

Opinnäytetyö AMK

Konetekniikan koulutus

Syyskuu 2023

Emil Heilä

Koukkulaitteen kippauslavantuen tuotekehitys



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2023 | 22 sivua

Emil Heilä

Koukkulaitteen kippauslavantuen tuotekehitys

Opinnäytetyön tilaaja on koukkulaitteita valmistava HIAB, joka on osa kuormankäsittelyalan Cargotec Oyj -yhtiötä.

Työn tavoitteena oli suunnitella koukkulaitteen välirunkoon asennettava kippauslavantuki. Lavantuen tarkoitus on vakauttaa lavaa kuormaa kipatessa, erityisesti kaltevalla alustalla työskennellessä. Lavantuet voivat parhaimmillaan edistää turvallisuutta kippauksen yhteydessä sekä pidentää koukkulaitteen muiden osien käyttöikää keventämällä muihin lavaa kannatteleviin osiin kohdistuvaa rasitusta. Työn tavoite on saada lavantuista fyysinen prototyyppi, jonka pohjalta yritys jatkaa kehittämistä massatuotettavaksi tuotteeksi.

Opinnäytetyössä perehdytään myös tuotekehitysprosessiin ja sen eri vaiheisiin.

Työn tuloksena saatiin valmiit valmistuspiirustukset, joista prototyyppi voidaan sopivan valmistajan löytyessä tilata. Tämän työn aikataulun puitteissa prototyyppiä ei ehditty saamaan, ja vasta käytännön kokemukset vahvistavat tuotteen toimivuuden ja paljastavat mahdollisia kehityskohteita.

Asiasanat:

vaihtolava, koukkulaite, tuotekehitys, konetekniikka

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical engineering

2023 | 22 pages

Emil Heilä

Product development of tipping support for hooklift

This thesis was commissioned by the hooklift producer HIAB, which is a part of the cargo handling company Cargotec Oyj.

The purpose of this thesis was to design a new support structure to be installed on the hooklift's subframe. The body support is meant to stabilize the load during tipping, especially when working on an uneven ground. At best the body support will make the hooklift safer and prolong the lifetime of other load-bearing parts by taking some of the strain that they are subjected to without the support. The goal is to get a physical prototype that the company can later continue to develop to a mass produced product.

The thesis also presents information about the product development process and its phases.

As a result of the thesis complete manufacturing drawings for two different support options were made. The drawings can be used to order a prototype once a suitable supplier is found. The prototypes were not ready by the time the thesis was finished, and the definitive review of the new design can only be done after real life testing, after which the design will most likely be updated again.

Keywords:

hooklift, product development, mechanical engineering

Sisältö

1 Johdanto	6
1.1 Yritys	6
1.2 Vaihtolavalaitteet	6
1.3 FOSSA -hanke	7
1.4 Tämän työn lähtökohdat ja tavoitteet	8
2 Tuotekehitysprosessi	9
2.1 Prosessin aloitus	9
2.2 Luonnostelu	9
2.3 Kehittely	11
2.4 Viimeistely	12
3 Lavantukien suunnitteluprosessin lähtökohdat	13
3.1 Vaatimukset ja rajoitteet	13
3.2 Nykyiset ratkaisut	14
4 Lavantukikonseptit	16
4.1 Tuen runko - vaihtoehto 1	16
4.2 Tuen runko - vaihtoehto 2	17
4.3 Tukiosan suunnittelu	18
5 Projektin viimeistely	20
5.1 Suunnitteluprosessin viimeistely	20
5.2 Kustannusarviot	20
6 Loppupohdintaa	21
Lähteet	22

Kuvat

Kuva 1. T-laite lavan päälleenoston aikana (Multilift Hooklift Product finder)	7
--	---

Kuva 2. S-laite vaakasiirron taka-asennossa (Kuva: Matti Randelin)	7
Kuva 3. Lavan pohjan mitat SFS 4417 mukaan	14
Kuva 4. T-laitteen kippauslavantuki	15
Kuva 5. Koukkulaite, jonka välirunko ja tuet korostettu kuvassa väreillä	16
Kuva 6. Tuen rungon levyversio ja akselituet	17
Kuva 7. Levytuki	18

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyö käsittelee koukkulaitteen välirunkoon asennettavan kippauslavantuen suunnitteluprosessia. Opinnäytetyön tilaaja on Cargotec Finland Oy ja lavantuen suunnittelu on osa FOSSA-hanketta.

1.1 Yritys

Cargotec Oyj on suomalainen kuormankäsittelyalan yhtiö, joka perustettiin kun Kone Oyj muodosti lastinkäsittelyratkaisut-toimialastaan erillisen yhtiön vuonna 2005. Cargotecin tuotemerkkejä ovat Hiab, Kalmar ja MacGregor, joskin suunnitteilla on MacGregorin poistaminen Cargotecin portfolioista vuoden 2024 aikana, sekä Hiabin ja Kalmarin eriyttäminen kahdeksi itsenäiseksi yhtiöksi. MacGregor tarjoaa lastinkäsittelyratkaisuja vesillä, Kalmar satamissa sekä terminaleissa, ja Hiab maalla liikenteessä. Hiab –tuotemerkin alle kuuluu muita tuotemerkkejä, joista yksi on vaihtolavalaitteita valmistava Multilift. (Cargotec story and history)

1.2 Vaihtolavalaitteet

Multiliftin vaihtolavalaitteisiin kuuluu keinukippilaitteet (skiploader) sekä koukkulaitteet (hooklift). Multiliftin koukkulaite on kuorma-autoon asennettava hydraulinen kuormauslaite, jonka avulla voidaan lastata mm. kuormalavoja ja kontteja auton kyytiin ja pois. Lisäksi kuorma voidaan kipata lavan ollessa auton kyydissä. Koukkulaitteiden valikoima on laaja, ja pienimpien laitteiden nostokapasiteetti on 2-10 tonnia, kun taas suurimmilla voidaan käsitellä jopa 30 tonnin kuormia. (Multilift Hooklift Product finder)

Koukkulaitteita on käyttömekanismeiltaan kolmea eri lajia. Nämä eri kategoriat ovat T-, S-, ja Z-laitteet. T-laite (kuvassa 1.) taittuu koukkurungon tyvestä, S-laite ei taitu, vaan siinä on vaakasiirto, joka liu'uttaa koukkurungon lavoineen taaemmas ennen lastin maahan laskemista (ks. kuva 2). Z-laitteessa on sekä

koukkurungon taitto, että vaakasiirto. Tällä minimoidaan lavan päällevetokulma sekä saavutetaan mahdollisimman matala päällevetokaari, joka mahdollistaa toimimisen matalissakin tiloissa. Vaakasiirron yhteydessä vaakasiirronkevennys nostaa lavaa liu'un aikana hieman, jottei lava laahaisi lavantukia vasten vaan olisi takarullien varassa.



Kuva 1. T-laite lavan päälleenoston aikana (Multilift Hooklift Product finder)



Kuva 2. S-laite vaakasiirron taka-asennossa (Kuva: Matti Randelin)

1.3 FOSSA -hanke

FOSSA – eli Fossil Free Steel Applications – on kaksivuotinen hanke, jossa kehitetään fossiilivapaita terästuotteita. Fossiilivapaiden terästuotteiden lisäksi

hankkeen tavoitteena on kehittää myös fossiilivapaata arvoketjua terästuotannosta loppuasiakkaalle asti. FOSSA-hanke koostuu kolmesta pääaiheesta: fossiilivapaan teräksen arvoketju, kehittyneet teräkset ja sovellukset sekä virtuaalinen terästuotteiden valmistus. Hanketta rahoittaa Business Finland, sekä neljä mukana olevaa yritystä; Cargotec Finland Oy, SSAB Europe Oy, Fortaco Ostrobothnia Oy ja Indalco Oy. Lisäksi mukana on kolme tutkimusorganisaatiota sekä in-kind yrityksiä. (Business Finland 2021.)

Hiabin koukkulaite, jota tämä lopputyö käsittelee, on maailman ensimmäinen fossiilivapaasta teräksestä valmistettu kuormankäsittelylaite. Se on myös ensimmäinen Suomessa kehitetty SSAB:n fossiilivapaata terästä hyödyntävä sovellus. (Dimecc 2023.)

1.4 Tämän työn lähtökohdat ja tavoitteet

Kippauslavantuen tarkoitus on vakauttaa lava kippauksen yhteydessä tukemalla sitä sivusuunnassa ja estää kallistuminen. Tuki pitää lavan samansuuntaisena auton ja muun laitteen kanssa. Kippauslavantuki ei ole lavaan kosketuksissa ajon tai esimerkiksi päällevedon aikana, vaan tällöin kuorma on apurungon lavantukien sekä koukun ja takarullien varassa. Optimaalisissa olosuhteissa kippauslavantuella ei teoriassa ole tarvetta, mutta lavan ollessa epätasaisesti lastattu tai koko auton ollessa kaltevalla tasolla on lavan kallistumisen riski suurempi.

Lavantukien tarpeeseen vaikuttaa myös asiakkaiden odotukset ja toiveet. Toisten valmistajien laitteista löytyy vastaavia kippauslavantukia, ja näitä laitteita käyttäneitä asiakkaita saattaa arveluttaa sellaisiin laitteisiin siirtyminen, joissa näitä tukia ei ole. Kippaustukien lisääminen helpottaa uusien asiakkaiden siirtymistä muista kippaustuellisista laitteista Multiliftin laitteisiin.

Työn tavoitteena on saada toimiva prototyyppi, jonka pohjalta yritys voi kehittää markkinakelpoisen tuotteen.

2 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehitys on erittäin tärkeä tekijä yrityksen menestymisen kannalta. Ilman tuotekehitystä tuotteet ja sen myötä koko yritys jämähtävät paikalleen ja menettävät kilpailukykynsä markkinoilla. Tuotekehitys kattaa sekä uusien tuotteiden suunnittelemisen että jo olemassa olevien kehittämisen. Tuotekehitys voidaan jakaa neljään vaiheeseen; prosessin aloitus, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Seuraavissa kappaleissa käsitellään tuotekehitysprosessin eri vaiheet. (Jokinen 2010, 9–10; Björk ym. 2014, 9)

2.1 Prosessin aloitus

Tuotekehitysprosessia käynnistäessä arvioidaan projektin merkitystä ja vaikutusta. Jo ennen itse projektin aloittamista on arvioitava tuotekehitysprojektin kustannukset sekä siitä tulevaisuudessa saatavat tulot. Kaikkia tuotekehitysprojekteja ei ole aloitettava, vaan on tärkeää arvioida heti alussa projektin kannattavuus ja toteuttaa projekteja sen mukaan, minkä arvioidaan olevan kannattavinta yritykselle. Prosessin alussa määritellään, miksi projektia tehdään ja mikä on projektin tavoite. Vain osa käynnistämisvaiheeseen päässeistä projekteista jatkavat varsinaiseen tuotekehitykseen. (Jokinen 2010, 17–21; Björk ym. 2014, 11.)

2.2 Luonnostelu

Usein tuotekehitykseen osallistuvat henkilöt eivät ole samoja, jotka tekivät päätöksen projektin toteuttamisesta. Tämän vuoksi luonnosteluvaihe alkaa tehtävään tutustumisella ja sen analysoinnilla. Tässä vaiheessa projektin toteuttavat jäsenet tutustuvat syvällisesti projektiin ja sen tavoitteisiin. Luonnosteluvaiheen alussa määritellään suunniteltavan tuotteen vaatimukset. Useimmiten vaatimukset jaetaan välttämättömiin tarpeisiin ja toiveisiin. Vaatimuksille voidaan määrittää tärkeysjärjestys esimerkiksi antamalla kullekin vaatimukselle painoarvo, jolloin vaatimukset painoarvoineen syötetään

vaatimustaulukkoon. Vaatimustaulukkoa voidaan myöhemmin käyttää konseptien vertailuun ja parhaan vaihtoehdon löytämiseen. (Jokinen 2010, 21–89; Björk ym. 2014, 13.)

Tavoite on asetettava korkealle, jotta voidaan saavuttaa paras mahdollinen tulos. Parhaan olemassa olevan tuotteen tason tavoittelemisen ei riitä, sillä tuote, joka on tuotekehitysprosessin alussa markkinoiden paras ei prosessin lopun aikaan enää sitä välttämättä ole. (Jokinen 2010, 27.)

Valmistuskustannukset määritellään lähes kokonaan suunnitteluvaiheessa, joten on tärkeää määritellä budjetti ja pitää mielessä valintojen vaikutus kustannuksiin koko suunnitteluprosessin ajan.

Luonnosteluvaiheessa on pysyttävä avoimin mielin ja pyrkiä vastaanottamaan kaikki ideat niitä arvostelematta. Tässä vaiheessa vielä kaikkien ideoiden ei tarvitse olla käyttökelpoisia. Ideointivaiheessa on hyvä antaa ajatusten kulkea epärealistisienkin ideoiden kautta, sillä odottamattomista ideoista saattaa löytyä hyviä ratkaisuja, joita ei järjestelmällistä ajattelua noudattaen tulisi mieleen. Ideoinnin aikana on myös hyvä unohtaa olemassa olevat ratkaisut, ja ajatella tuotetta sen käyttötarkoituksen kautta. Kun etsitään kaikki mahdolliset ratkaisumenetelmät, jotka käyttötarkoituksen täyttäisivät, saattaa tulla vastaan aivan uusia aiemmista ratkaisuista kokonaan poikkeavia ideoita. Käyttötarkoitus voidaan myös jakaa osatoimintoihin ja etsiä jokaiselle toiminnolle oma ratkaisunsa, joita yhdistämällä saadaan aivan uusi ratkaisukokonaisuus. . (Jokinen 2010, 21–89; Björk ym. 2014, 13–14.)

Yhtä parasta ratkaisua ei varmuudella pystytä usein löytämään, sillä hyvin harvoin voidaan määritellä yksi kriteeri, jolla yksiselitteisesti arvioida tuotteen hyvyttä. Sen sijaan tuote koostuu eri ominaisuuksista, ja eri ihmiset arvostavat tuotteissa eri ominaisuuksia. On suunnittelijan tehtävä pyrkiä päättämään, mitkä asiat tuotteessa ovat valtaosalle kuluttajista tärkeimpiä. (Jokinen 2010, 155.)

Luonnosteluvaiheen loppupuolella on valmiina useampi luonnos eri ratkaisuvaihtoehdoista. Kaikki ratkaisuvaihtoehdot voidaan syöttää karkean

arvostelun taulukkoon, johon listataan aiemmin määritellyt vaatimukset ja kutakin vaihtoehtoa arvostellaan kunkin vaatimuksen suhteen hyväksi tai huonoksi. Tämän tarkempaa analyysiä ei ole tarpeen tehdä kaikille konsepteille, vaan karkean arvostelun tavoite on karsia vaihtoehtoista sellaiset ratkaisut, jotka selkeästi alittavat joidenkin vaatimusten raja-arvot. Karkean arvostelun jälkeen saadaan useimmiten kaksi tai kolme toteutuskelpoiselta vaikuttavaa vaihtoehtoa, joiden arvosteluun voidaan käyttää enemmän aikaa. Tarkemmassa vaatimustaulukossa vaatimuksille on asetettu painoarvot ja jokaiselle vaihtoehdolle annetaan jokaisen vaatimuksen suhteen pisteet, jotka painotetaan vaatimusten painoarvojen mukaisesti. Näin voidaan varmistua siitä, ettei epäolennaisten vaatimusten täytyminen mene tärkeimpien kriteerien edelle. (Jokinen 2010, 75–80.)

Vaatimustaulukoiden käytön jälkeen voidaan valita vertailujen perusteella paras vaihtoehto, jota lähdetään kehittämään eteenpäin toimivaksi tuotteeksi.

Tarkempia yksityiskohtia ei luonnosteluvaiheen aikana ole vielä päätetty, eikä valmistuspiirustukseksi kelpaavia tarkkoja dokumentteja tehty. Konseptit ovat luonnosvaiheen lopussa vielä periaatteellisia. (Jokinen 2010, 89.)

2.3 Kehittely

Kehittelyvaiheen alussa on vielä hyvä palata luonnosteluvaiheessa määritelyihin vaatimuksiin. Kehittelyvaihe alkaa mittakaavaan laaditun konstruktion tekemisellä, ja tässä vaiheessa on otettava huomioon ne tekniset ja taloudelliset kriteerit, joita luonnosteluvaiheessa ei vielä ollut tarvetta ottaa täysin huomioon. Periaatteellinen konsepti suunnitellaan toimivaksi tuotteeksi. Suunnittelun tulos arvostellaan kriteerien mukaan ja etsitään mahdolliset heikot kohdat, joita seuraavassa vaiheessa parannellaan. Parannellun tuotteen heikot kohdat jälleen etsitään ja niitä tarpeen mukaan korjataan, kunnes lopputulos todetaan riittävän hyväksi. Näitä parantelukierroksia saattaa olla useita, ja parantelukierrosten yhteydessä jokin heikko kohta saatetaan jopa todeta niin vaikeasti ratkaistavaksi, että luonnos hylätään ja toteutettavaksi valitaan toinen luonnos. Hyväksytty tuote jatkaa yksityiskohtien optimointivaiheeseen, jossa

haetaan vielä yksityiskohtia jotka voisivat merkittävästi lisätä tuotteen arvoa. Tuotteen luotettavuutta, ympäristövaikutuksia ja tapaturma-alttiutta tarkastellaan kunnes voidaan todeta tuote täysin toteutuskelpoiseksi. . (Jokinen 2010, 89–91; Björk ym. 2014, 14.)

2.4 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa päätetään mistä raaka-aineista ja miten suunniteltu tuote valmistetaan, ja kehitetään valmistusta varten riittävät valmistuspiirustukset. Tässä vaiheessa myös kehitetään tarvittavat käyttö- ja huolto-ohjeet ja muut dokumentit, joita tuotteen valmistamisen ja käytön aikana tarvitaan. (Björk ym. 2014, 13–15.)

Sarjatuotantoon päätyvistä tuotteista sekä halvoista laitteista voidaan tehdä prototyyppi. Kalliimmista laitteista prototyypin tekeminen olisi kohtuuttoman kallista, mutta viimeistelyvaiheessa saatetaan tehdä pienoismalleja tai hankkia prototyyppijä vain laitteen kriittisimmistä osista. (Jokinen 2010, 96)

Jos tuotteesta tehdään prototyyppi, suunnitteluprosessi ei todennäköisesti lopu siihen, vaan prototyypin avulla voidaan tehdä testejä ja analyysyjä, joiden tulosten pohjalta voidaan kehittää tuotetta vielä lisää ennen lopullisen tuotantopäätöksen tekemistä. Prototyyppijä saatetaan tehdä myös jo luonnosvaiheessa. (Jokinen 2010, 96, 98–99.)

Tuotekehitystyö ei tule päätökseen tuotteen tuotannon alkaessa, vaan kilpailukyvyyn ylläpitämiseksi on tuotetta jatkuvasti kehitettävä lisää. Vuosien mittaan tuotteessa saattaa ilmetä vikoja ja käyttöhäiriöitä ja siitä voidaan saada palautetta asiakkailta, ja näistä on tärkeää pitää tilastoja. Ilmenneitä ongelmia ja palautteita voidaan nyt suunnitellun tuotteen kehittämisen lisäksi käyttää hyödyksi myös tulevaisuudessa vastaavien uusien tuotteiden suunnittelussa. (Jokinen 2010, 99.)

3 Lavantukien suunnitteluprosessin lähtökohdat

Multiliftin koukkulaitteissa on aiemmin ollut nyt suunniteltavaa tukea vastaava kippauslavantuki saatavilla vain vanhemmalle T-laitteelle, eikä se ollut usein käytössä. Enemmän käytetyille S- ja Z-laitteille ei vastaavaa tukea oltu suunniteltu aiemmin ollenkaan. Tässä lopputyössä suunniteltiin lavantuki laitteen Ultima 21S kaikille laitepituuksille.

3.1 Vaatimukset ja rajoitteet

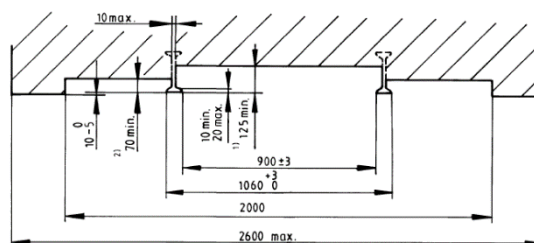
Uusissa lavantuissa käytetyt materiaalit määräytyvät koukkulaitteissa jo käytössä olevien materiaalien mukaan. Uusia materiaaleja projektissa ei harkita, vaan käytössä olevista materiaaleista tiedetään jo valmiiksi löytyvän myös tähän käyttötarkoitukseen sopiva materiaali. Valmistusmenetelmä rajoitetaan vastaavasti niihin menetelmiin, joita jo olemassa olevat toimittajat pystyvät tuottamaan. Kustannussyistä tavoitellaan mallia, jonka valmistukseen sisältyy mahdollisimman vähän hitsausta.

Fyysistä tuotetta suunnitellessa on otettava huomioon myös tuotteen käyttöympäristön asettamat fyysiset rajoitteet. Samojen lavantukien on sovittava kaikkiin erikokoisiin koukkulaitteisiin, joissa niitä tullaan käyttämään. Tämän vuoksi on tutkittava, miten paljon tilaa missäkin laitteessa lavantuille on. Tutkimus tehtiin avaamalla kaikki Ultima 21S laitteiden (G 46-63) mallit päällekkäin, ja luomalla uusi 3D malli siitä tyhjästä tilasta, joka lavantukien paikalle jäi. Tästä tilasta vähentämällä vielä 1-2cm välykset voidaan olla teoriassa varmoja siitä, että tämän laatikon sisäpuolella pysyvät lavantuet eivät aiheuta törmäyksiä missään tutkimukseen sisältyneissä laitteissa.

Lavantuen alle jäävän välirungon kyljen pinta-alan olisi hyvä olla mahdollisimman suuri, sillä se auttaa vakauttamaan tuen. Erityisesti pystysuunnassa tuen on tukeuduttava runkoon mahdollisimman paljon.

Lavastandardit määrittelevät lavantukien vaaditut mitat. Lavantukien on sovittava lavajuoksujen väliin niin, että tuen rungon päätyihin asennettavat tukiakselit tai vastaavat palat osuisivat lavajuoksun pohjaan ja näin tukisivat lavaa. Prototyypivaiheen mallit mitoitettiin vain SFS 4417 -standardia silmällä pitäen, sillä prototyyppiä käytetään HIAB:in omilla SFS-standardin mukaisilla testilaitteilla. Lopullisessa tuotantoon vietävässä mallissa otetaan huomioon kaikissa niissä maissa käytössä olevat standardit, joihin laitteita toimitetaan.

SFS 4417 –standardin mukaisen lavan lavajuoksujen etäisyys toisistaan on 900 ± 3 mm, ja niiden ulkomitta $1060 +3/-0$ mm (Kuva 3) joten lavantuen lavajuoksujen väliin jäävän osan on oltava leveydeltään korkeintaan 895 mm.



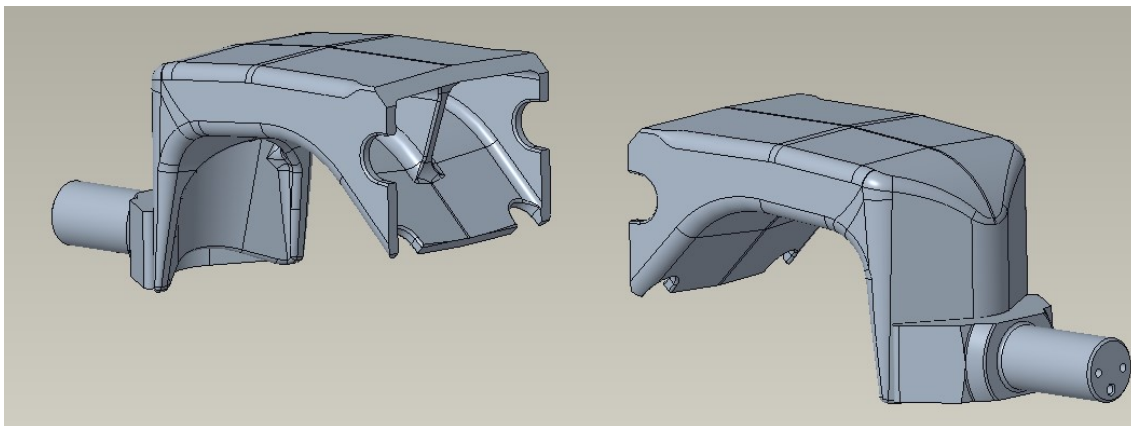
Kuva 3. Lavan pohjan mitat SFS 4417 mukaan

3.2 Nykyiset ratkaisut

Jotta vältetään pyörän keksimiseltä uudelleen, on tärkeää tutkia, minkälaisia vastaavia tuotteita on jo olemassa HIAB:lla sekä muilla valmistajilla.

HIAB:lla olemassa oleva vastaava tuote koostuu kahdesta kummallekin puolelle välirunkoa hitsattavasta tuesta. Kummankin puolen tuet puolestaan koostuvat kahdesta toisiinsa kiinni hitsattavasta osasta, jotka valmistetaan valumenetelmällä. Nämä osat ovat välirunkoon hitsattava lavantuen ”runko” sekä tähän kiinni asennettava akseli (Kuva 4). Akselin asennuskorkeutta on pystyttävä vaihtelevaan eri laitteiden välillä sen mukaan, minkä maan

standardien mukaisia lavoja laitteella tullaan käsittelemään. Tämän vuoksi tuki ja akseli ovat erilliset osat, ja näin on oltava myös uudessa konseptissa.



Kuva 4. T-laitteen kippauslavan tuki

Kilpailijoiden tuotteiden tutkiminen rajoittui pääasiassa kilpailijoiden laitteiden kuvien tarkasteluun. Lavantuet ovat suhteellisen näkyvällä paikalla oleva osa, jonka rakennetta on jopa koko koukkulaitteen kattavista tuotekuvista mahdollista tutkia. Tuen käyttötarkoituksesta ei silti kuvan perusteella voida olla täysin varmoja, sillä myös lavaa sivusuunnassa ohjaavat ulokkeet saattavat näyttää kuvassa hyvinkin samalta kuin kippauslavan tuet. Tällaisten ohjurien tehtävä onkin siis vain varmistaa lavan osuminen suoraan koukkulaitteen päälle, eikä niinkään tukea lavaa missään tilanteessa. Joka tapauksessa kilpailijoiden tuotteiden kuvien tutkiminen toimi hyvänä inspiraation lähteenä tukien muotoa ja rakennetta ideoidessa.

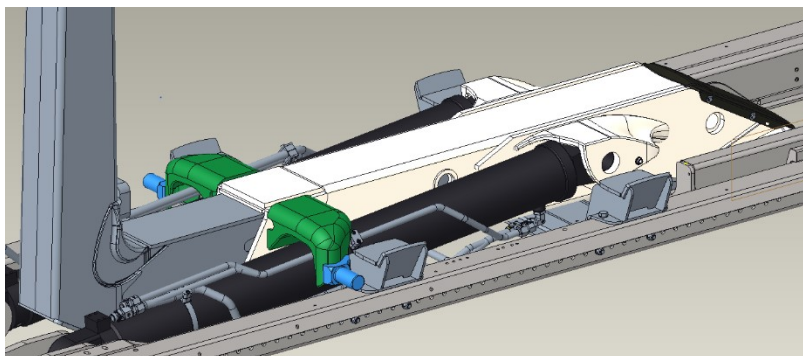
4 Lavantukikonseptit

Useammasta ideasta lopulta jäi käteen kaksi toteutuskelpoista versiota, joista kehitetään prototyyppivaiheen valmistuspiirustukset ja pyydetään kustannusarviota ja kommentteja mahdollisilta osien toimittajilta. Vain yhdestä versiosta tilataan fyysinen prototyyppi.

4.1 Tuen runko - vaihtoehto 1

Ensimmäinen vaihtoehto, josta tästä eteenpäin puhutaan "valuversiona", on kaksi erillistä uutta osaa kummallekin puolelle välirunkoa. Vanhat T-laitteen kippauslavantuet olivat tällä periaatteella asennettavat valumenetelmällä valmistetut osat, joihin hitsataan päätyihin varsinainen tukiosa, joka on levystä koneistettu akseli. Tämä versio suunniteltiin niin, että lähtökohtana pidettiin olemassa olevia vanhoja tukia, joita muokattiin tarpeen mukaan S-laitteisiin sopivaksi. S-laitteessa apurunkoon asennettavat lavaa ajon aikana tukevat lavantuet ovat lähellä välirungon suuaukkoa niin, että T-laitteen kippauslavantukien kanssa tässä tuli suuria törmäyksiä. Olemassa olevien lavantukien kiertäminen olikin suurin haaste uusien kippauslavantukien suunnittelussa.

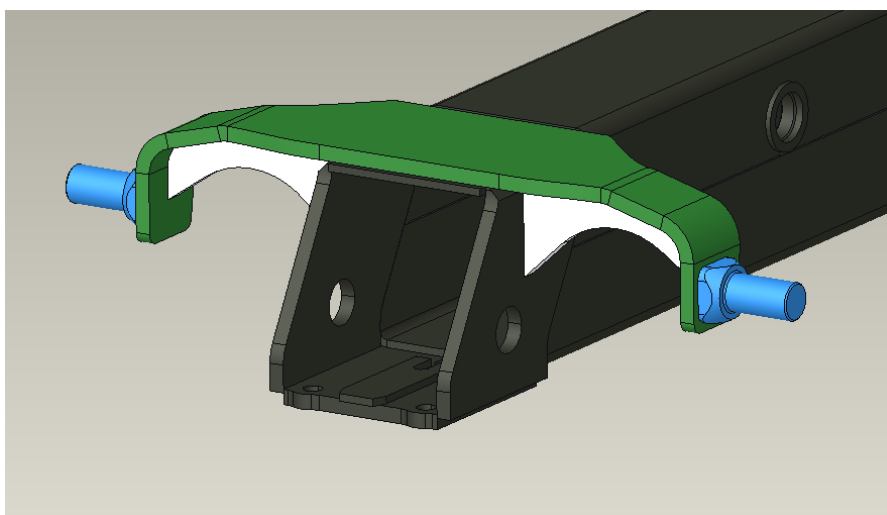
Kuvassa 5 havainnollistetaan koukkulaitteen rakennetta välirungon alueelta. Välirunko on kuvassa erottuakseen muutettu valkoiseksi, kippauslavantuen runko vihreäksi ja tuen runkoon hitsattavat akselit siniseksi.



Kuva 5. Koukkulaite, jonka välirunko ja tuet korostettu kuvassa väreillä

4.2 Tuen runko - vaihtoehto 2

Toinen vaihtoehto, eli ns. "levyversio", on olemassa olevaan välirungon rakenteeseen integroitu päällilevyn vaihto. Tässä versiossa välirungon suuaukon yläpuolella oleva levy korvattaisiin välirungon yli jatkuvalla levyllä, jonka kummassakin päässä on lavaa varsinaisesti tukeva akseli tai muu tukiosa. Tässä koko välirungon rakennetta on muokattava ja lavantuki tilattava osana kokonaista välirunkokokoonpanoa. Levyn alapuolelle on suunniteltava vahvikkeet, ja tässä päädyttiin yksinkertaisiin levyihin, jotka kiertävät kaarellaan pääsylinderin sekä sen ympärillä kulkevat putket. Kuvassa 6 näkyy välirunkoon asennettu levyversio, jonka osat ovat värien avulla korostettu erottuakseen kuvasta. Kuvassa tukeen on asennettu akselit, joihin voidaan tarpeen mukaan asentaa rullat vaakasiirronkevennystä varten.

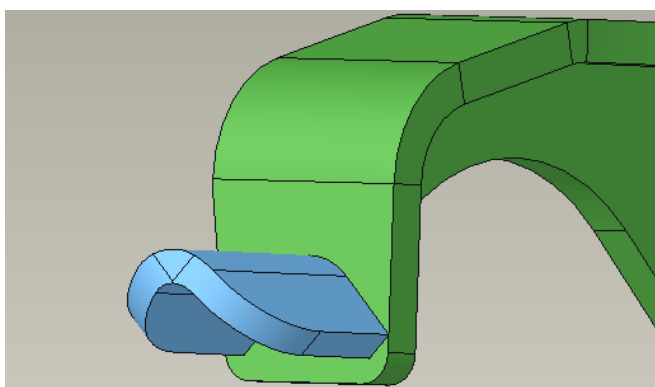


Kuva 6. Tuen rungon levyversio ja akselituet

Sekä kustannus- että kestävyysnäkökulmasta voisi olla hyötyä mallista, joka asennettaisiin yhtenä kappaleena välirungon yli, sen sijaan että kummallakin puolella välirunkoa on oma osansa. Välirungon yli asennettava kappale on myös helpompi asentaa, kuin välirungon kylkiin hitsattavat erilliset kappaleet.

4.3 Tukiosan suunnittelu

Varsinainen lavajuoksua tukeva kappale oli myös suunniteltava uudelleen, sillä vanhan tuen akseliosa ei ollut näiden uusien mallien kanssa yhteensopiva. Tukiosa voi olla akseli, johon voidaan niihin laitteisiin lisätä rulla, joissa se on vaakasiirronkevennyksen toiminnan vuoksi tarpeen. Toinen vaihtoehto on tehdä kaksi täysin erillistä tukivaihtoehtoa, joista toinen on rullallinen akseli ja toinen esimerkiksi kantattu levy. Levytukea voitaisiin käyttää, kun vaakasiirronkevennys ei ole tarpeellinen. Näistä kahdesta levytuki olisi todennäköisesti halvempi vaihtoehto, mutta jos akselin asentaisi kaikkiin laitteisiin, saattaisi se volyymin suuruuden johdosta tulla lopulta halvemmaksi, kuin kahden erilaisen version hankkiminen ja ylläpitäminen. Kuvissa 5 ja 6 on akselituki valu- sekä levyversioon korostettu sinisellä. Kuvassa 7 näkyy sinisenä levystä kantattu yksinkertaisempi tuki.



Kuva 7. Levytuki

Vanhan version tukiosa oli levystä koneistettu akseli, jonka pohjalta pystyttiin suunnittelemaan uudelle valumallille vastaava akseli muokkaamalla ainoastaan asennuskohtaa uuteen tuen rungon malliin sopivaksi. Aiemmassa versiossa tukiakseli hitsattiin kiinni tuen runkoon ja samaa menetelmää päätettiin jatkaa tässä.

Levyversioon ei aiemman kaltainen levystä koneistettu akseli sovi, sillä akselin ja tuen välistä kosketuspinta-alaa ei ole mahdollista saada kestävyyskannalta riittävän suureksi tuen rungon muodon vuoksi. Levyversiossa tukiosan

pulttaamista tuen runkoon harkittiin, mutta lopulta idea hylättiin. Tukiosa oli tilarajoitusten puitteissa haastavaa saada niin suureksi, että siihen olisi mahtunut mielellään neljä reikää pultteja varten. Lisäksi kokeneemmat suunnittelijat osasivat toimittajalta kysymättäkin sanoa, että tämän osan todennäköinen toimittaja veloittaisi nimenomaan pultattavaan versioon vaadituista yksityiskohdista kohtuuttoman paljon. Näin päädyttiin myös levyversiota suunnitellessa lopulta hitsaamaan tukiosa tuen runkoon kiinni. Levyversioon suunniteltiin akselin lisäksi toinen, levystä valmistettava tukivaihtoehto. Toista tukiosaa harkitaan akselin vaihtoehdoksi niihin laitteisiin, joissa ei vaakasiirronkevennystä ole. Lopullinen päätös vaihtoehdon kohtalosta riippuu toimittajan kommenteista sekä kustannusarvioista.

5 Projektin viimeistely

5.1 Suunnitteluprosessin viimeistely

Tukien rakenteen ollessa valmis siirrytään suunnittelemaan tukia valmistuskelpoisiksi tuotteiksi. 3D-malleista tehtiin valmistuspiirustukset, joista ilmenee tarvittavat mitat. Lopulliset päätökset tukien asennusmenetelmien suhteen tehtiin ja asennusta varten tarvittavat yksityiskohdat, kuten hitsien viisteet lisättiin malleihin. Asennukseen vaadittujen hitsien kokoa ja muotoa arvioitiin ja hitsausmerkit lisättiin valmistuspiirustuksiin.

5.2 Kustannusarviot

Valmistuspiirustukset lähetettiin osien mahdollisille valmistajille kommentoitavaksi. Valmistajat antavat arvionsa osien valmistuskustannuksista, sekä antavat palautetta osan valmistettavuudesta ottaen huomioon valmistajalla saatavilla olevat työkalut.

Uuden valuosan muottikustannus on arviolta 2000 – 3000 €. Vanhojen tukien valuosan yksikköhinta löytyy tuotetietokannasta, ja uuden osan hinta-arvio voidaan olettaa karkeasti samalle tasolle tämän kanssa, sillä osat vastaavat toisiaan melko tarkasti kokonsa puolesta. Levyversion hinta voidaan laskea aiemman välirungon päällilevyn kilohinnan mukaan ja lisätä tulokseen arvio uuteen malliin lisättyjen koneistusten ja hitsien hinnasta. Tehtyjen arvioiden perusteella levyversion valmistus on noin 24% valuversiota edullisempaa.

6 Loppupohdintaa

Monesti tämä lopputyö tuntui tekemisen aikana ylittävän omat taitoni eikä lopputulos ollut kaikilta osin toivomani lainen, mutta viisautta on myös osata tyytyä työn tulokseen siinä vaiheessa, kun on parhaansa tehnyt. Toisaalta myös kehitystä tapahtui pelkästään tämän työn aikana huikean paljon, ja huomasin jo työn loppuvaiheilla asioita, joita työn alussa olisin nyt viisaampana tehnyt paremmin.

Kehitetystä ratkaisusta ei vielä työn aikana ehditty saamaan fyysistä prototyyppiä, ja todennäköisesti käytännössä testatessa ja laitetta käyttäessä löytyy tuista vielä paranneltavaa. Lavantuet eivät ole tässä vaiheessa vielä valmiit massatuotantoon, mutta lopputyön tulokset ovat toimeksiantajalle hyvä pohja, josta voidaan jatkossa kehittää markkinakelpoinen laite tukineen.

Tämän työn puitteissa ei tukien analysointia mallinnusohjelman ulkopuolella juurikaan tehty, ja tulevaisuudessa olisikin kannattavaa vielä simulaatioiden avulla optimoida tukien rakennetta. Materiaalivalintaan voidaan syventyä tarkemmin, jotta löydetään sekä valmistajan että tukien rakenteen kannalta parhaat materiaalit. Lisäksi valmistusteknisellä optimoinnilla voidaan pyrkiä saamaan tuet vastaamaan valmistajan prosesseja ja laitteita.

Lähteet

Björk, T.; Hautala, P.; Huhtala, K.; Kivioja, S.; Kleimola, M.; Lavi, M.; Martikka, H.; Miettinen, J.; Ranta, A.; Rinkinen, J. & Salonen, P. 2014. Koneenosien suunnittelu. 6., uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy

Business Finland, 2021. Vauhtia vihreään siirtymään – Metalli- ja terästalous uudistuu tutkimuksen kautta kestävästi. Viitattu 26.6.2023

<https://www.businessfinland.fi/ajankohtaista/uutiset/tiedotteet/2021/vauhtia-vihreaan-siirtymaan--metalli-ja-terasteollisuus-uudistuu-tutkimuksen-kautta-kestavasti>

Cargotec, n.d. Cargotec story and history. Viitattu 26.6.2023

<https://www.cargotec.com/en/about-Cargotec/our-story-and-history/history/>

Dimecc, 2023. FOSSA-hankkeessa kehitetään fossiilivapaita terästuotteita.

Viitattu 26.6.2023. <https://www.dimecc.com/fossa-hankkeessa-kehitetaan-fossiilivapaita-terastuotteita/>

HIAB, n.d. Multilift Hooklift Product finder. Viitattu 8.8.2023.

<https://www.hiab.com/en/product-finder/demountables/multilift>

Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. Kirjan sähköinen versio. 6. painos. Aalto-

yliopisto. Viitattu 8.8.2023 <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>