessa murskainmallissa. Vaikea muoto ja valmistukseen kohdistuvat vaatimukset tekevät siitä kalleimman komponentin.



Kuva 18. Hattujen kustannukset /4/

Hattujen suhteen kustannusten määrä eri koneiden kesken on jakautunut täysin päinvastoin (kuva 18), kuin mitä osakokonaisuuksien kustannukset antavat ilmi. Hatun kustannuksiin vaikuttaa eniten tapa valmistaa hatu. Valamalla tehdyt hatut GP550:ssä ja GP500S:ssä ovat suhteessa paljon halvempia kuin muiden koneiden levystä valmistetut hatut. GP200:n ja GP200S:n hatut ovat jopa huomattavasti GP300:n ja GP300S:n hattuja kalliimpia, vaikka ne ovat rakenteeltaan samanlaisia, mutta kuitenkin huomattavasti pienemmän kokoisia. GP550:n ja GP500S:n hatut ovat joko samanhintaisia tai jopa halvempia kuin muiden konemallien, vaikka ne ovat huomattavasti suurempia kooltaan ja painoltaan. Ne on kuitenkin valmistettu valamalla, kun taas muut hatut ovat levyrakenteisia. GP500S:n hatu on myös selvästi edullisempi kuin GP550:n vastaava, vaikka se on painoltaan lähes 25 % suurempi. GP550:n hatu on kuitenkin sen verran monimutkaisempi konstruktioltaan, että suurempi kustannus selittyy sillä.

Ylärungossa toinen suuri kustannusteniheuttaja on armiensuojat. Armiensuojien kustannuksiin vaikuttaa tapa, jolla suoja on valmistettu sekä se, onko kyseessä hieno- vai välikoneen armiensuojat. Välikoneessa armiensuojat ovat yleisesti rakenteeltaan monimutkaisemmat ja kooltaan isommat. Kaaviossa 5 on esitetty ylärungon armiensuojien kustannukset, joihin on otettu huomioon molempien armiensuojien kustannukset.

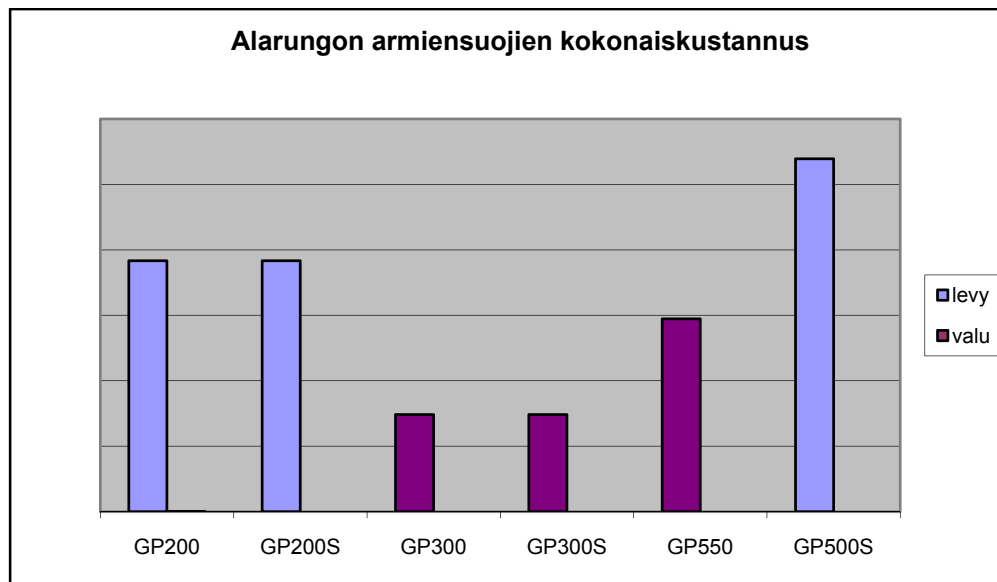


Kuva 19. Ylärungon arminsuojien kustannukset /4/

Ylärungon arminsuojien kustannuksissa on myös paljon hajontaa. GP500S:n arminsuojat ovat selvästi kustannuksiltaan korkeimmat, kun taas GP300:n arminsuojat ovat alhaisimmat. GP500S:n ja GP550:n arminsuojat on molemmat valmistettu valusta, mutta GP500S:n arminsuojien kustannukset ovat lähes kaksi kertaa suuremmat kuin GP550:n (kuva 19). Ero johtuu 25 % suuremmasta painosta ja huomattavasti monimutkaisemmasta rakenteesta. GP300S:n arminsuojien kustannukset ovat korkeammat kuin GP550:n, vaikka rakenne on huomattavasti yksinkertaisempi ja painoltaan ne ovat merkittävästi kevyemmät. GP200S:n ja GP300S:n arminsuojien kustannukset ovat lähes samat, vaikka GP200S:n arminsuojien rakenne on huomattavasti hankalampi. GP200:n arminsuojien kustannukset ovat korkeat. Ne ovat kustannuksiltaan samaa tasoa kuin GP200S:n, vaikka ne ovat yksinkertaisemmat ja pienemmät. Rakenteeltaan ne ovat samanlaiset kuin GP300:n, mutta silti kustannukset ovat yli kolme kertaa korkeammat.

Alarungonsuojien kustannuksista suuri osa tulee ala-arminsuojista. Saman alkuumeron omaavissa koneissa on sama alarunko, joten alarungonsuojauskin on sama. Tästä poikkeuksena ovat kuitenkin GP550 ja GP500S, joissa on sama alarunko, mutta erilaiset suojaratkaisut. Myös ala-arminsuojat ovat erilaiset.

Kuvassa 20 on otettu huomioon kaikkien kolmen arminsuojan yhteiskustannukset.



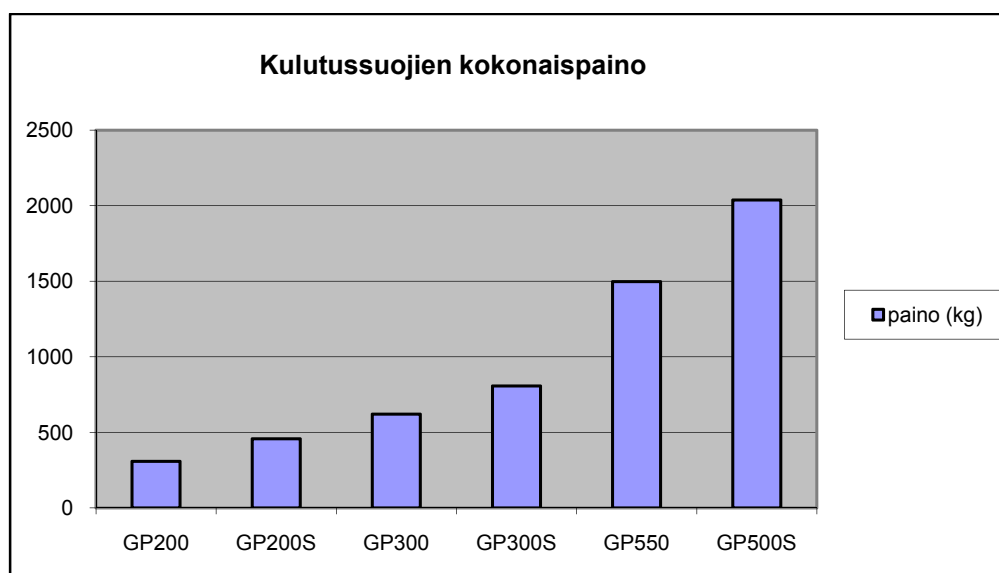
Kuva 20. Alarungon armiensuojien kokonaiskustannukset /4/

Kun otetaan valmistustapa huomioon, niin on helppo todeta, että valettu arminsuoja on huomattavasti edullisempi valmistaa kuin levystä valmistettu. Valetuissa armiensuojissa kustannukset määräytyvät pitkälti koon mukaan. Näin ollen GP550:n armiensuojat ovat huomattavasti kalliimmat kuin GP300:n ja GP300S:n, johtuen suuremmasta koosta ja painosta. GP500S:n levystä valmistettu arminsuoja on huomattavasti kalliimpi kuin GP550:n valusta valmistettu. Suojien koossa ei kuitenkaan ole eroa, ja painotkin ovat hyvin lähellä toisiaan. Valusta valmistettu ala-arminsuoja näyttää olevan huomattavasti edullisempi valmistaa, koneen koosta riippumatta. Vaikka GP300:n ja GP300S:n ala-arminsuoja on kolmanneksen painavampi kuin GP200:n ja GP200S:n vastaava, on se kuitenkin yli kaksi kertaa kalliimpi valmistaa. Tässäkin tapauksessa valu on huomattavasti edullisempi. Rakenteeltaan valetut suojat ovat samanlaiset kuin levystä valmistetut, eikä painokaan eroa kovin paljoa.

4.4 Kulutussuojien paino

Painon merkitys kulutussuojissa on suuri murskaimen kokonaispainon kannalta. Murskaimesta yritetään tehdä mahdollisimman kevyt, jotta se olisi kompakti ja sitä voi käyttää liikkuvissa sovelluksissa. Nämä kuitenkin sillä edellytyksellä, että murskaimesta tulee mahdollisimman kestävä ja varmatoiminen. Suojien tulee kestää tietty aika, jonka jälkeen ne voidaan vaihtaa. Painavat suojat kestävät hyvin suuren kulutuskestävän materiaalin määrän johdosta, mutta nostavat murskaimen kokonaispainoa. Liian kevyet suojat taas saattavat olla liian heikkoja kulutuksen suhteen. Asennettavuuden kannalta on myös tärkeää huomioida paino, sillä suojien vaihtoa ei aina voida tehdä nosturia apuna käyttäen.

Suojien kokonaispainoon vaikuttaa suurelta osin murskaimen koko (kuva 21). Myös se vaikuttaa onko kyseessä hieno- vai välimurskain. Välimurskain vaatii järeämpää suojausta rungon osalta, sillä murskattava materiaali on suurempaa ja näin ollen se kuluttaa suojia ja rakenteita enemmän.

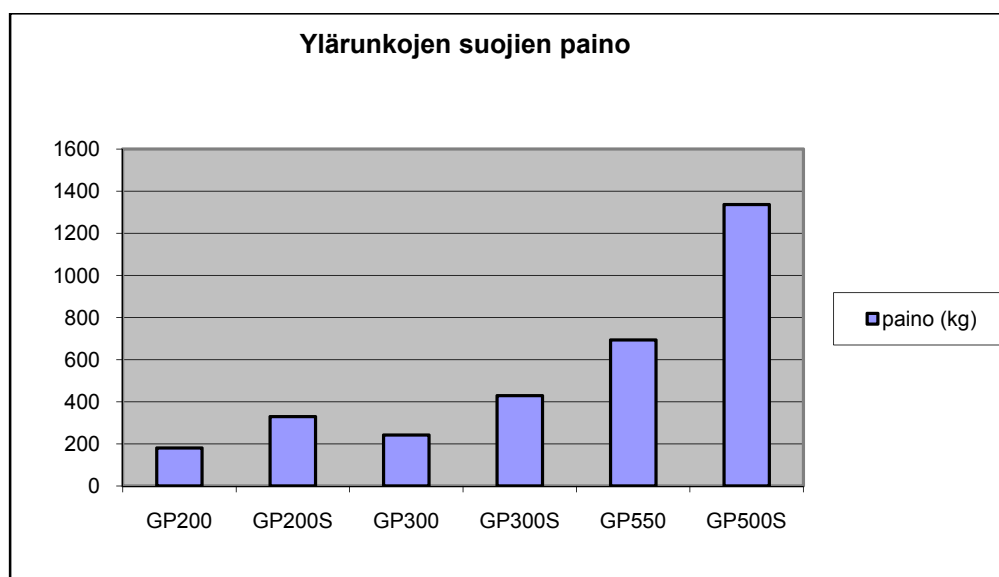


Kuva 21. Kulutussuojien kokonaispaino /4/

Suojien kokonaispainot ovat hyvin linjassa ja pienimmän koneen suojien kokonaispaino on pienin ja siitä ylöspäin paino kasvaa tasaisesti.

Suojien painossa tapahtuu suuri hyppäys, kun siirrytään GP300-sarjan koneista GP550:een ja GP500S:ään, koska konekoko kasvaa selvästi. GP200:n ja GP200S:n paino on suhteellisen suuri, sillä kyseisissä koneissa ei ole ollenkaan alahelmansuojausta alarungossa. Suojien paino muodostuu lähes kokonaan ylärungonsuojauksesta.

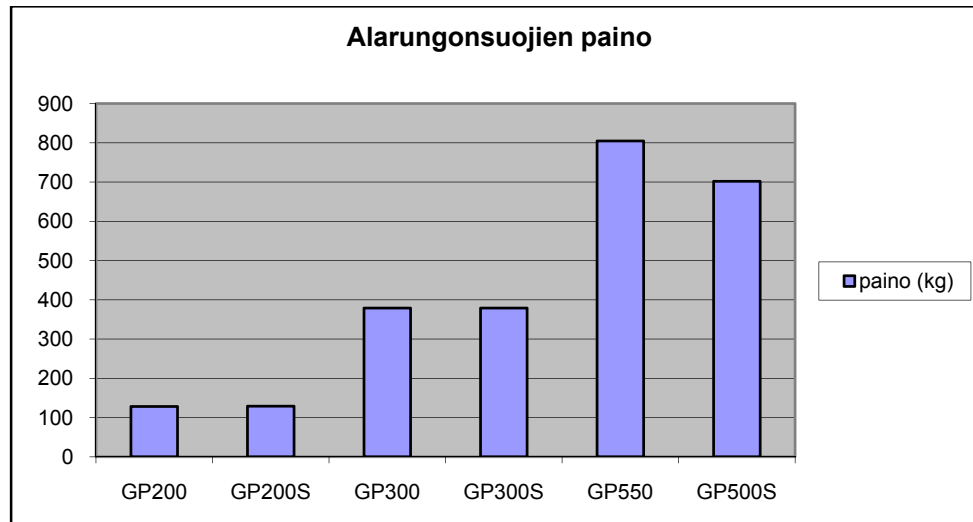
Ylä- ja alarungonsuojien painot ovat myös tarkastelun arvoisen kohde. Alarungonsuojien paino on hieman pienempi kuin ylärungonsuojien. Ylärungonsuojien suurempi paino johtuu hatun ja suurten armiensuojien painosta. Ylärungonsuojien paino on tärkeä tekijä myös murskaimen huollon kannalta. Mitä enemmän suojat painavat, sitä suurempi on myös ylärungon kokonaispaino. Tämä taas saattaa aiheuttaa ongelmia murskaimen huollon suhteen. Esimerkiksi murskaimen terienvaihdon yhteydessä murskaimen ylärunko joudutaan nostamaan pois paikoiltaan.



Kuva 22. Ylärungonsuojien paino /4/

Ylärungonsuojien paino kasvaa konekoon myötä selvästi (kuva 22). Välimurskainten suojien paino on jokaisessa konemallissa suurempi kuin vastaavan hienomurskaimen. GP200:n ja GP200S:n ylärungonsuojien paino on hyvin lähellä GP300:n ja GP300S:n ylärungonsuojien painoa. Näissä koneissa ylärungonsuojien rakenne on hyvin samanlainen eikä koneiden kokoeroakaan ole kovin suuri.

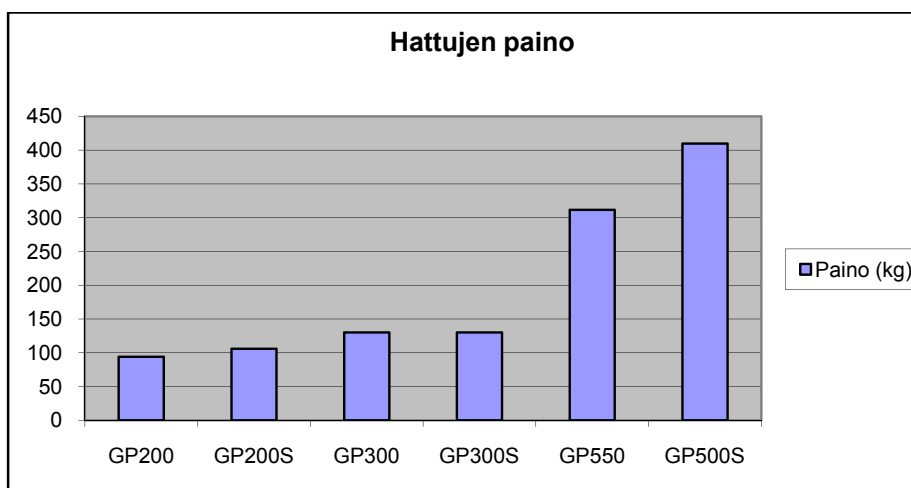
GP550:n ja GP500S:n ylärungonsuojien paino on kasvaneen konekoon ansiosta muita selvästi suurempi. GP500S:n paino on vielä GP550:kin paljon suurempi johtuen painavasta hatusta ja suurista yläarmiensuojista.



Kuva 23. Alarungonsuojien paino /4/

Alarungonsuojissa on suurta eroa painossa koneiden välillä (kuva 23). GP200:n ja GP200S:n osalta paino ei ole kovinkaan vertailukelpoinen johtuen alahelmansuojien puuttumisesta. GP300:n ja GP300S:n alarungonsuojien paino on sama, koska näissä koneissa käytetään samaa alarungonsuojausta. Suhteessa isompiin koneisiin se on kuitenkin melko kevyt, varsinkin jos sitä vertaa GP500S:n vastaavaan painoon. GP500S:n levyrakenteinen alarungonsuojaus on jonkin verran painavampi kuin GP550:n valu ja levyrakenteinen malli.

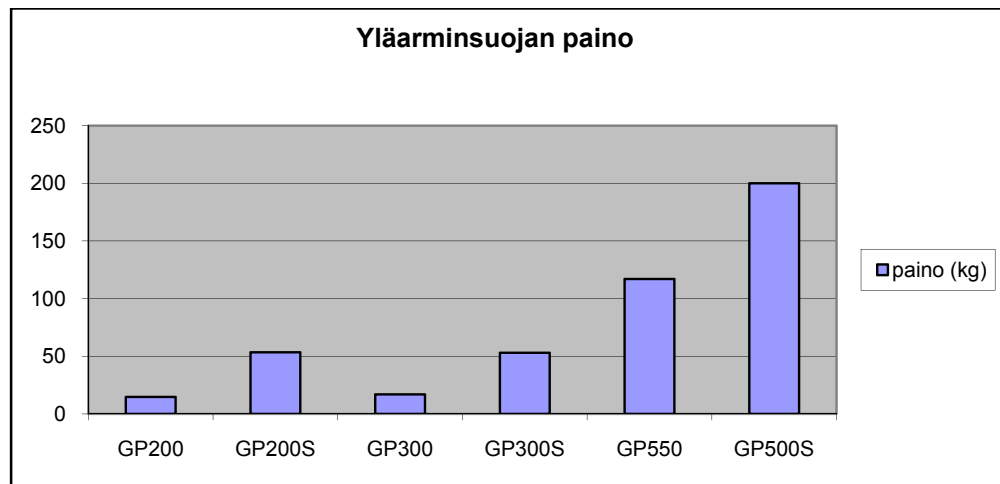
Murskaimen hattu muodostaa kustannuksista suuren osan ja on kallein yksittäinen osa kulutusuojissa. Se on myös painoltaan suuri. Pienemmissä koneissa se ei kuitenkaan ole suhteessa niin painava kuin isommissa koneissa.



Kuva 24. Hatun paino /4/

Hattujen painoissa tapahtuu suuri hyppäys siirryttäessä GP300-sarjan koneista GP550:een ja GP500S:ään (kuva 24). Muiden koneiden hatut, kahta suurinta lukuun ottamatta, on valmistettu levystä. Valettu hatu on jonkin verran painavampi samankokoiseen levystä valmistettuun hatuun verrattuna. GP550:n ja GP500S:n hatut ovat myös huomattavasti suuremman kokoisia kuin vastaavat pienimmissä koneissa on. GP200-sarjan koneiden ja GP300-sarjan koneiden hattujen välillä ei ole kuin pieni ero hattujen painoissa. Molempien koneiden hatut ovat levyrakenteisia ja lähes samankokoisia.

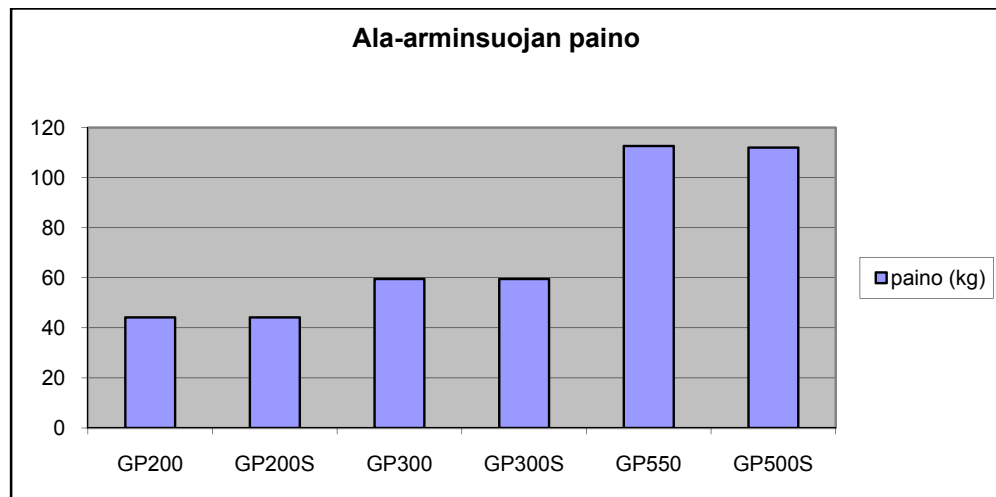
Yläarmien paino on hyvin riippuvainen konetyypistä ja siitä, miten suoja on valmistettu. Välikoneiden yläarmiensuojat ovat huomattavasti monimutkaisempia rakenteeltaan kuin hienokoneiden vastaavat. Tämän johdosta myös niiden paino on suurempi (kuva 25).



Kuva 25. Yläarmiensuojan paino /4/

GP200:n ja GP300:n yläarmiensuojat ovat rakenteeltaan myös levymäiset, joten niiden painot ovat hyvin lähellä toisiaan. Ne ovat myös lähes samankokoiset. Sama pätee myös GP200S:n ja GP300S:n osalta. Myös näissä rakenne on samankaltainen, ja kooltaan ne ovat lähes samankokoiset. Suurempi hyppäys tulee, kun siirrytään suurempiin koneisiin. GP550:n yläarmiensuojat ovat jopa kaksi kertaa painavammat, vaikka GP550 on hienokone ja GP300S on välikone. GP550:n yläarmiensuojat ovat valusta valmistetut ja ne ovat suunniteltu suojaamaan ylärunkoa paremmin kulumiselta. Ne ovat huomattavasti suuremmat kooltaan ja monimutkaisemmat rakenteeltaan. GP500S:n suojat ovat tästä vielä astetta suuremmat ja monimutkaisemmat. Tämän johdosta ne myös painavat eniten.

Ala-armiensuojat muodostavat alarungonsuojauksen kustannuksista suurimman osan. Painosta ne eivät muodosta läheskään niin isoa osaa, mutta ovat kuitenkin huomattava osa painoa. GP200:n ja GP200S:n osalta alarungonsuojauksen paino muodostuu kuitenkin kokonaan ala-armiensuojista.



Kuva 26. Ala-arminsuojan paino /4/

Ala-armiensuojien painoon vaikuttaa oikeastaan vain koneen koko (kuva 26). Rakenteensa johdosta valmistustavalla ei juuri ole vaikutusta armiensuojien painoon. GP200:n ja GP200S:n ja GP300:n ja GP300S:n välillä ei ole suurta eroa painossa. Koneiden kokoero ei ole kovin suuri ja vaikka GP300:n ja GP300S:n armiensuojat on valmistettu valusta, ei se vaikuta painoon kovinkaan paljoa. GP550:n ja GP500S:n ala-armiensuojien painoero on vain hyvin pieni, vaikka toinen on valmistettu valamalla ja toinen levystä. Valmistustavalla ei siis ole kovinkaan suurta vaikutusta, vaan lähinnä koneen koko vaikuttaa ala-armien painoon.

4.5 Kestoikä

Kulutussuojien kestoikä on tietysti tärkeä ominaisuus mitä suojiin tulee. Kulutussuojien kestoian määrittäminen on vaikeaa, sillä se on monen tekijän summa. Kulutussuojien kesto on vaikuttava eniten murskattavan materiaalin syöttökorkeus ja tapa, jolla se syötetään. Toinen suuresti vaikuttava tekijä on murskattava materiaali. Kulutussuojien kesto on hyvin pitkälti riippuvainen murskattavan materiaalin kovuudesta. Kova materiaali kuluttaa suojia enemmän kuin pehmeä materiaali. Myös tapa, jolla suojat on kiinnitetty, vaikuttaa suojien kestoikään.

Pulttikiinnitteiset suojat kestävät hitsattuja suoja paremmin, johtuen pultattavien suojien paksummasta levyvahvuudesta. Materiaalin on pulttikiinnitteisessä suojassa oltava paksumpi, jotta pultin kanta saadaan upotettua suojan sisään. Taulukossa 1 on kuvattu kulutussuojien kestoikää. Kulutuskesto on määritelty mantteliparien, eli murskaimen terien, vaihtoiän suhteen. Taulukossa 1 esitetään, miten monta kertaa manttelipari pitää vaihtaa siinä ajassa, missä kulutussuojan yksi osa on kulunut käyttökelvottomaksi.

Taulukko 1. Kulutussuojien kestoikä /6/

Kulutussuojan osa	kestoikä (mantteliparia)	Huomioitavaa
ylärungonsuojat (hitsatut)	4	GP300
ylärungonsuojat (pulttikiinnitteiset)	6-8	GP200, GP200S, GP300S, GP550, GP500S
yläarmiensuojat	8-10	
hattu	?	kestoikä vaikea määrittää riippuu syötteestä ja syöttötavasta
ala-armiensauojat	10-12	
alahelmansuojat	?	kestoikä vaikea määrittää riippuu syötteestä ja murskattavasta lopputuotteesta

Taulukosta 1 voi huomata, että hatulle ja alahelmansuojille ei ole määritetty kestoikää lainkaan. Tämä johtuu siitä, että niiden kulutuksen kesto on niin riippuvainen murskattavasta materiaalista ja materiaalin syöttötavasta, että kestoian määrittäminen on vaikeaa. Parhaiten kulutussuojista kulutusta kestävät alarmiensuojat.

Ala-armiensauojat kestävät ajan, jonka kuluessa murskaimen terät on tarvinnut vaihtaa 10 - 12 kertaa. Tämä johtuu siitä, että materiaali on murskattu ennen kuin se osuu ala-armiensuojiiin. Ala-armiensuojiiin kohdistuva kulutus on hiovaa, mutta se ei ole niin kuluttavaa, koska hiova aines on pientä. Yläarmiensuojat kestävät myös hyvin kulutusta. Yläarmiensuojat kestävät keskimäärin 8-10 mantteliparin verran kulutusta. Yläarmiensuojat joutuvat paljon suuremman kulutuksen kohteeksi kuin ala-armiensauojat.

Yläarmiensuojiiin kohdistuu syöttötavasta riippuen iskukulutusta sekä hiovaa kulutusta. Ylärungonsuojien kestoikä riippuu hyvin paljon kiinnitystavasta. Pulttikiinnitteiset suojat saattavat kestää jopa kaksi kertaa kauemmin kuin vastaavat hitsatut suojat. Tämä johtuu pulttikiinnitteisten suojien paksummasta materiaalista ja siitä, ettei pulttikiinnitteisiin suojiin kohdistu hitsauksesta johtuvia rasituksia. Pulttikiinnitteiset suojat saattavat kestää jopa kahdeksan mantteliparin verran, kun taas hitsatut suojat saattavat kulua käyttökelvottomiksi jo neljän mantteliparin jälkeen.

4.6 Vertailua murskainmallien kesken

Eri murskainmalleissa on eroavaisuuksia rakenteiden ja kiinnitysten suhteen. Tämän johdosta edes saman sarjan murskaimissa ei tällä hetkellä voida käyttää samoja osia ja samalla vähentää osanimikkeiden määrää, mikä on rakenteiden kannalta huono. Jopa saman alarungon omaavissa koneissa on täysin eri ratkaisuja esimerkiksi alarungon suojauksen suhteen. Osien valmistus on myös yksi asia, joka vaikuttaa suojien ominaisuuksiin. Kiinnitystapa vaikuttaa osien kestävyys, sillä eri kiinnityksellä olevat suojat tarvitsevat suojilta erilaisia piirteitä.

Kiinnityksen merkitys ratkaisee hyvin pitkälti suojien asennuksessa kuluvan ajan määrän ja myös sen, ovatko suojat ylipäättänsä vaihdettavissa jälkikäteen jollakin helpolla tavalla. Murskainmalleissa käytettyjä kulutussuojaratkaisuja ei ole yhtenäistetty millään tavalla, vaan lähes jokaisessa mallissa on jokin kohta toteutettu eri tavalla kuin toisessa. Tämän johdosta erilaisia rakenteita ja kiinnitystapoja on monia. Yksittäisten osien suhteen on myös eroavaisuuksia eri konemallien välillä.

Esimerkiksi hatut ovat joissain koneissa valua ja toisissa levystä hitsattuja kokonaisuuksia. Levystä tekeminen on suosituin tapa valmistaa kulutussuojia.

Joissain tilanteissa valaminen on järkevämpää monimutkaisen rakenteen vuoksi, mutta levystä tehty kappale on yleisesti ottaen helpompi valmistaa ja näin myös edullisempi. Hitsattujen rakenteiden määrä on kohtuullisen suuri, vaikka ne aiheuttavat eniten ongelmia varsinkin asennuksessa ja huollossa.

Kulutussuojien kokonaiskustannusten suhteet murskainmallien kesken ovat tasapainossa: suurin murskain on myös kallein ja pienin on halvin suojata. Linjasta kuitenkin poikkeaa GP500S, joka on suhteessa muihin nähden kallis. Tämä johtuu vaikean kiinnitettävyyden aikaansaamasta suuresta työstä asennuksessa. Asennuskustannukset ovat GP500S:n osalta suuret verrattuna muihin murskainmalleihin. Osien kustannusten suhteen koneet ovat kokonsa puolesta linjassa, eli suurimman koneen kulutussuojat ovat kalleimmat ja pienimmän halvimmat. Kulutussuojien rakenteiden sisällä on kuitenkin huomattavia kustannuseroja yksittäisten osien kohdalla. Murskainten vertailussa GP200 ja GP200S antavat väärän kuvan kokonaiskustannuksista, sillä niissä suojaus ei ole yhtä kattava kuin muissa konetyypeissä. GP200:ssa ja GP200S:ssä alahelmansuojien puuttuminen laskee kustannuksia huomattavasti ja näin ollen vääristää kokonaiskustannusten vertailua.

Ylärungonsuojien kustannukset ovat astetta vähäisemmät kuin alarungonsuojien. Ylärungonsuojien hinta ei vaihtelee kovinkaan paljoa eri konetyyppien välillä, vaan pysyy samalla tasolla konetyypistä riippumatta. Tämä johtuu pienissä murskaimissa käytetyistä levystä valmistetuista hatuista, jotka ovat huomattavasti kalliimpia tai samanhintaisia kuin isojen koneiden valusta valmistetut hatut, vaikka isojen koneiden hatut ovat paljon suuremman kokoisia ja massaltaan huomattavasti suurempia. Yläarmiensuojien osalta tulee myös isoja eroavaisuuksia lähinnä valmistustavasta johtuen. Valetut armiensuojat ovat paljon monimutkaisempia kuin levystä valmistetut. Ylärungonsuojien osalta taas eroa ei ole kovinkaan paljoa. Osat ovat kutakuinkin samanmuotoisia, mutta isommissa koneissa vain isompia.

Alarungonsuojauksessa kustannuksia nostavat kalliit alahelmansuojat. Suojattava pinta-ala näillä suojilla on suuri ja kiinnittämisen hankaluus tekee niistä monimutkaisia ja näin ollen kustannuksiltaan korkeita. Myös ala-armiensusojien kustannukset nousevat korkeaksi. Alarungonsuojauksessa niitä tarvitaan kolme ylärungon kahden arminsuojan sijaan. Alahelmansuojista ja ala-armiensusojista koostuva kokonaisuus on kustannuksiltaan jonkin verran korkeampi verrattuna ylärungon suojaukseen.

Painon pienentäminen on myös asia, johon kiinnitetään paljon huomiota. Suojien painon tulee olla mahdollisimman pieni, jotta murskaimen kokonaispaino pysyy vastaavasti mahdollisimman pienenä. Tämä tulee myös ottaa huomioon yksittäisten suojien osalta. Valuosat ovat keskimäärin hieman painavampia kuin levystä tehdyt. Valuosioiden tekemisessä tarvitaan tietyt toleranssit seinämänpaksuuksien ja pyöritysten suhteen, joten vääjäämättä suojiin kertyy painoa levyosia enemmän. Suojien rakenne vaikuttaa myös paljon painon kertymiseen. Monimutkaiset rakenteet, joissa on paljon osia, eivät tuo välttämättä mitään lisäarvoa suojauksen suhteen.

4.7 Kilpailijoiden kulutussuojaratkaisut

Kilpailijoiden suojaratkaisut ovat pääosiltaan samanlaisia kuin Metso Mineralsin käyttämät kulutussuojaratkaisut karamurskaimissa. Kaikkien osien osalta materiaaliratkaisut ja rakenteet ovat muillakin käytössä samoissa kohteissa, mutta kokonaisrakenne koko koneen osalta saattaa sisältää eriävyyksiä. Muutamien valmistajien koneissa esiintyi joitain ratkaisuja, mitä ei Metson murskaimista löydy.

Kilpailija 1:n välimurskaimissa armiensusojat, niin ylä- kuin ala-armiensusojat, ovat valua. Yläarmiensusojat ovat väärinpäin käännetyn t-kirjaimen muotoiset, mutta ala-armiensusojat ovat samanlaiset kuin GP-murskaimissa. Myös hattu on valua, ja se on tehty samalla periaatteella kuin GP-murskainten valetut hatut. Alahelmansuojissa kilpailija 1 on käyttänyt levyrakennetta.

Kilpailija 1 käyttää hienomurskaimissaan erilaista suojausta ylärungon suhteen. Ylärungonsuojat alkavat siitä, mihin ulkoterä loppuu ja siitä ne jatkuvat syöttösuppilon asti. Tämä rakenne jättää onton tilan syöttösuppilon ja ylärungon väliin. Muuten suojaukset on toteutettu perinteisellä tyyllillä. Kulutussuojat koostuvat valusta tehdystä hatusta ja yläarmiensuojista.

Kilpailija 2 käyttää myös samaa ylärungonsuojaustapaa kuin kilpailija 1. Varsinaisia ylärungonsuojia ei ole, vaan ylärunkoa suojaava osa alkaa ulkoterän yläreunasta ja jatkuu syöttösuppilon asti. Kilpailija 2:lla hattu on valmistettu valusta ja se on pallon muotoinen. Armiensuojat ovat valetut ja muodoltaan v-
kirjaimen malliset. Kilpailija 2:lla on myös toinen tapa kiinnittää ylärungonsuojat. Ylärungonsuojat kiinnitetään syöttösuppilon kiinnitysreikiin samaan tapaan kuin GP500S:ssä. Alarungonsuojaukseen sisältyy armiensuojien ja alahelmansuojien lisäksi vielä liukurenkaan suoja, koska liukurengas tulee niin alas, että kivet osuvat siihen pudotessaan. Tätä suojaustarvetta ei GP-murskaimissa ole, koska pääakselin korkeudensäätö on toteutettu erilaisella männällä.

Kilpailija 3:n suojat on kaikki valmistettu valamalla. Alarungonsuojista armiensuojat ovat valua eikä muita suojia ole, koska alarunko on niin matala, ettei se tarvitse alarungonsuojia. Männän ympärillä olevaa runkoa suojataan kuitenkin valusuojalla. Ala-armiensauojat ovat kiinnitetty läpipultein alarunkoon. Ylärungonsuojaukseen kuuluu yläarmiensauojat, hattu ja ylärungonsuojat. Yläarmiensauojat ovat kaksiosaiset ja ne on kiinnitetty armiensuojiin läpipultein. Tämän lisäksi armiensuojissa on jouset, joiden varassa armiensuojat pääsevät elämään. Ylärungonsuojat kiinnitetään ylärunkoon pulttaamalla samaan tyyliin kuin GP500S:ssä. Muissa kilpailijoissa käytetään perinteistä tyyliä suojata murskainta kulutussuojilla. /3/

5 KULUTUSSUOJIEN KEHITYSTARPEET

5.1 Asennuksen ongelmat

Osien rakenteesta johtuen osa osista on vaikeita asentaa. Asennuksessa murskaimen rungon täytyy käydä erillisessä työpisteessä, jos rungonsuojat vaativat hitsausta yhdenkin sauman verran. Tästä johtuen murskaimen läpimenoaika kokoonpanossa pitenee, koska murskaimen osia joudutaan kuljettamaan eri työpisteiden välillä. Lisäksi hitsaaminen aiheuttaa lisäkustannuksia siihen nähden, että osat olisivat pulttikiinnitteisiä. Yleisenä ongelmana hitsattavia suojia kiinnitettäessä tulee maalin poisto rungosta niiltä osin, mihin rungonsuojat hitsataan kiinni. Asentajien mukaan runkosuojien asentamisessa suurin aika menee juuri maalin poistamiseen hitsien alueelta. Kulutussuojien jotkin osat eivät ole olleet sopivia muodoltaan, joten niitä on jouduttu polttoleikkaamaan sopivan muotoisiksi. Polttoleikkaus tuottaa valtavan määrän vaarallisia kaasuja, kun leikattava materiaali on esimerkiksi mangaaniterästä. Tämä vaikuttaa negatiivisesti työskentelyolosuhteisiin ja myös työntekijöiden viihtyvyyteen.

GP500S:n osalta alarungonsuojien kiinnitys on todella hankalaa. Asentajalla menee noin 40 tuntia alarungonsuojien hitsaamiseen. Aluksi asentajan tarvitsee poistaa maali niiltä kohdin, mihin hitsaukset tulevat. Tämän jälkeen asentaja alkaa hitsata suojia yhteen. GP500S:n alarungonsuojien rakenne on monimutkainen ja osia on paljon, minkä vuoksi hitsaamisessa menee kauan ja se on työläs työvaihe. Ylärunгон osalta ongelmana on ollut yläarmien ja ylärungonsuojien sopiminen runkoon ja niille varattuihin kiinnitysreikiin (kuva 27).



Kuva 27. Ylärunгон arminsuojan sovittaminen ylärunkoon GP500S:ssä/3/

Yläarmiensuojat eivät ole mahtuneet paikoilleen vaan asentajat ovat joutuneet polttoleikkaamaan armiensuojia muutamista kohtia. Yläarminsuoja on tullut liian pitkälle, sen johdosta sitä on jouduttu leikkaamaan, jotta hattu mahtuisi paikoilleen ja arminsuoja laskeutuisi armin päälle halutulla tavalla. Myöskään kidan kohdalta arminsuoja ei ole mahtunut paikalleen, joten sitä on jouduttu leikkaamaan myös tältä kohtaa. Kohdista, joista suojaa on jouduttu leikkaamaan, on suojan seinämä jäänyt hyvin ohueksi ja on vaarana, että se kuluu siitä kohtaa puhki.



Kuva 28. Ylärungonsuojien sovitus ylärunгон kiinnitysreikiin /3/

Ylärungonsuojien kohdalla GP500S:ssä on myös jouduttu turvautumaan polttoleikkaukseen suojien asentamisessa. Ylärungonsuojien reiät eivät ole osuneet kohdalleen, joten niitä on jouduttu suurentamaan polttoleikkaamalla (kuva 28). Suojat eivät ole myöskään välillä sopineet sivuttaissuunnassa, joten niitä on jouduttu kaventamaan. Tämän jälkeen, kun molemmat suojat, armiensuojat ja ylärungonsuojat, on saatu sopimaan, ne hitsataan kiinni. Ylärungonsuojien hitsaaminen vie aikaa noin 28 - 40 tuntia, riippuen suojien sopivuudesta ja muokkauksen tarpeesta.

GP550:n pulteilla kiinnitettävissä valusuojoissa on ollut sama ongelma asennuksessa kuin GP500S:n hitsattavissa kulutussuojoissa. Valetut armiensuojat eivät välillä sovi alarungon armien päälle ja niitä joudutaan työstämään polttoleikkaamalla. Kyseinen operaatio on hidas ja aiheuttaa suuren määrän kustannuksia murskaimen kokonaiskustannuksiin. Alarungonsuojat on myös hankala asentaa pienen tilan ja useiden kiinnityskohtien johdosta. Ylärungonsuojat jäävät välillä irvistämään, koska niiden kaarevuus ei täsmää ylärungon kidan kaarevuuteen. Tämä johtuu kahden valupinnan vastakkain laittamisesta. Jos molempien valupintojen toleranssit ovat toisiinsa nähden väärissä päissä, tulee asennuksessa ongelmia. Ongelma on vaikea korjata, sillä aika-ajoin suojat istuvat paikalleen hyvin ja niiden asentaminen käy sujuvasti.

GP300S:n ylärungonsuojat kiinnitetään myös hitsaamalla. Hitsattavat suojat sopivat tässä mallissa hyvin paikoilleen, mutta suuren työn asennuksessa aiheuttaa maalin poisto hitsauksen alueelta (kuva 29). GP300:n ylärungonsuojat ovat samantyylliset kuin GP300S:n, mutta niissä on sopivuusongelmia ylärungon suhteen. Ylärungonsuojat ovat liian pitkiä, joten niitä joudutaan leikkaamaan lyhyemmiksi. Joskus ne ovat niin pitkiä että niitä joudutaan leikkaamaan molemmista päistä kaarevuuden säilyttämisen takia. Tämä edellyttää myös uusien viisteiden tekemistä suojien ulkoreunoihin.



Kuva 29. GP300:n ylärungonsuojat paikoillaan valmiina hitsattavaksi /3/

Alarungon osalta GP300 ja GP300S eivät ole tuottaneet suurempia ongelmia asennuksessa. Alarungonsuojat ovat rakenteeltaan samantyyppiset kuin GP550:n, ja ne on todettu kohtuullisen helpoiksi asentaa. Kuitenkin armiensuojien istuvuutta armien päälle on moitittu moneen otteeseen ja alarungon valujen ja armiensuojien epätasainen laatu on aiheuttanut rutkasti ongelmia asennuksessa. Suojat eivät tahdo sopia paikoilleen, eivätkä kiinnitysreiät osu kohdalleen. GP200:n ja GP200S:n alarungonsuojien asennuksessa ei ole ollut suurempia ongelmia. GP200:n ja GP200S:n alarunkoon ei kiinnitetä kuin ala-armiensiujat, joten ongelman lähtökohtiakin on vähän. Kuitenkin alarungon armiensuojien sopivuudessa on ollut ongelmia ja ne ovat olleet liian kapeita armeihin nähden. Ylärungonsuojat GP200:ssa ja GP200S:ssä ovat pulttikiinnitteisiä, ja ne ovat olleet helppoja asentaa paikoilleen.

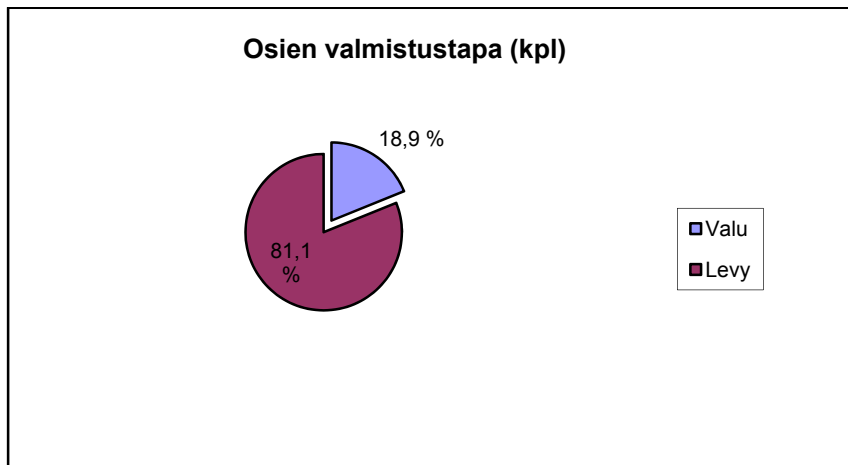
Hitsaamalla kiinnitettävät rungonsuojat ovat aiheuttaneet merkittäviä ongelmia asennusvaiheessa. Osien sovittaminen polttoleikkausta apuna käyttäen ei anna kovin hyvää kuvaa suojien sopivuudesta. Suojien sopimattomuus aiheuttaa paljon harmia asennuksessa lisääntyneen polttoleikkaamisen johdosta.

Polttoleikkaaminen asennuspaikalla, joka on tarkoitettu hitsaamiseen, ei myöskään ole hyvä asia syntyneen savun johdosta. Polttoleikkaamisesta syntyy huomattavasti enemmän savua kuin hitsaamisesta, joten ilmanvaihto on koetuksilla niissä paikoissa, joissa polttoleikkausta joudutaan käyttämään.

Pulttikiinnitteiset suojat ovat asennuksen kannalta helpommat asentaa ja niiden muokkaaminen sopivuuden varmistamiseksi on ollut vähäisempää. Ongelmia on kuitenkin pulttikiinnitteisissä ilmennyt. Pulttikiinnitteiset suojat ovat helposti kiinnitettäviä ja ne on myös helppo vaihtaa jälkikäteen suojien kuluttua loppuun.
/6; 7/

5.2 Valmistus

Osien valmistuksessa käytetään kahta eri tapaa. Toinen tapa on valmistaa osat valamalla ja toinen käytetty tapa on valmistaa osat levystä leikkaamalla, taivuttamalla ja hitsaamalla. Molempia tapoja on käytössä useissa eri yksittäisissä kohteissa. Samaa osaa voidaan jopa valmistaa valamalla ja levystä tekemällä eri koneiden kulutussuojien yhteydessä. Suosituin tapa valmistaa kulutussuojien osia on levystä valmistaminen (kuva 30).



Kuva 30. Osien valmistusosuudet /3/

Joidenkin osien valmistus valamalla on välttämätöntä, sillä rakenne on niin monimutkainen, että levyrakenteisen osan kustannukset nousisivat liian korkeiksi. Hattu on hyvä esimerkki osasta, jonka yhteydessä valaminen on kannattavaa. Hattu on pyörähdyssymmetrinen kappale ja sen valaminen on näin ollen helppoa. Levystä tehtävän hatun rakenne on monimutkainen ja se koostuu monesta eri osasta, jotka hitsataan yhteen.

Tämän jälkeen kiinnityspinnat ja reiät täytyy vielä koneistaa, mistä seuraa lisäkustannuksia. Tietenkin myös valetussa rakenteessa tarvitaan koneistusta, mutta mitään hitsauksia ei tarvita.

Valettujen osien kohdalla tulevat usein kysymykseen toleranssit ja niiden tarkkuus. Liian tarkat vaatimukset valulle nostavat kustannukset helposti korkeaksi. Joissain tietyissä kohdissa tarkkojen toleranssien käyttö on kuitenkin pakollista osien sopivuuden varmistamiseksi. Varsinkin valettujen armiensuojien sopivuudessa on ollut ongelmia juuri valutoleranssien suhteen, niin ala- kuin ylärunгон osalta. Valettujen armiensuojien tulee osua valetun rungon kiinnityskohtiin sopiakseen paikoilleen. Jos rungon toleranssit ovat yläreunassa ja armien toleranssit alareunassa, tulee sopivuudessa ongelmia. Armien suojat eivät mahdu rungon päälle, kun toleranssit menevät ristiin. Ongelma on vakava, sillä nopea muuttaminen ei tule kyseeseen valuosien osalta. Valuosan muuttaminen vie aikaa, koska muuttia joudutaan muuttamaan. Pelkästään rungon valuun tehtävässä muutoksessa saattaa kestää kahdeksan kuukautta ennen kuin muutos on tuotannossa. Tässä suhteessa levyosat ovat parempia, sillä niiden muuttaminen on huomattavasti nopeampaa. Levyosan muuttaminen ei vaadi kuin piirustusten päivityksen ja lähettämisen valmistajalle ja uudet osat ovat saman tien valmiita valmistukseen.

Koneistuksia on pyritty välttämään kulutusosien osissa. Koneistaminen aiheuttaa lisäkustannuksia ja vaatii myös valmistajalta enemmän. Joitain osia on kuitenkin pakko koneistaa, sillä esimerkiksi hatun tehtävä on suojata huippulaakeria ja pääakselia ja tiivistyspinnan ja reikäjaon on osuttava kohdalleen. Muuten pöly pääsee huippulaakeriin ja siellä olevaan rasvaan ja aiheuttaa näin ollen vaurioita. Muissa kohteissa koneistuksia ei juuri tarvita muutamia reikiä ja viisteitä lukuun ottamatta. Suurin osa rei'istä tehdään suoraan polttoleikkaamalla tai valamalla, sillä niiden tarkkuus ei vaadi koneistusta.

Levyosin saaminen on valuosia helpompaa. Levyosia valmistavia yrityksiä on huomattavasti enemmän kuin valimoita ja näin ollen tarjontaa on enemmän.

Valuosien valmistaminen tiettyjen osien suhteen tarvitsee myös kokemusta ja osaamista, mitä ei kaikilla valimoilla ole riittävästi. Alihankkijan vaihtuessa valuosan laatu ja taso saattavat vaihtua merkittävästi. Tämä johtaa ongelmiin asennuksessa, vaikka valuosa itsessään saataisiin halvemmalla.

Kokonaiskustannus itsessään saattaa jopa kasvaa, kun otetaan huomioon kaikki ne kulut, joita osan saaminen paikoilleen aiheuttaa. Levyosien kohdalla näin käy todella harvoin, koska levyosien valmistaminen on suhteessa niin paljon helpompaa, eikä tarvitse niin suurta kokemusta juuri tiettyjen osien suhteen kuin valaminen.

5.3 Huolto

Huollon kannalta tärkeää on osien kiinnitys ja osien kestoikä. Osien kiinnitystapa on tärkein asia huollon kannalta mitä kulutussuojiiin tulee. Vaikeasti kiinnitettävien osien vaihtamiseen kuluu paljon aikaa, eikä asiakas välttämättä edes osaa vaihtaa kulutussuojia. Pulttikiinnitteiset suojat ovat tässä suhteessa huomattavasti parempia kuin hitsatut vastaavat. Hitsattavien suojien irrottaminen ei käy käden käänteessä ja irrottamisessa on vaarana koko murskaimen rungon pilaaminen, jos asialla ei ole ammattilainen.

Hitsattavat suojat eivät ole huollon kannalta kovinkaan huoltoystävälliset. Se, että ne ovat vaikeita asentaa kokoonpanovaiheessa, ei mitenkään helpota niiden vaihdettavuutta. Ne ovat myös erittäin vaikeita vaihtaa uusiin vastaaviin. Hitsattu suoja irrotetaan polttoleikkaamalla, joten on vaarana, että työtä suorittava henkilö polttaa samalla rungosta palan pois. Tämä tietysti heikentää rungon kestävyyttä ja samalla koko koneen kestävyyttä ja turvallisuutta. Asiakkaat eivät ole kovin halukkaita edes vaihtamaan hitsattuja suojia uusiin, vaan koneen tullessa uutena asiakkaalle asiakas hitsaa itse suojien päälle lisävahvikkeita, tai suojien kuluessa täytehitsaa suojia kulumisen ehkäisemiseksi. Suojien päälle hitsattavat lisäsuojat eivät ole siihen suunniteltuja, joten ne saattavat murskauksen aikana irrota ja pudota kitaan. Pulttikiinnitteisten suojien osalta on ollut havaittavissa samaa lisäsuojien kiinnitystä, mutta ei kuitenkaan samoissa määrin.

Pulttikiinnitteiset suojat ovat huollon kannalta ihanteellisimmat. Ne on helppo vaihtaa uusiin vain pultit aukaisemalla ja asentamalla uudet suojat tilalle. Kun suojat ovat helposti kiinnitettävät, myös asiakkaat hankkivat suoja vara-osina valmistajalta eivätkä hitsaile vain rautalevyjä suojien päälle. Tämä pitää myös koneen siistin näköisenä ja varmistaa sen, että kone toimii oikein.

Huoltoinsinöörien mielestä kaikkien suojien pitää olla pulttikiinnitteisiä helpon ja nopean vaihtotyön saavuttamiseksi. Hitsaamalla kiinnitettävät suojat tulee kaikki vaihtaa pulttikiinnitteisiin, jotta asiakkaat ostaisivat suojansa murskaimen valmistajalta eivätkä hitsaisi suojien päälle hyllyistään löytyviä teräslevyjä.

Osien kestoikä vaikuttaa myös asiakkaan tyytyväisyyteen. Varsinkin jos osat ovat kalliita eivätkä kestä kauaa, tekee asiakas suojansa itse tai vahvistaa suoja jollakin muulla tavalla. On myös mahdollista, että asiakas ostaa osansa piraattivalmistajalta. Osien kulutuksen pitää olla balanssissa suojien hinnan ja niiden vaihtotyön helppouden osalta. Näin ollen asiakas saadaan ostamaan kulutussuojansa alkuperäiseltä valmistajalta, jolloin säästytään monilta ongelmilta koneen toimivuuden suhteen. /5/

6 EHDOTELMA TULEVASTA KONSTRUKTIOSTA

Kulutussuojien osalta mahdollisuuksia erilaisten konstruktioiden välillä on paljon. Tämänhetkinen tilanne on kohtuullinen, mutta erilaisten konstruktioiden määrä on liian suuri. Jonkinlainen yhtenäistäminen on tarpeen, jotta suojaratkaisuja saadaan selkeytettyä. Tämän hetken suojoissa on ollut erilaisia kokeiluja, joista ei ole kuitenkaan kerätty yhteen yhtä tapaa suunnitella kulutussuojia. Monet tämänhetkiset ratkaisut ovat hyviä, mutta niistä on hyvä kerätä tärkeät ominaisuudet ja hyvät ratkaisut yhteen. Tärkeimpiä ominaisuuksia tulevassa konstruktiossa tulee olla asennettavuuden helppous, kustannusten huomiointi rakenteissa ja yhtenäistäminen eri konemallien välillä. Tässä kappaleessa esitetään näkemys mahdollisesta tulevasta konstruktiosta. Ehdotelma perustuu edellisissä kappaleissa käsiteltyjen asioiden pohjalta tehtyihin havaintoihin ja hyviin ratkaisuihin, joita nykyisissä suojoissa on ilmennyt. Luvussa 7 käsitellään tarkemmin GP300:n kulutussuojia ja niiden kehitystä tässä luvussa esiteltyjen ehdotelmien perusteella.

6.1 Ylärungon suojaus

Ylärungon suojauksessa on käytetty lähes yhtä montaa mallia kuin on ollut murskainvaihtoehtojakin. Oma ehdotelmani perustuu pitkälti hyviksi havaittuihin yksittäisiin osiin, joista muodostuu yhtenäinen kokonaisuus. Tällä hetkellä monia osia valmistetaan eri menetelmillä, vaikka osaan niistä sopii saman mallin käyttö erikokoisissa koneissa. Ylärungon suojaukseen sisältyy hattu, yläarmiensuojat ja ylärungonsuojat.

Hattu, jota on nyt valmistettu levystä ja valusta, pitää valmistaa kaikkiin koneisiin valamalla. Valaminen on hattujen kohdalla kustannusten perusteella noin 25 % edullisempi ratkaisu. Valamalla valmistettu hattu ei ole yhtään sen painavampi, kuin levystä tehty vastaava, joten koneen kokonaispainoon ei tällä ole vaikutusta.

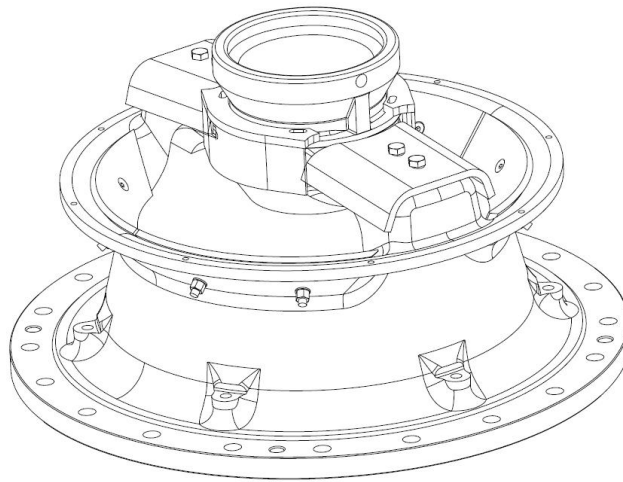
Kulutuskestävyyden osalta ei myöskään ole merkitystä sillä, onko hattu valmistettu valamalla vai levystä. Hatun kulumiseen vaikuttaa niin paljon materiaalin syöttötapa.

Yläarmiensuojia valmistetaan myös valamalla ja levystä. Isojen koneiden, GP550:n ja GP500S:n, yläarmiensuojat voidaan jatkossakin valmistaa valamalla. Valettujen armiensuojien rakennetta pitää kuitenkin yksinkertaistaa ja kohtaa, josta armiensuoja tulee armin päälle, pitää leventää hieman paremman sopivuuden aikaansaamiseksi. Valettujen yläarmiensuojien suhteen tulee miettiä, onko levyn käyttö kuitenkin kustannustehokkaampaa vai onko valu paras ratkaisu isojen koneiden yläarmiensuojiin. Levystä valmistettavien suojien käyttöä tulee pohtia tarkemmin isojen koneiden suojauksen osalta ottaen huomioon myös valmistustekniset kysymykset. Pienempien koneiden yläarmiensuojat voidaan edelleen valmistaa levystä. Muutoksia tulee tehdä kiinnitystapaan, joilla yläarmiensuojat kiinnitetään. Asennuksessa säästytään huomattavilta kustannuksilta, kun kaikki hitsaukset jätetään pois. Yläarmiensuojat tulee kaikki kiinnittää yläarmien läpi pultein. Tämä helpottaa asennusta huomattavasti ja armiensuojien kuluessa ne on täten helppo vaihtaa uusiin. Itse armiensuojien hinta ei muutu, koska reikien paikka, mistä ne tällä hetkellä hitsataan, siirretään vain suojan keskelle, jossa kiinnityskohta sijaitsee. Kuitenkin säästöä tulee siitä, kun koneiden armiensuojia ei enää tarvitse hitsata. Huollon kannalta vaihtotyö on huomattavasti helpompaa eikä polttoleikkausta tarvita suojan irrotuksessa. Huolto on näin helppo ja nopea toteuttaa.

Ylärungonsuojat tulee valmistaa kaikki levystä eikä mitään hitsauksia tule tehdä myöskään ylärungonsuojiin. Ylärungonsuojat voidaan kiinnittää pulttikiinnityksellä rungon läpi, jolloin mitään hitsauksia ei tarvita. Ylärungonsuojien tulee koostua nykyisen neljän levyn sijaan kahdeksasta levystä. Tämä parantaa suojien kiinnitettävyyttä, sillä jokaiselle levyllä ei tule kuin yksi kiinnityskohta nykyisen kahden tai kolmen sijaan. Armiensuojat eivät saa ylettyä syöttösuppilon kiinnitysreikiin asti, vaan niiden pitää loppua kidan yläreunaan. Muutos on kustannusten kannalta hyvä asia, sillä kallis hitsaustyö jää kokonaan pois.

Lisäksi kaikki rungonsuojat on muutosten jälkeen huollon kannalta vaihtokelpoisia ja niiden vaihtotyö on helppo toteuttaa.

Näiden muutosten lisäksi kaikkiin koneisiin tulee lisätä ylärungon suojaukseen suoja, joka suojaa ylärungon yläosaa kohdasta, josta pääakseli kiinnittyy ylärunkoon. Suoja tulee kiinnittää hatun kiinnitysreikiin. Ainoa tarvittava muutos olisi pidemmät pultit hatun kiinnitykseen. Tämä tuo lisäsuojaa ylärungolle ja näin ollen parantaa ylärungon kestävyyttä.



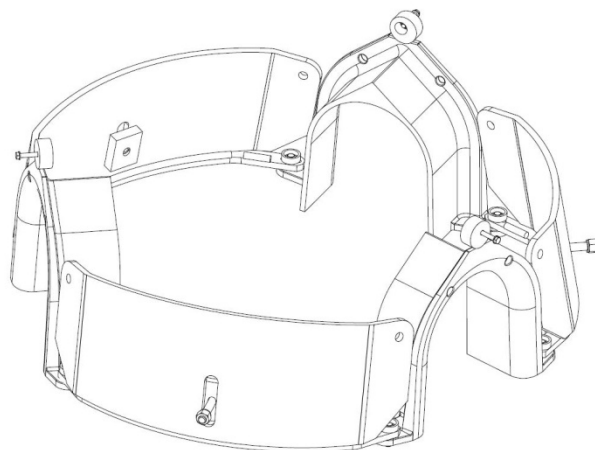
Kuva 31. Ehdotelma konstruktiosta ylärungon suojaukseen /3/

6.2 Alarungon suojaus

Alarungon suojissa (kuva 32) on käytössä muutamia erilaisia ratkaisuja. GP300:ssa, GP300S:ssä ja GP550:ssä on käytössä suojaratkaisu, joka muodostaa yhtenäisen kokonaisuuden. GP500S:ssä on käytössä levyrakenteinen hitsattava alarungonsuojaus ja GP200:ssa ja GP200S:ssä on alarungonsuojauksessa pelkät armiensuojat. Alarungonsuojaukseen voitaisiin käyttää samaa mallia, mikä on käytössä GP300:ssa, GP300S:ssä ja GP550:ssä. GP500S:n tapauksessa voidaan käyttää samaa suojakokonaisuutta, jota käytetään GP550:ssä. Koneissa on sama alarunko, joten saman alarungonsuojauksen käyttö on eduksi.

Näin ollen osien lukumäärä vähenee ja suojauksia voidaan yhtenäistää. Samalla säästytään suurelta hitsaustyöltä, joka GP500S:n tapauksessa tällä hetkellä on pakollista. GP200:een ja GP200S:ään tarvitsee suunnitella samantyyppinen suojaratkaisu mikä muissakin koneissa on. Armiensuojat tulee valaa ja alahelmansuojien kanssa ne muodostavat näin ollen yhtenäisen kokonaisuuden. Alarungon armiensuojien valmistamista levystä tulee kuitenkin tutkia tarkemmin ottaen huomioon osien sopivuuden ja kustannukset. Levystä valmistettavat armiensuojat eivät välttämättä ole halvemmat, mutta asennettavuus ja muutosten läpiviemisnopeus olisi paremmalla tasolla valettuihin armiensuojoihin nähden. Varsinkin GP200S:n suhteen alahelmansuojaukselle on tarvetta. Näin saadaan alarunko suojattua kunnolla ja samalla nostettua koko koneen kestoikää.

Tästä konstruktiosta ei ole vielä kovin paljon kokemuksia, koska se ei ole ollut käytössä kuin muutaman vuoden GP550:ssä, mutta asennuksen kommenttien ja edellisissä kappaleissa tutkittujen kohtien perusteella se on järkevin ratkaisu alarungonsuojaukseen. Asennuksessa ei tarvitse mitään hitsauksia, joten se on suhteellisen nopea suorittaa. Kuitenkin ala-armiensauijen leveyttä pitää lisästä sisäpuolelta, paremman sopivuuden varmistamiseksi. GP200:n ja GP200S:n osalta alarungonsuojauksen kustannukset nousevat huomattavasti, mutta samalla suojauskin paranee tuntuvasti. Kokonaishintaan mahdollinen muutos ei vaikuta niin paljoa, sillä ylärungonsuojauksen kustannukset vastaavasti vähenevät huomattavasti. Muiden koneiden kustannukset tulevat alarungonsuojauksen osalta laskemaan, kun hitsaukseen menevät kustannukset jäisivät säästöön.



Kuva 32. Ehdotelma konstruktiosta alarungon suojaukseen /3/

6.3 Edut vanhaan konstruktion verrattuna

Tällä hetkellä kulutussuojissa ei ole yhtenäistä linjaa konstruktion suhteen ja sellainen on kuitenkin hyvä olla. Yhtenäisen konstruktion luominen on hyvä myös sen kannalta, että ongelmien syntyessä ne voidaan korjata kaikista malleista yhtä aikaa ja näin saadaan parannettua kaikkien mallien suojia kerralla. Saattaa tietenkin olla, että sama suojaratkaisu ei toimi kaikissa malleissa samalla tavalla, mutta suurimmassa osassa koneista se on hyvä ratkaisu. Myös asennuksen kannalta sama konstruktio on hyvä ratkaisu. Näin ollen kaikkien koneiden suojien kiinnittämien tapahtuu samalla tavalla ja näin asentamisestakin tulee helpompaa.

Ylärungonsuojien kohdalla edut ovat selvät. Suojien kiinnittäminen tulee olemaan huomattavasti yksinkertaisempi ja nopeampi. Kaikki hitsaustyö jää pois ja näin ollen tulee huomattavia kustannussäästöjä jo pelkän asennustyön osalta. Tällä hetkellä hitsauksia suorittavien asentajien työpanos jää muiden töiden käyttöön ja he voivat tehdä jotain muuta tuottavaa työtä. Kokoonpanossa aika kasvaa hieman suuremman kiinnitettävän osamäärän johdosta, mutta murskaimen kokonaisläpimenoaika lyhenee huomattavasti suurten hitsaustöiden puuttumisen vuoksi. Tämän hetkiset kiinnihitsattavat osat eivät tule yhtään monimutkaisemmiksi, sillä samoja osia voidaan käyttää edelleen, sillä lisäyksellä, että niihin porataan reiät runkoon kiinnitystä varten.

Joidenkin mallien osia voidaan jopa yksinkertaistaa, sillä syöttösuppilolle asti ylettyvät suojat eivät tuo mitään lisäarvoa murskaimen suojauksen kannalta. Yksittäisten osien hinnat saattavat jopa hieman nousta, mutta murskaimen suojauksen kokonaiskustannukset laskevat selvästi. Ylärungonsuojaukseen tulee kaksi osaa lisää, joka suojaa ylärungon yläpäätä pääakselin kiinnityskohdan ympäriltä. Tämä suoja tuo vielä lisää kestävyyttä ylärunkoon ja osaltaan parantaa suojausta. Ylärungonsuojauksen osalta rakenteen yhtenäistäminen ei tuo kuitenkaan mahdollisuutta käyttää samoja osia saman sarjan murskaimissa, sillä ylärungot ovat niin erilaisia. Kuitenkin samantyylinen konstruktio tuo yhtenäisen suojaustavan ylärungonsuojaukseen ja näin helpottaa suojien kehityksen ja ongelmakohtien hallintaa.

Alarungonsuojauksella päästään kolmeen eri suojatyyppiin kuudessa eri koneessa. GP200:ssa ja GP200S:ssä, GP300:ssa ja GP300S:ssä ja GP550:ssä ja GP500S:ssä kaikissa saman sarjan koneissa tullaan käyttämään samaa alarungonsuojausta, sillä alarunko näissä koneissa on sama. Tällä hetkellä käytössä on kuudessa eri koneessa neljä eri suojausmallia ja kolme eri konstruktiota. Tämä tuo yhtenäistä linjaa alarungonsuojaukseen ja näin säästytään suurelta määrältä eri osanimikkeitä. Käytössä tulee olemaan näin ollen vain kolmea erilaista suojaustyyppiä kuuteen eri murskaimeen.

GP200:n ja GP200S:n osalta alarungonsuojauksen muutos on kaikkein suurin. Ala-armiensusojat muutetaan valuksi ja tämän lisäksi uudet alahelmansuojat tarvitsee suunnitella alusta loppuun. Tämä tuo murskaimen suojukselle paljon lisäarvoa ja samalla parantaa alarungonsuojauksen tasoa huomattavasti. GP500S:ssä aletaan käyttää samaa alarungonsuojausta kuin GP550:ssä. Tämä yhtenäistää näiden koneiden suojausta. GP500S:n alarungonsuojauksen asennukseen kulunut aika saadaan murto-osaan nykyisestä ja näin ollen saadaan myös aikaan huomattavia säästöjä. Suojauksen hinnassa ei tällä hetkellä ole kyseisten koneiden suhteen kuin pieni ero osien osalta, joten kustannuksiin ei niiltä osin tule muutoksia.

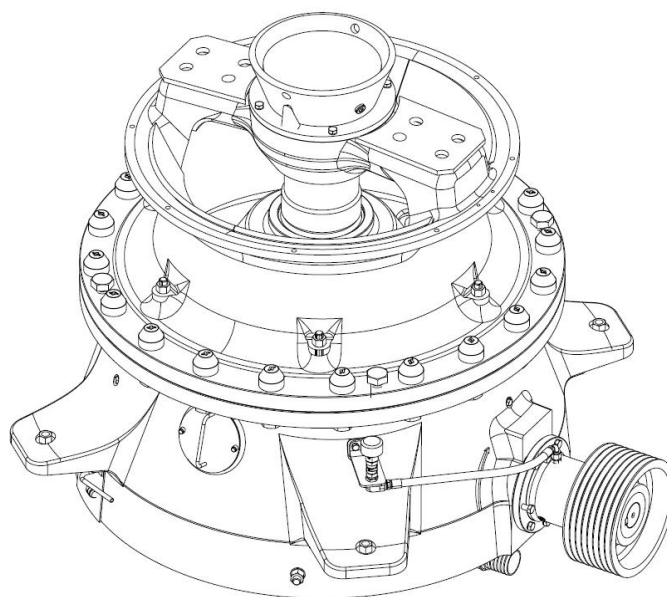
Murskainten kulutussuojarakaisuihin tulee muutosten myötä paljon lisää yhtenevyyttä ja näin ollen suojarakenteita on helpompi kontrolloida niin suunnittelun, asennuksen kuin kokoonpanonkin osalta. Sen lisäksi, että suojusta saadaan yhtenäisempiä rakenteita, myös niiden kustannukset laskevat huomattavasti joidenkin koneiden osalta paremman ja helpomman asennettavuuden ansiosta. Huollon kannalta hitsattavista rakenteista siirtyminen pulttikiinnitteisiin on huomattava edistys huoltoaikojen ja huollon helppouden kannalta. Osat on nopeampi vaihtaa ja suojien vahvistaminen omatoimisesti vähenee, paremmin suunniteltujen suojien ansiosta. Samalla suojien asennettavuus paranee yhtenäisen kokoonpantavuuden ansiosta. Kaiken kaikkiaan suojusta tulee helpommat asentaa, vaihtaa ja myös valmistaa.

7 GP300:N KULUTUSSUOJAT

7.1 Tarkempi esittely murskaimesta ja suojusta

GP300 karamurskain (kuva 33) sijoittuu Metso Mineralsin karamurskainten keskivaiheille, ollen keskikokoinen karamurskain. Se soveltuu parhaiten pieniin ja keskikokoisiin murskauslaitoksiin. GP300:n parhaita ominaisuuksia ovat suuri kapasiteetti ja kompakti koko. GP300 on jopa 30 % matalampi kuin vastaava muun valmistajan karamurskain, joten sen käyttö on helppoa esimerkiksi liikkuvissa sovelluksissa. Murskaimen muuntelumahdollisuudet ovat lähes rajattomat, ja haluttaessa koko prosessi on täysin automatisoitavissa. GP300 on myös osoittautunut luotettavaksi murskaimeksi.

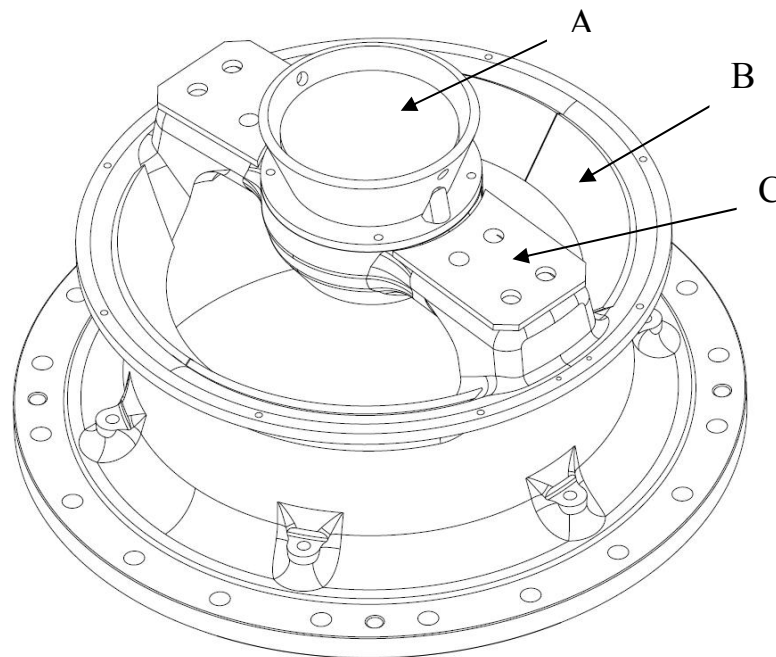
GP300:n, kuten myös muiden karamurskainten yhteydessä, on mahdollista soveltaa erilaisia kammioratkaisuja käyttäen samoja runkoja. Tämän lisäksi iskua voidaan vaihtaa viiteen eri. Tämä mahdollistaa murskaimen käytön monissa eri sovelluksissa ja tekee siitä monipuolisen murskaimen eri käyttötarkoituksiin. Murskain varustetaan aina IC50-automaation ohjauslaitteistolla, joka optimoi murskaimen kapasiteetin ja varmistaa järjestelmän turvallisen käytön.



Kuva 33. GP300-karamurskain /3/

7.1.1 Ylärungon suojaus

Ylärungonsuojauksessa GP300:ssa on käytössä ylärungossa hitsatut suojat. Ylärungonsuojat hitsataan kiinni runkoon ja liitoskohdasta ne hitsataan kiinni toisiinsa. Ylärungonsuojat (kuva 34 B) suojaavat ylärungon kohtuullisesti. Yläarmiensuojat (kuva 34 C) ovat levymäiset ja ne hitsataan neljällä tulppahitsillä suoraan kiinni armeihin. Yläarmiensuojat ovat levyistä leikatut eikä niissä ole mitään taivutuksia tai hitsauksia. Yläarmiensuojat eivät suojaa armia kuin päältä. Armien sivuja ne eivät suojaa ollenkaan. Hattu (kuva 34 A) on levyvalmisteinen ja se kootaan neljästä eri osasta, jotka hitsataan kiinni toisiinsa. Tämän jälkeen kiinnityspinnat koneistetaan.

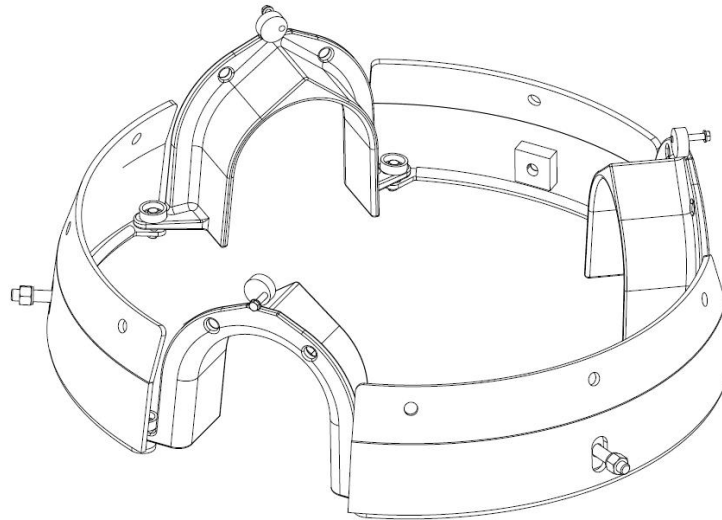


Kuva 34. Nykyiset ylärungonsuojat /3/

7.1.2 Alarungon suojaus

Alarungonsuojaus koostuu yhtenäisestä kokonaisuudesta (kuva 35). Alarungon armiensuojat ovat valetut ja ne kiinnitetään rungon läpi pultilla. Alahelmansuojat on valmistettu levyistä leikkaamalla ja hitsaamalla. Alahelmansuojat kiinnitetään päistään armiensuojiin ja keskeltä ne pultataan kiinni alarunkoon.

Alahelmansuojien valmistus vaatii hitsaustyötä ja lähes jokainen osa on taivutettua levyä. Alahelman alaosassa alarunkoa suojaa hyllytyyppinen ratkaisu, joka perustuu alahelman alareunaan syntyvän autogeenin muodostamiseen.



Kuva 35. Alarungonsuojat /3/

7.2 Ongelmat

Suurin ongelma GP300:n kulutussuojissa on tapa, jolla suojat kiinnitetään ylärungossa (kuva 36). Kaikki muut suojat hattua lukuun ottamatta kiinnitetään hitsaamalla suoraan runkoon. Ylärungonsuojien kiinnittämisessä suurin työ on maalinpoisto hitsausalueilta ennen hitsauksen suorittamista. Toinen suuri työ on tietenkin suojien hitsaaminen kiinni. Hitsaustyöhön kuluu paljon aikaa itse hitsauksen ja hitsattavien osien sovituksen takia. Ylärungonsuojat eivät ole olleet kovinkaan sopivia ylärungon muotoihin. Tämän johdosta suojia joudutaan leikkaamaan, pahimmillaan molemmista päistä. Molemmista päistä sen takia, että suoja säilyttää saman kaarevuuden, joka ylärungon kidassa on. Suojien leikkaaminen on vaikeaa, sillä suojia joudutaan sovittamaan leikkauksien välillä sopivuuden varmistamiseksi. Tähän kuluu paljon aikaa ja vaivaa.



Kuva 36. Ylärungonsuojien kiinnitys /3/

Yläarmiensuojien kiinnitys on helppo, mutta aikaa vievä prosessi. Kahden suojan kiinnihitsaamiseen tarvitaan kahdeksan tulppahitsiä (kuva 37). Tulppahitsien hitsaaminen ei kestä kovin kauaa, mutta maalin poisto hitsauksen alueelta vie aikaa. Vaikka kyseessä on yksinkertainen osa, kiinnittäminen on kuitenkin vaikeaa. Vaikean kiinnittämisen lisäksi arminsuojalla on taipumus kulua reunaltaan pyöreäksi, jolloin autogeenin muodostuminen vähenee, ja suoja sekä itse runko kuluvat enemmän. Hatun kohdalla sopivuudessa ja kiinnityksessä ei ole ongelmia. Hattu on kuitenkin rakenteeltaan sellainen, että sen valmistaminen levystä on kallista.



Kuva 37. Yläarmiensuojien kiinnitys /3/

Alarungonsuojauksen osalta ei varsinaisia isoja ongelmia ole. Ala-armiensuojien sopivuudessa on välillä ollut toivomisen varaa. Myöskään alahelmansuojien kaarevuus ja kulma suhteessa alarunkoon eivät ole aina täsmänneet. Tämä johtuu levyosien toleransseista sekä alarungon valupinnan tarkkuudesta. Alarungonsuojien asennuksessa ei muutamia pikkuseikkoja lukuun ottamatta ole isompia ongelmia. Alahelmansuojien vaikea muoto ja suuri hitsaustyön määrä tekee niistä hintavia. /6/

7.3 Materiaalivaihtoehdot

Vaihtoehtoisten materiaalien käyttöä ei myöskään sovi jättää huomioimatta. Teräs ei ole ainoa vaihtoehto tehdä suojia, sillä muiden materiaalien kehittyessä ne tulevat varteenotettaviksi kilpailijoiksi teräkselle. Kumi on tässä suhteessa mielenkiintoinen materiaali ja sen tutkiminen on tarpeellinen suojien jatkokehityksen kannalta. Kumista valmistettuja kulutusuojia on kokeiltu joitain vuosia sitten. Tämä kokeilu ei ole kuitenkaan silloin johtanut jatkotoimenpiteisiin suojien osalta.

Kumista valmistettujen suojien rakenne olisi samankaltainen kuin teräksestä valmistettujen suojien lukuun ottamatta ainevahvuuksia. Tässä suhteessa kumin paksuuden pitää olla huomattavasti terässuojia vahvempi. Tämä taas aiheuttaa tilaongelmia varsinkin alarungonsuojauksen osalta. Armien päälle tulevat armiensuojat nousevat ainevahvuuden kasvaessa liian korkealle silloin, kun kara-akseli on ala-asennossa. Myös ylärungonsuojien osalta ainevahvuuden lisääminen ei välttämättä tiedä hyvää. Syöttöaukon pinta-ala pienenee, mikä voi aiheuttaa murskaimen murskauskapasiteetin laskua.

Kumista valmistettujen suojien kiinnitys tulee myös hankalaksi. Kaikki kiinnityskohdat pitää suojata jotenkin, jotta murskattava materiaali ei revii kumia rikki kiinnityskohtien ympäriltä. Tämä on ongelma varsinkin alarungon osalta, jossa suojien kiinnittäminen on muutenkin vaikeaa.

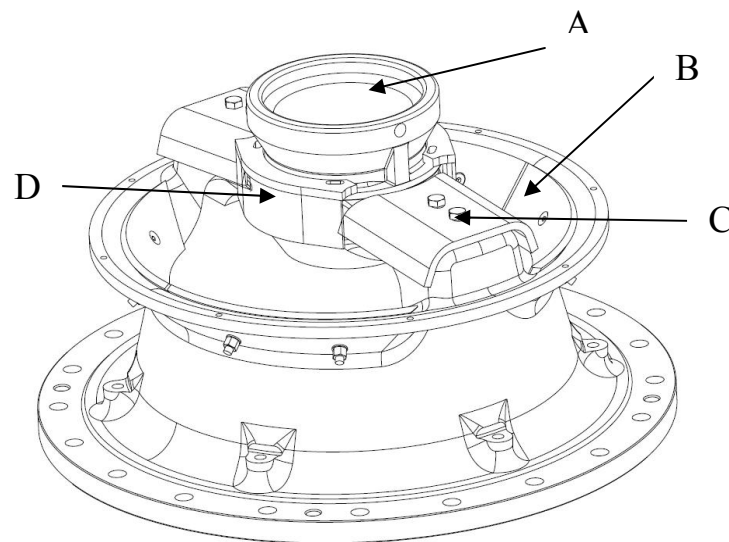
Kumisten suojien ongelmista riippumatta aihe on mielenkiintoinen ja ehdottomasti syvemmän tutkimuksen arvoinen. Kumista valmistettuja suojia kannattaa kokeilla varsinkin yläarmien, ylärungon kidan ja alahelmojen suojaukseen ja niiden kehitystä tulee viedä eteenpäin. Kumista valmistettujen suojien kustannukset tuskin ylittävät teräksestä valmistettujen vastaavien suojien kustannuksia ja valmistus voi olla jopa helpompaa. Muiden materiaalien käyttökään ei tietysti ole poissuljettua, mutta niiden kulutusominaisuuksia tulee tutkia ensin tarkemmin. /8/

7.4 Ehdotetun konstruktion sovellus GP300:n kulutussuojissa

Ehdotettua sovellusta voidaan hyödyntää monilta osin GP300:n kulutussuojissa. Varsinkin ylärungon suojauksen osalta ehdotettua konstruktiota voidaan käyttää monissa kohdissa ja näin ollen parantaa ylärungonsuojien asennettavuutta ja huollettavuutta. Alarungon osalta ei ole edes tarvetta lähteä muuttamaan rakennetta radikaalisti. Nykyinen suojaus alarungon osalta on jo varsin hyvä. Pieniä parannuksia siihenkin tietenkin voi tehdä.

Ylärungonsuojien (kuva 38 B) osalta muotoon ei tarvitse puuttua, vaan osat saavat olla sen muotoiset, mitä ne nytkin ovat. Suojien kiinnitystapaa pitää muuttaa siten, että ne tulevat suoraan runkoon kiinni pulttaamalla. Näin säästytään suurelta määrältä hitsaustyötä, ja hitsauspaikkojen maalinpuhdistusta ei tarvita. Ylärungonsuojien osalta voi kuitenkin miettiä, kannattaako suojat tehdä nykyisen neljän osan sijaan kahdeksasta osasta. Näin yhdelle kulutuslevylle ei tule kuin yksi kiinnityskohta tämän hetkisen kahden tai kolmen kiinnityskohdan sijaan. Tämä edistää suojien sopivuutta ylärunkoon. Kiinnitysmuutoksen johdosta rungonsuojien vaihtaminen uusiin on todella helppoa. Suojat olisivat niin sanotusti heti valmiit kiinnitettäviksi. Yläarmiensuojiiin (kuva 38 C) tulee tehdä muutoksia paitsi kiinnitykseen, myös muotoon. Kiinnitystä ei enää toteuteta hitsaamalla, vaan armiensuojat kiinnitetään myös pulttaamalla.

Arminsuojassa hitsausta varten olevista rei'istä kaksi voisi poistaa ja jäljelle jäävät kaksi reikää voi siirtää suojiin keskelle. Näin saadaan kiinnityskohta, josta suojat kiinnitetään armien läpi pulttaamalla. Levymäinen muoto voidaan säilyttää, mutta arminsuojaa pitää jatkaa ulottumaan myös suojaamaan armien sivuja. Näin ollen saadaan parempi suoja armille ja myös itse arminsuoja kestää pidempään, kun pyöreäksi kuluva reuna ei olisi. Armiensuojiiin on myös mahdollista hitsata pienet seinämät autogeenin saavuttamiseksi. Hatun (kuva 38 A) osalta muotoa ei tarvitse lähteä muuttamaan, mutta tavassa, jolla hattu valmistetaan, on tarve vaihtoon. Hatun valmistaminen valamalla on järkevää. Valettu hattu on edullisempi valmistaa, ja näin ollen se alentaa kustannuksia murskaimen suojuuksesta. Valettu hattu ei ole yhtään sen huonompi levystä valmistettuun verrattuna esimerkiksi asennuksen tai kulutuksenkeston suhteen, joten valmistustavan vaihto on suositeltavaa. Ylärungonsuojaukseen pitää lisätä suoja (kuva 38 D), joka suojaa ylärungon keskikohtaa kara-akselin kiinnityskohdan ympäriltä. Tämä suoja parantaa ylärungonsuojausta omalta osaltaan huomattavasti.



Kuva 38. Ehdotelma ylärungonsuojista /3/

Alarungonsuojauksen suhteen muutettavaa ei paljoakaan ole. Valusta valmistettavien armiensuojien toleransseja ja mittoja pitää hieman tarkentaa.

Armiensuojien sisämittaa täytyy hieman lisätä paremman sopivuuden aikaansaamiseksi. Alahelmansuojan rakenteen osalta voi myös miettiä, voiko sitä muuttaa helpommaksi. Alahelman alaosassa olevan hyllyn olemassaoloa voi myös miettiä ja tutkia, onko sen pitäminen osana alahelman suoja välttämätöntä.

Jos hylly todetaan tarpeettomaksi, saa rakennetta yksinkertaistettua ja osien lukumäärää mahdollisesti pienennettyä. Muuten rakenteeseen ei tarvitse puuttua vaan se saa olla sellaisenaan ennallaan. Se on asennuksessa todettu suhteellisen helpoksi ja nopeaksi asentaa verrattuna levystä valmistettaviin, hitsaamalla kiinnitettäviin suojiin, eikä huolloltakaan ole tullut mitään negatiivista palautetta, joten muutokseen ei näiltä osin ole tarvetta.

8 YHTEENVETO

Tämän tutkintotyön tarkoitus oli selvittää kulutussuojien nykytilanne karamurskaimissa, sekä selvittää tarkemmin GP300-karamurskaimen suojien rakennetta. Nykytila-analyysin lisäksi tarkoituksena oli edellisen pohjalta tehdä ehdotelma uudesta konstruktiosta. Kulutussuojissa on käytössä monia eri konstruktioratkaisuja ja eri mallien välillä on paljon eroavaisuuksia suojien suhteen. Yhtenäinen linja kulutussuojien suunnittelussa on puuttunut ja tähän mennessä on kokeiltu eri konstruktioiden toimivuutta. Suurimpana ongelmana kulutussuojissa on kiinnitystapa, jonka takia ilmenee ongelmia kulutussuojien asennuksessa ja kokoonpanossa.

Tämän hetkiset kulutussuojat ovat kustannuksien ja painon suhteen hyvin tasapainossa. Isoimman murskaimen suojat ovat kalleimmat ja pienimmän koneen suojat edullisimmat. Sama trendi on näkyvässä myös painon suhteen. Yksittäisten osien kohdalla tilanne ei ole yhtä hyvä, vaan eri koneiden rakenteissa yksittäisten osien kustannukset, paino tai rakenne on hyvin poikkeava yleisestä linjasta. Kestoiän suhteen ei ollut havaittavissa mitään heikkoa lenkkiä, vaan osat kuluvat niiden sääntöjen puitteissa mitä kulumiseen tulee. Suurimmat ongelmat ilmenivät suojien kiinnitystavoissa ja asennuksessa sekä näistä seuranneissa kustannuksissa. Osien sopivuudessa asennusvaiheessa oli toivomisen varaa joiltakin osin paljon. Erityisesti ongelmia oli murskainmalleissa, joissa kulutussuojien kiinnitys toteutettiin hitsaamalla. Hitsattujen suojien sopivuus vaihteli paljon ja hitsaustyön määrä joidenkin mallien osalta oli hyvin suuri. Varsinkaan valettujen suojien sopivuus ei vastannut vaatimuksia, vaan hyvin monessa tapauksessa ilmeni suuria ongelmia.

Pulteilla kiinnitettävien suojien tilanne oli parempi, mutta ongelmia siltäkin saralla ilmeni runsaasti. Varsinkin pultein kiinnitettävien armiensuojien osalta sopivuus vaihteli huomattavan paljon. Myös alahelmansuojien sopivuus alarunkoon oli monessa tapauksessa heikko. Pultein kiinnitettävien suojien sopivuus oli kuitenkin hitsattuihin suojiin verrattuna hyvä.

Jatkossa kehityksen täytyykin suuntautua enemmän pulteilla kiinnitettävien kulutussuojien suuntaan ja niiden kiinnitettävyyden ja asennettavuuden parantamiseen. Valettujen suojien määrää pitää vähentää ja ottaa enemmän käyttöön levystä valmistettuja suojia. Levystä valmistettujen suojien muuttaminen ja valmistaminen on helpompaa ja muutosten toteuttaminen levystä valmistettuihin suojiin on edelleen yksinkertaisempaa.

Työtä tehdessä ilmeni monia asioita, joita ei ennen ole edes otettu huomioon tai joita ei ole huomattu suojia suunniteltaessa ja niitä kehitettäessä. Tämän johdosta selvitystyö on ollut hyödyllinen karamurskainten kulutussuojien kehityksen kannalta. Työ antaa kuvan siitä tilasta, mikä karamurskainten kulutussuojissa tällä hetkellä vallitsee. Työn pohjalta kulutussuojia voidaan alkaa kehittää jatkossa yhtenäisempään suuntaan ja näin ollen yksinkertaistaa rakenteita ja selkeyttää kulutussuojia karamurskaimen osalta.

LÄHDELUETTELO

- /1/ Metso Minerals, Tampere Henkilöstöopas 2005.
- /2/ Metso konserni. [www-sivu]. [viitattu 29.1.2008] Saatavissa www.metso.com.
- /3/ Metso Minerals Oy:n tietokanta.
- /4/ Metso Minerals Oy:n tuotetietokanta.
- /5/ Metso Minerals Oy:n tietokanta, GP Service Manager Days 2002 – PowerPoint esitys.
- /6/ Petäjä, Pentti, huoltoinsinööri. Haastattelu 1.2.2008. Metso Minerals Oy.
- /7/ Haukijärvi, Vesa ja Lenander, Claes-Eric, hitsari. Haastattelu 15.1.2008. Metso Minerals Oy.
- /8/ Viirre, Mika, asentaja. Haastattelu 16.2.2008. Metso Minerals Oy.
- /9/ Kujansuu, Petri, suunnitteluinsinööri. Haastattelu 5.2.2008. Metso Minerals Oy.