



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

MURSKAINLAITOKSEN RUNGON KEHITTÄMINEN

Marko Santala

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

SANTALA, MARKO:
Murskainlaitoksen rungon kehittäminen

Opinnäytetyö 50 sivua, joista liitteitä 19 sivua
Huhtikuu 2016

Murskainlaitosten runkojen tuotekehitystä ohjaa useasti muuttuneet tarpeet. Muutostarpeita syntyy lainsäädännöstä, asiakastarpeista ja rungon ympärillä muuttuvista rajapinnoista. Tuotekehitystyö tavoittelee muuttuneeseen tarpeeseen vastaamista mahdollisimman tehokkaasti täyttäen tuotekehitysprojektin alussa määritellyt perusedellytykset.

Tämä opinnäytetyö tehtiin Metso Minerals Oy:lle, jonka aiheena oli murskainlaitoksen rungon tuotekehitys. Tarkoituksena oli parantaa murskainlaitoksen rungon kuljetettavuutta lavetilla ja vastata näin ollen asiakkaiden tarpeisiin. Lisäksi oli tarve selkeyttää rungon monimutkaisia rakenteita, sillä aikoinaan modulaariseksi suunniteltu runko ei ollut käytössä kuin yhdessä konemallissa. Rungon päivitykselle oli muitakin pienempiä tarpeita, jotka haluttiin toteuttaa isomman runkomuutoksen yhteydessä. Rungon kehityksessä haasteita aiheuttivat muuttuneet teräsrakenteet kriittisissä paikoissa sekä niiden toimivuus.

Kuljetettavuuden parantamiseksi päädyttiin korottamaan runkoa ja muotoilemaan runko kuljetuslavetille sopivaksi. Rungon rakenteita onnistuttiin myös yksinkertaistamaan monilta osin heikentämättä kestävyyttä. Työn tuloksista laadittiin valmistuspiirustukset, joiden perusteella runkoa valmistetaan. Runko vaihtui kyseiseen konemalliin osana normaalia tuotejulkaisua.

Opinnäytetyön tuloksena syntyneet valmistuspiirustukset ovat luottamuksellisia eikä niitä ole julkaistu opinnäytetyön liitteissä.

ABSTRACT

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

SANTALA, MARKO:
The Development of a Crushing Plant's Frame

Bachelor's thesis 50 pages, appendices 19 pages
April 2016

Product development of a crushing plant's frames is directed frequently changing needs. The legislation, customer needs and changing interfaces of the frame produces needs of changes. Product development's target is to reply for changed needs as good as possible and fulfill the basic condition which are determined in the beginning of the product development project.

This thesis was commissioned by Metso Minerals Ltd, and deal with the development of a crushing plant's frame. The purpose was to improve the crusher plant's frames transportability and respond accordingly to customer needs. There was also a need to clarify the complex structures of the frame because once designed modular frame was used only in one machine model. There was also the need to upgrade the frame as part of the larger frame change. There were several challenges such as steel structures and their functionality.

Transportability requires increasing and shapeing the frame to fit the transport carriage. The frame structures were also successfully clarified in many aspects without compromising durability. The results of the work were made in manufacturing drawings which were the base of frame manufacturing. The frame was changed to machine model as part of the normal product release.

Manufacturing drawings incurred as a result of the thesis are confidential and has been removed of this thesis.

Key words: crushing plant, frame, product development, transportability

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	YRITYS.....	7
2.1	Metso Oyj	7
2.2	Metso Minerals Oy	9
3	LOKOTRACK -MURSKAINLAITOKSET.....	10
3.1	Lokotrack-sarja	10
3.2	Lokotrack LT116	11
3.3	LT116 toimintaperiaate.....	13
4	KEHITTÄMISTARPEET	14
4.1	Tuotemuutosprosessi	14
4.1.1	Tuotemuutospyyntö ja -ilmoitus	14
4.1.2	Tuotejulkaisu.....	15
4.2	Tuotekehitys.....	16
4.2.1	Kuljetettavuus	17
4.2.2	Uuden moottorimoduulin tarpeet	19
4.3	Modulointi	20
4.3.1	Vanha runko	20
4.3.2	Syöttimen sovittaminen.....	22
5	SUUNNITTELU	23
5.1	Rungon korottaminen	23
5.2	Rungon rakenteen selkeyttäminen	25
5.3	Syötinyksikön tarpeet	26
5.4	Moottorimoduulin tarpeet	27
6	LOPPUTULOS	28
7	YHTEENVETO	30
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET	32

LYHENTEET JA TERMIT

Syöte	Murskattavaa materiaalia
ECR	Enterprise Change Request – tuotemuutospyyntö
ECN	Enterprise Change Notice – tuotemuutostiedote
T4F	Tier 4 Final – USA:n päästöstandardi
Stage III B	Eurooppalainen päästöstandardi, vastaava kuin T4F
Regenerointi	Hiukkassuodattimen puhtaaksi poltto
Sapluuna	Muotti, jolla saadaan tuotettua samanlaisia kappaleita
Melto	Taipuisa / joustava, puhuttaessa teräsrakenteista

1 JOHDANTO

Metso Minerals Oy on kaivos- ja maanrakennuslaitteiden johtava toimittaja. Metso Minerals Tampereen toimipisteen päätuotteina ovat helposti liikuteltavat Lokotrack-kivemurskauslaitokset. Näiden tuotekehityksen pohjana toimivat useasti koneenkäyttäjät, eli asiakkaat, joilta tarpeet koneen päivittämiseksi tulevat. Murskainlaitosten kehitystyössä pyritään täyttämään nämä asiakastarpeet mahdollisuuksien mukaan. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia LT116-konemallin kuljetettavuuden parantamista, mihin tarve on tullut asiakkaalta.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on ensisijaisesti parantaa Lokotrack LT116 kuljetettavuutta lavetilla liikuteltaessa, mutta samalla koneen runkoa päivitetään vastaamaan muillakin osin muuttuneita tarpeita. Tarpeita koneen päivittämiseksi tulee usein myös lainsäädännöstä, kuten päästömääräyksistä. Näin isoa muutosta tehtäessä halutaan päivittää myös muut tämän kaltaiset tarpeet kerralla. Tämä opinnäytetyö on kuitenkin rajattu runkomuutoksen suunnitteluun, jonka rajapintoina muut muutokset toimivat. Lopputuloksena työstä tavoitellaan helpommin lavetilla liikuteltavaa runkoa, joka täyttää myös muut muutostarpeet. Lopputuloksesta laaditaan osa-, työ- ja kokoonpanopiirustukset, joiden pohjalta päivitettyä runkoa voidaan valmistaa.

Opinnäytetyö esittelee LT116-konemallin kuljetettavuuden parantamiseen liittyvän rungon suunnittelutyön teorioineen sekä rungon muutoksien ratkaisuun ohjanneet rajapinnat kuvineen. Kaikkiin Metson tuotemuutoksiin liittyy nykyään tuotemuutosprosessi, joka esitellään osana työn teoriaa. Tämän työn pohjalta suunniteltu runko vaihtuu LT116-koneeseen osana normaalia tuotejulkaisuprosessia.

2 YRITYS

2.1 Metso Oyj

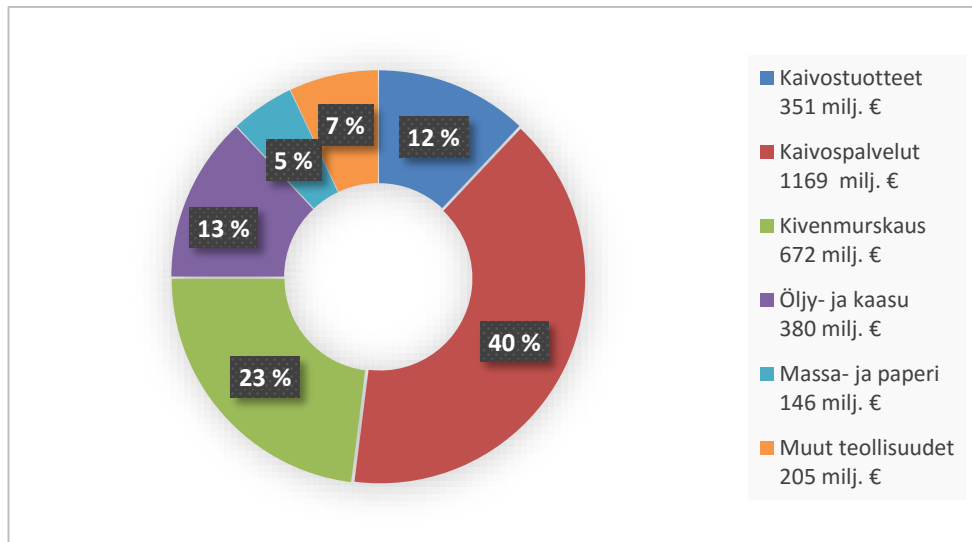
Metso Oyj on johtava kaivos- ja kivenmurskausalun sekä virtauksensäätö-liiketoiminnan teollisuuskonserni. Metso toimii globaalisti yli 50 maassa ja työllistää reilut 12 000 työntekijää. Tärkeimmät asiakasteollisuudenalat ovat kaivosteollisuus, öljy- ja kaasuteollisuus sekä kivenmurskaus (kuva 1). Toimintaa on lisäksi muilla teknologiateollisuuden aloilla mm. kierrätyksessä ja paperiteollisuudessa (kuva 1). Metson laite- ja palveluratkaisut edistävät prosessien luotettavuutta ja käytettävyyttä sekä tukevat kestävästä mineraalien käsittelyssä ja virtauksensäädössä. Metson tavoitteena on olla alansa kestävä kehityksen suunnan näyttäjä vuoteen 2020 mennessä. (Metso konserni 2016.)



KUVA 1. Metso Oyj:n toimintamalli (Metso vuosikatsaus 2015)

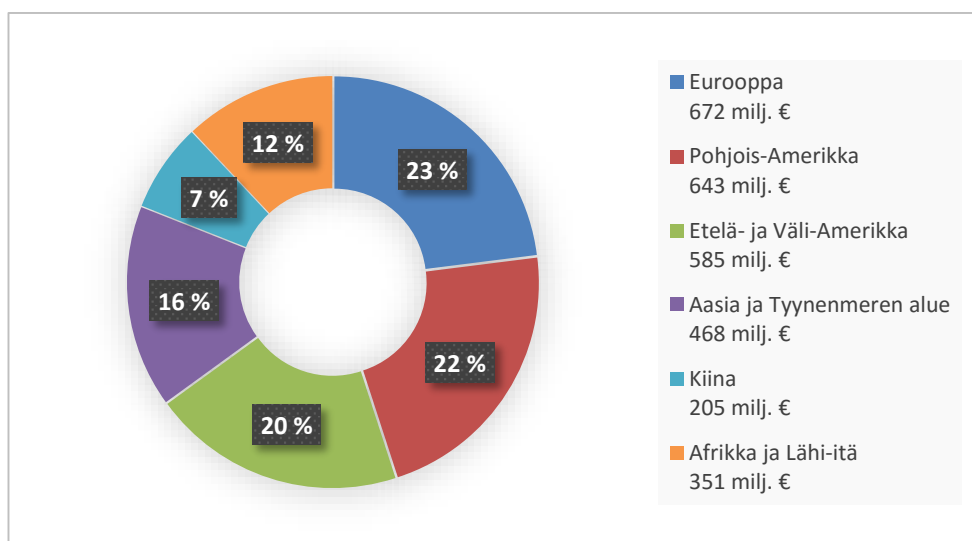
Metson liikevaihto oli noin 2,9 miljardia euroa vuonna 2015, joista 35 % kertyi mineraalien käsittelystä, kattaen kaivostuotteet ja kivenmurskauksen. Merkittävin yksittäinen osuus koostui kaivospalveluliiketoiminnasta, jonka osuus oli 40 %. (kuvio 1.) Kun mukaan lasketaan muiden segmenttien sisältämät palvelut, saadaan palveluliiketoiminnan osuudeksi 63 % liikevaihdosta. Tämä kuvaa hyvin nykyistä trendiä, mikä on ollut havaittavissa monilla muillakin aloilla osittain huonon taloustilanteen johdosta. Heikossa taloustilanteessa ei sijoiteta uusiin kalliisiin koneisiin, vaan huolletaan jo olemassa olevia,

mikä näkyy kaivospalvelujen-segmentissä. Näin ollen Metso on keskittynyt paljolti palveluiden keskittämiseen sekä vahvistamaan läsnäoloaan ja valmiuksiaan lähellä asiakasta. (Metson vuosikatsaus 2015.)



KUVIO 1. Liikevaihdon jakautuminen asiakasteollisuuksittain.

Metson globaali-liiketoiminnan laajuutta kuvaa hyvin liikevaihdon jakautuminen kohtalaisen tasaisesti ympäri maailmaa (kuvio 2). Eurooppa markkina-alueena on isoin 23%:lla, mutta Pohjois-Amerikka on lähes tasoissa 22%:lla. Tilanne voi mahdollisesti kääntyä toisinpäin, sillä Yhdysvaltojen talous on toipumassa, jolloin asuntoinvestoinnit nousevat. Markkinaosuuksien jakautumista ja kysyntää ohjaavat kuitenkin pitkällä aikavälillä kaupungistuminen ja kehittyvien markkinoiden teollistuminen. (Metson vuosikatsaus 2015.)



KUVIO 2. Liikevaihdon jakautuminen markkina-alueittain.

2.2 Metso Minerals Oy

Metso Minerals Oy on johtava kaivos- ja maanrakennuslaitteiden sekä -prosessien toimittaja. Metsolla on suuria määriä erilaisia ratkaisuja mineraalien käsittelyyn, seulontaan ja kuljetukseen sekä metallin kierrätykseen. Minerals-segmentti muodostuu nykyisellään Minerals Capital ja Minerals Services –alueista. Minerals-segmentin liikevaihto oli vuonna 2015 noin 2,2 miljardia euroa, mikä oli noin 18 % heikompi tulos kuin edeltävänä vuonna. (Metson vuosikatsaus 2015.)

Tampereen toimipiste sijaitsee Hatanpäällä Lokomonkadulla. Toimipisteellä on pitkät perinteet, sillä konepajateollisuus aloitti toimintansa vuonna 1915 höyryvetureiden valmistuksella (Törmä 2015, 10). Nykyisellään Tampereen toimipiste kuuluu kaivos- ja maanrakennusliiketoiminta-alueeseen ja työllistää noin 670 henkeä. Tampereen toimipisteessä suunnitellaan, valmistetaan ja myydään helposti liikuteltavia murskain- ja seulontayksiköitä sekä niistä koostuvia laitoksia. Asiakkaita ovat kivenmurskaus- ja seulontaurakoitsijat ympäri maailman. (Metso konserni.)

Liikuteltavia murskainlaitoksia käytetään nykyään yhä enemmissä määrin kiinteiden laitosten sijaan. Liikuteltavuus tuo joustavuutta murskausurakointiin, jolloin murskaimia voidaan hyödyntää myös materiaalin kierrätyksessä. Kaupungistuminen on vallitseva trendi, joka lisää liikuteltavien murskainlaitosten kysyntää, sillä paikanpäällä tapahtuva syötteen murskaus tehostaa prosesseja.

3 LOKOTRACK -MURSKAINLAITOKSET

3.1 Lokotrack-sarja

Metso Mineralsin Tampereen toimipiste on toiminut merkittävänä uranuurtajana tela-alustaisten murskainlaitteiden kehittäjänä. Ensimmäinen Lokotrack-kone on valmistunut jo vuonna 1985, joka on myös edelleen käytössä. Sen jälkeen on toimitettu jopa yli 7000 Lokotrack-konetta. Laajan Lokotrack sarjan edut verrattuna kiinteisiin murskainlaitoksiin ovat hyvä liikuteltavuus, tarvittaessa suuri kapasiteetti ja joustavuus. Hyvä kuljetettavuus mahdollistaa murskainurakoitsijoilla pienempienkin urakoiden suorittamisen nopeasti ja kustannustehokkaasti. Kuljettavuus on lisännyt paljon mm. rakennusjätteen kierrättämistä murskaamalla, sillä jätteestä saadaan eroteltua tarvittaessa myös metallit erilleen.

Tela-alustainen Lokotrack murskaimet voidaan jakaa compact ja large –tuoteryhmiin. Murskaimet puolestaan leuka-, iskupalkki-, kara- ja VSI-keskipakomurskaimiin. Vakio- tuotteiden lisäksi Metso toimittaa asiakkailleen myös tilauksesta räätälöityjä ratkaisuja, joista hyvänä esimerkkinä toimii Kazakstaniin toimitettu maailman isoin tela-alustainen murskainlaitos LT200E (kuva 2).



KUVA 2. LT200E –murskainlaitos (Kuva: Metso 2014)

3.2 Lokotrack LT116

Lokotrack LT116:n (kuva 3) perustana on Nordberg C116 –leukamurskain, mikä tekee koneesta monipuolisen murskaimen. Se sopii monenlaiseen murskaamiseen pehmeistä lajikkeista kuluttavimpiin kivilajeihin sekä kiviperäisten kierrätysmateriaalien kierrättämiseen murskaamalla kuten rakennusjätteen. Ison leukamurskainyksikön johdosta Lokotrack LT116 soveltuu parhaiten esimurskaukseen louhoskäytössä. Usein LT116 käytetään yhdessä Metson karamurskainlaitosten kanssa. (Metson tuotteet 2016.)



KUVA 3. Lokotrack LT116 ennen tuotemuutoksia (Kuva: Metso)

Lokotrack LT116 etuihin kuuluu kompakti koko, etenkin kuljetusleveyden puolesta, joka on vain 3000mm. Etenkin Norjaan halutaan kapeita koneita, jolloin niiden kuljetettavuus on helpompaa. Lisäksi koneen kokonaispaino on noin 50 000 kg, mikä omalta osaltaan helpottaa kuljetettavuutta. Kone käyttää Caterpillarin valmistamaa C13 moottoria, mikä tuottaa 310 kW tehon. Lokotrack LT116 on täysin hydraulikäyttöinen, joten moottorin pääasiallinen tehtävä on hydraulipumpun käyttö. Koneen tarkemmat tekniset tiedot on koottu taulukkoon 1.

TAULUKKO 1: LT116 Tekniset tiedot

Tekniset tiedot	
Murskain:	Nordberg C116
Syöttimen mitat:	1320 mm x 900 mm
Syöttösuppilon koko:	6 m ³ / 9 m ³ *
Moottori:	Caterpillar C13, 310 kW
Kapasiteetti:	450 tph
Kuljetusmitat:	
Pituus:	15600 mm
Leveys:	3000 mm
Korkeus:	3600 mm
Paino:	50 000 kg

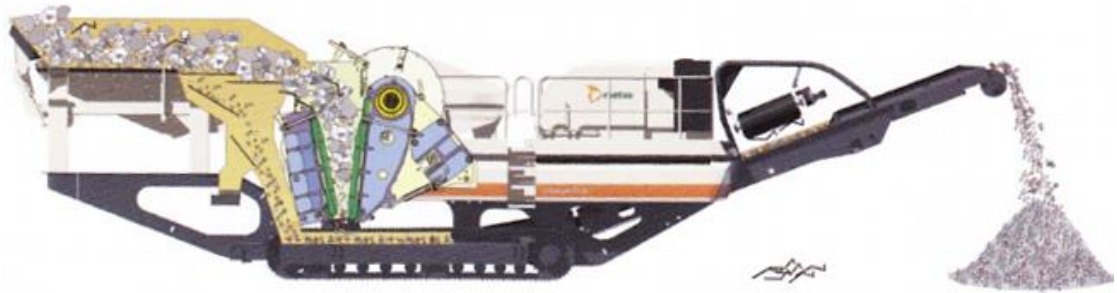
*Optio

Lisävarusteita on LT116 valittavissa useita:

- syöttösuppilon lisälaidat (9m³)
- syöttimen kumivuoraus
- syöttösuppilon kumivuoraus
- sivukuljetin
- murskaimen aktiivinen asetuksen säätö
- pintavahti
- kuljettimen pölysuojaukset
- keskusvoitelu
- pitkä pääkuljetin
- magneettierotin
- radio-ohjaus
- pölynsidonta
- korkeapainevesiruisutus
- moottorinlämmitin
- kuuman/kylmän/erittäin kylmän ilmaston varustepaketti
- murskaimen hydraulinen asetuksen säätö
- hydraulinen puomi ja vasara
- lisähoitotaso
- hydrauligeneraattori (EU ja USA -mallit)
- polttoaineen täyttöpumppu
- hydrauliiikan ulosotto. (Liikuteltavat murskaus- ja seulontalaitokset, 2015, 15.)

3.3 LT116 toimintaperiaate

Lokotrack:ien toimintaperiaate on kaikissa leukamurskainmalleissa hyvin samantapainen. Murskattavaa materiaalia syötetään syöttösuppilon, josta se ohjautuu syöttimelle. Syötinyksikkö kuljettaa syötettä kohti murskainta täryn avulla. Hienompi aines erotetaan murskattavasta syötteestä välpällä ennen murskainta. Tämä materiaali ohjautuu murskaimen ohi joko koneen alle sivukuljettimelle tai pääkuljettimelle. Muu syöte kulkeutuu leukamurskaimeen. Murskattu materiaali tippuu murskaimesta pääkuljettimelle, mistä se kuljetetaan tuotekasaan tai prosessissa eteenpäin seuraavaan koneeseen, kuten väli- tai jälkimurskaukseen. Pääkuljettimen päällä voi olla myös magneettierotin poistamassa metalleja lopputuotteesta. Prosessikuvaus on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Vanhan mallin LT116-koneen murskausprosessi. (Crushing and Screening Handbook, 2011, 8-42.)

LT116-koneen ”sydämenä” on C116-leukamurskain. Murskaimen toinen leuka on liikkuva, mikä on laakeroitu yläpäästään epäkeskoakselille. Epäkeskoakselilla saadaan leualle sen vaatima liikerata. Murskaimen leuan asetusta voidaan säätää välillä 70mm – 200mm halutun tuotekoon sekä syötteen koon perusteella. Murskaimen syöttöaukon koko on 1150mm x 800mm. Murskainta käytetään hydraulimoottorilla hihnavedon välityksellä. Myös muut toiminnot kuten pääkuljettimen toiminta, syöttimen tärinä ja telojen ajo toteutetaan hydraulilla. Näin ollen saadaan mahdollisimman varmatoiminen murskausprosessi.

4 KEHITTÄMISTARPEET

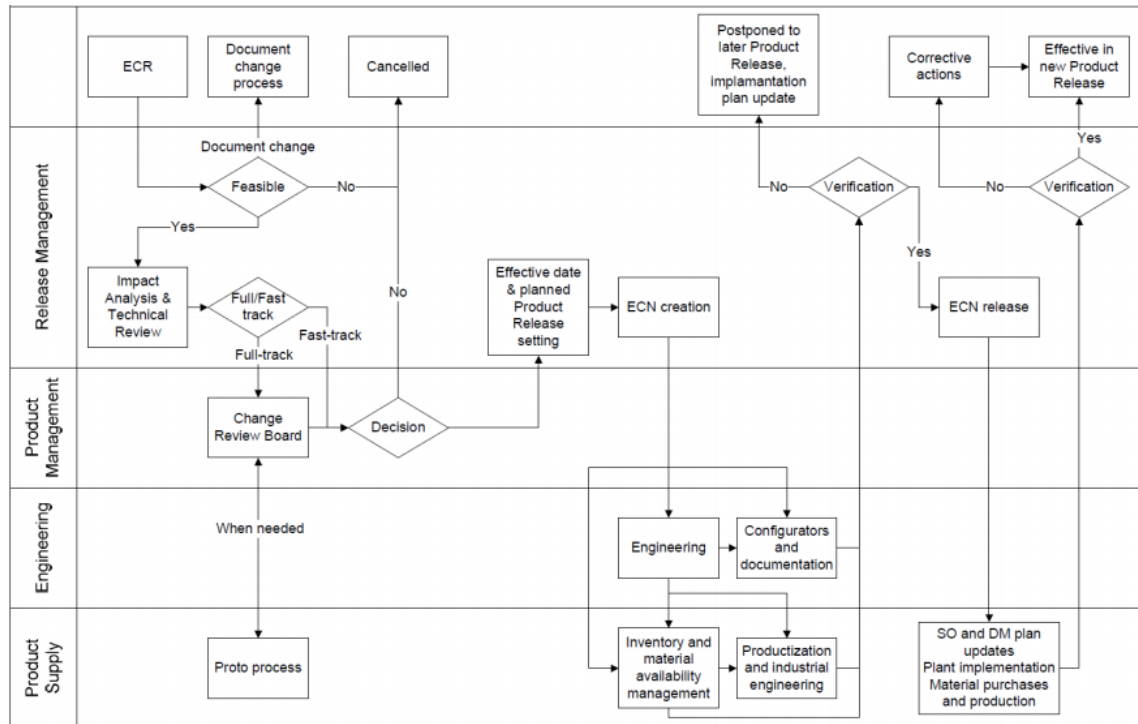
4.1 Tuotemuutosprosessi

Metsolla on nykyään käytössä kaikkia tuotemuutoksia koskeva tuotemuutosprosessi. Tuotemuutosprosessi lähtee liikkeelle aina syntyneestä tarpeesta, jota varten järjestelmään avataan tuotemuutospyyntö. Tuotemuutospyynnön pohjalta varsinainen suunnittelutyö aloitetaan, jos tuotemuutospyyntö nähdään tarpeelliseksi. Tuotemuutosprosessi on sarjatuotantokoneissa merkittävä prosessinhallintatyökalu, jolla voidaan ajoittaa muutoksien sarja samalle ajankohdalle. Näin ollen saadaan tuotteiden rakenne ”jäädetyttyä” ennalta määritetyksi ajaksi, jolloin vältetään mm. yhteensopivuusongelmilta. Tuotteiden varaosarakenteet pysyvät myös paremmin kunnossa, kun tuotemuutosprosessit ovat hallittuja. Vastaavasti muutoksien tarkka ajoittaminen helpottaa varastossa olevien osien käyttämistä loppuun, kun tiedetään myytyjen koneiden määrä ennen uuden tuoterakenteen vaihtumista. Tällöin varastotappiot minimoituvat ja kannattavuus paranee.

4.1.1 Tuotemuutospyyntö ja -ilmoitus

Enterprise change request (ECR) eli tuotemuutospyyntö luodaan syntyneelle tuotemuutostarpeelle. ECR:ään kuvataan mahdollisimman tarkasti ongelma, konemalli ja osakoonpano, mitä muutospyyntö koskee. ECR:n tarpeellisuuden arvio Change specialist, joka päättää jatketaanko pyyntöä. Jatkettaessa ECR:ää arvioidaan muutoksesta syntyvät kustannukset, hyödyt ja riskit. (Change Management process description 2016.)

Kun tuotemuutospyyntö on todettu tarpeelliseksi, avataan tuotemuutostiedote (ECN) toteuttamista varten. Tällöin suunnitteluosasto aloittaa tuotemuutossuunnittelun pyynnön perusteella. Suunnittelun ollessa valmis, suunnittelu tekee raportin tuotemuutoksista ja kuittaa työn tehdyksi. Tämän jälkeen ilmoitus joko hyväksytään sellaisenaan tai sitten se palautuu takaisin päivitettäväksi. Hyväksytyt ilmoitukset siirtyvät joko tuotemuutoksien sarjaan odottamaan uutta tuotejulkaisua tai jos kyseessä on dokumenttipäivitys, muutos menee sellaisenaan eteenpäin. Kuviossa 3 on esitetty tuotemuutoksien käsittelyprosessi. Dokumenttipäivityksellä pyritään korjaamaan ainoastaan mahdolliset virheet siten, että tuotejulkaisu vastaa todellisuutta. Näin ollen dokumenttipäivitys ei saa sisältää isoja rakenteellisia muutoksia. Esimerkiksi puutteellista työkuvausta voidaan päivittää, jos merkintöjä on jäänyt puuttumaan. (Change Management process description 2016.)



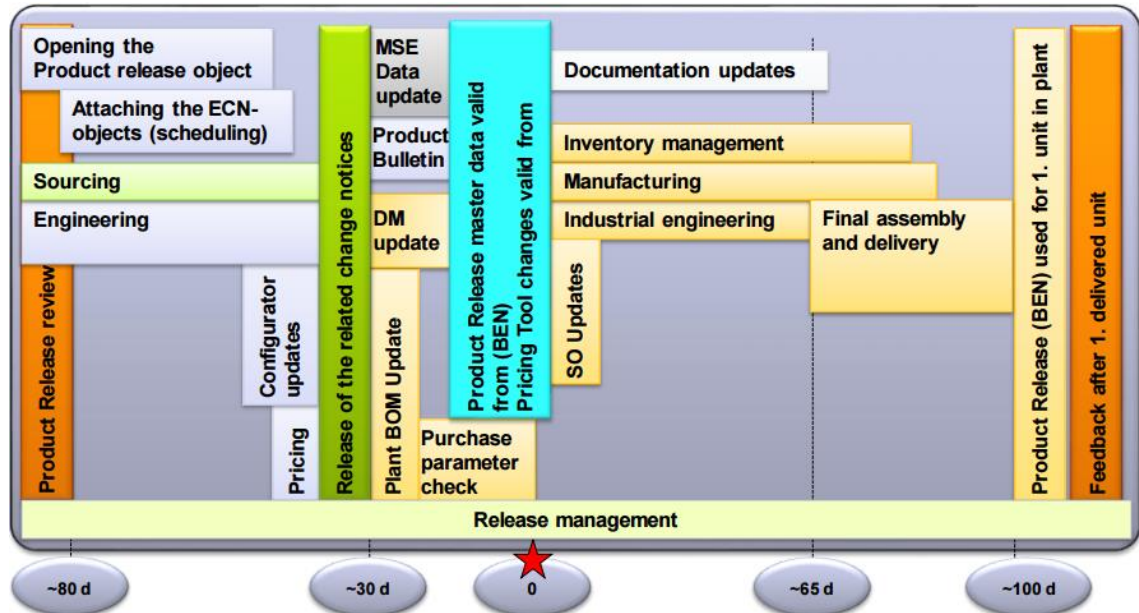
KUVIO 3. Tuotemuutosprosessin hallinta –kaavio (Change Management process description 2016)

4.1.2 Tuotejulkaisu

Product release eli tuotejulkaisu on uuden tuotteen tai isomman tuotemuutosten sarjan käynnistämispöytäkirja. Tuotejulkaisu kokoaa yhteen aiemmin suunnitellut ja hyväksytyt tuotemuutokset. Tuotejulkaisulla sarjatuotetuissa laitteissa saavutetaan suunnittelun, myynnin, oston ja valmistuksen kannalta parempi kontrollointi, jolloin toimintaympäristöstä saadaan vakaampi ja paremmin tuottava. Tähän päästään, kun tuotejulkaisu on etukäteen suunniteltu ja aikataulutettu, jolloin pystytään informoimaan kaikille tarvittaville osapuolille riittävän ajoissa tapahtuvat muutokset. Tuotejulkaisun prosessia on havainnollistettu kuviossa 4. (Product Release process 2016.)

Tuotejulkaisu on pitkälinen prosessi. Useimmiten sen kokonaiskesto on noin 180 päivää, mikä käy ilmi kuviossa 4. Tästä ajasta ensimmäiset 80 päivää käytetään mm. suunnitteluun, tuoterakenteiden päivitykseen ja tuotetiedotteisiin. Tämän jälkeen uuden julkaistun tuotteen valmistus aloitetaan. Samaan aikaan dokumentteja, kuten käyttöohjekirjoja ja kokoonpano-ohjeita, päivitetään vastaamaan uusinta versiota. Noin 65 päivää tuotejulkai-

susta aloitetaan tuotteen loppukokoonpano ja toimitus asiakkaalle. Prosessin loppupuolella toimituksen jälkeen kerätään palautteet tuotejulkaisusta, jotka vaikuttavat osaltaan seuraavaan tuotejulkaisuun. Samalla seuraava tuotejulkaisuprosessi aloitetaan. Tämän aikaa koneita toimitetaan edellisen tuotejulkaisun mukaisella rakenteella. (Product Release process 2016.)



KUVIO 4. Tuotejulkaisu-prosessikaavio (Product Release process 2016)

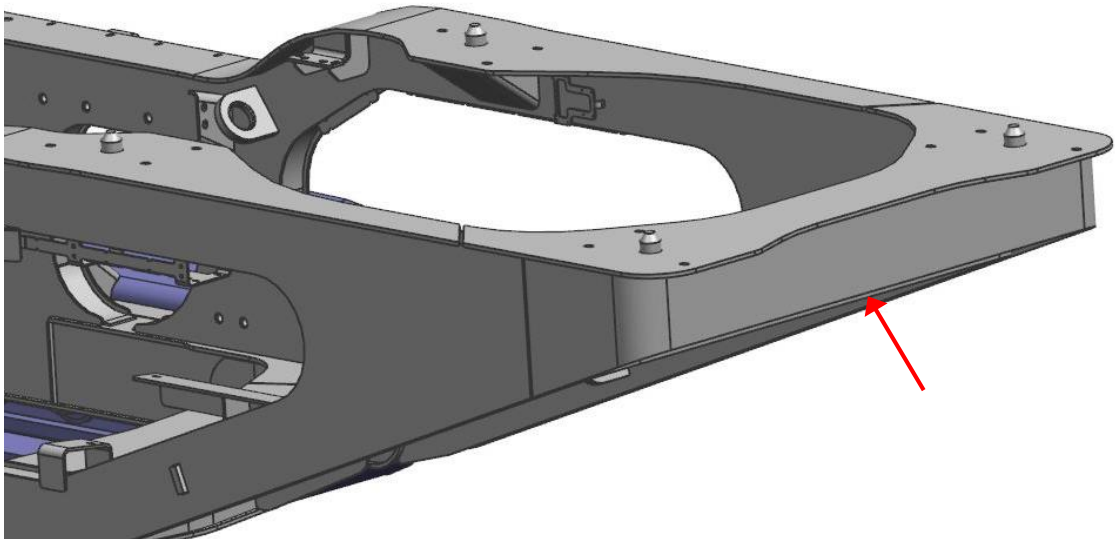
4.2 Tuotekehitys

Tuotekehitys on Ulrichin ja Eppingerin määritelmän mukaan vaihteita ja toimenpiteitä, jotka yritys käy läpi suunnitellessaan tuotetta (Ulrich & Eppinger 2008, 12). Kehitettävälle tuotteelle on aina asetettu tietyt perusedellytykset, jotka uuden tuotteen on täytettävä. Uuden tuotteen täytyy olla lisäksi kilpailukykyinen vallitsevilla markkinoilla. Pysyäkseen kilpailukykyisenä, tuotekehitystoiminnan täytyy olla jatkuvaa. (Ulrich & Eppinger 2008, 2-19.) Välimaa toteaaakin teoksessaan Asiakastarpeesta tuotteeksi: ”Tuotekehitystoiminnalle ominaista on luonteenomainen jatkuvuus.” (Välimaa, Kankkunen, Lagerroos & Lehtinen 1994, 23). Nykyisessä huonossa taloustilanteessa useampi yritys haluaisi sivuuttaa tämän, jolloin yrityksen kilpailukyky heikkenee nopeasti, jos tuotekehityksen resursseja leikataan nopeiden säästöjen toivossa. (Välimaa ym. 1994, 9-14.)

Tarpeet tuotemuutoksille lähtevät usein liikkeelle asiakkaiden palautteiden perusteella. Asiakas on tuotekehityksen kannalta paras kanava selvittää kehittämistarpeita, sillä todellisessa käytössä ja erilaisissa tilanteissa havaitaan usein parannettavaa huomattavasti helpommin kuin suunnittelussa. Asiakkaan lisäksi tärkeä tuotekehitystä ohjaava tekijä on lainsäädännöt ja standardit. Näillä pyritään varmistamaan, ettei tuotekehityksessä tahattomasti suunnitella esimerkiksi koneenkäyttäjälle vaarallista laitetta.

4.2.1 Kuljetettavuus

Lokotrack-sarjan tärkein etu verrattuna kiinteisiin murskauslaitoksiin on helppo liikuteltavuus. Asiakkaat kuljettavat koneita usein kuorma-auton lavetilla, joten on ensiarvoisen tärkeää, että kone saadaan helposti lavetille ja on kuljetuksen kannalta järkevissä mitoissa. Asiakkailta saadun palautteen perusteella Lokotrack LT116 –koneen takaosa on liian matala keskikohdastaan (kuva 5), sillä se ottaa kiinni kuorma-auton kuljetuslavettiin, kun kyseessä on ns. hanhenkaulalavetti (kuva 6). Tätä tilannetta ei esiinny yleisimmin käytettävissä olevassa kuljetuslavetissa.

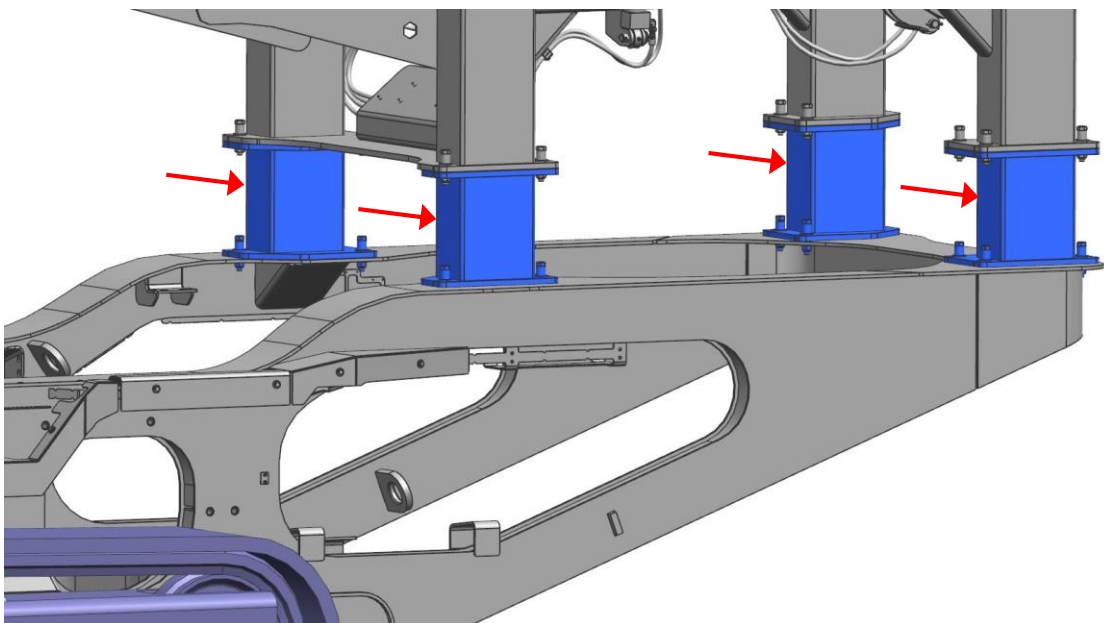


KUVA 5. LT116 rungon syöttimen puoleinen pää, joka ottaa kiinni lavettiin
(Kuva: Marko Santala 2016)



KUVA 6. Ns. hanhenkaulalavetti (Finnraiva 2016)

Kuljettavuuden parantaminen on merkittävä muutos koneen kannalta, sillä kyseistä LT116-konetta myydään paljon alueelle, jossa käytetään haasteellisen mallista kuljetuslavettia. Rungon kyseistä osaa muokattaessa syntyy mahdollisuus poistaa rungon ja syötinyksikön väliset kiinnitystolpat, sillä nykyisellään ne eivät palvele koneen tarpeita (kuva 7). Tolpat ovat jääne ajalta, jolloin kyseistä runkoa käytettiin myös LT1213S mallissa (luku 4.3.1). Tolpat poistamalla saadaan osien lukumäärää karsittua ja asennusta helpotettua sekä osaltansa koneen valmistuskustannuksia alennettua.



KUVA 7. Rungon ja syötinyksikön väliset kiinnitystolpat (Kuva: Marko Santala 2016)

4.2.2 Uuden moottorimoduulin tarpeet

LT116-koneeseen on päivitetty uusi Tier 4 Final / Stage III B -päästöstandardin täyttävä moottorimoduuli. Päästömääräykset edellyttävät riittävän matalia hiukkaspäästöjä, jotka on ratkaistu kyseisessä moottorissa hiukkassuodattimella. Hiukkassuodatin kerää pakokaasuista haitallisia hiukkaspäästöjä, jotka tukkivat hiukkasloukun ajan kanssa. Tällöin hiukkassuodatin regeneroidaan, jossa loukun lämpötilaa nostetaan ja samalla suihkuteetaan palotapahtumaan urea-liuosta. Urea-liuoksen tarkoituksena on edistää hiukkasloukun puhtaaksi polttoa. (PImcat 2015.)

Uuden päästöstandardin täyttävä moottori edellyttää näin ollen ureasäiliötä (kuva 8), joten runkomuutoksen yhteydessä säiliölle on etsittävä paikka ja suunniteltava kiinnityspisteet. Ureayksikön tulee sijaita samalla puolella kuin polttoainesäiliö. Lisäksi sijainnin pitää olla riittävän lähellä moottorimoduulia, jotta sen urealetkut ylettyvät moottorimoduuliin. Kuitenkin säiliön pitäisi olla riittävän suojassa mahdollisilta putoavilta kiviltä, mutta samalla myös täytettävissä maantasolta. Kaikki maat eivät vielä edellytä yhtä tiukkoja päästövaatimuksia, joten säiliön kiinnityksen täytyy olla sellainen, että se voidaan jättää tarvittaessa pois.



KUVA 8. Caterpillarin toimittama ureasäiliö-yksikkö (Catdealer 2016)

4.3 Modulointi

”Moduloinnilla tarkoitetaan tuotteen jakamista itsenäisiin yksiköihin (moduuleihin), joilla on tarkasti määritellyt ja vakiona pidettävät rajapinnat, jotka mahdollistavat moduulien yhdistettävyyden ja vaihdettavuuden” (Österholm & Tuokko 2001, 8). Tällöin saavutetaan mahdollisimman suuri standardikomponenttien lukumäärä. Moduloinnin tarkoituksena kuitenkin ei ole standardoinnin tapaan vähentää tuotevalikoimaa asiakkaalta vaan pyrkiä tunnistamaan asiakasryhmien erityisvaatimukset ja keskittyä tärkeisiin ominaisuuksiin. (Österholm & Tuokko 2001, 8-9.)

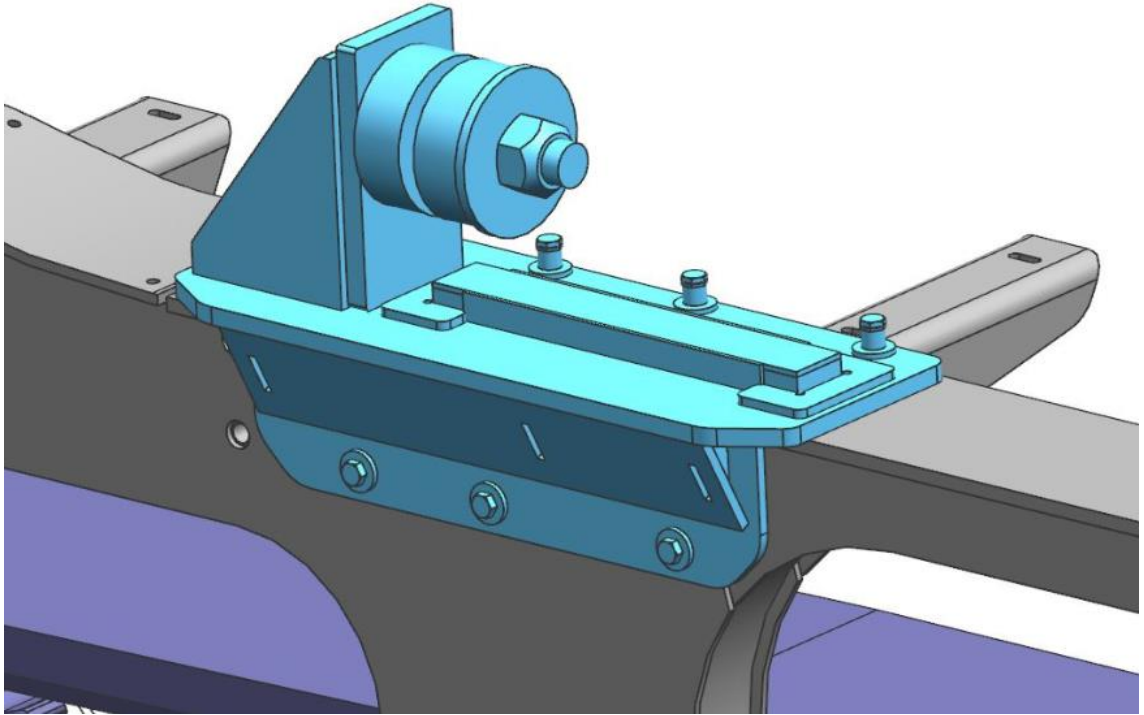
Modulointi edellyttää yksityiskohtaista asiakastarpeiden selvittämistä, jolla varmistetaan tuoteominaisuuksien vastaavan todellisia markkinatarpeita. Tuotemodulointi tähtää tällöin strategisesti tärkeiksi tuoteominaisuuksiksi ja tuotteiden teknisiksi ratkaisuksi. Moduloitu rakenne mahdollistaa yleensä tuotteiden varsin itsenäisen suunnittelun, jolloin tuotekehitysprosessit myös tehostuvat. (Österholm & Tuokko 2001, 8-9.)

4.3.1 Vanha runko

LT116 runko on aikoinaan suunniteltu modulaariseksi kahdelle konemallille siten, että siihen pystyttiin kokoamaan sekä LT116 että LT1213S. Haasteeksi tässä muodostui koneiden täysin erilaiset tarpeet mm. murskainten ja ympärillä olevien hoitotasojen kiinnitysten kannalta. Tämä aiheutti haasteita tuotemuutoksia tehdessä, sillä täytyi huomioida toisen koneen rajapinnat muutoksia suunnitellessa. Kuten edellä olevassa kappaleessa todettiin, moduloitu rakenne mahdollistaa yleensä tuotteiden itsenäisen suunnittelun, mutta tässä tapauksessa muiden moduulien ollessa kiinnitysrajapinnoiltaan riittävän erilaiset, aiheuttaa tuotemodulointi haasteita jo pienissä tuotemuutoksissa. Osittain tämän takia toiselle konemallille, LT1213S:lle, suunniteltiin myöhemmin täysin oma runko, jolloin tuotemuutoksien toteuttaminen helpottui.

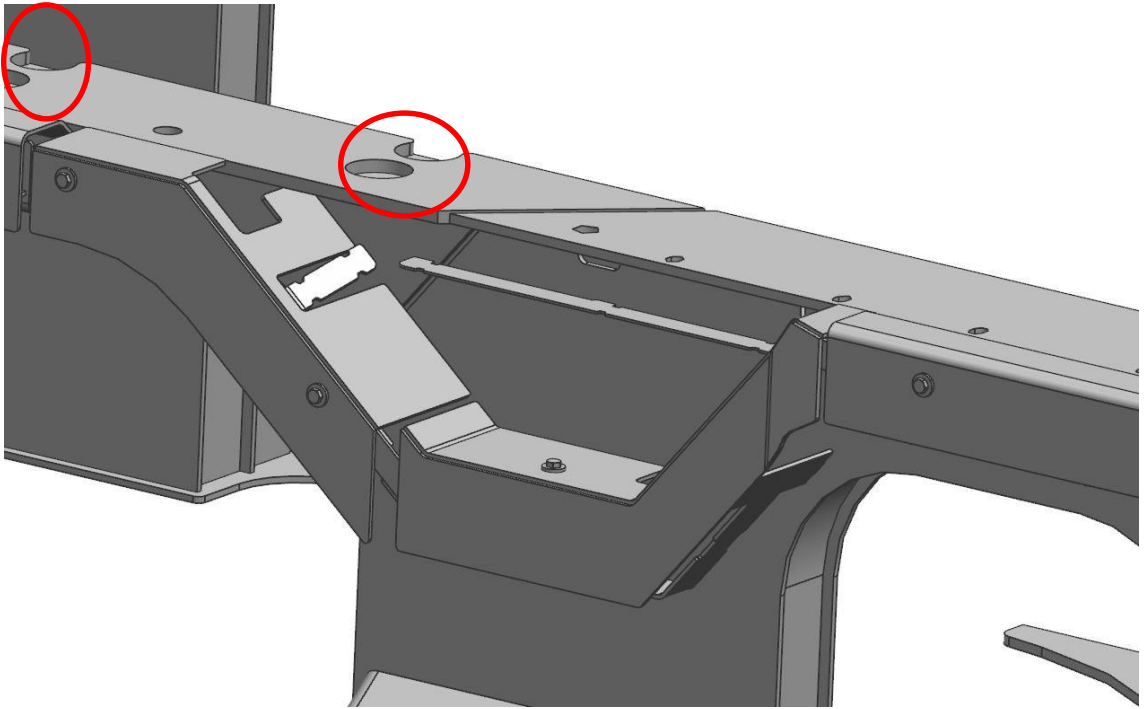
LT116 jäi käyttämään alkuperäistä runkoa tämän jälkeen. Modulaarisuus näkyy nykypäivään asti rungon ylimääräisinä kiinnityspisteinä, johtohyllyjen väistöillä ja kalliilla pulattavilla rakenteilla. Nämä asiat runkomuutoksessa halutaan päivittää vastaamaan nykyistä tarvetta, jolloin saadaan rungon rakennetta yksinkertaistettua valmistuksen kan-

nalta. Kuvassa 9 on murskaimen pultattava kiinnitysalku, josta käy hyvin ilmi monimutkainen rakenne, kun nykyinen tarve ei edellytä irrotettavuutta. Rungossa on myös kiinnityspisteitä ja väistöjä, jotka on tehty aikoinaan LT1213S:ää varten. Nykyisellään tarpeettomat reiät on jouduttu tukkimaan hitsaamalla, jotta rungon kotelorakenne säilyy tiiviinä ja varmistaen hyvän korroosiosuojan.



KUVA 9. Aiempi murskaimen pultattava kiinnitysalku (Kuva: Marko Santala 2016)

LT116 rungon toisella puolella kulkee suojattu letkuhylly, jossa kuljetetaan osa koneen hydraulikkaletkuista ja sähköjohdoista (kuva 10). Hyllyyn on muotoiltu väistö, jota ei LT116 rakenne edellytä. Muutostarpeet eivät siis näiden osalta ole välttämättä isoja, mutta sitäkin merkityksellisempiä. Edellä esitetyt kohdat aiheuttavat paljon ylimääräistä työtä valmistuksessa monimutkaisten rakenteiden takia. Tavoitteena on selkeyttää runkoa näiltä osin, jolloin pystytään alentamaan valmistuskustannuksia.



KUVA 10. Letkuhylly sekä tarpeettomat väistöt (esitetty punaisilla ympyröillä)
(Kuva: Marko Santala 2016)

4.3.2 Syöttimen sovittaminen

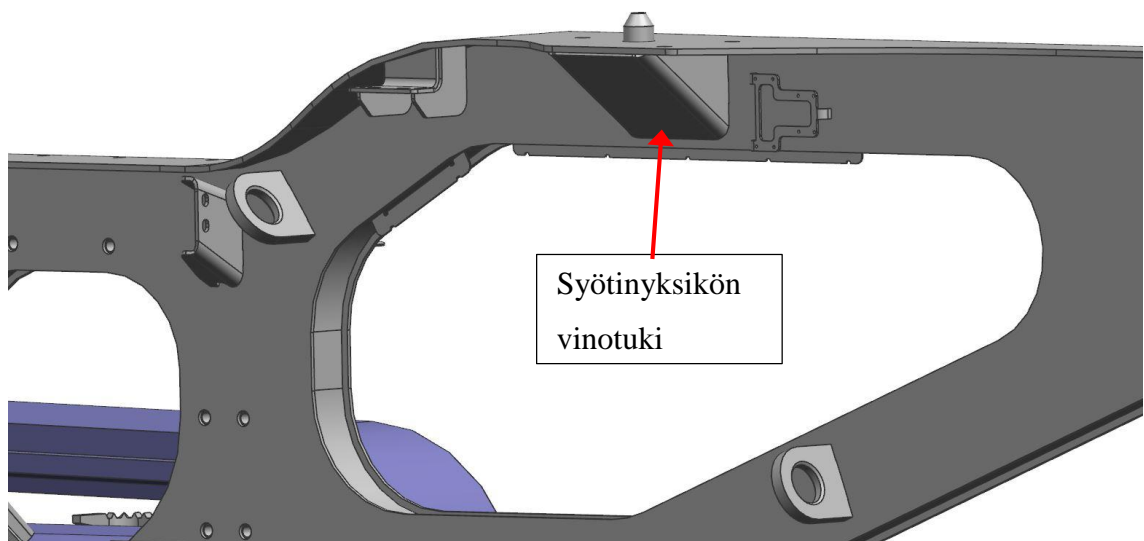
LT116-koneessa on ollut valittavissa kaksi erilaista syötintä, ns. yksi- ja kaksiosainen. Kaksiosainen halutaan jättää valikoimasta pois, koska tavoitteena on, että syöttösuppilo ja syötinyksikkö olisivat samat kuin LT1213S-koneessa. Näin saadaan hyödynnettyjä samoja osakokonaisuuksia mahdollisimman paljon, jotta kokonaiskustannukset laskisivat.

Syöttimen sovittamisessa on tärkeää ottaa huomioon kiinnityspisteen tukevuus. Vanhassa rungossa syötinyksikön kiinnityskohta on tuettu erillisellä vinotuella (kuva 11). Syötinyksikön kiinnityksen rakenne on kovalla kuormituksella, sillä kaikki murskaimeen syötettävä materiaali tiputetaan syötinyksikön päälle. Vastaavasti materiaalin liikuttaminen murskaimeen tapahtuu värinän avulla, mikä rasittaa teräsrakenteita. Näin ollen myös syöttimen kiinnityspisteen tulisi olla riittävän tukeva. Syötinyksikölle tarvitaan myös kohdistusnastat asennuksen helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi.

5 SUUNNITTELU

5.1 Rungon korottaminen

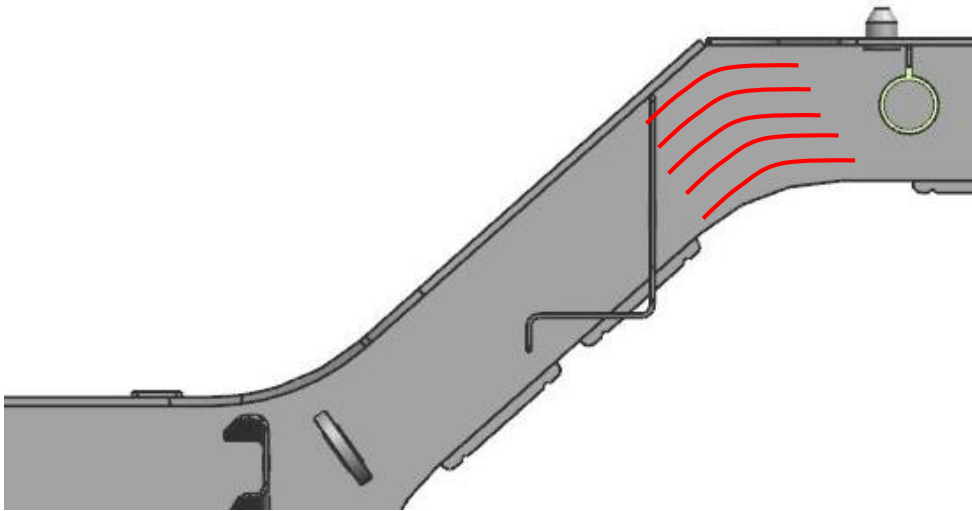
Rungon perä nostetaan samalle tasolle kuin se on syötinyksikön välisillä kappaleilla. Tällöin saadaan osien lukumäärää karsittua pienemmäksi. Korotuksen ansiosta rungon perä voidaan muotoilla U-malliseksi, jolloin saadaan väistettyä lavetin ns. hanhenkaula. Korotuksessa on ongelmana rungon päällimmäisen levyn kanttaukset, sillä korotus aiheuttaa niihin tiukemmat taivutussäteet. Kanttaukset keräävät tällöin enemmän jännityksiä, jolloin rakenne heikkenee nopeasti. Vanha levy on lisäksi tehty S-malliseksi (kuva 11), joka on painettu muotoonsa tarkoitusta varten tehdyllä sapluunalla. Uuden sapluuna tekeminen olisi kallista, joten S-muoto hävitetään uudesta rakenteesta.



KUVA 11. Vanhan rungon muoto (Kuva: Marko Santala 2016)

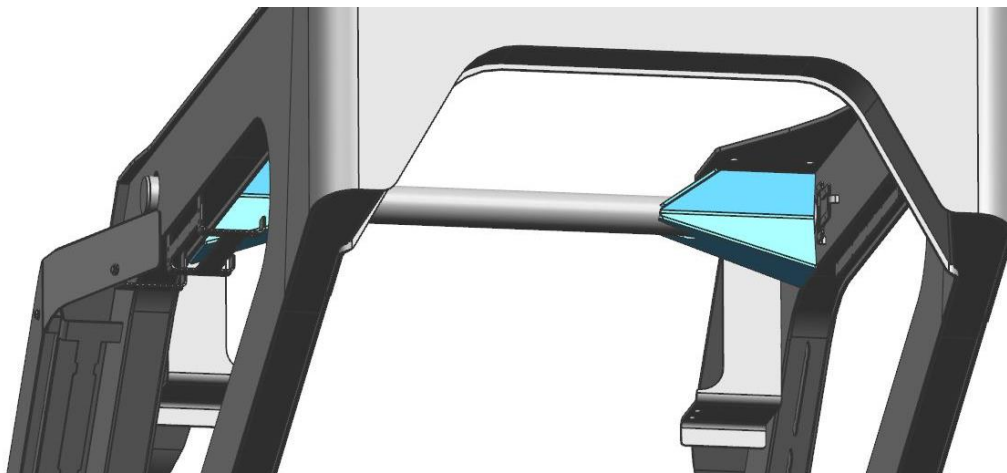
Rungon noston aiheuttamien jännityksien vähentäminen ei ollut yksiselitteinen asia. Rungon noston rajapintoina toimivat murskaimen tukijalat, syötinyksikön kiinnityspiste, hoitotaso ja sivukuljetin. Syöttimen ja murskaimen kiinnityspisteet estävät loivemmat kanttaukset rungon levyissä ja sivukuljetin koko estävät materiaalin kasvattamisen rungon sisäpuolisen aukon suuntaan. Näin ollen päällimmäinen S-levy muokattiin kaksi osaiseksi, jolloin levyjen liitoskohta muodostuu ylös syöttimen kiinnityspisteiden tasolle (kuva 12). Tällöin levyt saadaan valmistettua ilman kalliita muotteja. Runkoa kuormitta-

vat jännitykset oletettiin aluksi kasaantuvan kyseiseen nurkkaan, mutta jännitykset osoit-
tautuiivat kulkevan pehmeästi kuvassa 12 esitetyllä tavalla (Hörkkö 2015). Myöhempi
FEM-laskenta tuki tätä teoriaa.



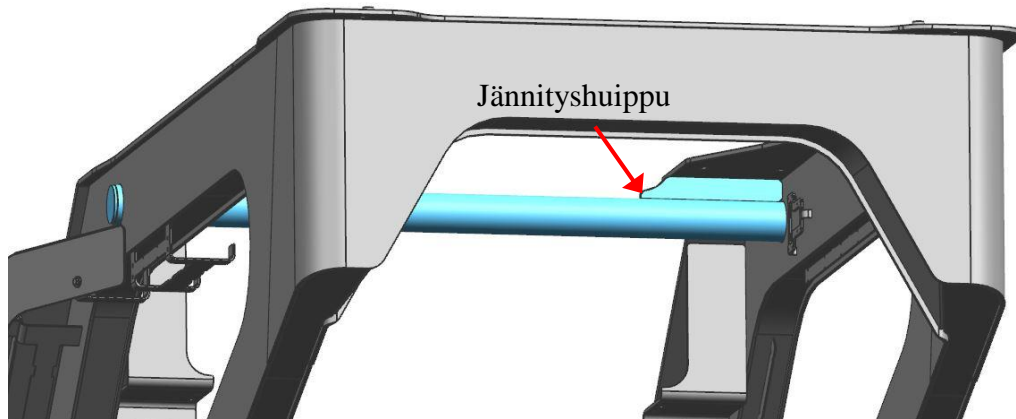
KUVA 12. Rungossa kulkevien jännityksien havainnollistus (Kuva: Marko Santala 2016)

Rungon korottaminen aiheuttaa äkkiä liian mellow rakenteen. Jäykistämiseksi suunnitel-
tiin useampia ratkaisuja, jotta riittävä tukevuus saavutetaan. Yhtenä vaihtoehtona pohdit-
tiin ristikköä rungon väliin, mutta rakenteesta olisi tullut turhan raskas tarpeeseen nähden.
Varteenotettavammaksi vaihtoehdoksi muodostui poikittainen putkipalkki rungon kote-
lorakenteiden läpi. Samalla palkkiin voidaan tukea syötinyksikön kiinnityspisteet, sillä
vanhassa rungossa on erillinen jäykiste kiinnityspisteelle, joka voidaan tällöin jättää pois.
Ensimmäinen suunniteltu vaihtoehto käy ilmi kuvasta 13. Tässä ongelmaksi muodostui
monimutkainen rakenne sekä useat terävät reunat, jotka kasvattavat liikaa yksittäisiä jän-
nityshuippuja.



KUVA 13. Yksi vaihtoehto poikkipalkin tukemiseksi (Kuva: Marko Santala 2016)

Rungon rakenne on tarkoitus pitää mahdollisimman yksinkertaisena. Näin ollen poikkipalkin tukemisessa päädytään kuva 14 mukaiseen ratkaisuun, jossa on molemmin puolin palkkia yhdet levyt hitsattuna kiinni sekä palkkiin että runkoon. Myöhempi FEM-tulosten analysointi osoitti tuennan keräävän levyjen nurkkiin jännityshuippuja (Maunula 2015). Tulosten pohjalta levyt jatkettiin jännityshuipusta eteenpäin toisiinsa kiinni yhtenäisellä ja kapealla, noin 15mm korkealla, olakkeella. Tällöin tuenta kestää sille asetetut kestoikävaatimukset.



KUVA 14. Toinen vaihtoehto poikkipalkin tukemiseksi (Kuva: Marko Santala 2016)

5.2 Rungon rakenteen selkeyttäminen

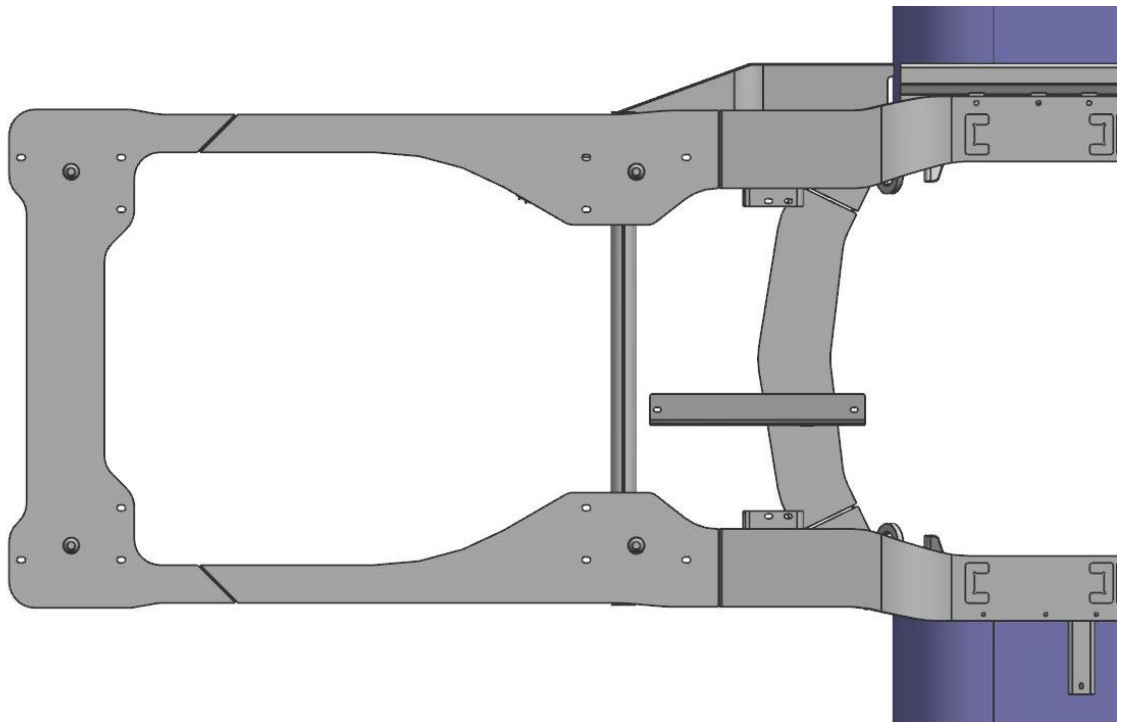
Runkoa halutaan selkeyttää siltä osin, mitkä eivät vastaa nykyisen koneen tarpeita. Vanhassa rungossa on paljon ylimääräisiä kiinnityspisteitä, sekä turhia väistöjä esimerkiksi johtohyllyssä. Näiden karsiminen on helppoa, sillä rakenteesta käytännössä poistetaan reikiä ja turhia hitsattavia osia, kuten tarpeettomia kiinnityksoksia. Johtohyllyt puolestaan suoritetaan ja niiden suojaukset suunnitellaan uuden rungon muotoa mukaillen.

Murskaimen kiinnitys toteutetaan edellisen pulttiliitoksen sijasta hitsaamalla kiinnikkeet suoraan runkoon kiinni. Tällöin saadaan karsittua ylimääräistä työtä murskaimen kiinnitystä valmistettaessa sekä lopullisessa kokoonpanossa. Vanhassa pultattavassa tukijalassa alustana on 12mm vahva teräslevy, mikä poistuu kiinnityksen vaihtuessa suoraan runkoon hitsattavaksi. Murskaimen täytyy olla kuitenkin samalla tasolla kuin ennen, joten koko runkoa nostetaan keskiosaltaan 12mm verran. Tämä aiheuttaa muutokset myös murskaimen jälkeen sijaitseviin rungon päällisiin levyihin, että levyn kanttauksen lopetus asettuu oikealle tasolle.

5.3 Syötinyksikön tarpeet

Syötinyksikön kiinnityksen tulee olla riittävän kestävä. Korotetun rungon takia syötinyksikön alapuolista osaa jäykistetään poikittaisella putkipalkilla. Putkipalkin päälle hitsattava levy (kuva 14), joka yhdistää palkin ja rungon yläosan, tukee riittävästi syötinyksikköä vastaavalla tavalla kuin aiempi vinotuki (kuva 11).

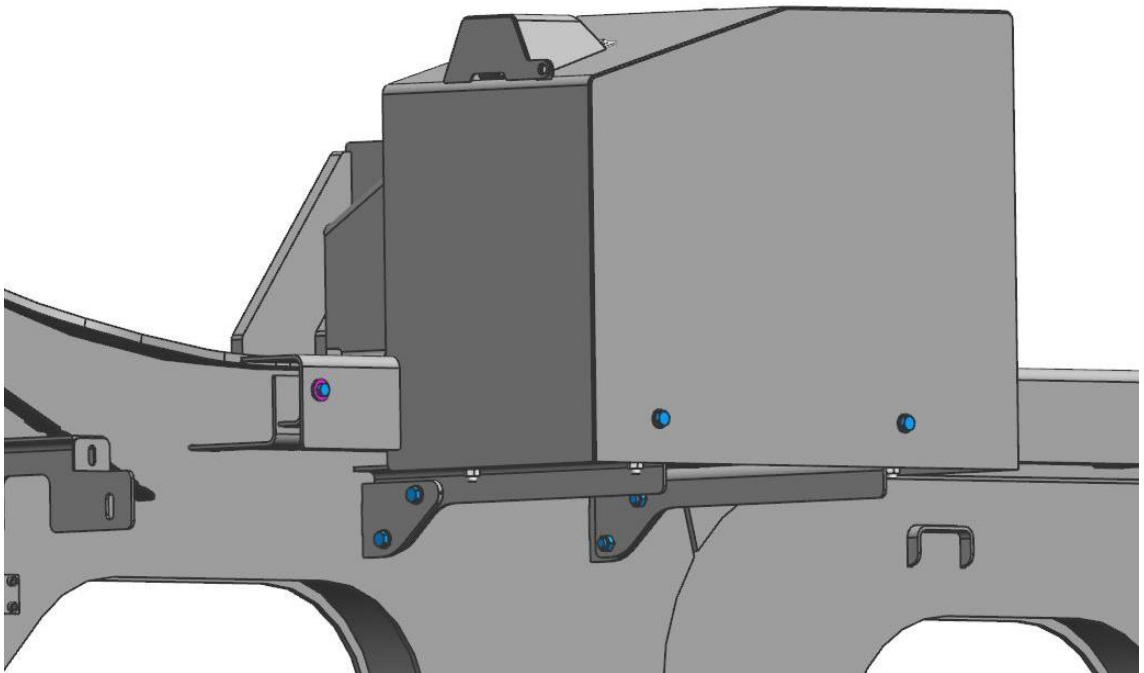
Syötinyksikkö tukeutuu toiselta puoleltaan rungon toiseen päähän, mihin muotoiltiin U-muoto. Siinä syötinyksikkö saadaan tukeutumaan rungon kotelorakenteen keskelle melko tarkasti, jolloin rakenne jakaa kuormituksen mahdollisimman tasaisesti. Rungon päällimmäinen levy muotoillaan syöttimen muotojen perusteella. Kuva 15 havainnollistaa uutta muotoa. Syötinyksikön asennuksen nopeuttamiseksi runkoon tarvitaan kohdistusnastat, joiden päälle syötinyksikkö lasketaan. Kohdistusnastojen paikat näkyvät myös kuvassa 15.



KUVA 15. Rungon perän muotoilu päältä (Kuva: Marko Santala 2016)

5.4 Moottorimoduulin tarpeet

Uusi T4F-päästöstandardin täyttävä moottorimoduuli edellyttää ureasäiliötä ja –laitteistoa koneeseen. Tälle tarvitaan kiinnityspisteet, jotka voidaan tarvittaessa irrottaa. Rungon ollessa kotelorakenne, päädyttiin läpimeneviin kiinnityksoksiin, jotka ovat mahdollisimman lyhyet. Kahden levyn läpi menevä kiinnitysoksa on paljon tukevampi, kuin yhdessä levyssä oleva. Näihin tulee pulttiliitoksella kiinni pidemmät oksat, jos ureasäiliö asennetaan koneeseen (kuva 16).



KUVA 16. Ureasäiliön paikka ja kiinnitys (Kuva: Marko Santala 2016)

Ureasäiliö täytyy sijoittaa lähelle runkoa, sillä koneen kuljetusleveys ei saa ylittyä missään tilanteessa. Käytännössä tämä tarkoittaa telaston määrittämää leveyttä. Näin ollen säiliö sijoittuu hyvin lähelle johtohyllyjä, jolloin hyllyjen suoja täytyy muokata ureasäiliön kanssa sopiviksi. Suojien täytyy suojata ureayksikön sähköjohdot ja urealetkut mahdollisesti tippuvalta syötteeltä. Näin ollen ureasäiliölle suunniteltiin uusi suoja, joka mahtuu olemana paikallaan säiliön kanssa sekä palvelee ureayksikön tarpeita. Jos LT116 myydään sellaiseen maahan, etteivät päästömääräykset edellytä T4F-standardin täyttävää moottoria, jätetään ureayksikkö pois. Tällöin suojaksi valitaan suora ”vanhan” mallinen suoja.

6 LOPPUTULOS

Rungon syöttimen puoleista päätä korotettiin 410mm. Korotetun rakenteen ansiosta rungon perä muotoiltiin U-malliseksi, jolloin kuljetuslavetin ns. hanhenkaula ei osu runkoon. Lisäksi uusi muotoilu näyttää visuaalisesti ryhdikkäämmältä, kun rungon ja syötinyksikön kiinnityksestä poistettiin välitolpat. Kuvassa 17 on esitetty LT116, joka käyttää uutta runkoa. Kuva havainnollistaa hyvin rungon perän uutta muotoilua ja ilmettä.



KUVA 17. Uusi runko syöttimen puolelta (Kuva: Marko Santala 2016)

Rungon sivuprofiili muuttui rungon korotuksen ja selkeyttämisen myötä kohtalaisen paljon. Rungon päällimmäisen levyn muuttaminen S-mallista kaksiosaiseksi on kustannustehokas ja ennen kaikkea kestävä ratkaisu. Syöttimen kiinnitysalustan muuttaminen suoraan runkoon pultattavaksi osoittautui toimivaksi, sillä poikittainen putkipalkki tukee syötinyksikköä riittävästi, vaikka osa syötinyksikön kiinnityksestä on tyhjän päällä. Keski-osan 12mm korotus puolestaan ei juurikaan näy sivuprofiilissa, mutta sen ansiosta murskaimen kiinnitys järkevöityi paljon. Kuvasta 18 käy ilmi uuden rungon sivuprofiili ja syötinyksikön kiinnityksen toteutus.



KUVA 18. Uuden rungon muoto (Kuva: Marko Santala 2016)

Yhtenä rajapintana rungon suunnittelussa toimineen ureayksikön kiinnityspaikaksi valikoitui rungon vasen puoli, telamaton etuosan päällä. Tällöin toteutuu mahdollisuus täyttää säiliö maasta käsin. Ureayksikkö sijaitsee myös riittävän lähellä moottorimoduulia, kuitenkin niin, että hoitotasolle on vielä esteetön kulku (kuva 19). Ureasäiliön yhteydessä letkuhylly suojauksineen päivitettiin vastaamaan uuden rungon muotoa. Rakenteesta saatiin edullisempi ja visuaalisesti hillitympi.



KUVA 19. Ureasäiliö ja suoristettu letkuhylly (Kuva: Marko Santala 2016)

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli ensisijaisesti parantaa Lokotrack LT116:sta kuljetettavuutta lavetilla. Samalla tavoiteltiin rungolle selkeytystä ja muuttuneisiin tarpeisiin vastaamista. Rungosta päivitettiin näin ollen yli puolet, isoimpana muutoksena syöttimen puoleinen osa korotettiin ja muotoiltiin u-malliseksi, jolloin runko sopii ns. hanhenkaula-lavetille ongelmitta. Korotus on muutenkin onnistunut, sillä koneen yleisilmeestä tuli ryhdikkäämpi. Myös osien lukumäärää onnistuttiin karsimaan ja monimutkaisia rakenteita yksinkertaistamaan heikentämättä rungon kestävyyttä.

LT116:n runkoa päivitettäessä vastaan tuli monia kehitystarpeita myös rungon ulkopuolelta. Nämä kaikki kehitystarpeet toteutettiin samalla kerralla, jotka toimivat myös rajapintoina rungon suunnittelussa. Rungon selkeyttämisessä ensisijaisesti tavoitteena oli karsia aiemmin kahden konemallin kanssa hyödynnetyt modulaariset rakenteet, jotka eivät vastanneet nykyisiä tarpeita. Nämä olivat aiheuttaneet ylimääräisiä kuluja valmistuksessa ja kokoonpanossa. Uusi runko onnistui tältä osin hyvin, sillä uudessa rungossa ei ole päällekkäisyyksiä tai turhan monimutkaisia rakenteita, joita ei tarvita. Kustannusten puolesta tämä ei ollut aivan suoraviivainen asia, sillä vanhan rungon valmistuskustannukset perustuivat koneen aiempaan paljon isompaan myyntimäärään. Nykyisellään koneen myyntimäärät ovat pienemmän, jolloin hinnoittelu valmistuksessa muodostuu kalliimmaksi suhteessa vanhaan runkoon. Kuitenkin kokonaiskustannukset eivät nousseet tästäkään huolimatta, joten voidaan todeta rungon rakenteen selkeyttämisen onnistuneen.

Merkittävä osa opinnäytetyöstä koostui suunnittelun lisäksi osa-, työ- ja kokoonpanopiirustusten laadinnasta. Nämä dokumentit ovat tärkein tulos työstä, sillä niiden pohjalta uusi suunniteltu runko voidaan valmistaa. Liitteessä 1 on esitetty kokoelma laadituista piirustuksista. Liitteessä 2 on puolestaan vastaavat piirustukset edeltävän rungon osalta. Suunnittelutyö ja piirustusten laadinta suoritettiin Siemensin NX 10 3D-mallinnusohjelmalla. Uusi runko on vaihtunut osana normaalia tuotemuutosprosessia LT116-koneeseen. Ensimmäisen uudella rungolla valmistetun koneen jälkeen todettiin runko toimivaksi, eikä ongelmatapauksia esiintynyt. Koneen päivitys kohdistui myös sopivaan ajanjaksoon, sillä kyseisen konemallin myynti parantui päivityksen myötä. Opinnäytetyön tuloksena kehittyi päivitetty runko, joka vastaa asiakas- ja konemallin muuttuneisiin tarpeisiin.

LÄHTEET

- Catdealer. 2016. Aftertreatment technologies. Luettu 9.3.2016. <http://emissions.catdealer.com/media/building-block-technologies/aftertreatment-technologies--2>
- Finnraiva. 2016. Lavetit. Luettu 3.2.2016. <http://www.finnraiva.fi/lavetit.htm>
- Hörkkö, T. Design Engineer. 2015. Haastattelu 9.6.2015. Haastattelija Santala, M. Tampere.
- Maunula, E. Project Manager. 2015. Haastattelu 12.6.2015. Haastattelija Santala, M. Tampere.
- Metso. 2011. Crushing and Screening Handbook – Five edition.
- Metso. 2016. Kivenmurskaus. Luettu 22.1.2016. <http://www.metso.com/fi/toimialat/kivenmurskaus/>
- Metso. 2016. Liikuteltavat murskaus- ja seulontalaitokset. Luettu 7.3.2016. [http://www.metso.com/miningandconstruction/Ma-Tobox7.nsf/DocsByID/1E13E2B4F15BFFADC2257D3C001FB13D/\\$File/Lokotrack%C2%AE_Liikuteltavat_murskaus_ja_seulontalaitokset_Finnish.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/Ma-Tobox7.nsf/DocsByID/1E13E2B4F15BFFADC2257D3C001FB13D/$File/Lokotrack%C2%AE_Liikuteltavat_murskaus_ja_seulontalaitokset_Finnish.pdf)
- Metso. 2016. LT116-leukamurskainlaitos. Luettu 7.3.2016. <http://www.metso.com/fi/tuotteet/lokotrack-tela-alustaiset-laitokset/lokotrack-lt116-leukamurskainlaitos/>
- Metso. 2016. Metso lyhyesti. Luettu 20.1.2016. <http://www.metso.com/fi/yritys/metso-yrityksena/metso-lyhyesti/>
- Metso. 2016. Vuosikatsaus 2015. Luettu 6.3.2016. http://annualreportmetso.com/wp-content/uploads/2016/02/Metso_Vuosikatsaus_2015.pdf
- Metso Minerals Oy. 2016. Change Management process description –dokumentaatio. Luettu 29.2.2016.
- Metso Minerals Oy. 2016. Product Release process –dokumentaatio. Luettu 29.2.2016.
- Plmcat. 2016. Tier4 Final. Luettu 9.3.2016. http://www.plmcat.com/docs/default-source/default-document-library/tier4_final_brochure_view_yegt3005.pdf?sfvrsn=0
- Törmä, M. 2015. LOKOMO – 100 vuotta konepaja- ja terästeollisuutta. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy.
- Ulrich, K. & Eppinger, S. 2008. Product Design and Development. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Österholm, J. & Tuokko, R. 2001. Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Välimaa, V., Kankkunen, M., Lagerroos, O. & Lehtinen, M. 2001. Tuotekehitys – Asiakstarpeesta tuotteeksi. Helsinki: Painatuskeskus Oy.