



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jaakko Hulkki

W31-MOOTTORIN
SYLINTERIKANSIEN
SUOJALUUKKIJEN ONGELMIEN
MÄÄRITTÄMINEN JA
PARANNELLUN RAKENTEEN
KEHITTÄMINEN

Tekniikka
2017

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jaakko Hulkki
Opinnäytetyön nimi	W31-moottorin sylinterikansien suojaluukkujen ongelmien määrittäminen ja parannellun rakenteen kehittäminen
Vuosi	2017
Kieli	suomi
Sivumäärä	79
Ohjaaja	Juha Hantula

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilän Vaasan tehtaalla R&D (Research and Development) osastolla 2017. Opinnäytetyön aiheena oli Wärtsilän W31-moottorin sylinterikansien suojaluukkujen ongelmakohtien määrittäminen ja parannellun rakenteen kehittäminen. Tarkoituksena oli kehittää NX-mallinnusohjelmaa käyttäen 3-5 konseptia luukkujen ongelmakohtien poistamiseksi. Toimivin konsepti valittiin jatkokokehitykseen.

Alkuperäinen sylinterikansien suojaluukkurakenne koostui ylä- ja sivuluukuista, sekä luukkuja tukevasta tukirunkorakenteesta. Työ rajattiin näihin kolmeen kokonpanoon, sekä ympärillä oleviin luukkujen toimintaan vaikuttaviin osiin. Työ aloitettiin haastattelemalla asentajia ja luukkujen kanssa tekemisissä olevia suunnittelijoita. Lisäksi luukkujen asennusta testattiin ja ongelmakohdat kuvattiin. Työ piti sisällään ongelmakohtien kartoitusta ja dokumentointia, konseptointia, 3D-mallinnusta, sekä erilaisten kiinnitysmekanismien suunnittelua.

Pääasiallisia ongelmakohtien aiheuttajia olivat luukkujen tukirungon kaareva muoto ja moniosainen rakenne, sekä suojaluukkujen kiinnityskulmien aste-erot. Eri osastoilla oli myös erilaiset näkemykset luukkujen olennaisimmista ongelmakohtista. Kuljetuspuoli kiinnitti huomiota luukkujen runkoon, joka joudutaan osittain purkamaan ennen moottorin nostoa. Asennuspuolella huomio kiinnittyi enemmän luukkujen käytettävyyteen. Moottorin päätyjen muodot asettivat rajoitteita luukkujen ulkoisille muutoksille.

Lopputuloksena päädyttiin konseptiin, joka vaikuttaa eniten luukkujen käytettävyyteen. Valitussa konseptissa luukkujen tukirungon rakenne suoristettiin, luukkujen kiinnityskulmat muutettiin samansuuntaisiksi ja alemman luukun yläkiinnityksen tekniikka muutettiin. Valitusta konseptista valmistetaan testiosat koeajoa varten.

ABSTRACT

Author	Jaakko Hulkki
Title	Define the problems of the W31 engine cylinder heads covers and create a developed structure
Year	2017
Language	Finnish
Pages	79
Name of Supervisor	Juha Hantula

This thesis was made at Wärtsiläs Vaasa factory at the R&D (Research and Development) department in 2017. The topic of the thesis was to determine and solve the problem areas of protective covers of the Wärtsilä W31 engine cylinder heads and after that create an improved structure of covers. The purpose was to develop 3-5 concepts that resolve the problem areas. The concepts were created with the NX modeling program. The best concept was chosen for further development.

The original protective covers of cylinder heads consisted of the top and side covers and the support body of covers. The work was limited to these three assemblies and surrounding parts which affect the use of covers. The work began by interviewing assembly staff and designers who are dealing with covers. In addition, we were experimenting with the installation of the covers and took pictures of problem areas. The work consisted of determining and documenting of problem areas, concepts creating, 3D modelling and designing of locking mechanism.

The main source of problems was the curved profile of the cover support body, the multi-segment structure of the support body and the differences in the locking angle degrees of the covers. Various departments had also different views of the problem areas of covers. The assembly unit paid attention to the usability while the transportation department paid more attention to the support body which must be partly dismantled before lifting the engine. Both sides of engine ends set constraints on the shape of the outer surface of the cover.

In conclusion, it was decided to choose the concept which improves the usability of the covers. In the selected concept, the curved shape of the support body was removed, the locking angle degrees of covers converted to parallel and the upper locking technique of the side cover changed. The test parts were manufactured based on the selected concept for the test drive.

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

3D-malli	Kolmiulotteinen tietokoneella luotu malli
2D	Kaksiulotteinen
Piirustus	2D-dokumentti, joka sisältää tarvittavat tiedot osan valmistukseen
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu
PAAF	Wärtsilän tapa nimetä CAD-mallinnusohjelmalla luotuja 3D-malleja
DAAF	Wärtsilän tapa nimetä CAD-mallinnusohjelmalla luotuja piirustuksia
Teamcenter	Tietokoneohjelma, jolla tallennetaan ja hallitaan 3D-malleja ja piirustuksia
NX	Siemensin valmistama CAD-ohjelma, jolla voidaan luoda 3D-malleja
Konsepti	Kuvaus tuotteen mahdollisesta ennakkosuunnitelmasta jatkokehitykseen, missä kuvataan tuotteen ulkomuoto, toimintamekanismi ja oleellimmat yksityiskohdat
Osa	CAD-ohjelmalla luotu 3D-malli valmistettavasta kappaleesta
Kokoonpano	Useista osista koostuva osakokonaisuus
Rattitatti	Kierretangosta ja nupista rakennettu kiinnitysosa, joka toimii ruuvin tavoin, mutta sitä voidaan käyttää ilman työkaluja pelkin käsin

Terry Clip

Levyjousi, jonka profiili mahdollistaa sen, että siihen voidaan kiinnittää sylinterimäisiä osia. Terry alkuosa juontaa juurensa alkuperäisen valmistajan nimestä Hebert Terry & Sons Limited /1/

Kumitatti

Kartioprofiilinen kumipuskin

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	11
2	WÄRTSILÄ	12
3	TUOTEKEHITYS JA KONSEPTOINTI.....	14
	3.1 Tiedonkeruu	15
	3.2 Tuotekonseptien ideointi.....	16
	3.3 Tuotekonseptien valinta	16
	3.4 Konseptien testaus	17
4	LÄHTÖTILANNE JA ONGELMIEN KUVAUS	18
	4.1 Nykyinen suojaluukkurakenne.....	18
	4.2 Yläluukku.....	18
	4.2.1 Runkorakenteet	20
	4.2.2 Sivupaneelit.....	21
	4.2.3 Ulkopelti.....	21
	4.2.4 Alapelti.....	21
	4.2.5 Kieli.....	21
	4.2.6 Alumiinikiinnike	21
	4.2.7 Nostokahvat	22
	4.2.8 Tiivistekumilaatta.....	22
	4.3 Sivuluukku	22
	4.3.1 Runkorakenteet	23
	4.3.2 Sivupaneelit.....	23
	4.3.3 Ulkopelti.....	24
	4.3.4 Alapelti.....	24
	4.3.5 Kumiitiviste.....	24
	4.3.6 Kunitatti	24
	4.3.7 Kunitatin tukipalat.....	24
	4.4 Luukkujen tukirunkorakenne	25

4.4.1	Rungon alapala.....	26
4.4.2	Rungon kulmapala	26
4.4.3	Rungon yläpala.....	27
4.4.4	Kokoonpainuva välilevy	27
4.4.5	Tukirungon yläpalan ja eristelaatikon välinen tuki.....	28
4.4.6	Paneelikokoonpano	28
4.4.7	Välilevy	28
4.4.8	Ympärillä olevat rakenteet	28
4.4.9	Luukkujen kiinnitys ja avaus	30
4.4.10	Sivuluukun kiinnitys ja avaus	30
4.4.11	Yläluukun kiinnitys ja avaus.....	31
4.5	Nykyisen suojaluukkurakenteen ongelmakohdat	31
4.5.1	Sivuluukun ongelmakohdat.....	31
4.5.2	Yläluukun ongelmakohdat	32
4.5.3	Luukkujen tukirungon ongelmakohdat	33
5	KONSEPTIT JA KIINNITYSRATKAISUT	35
5.1	Mahdolliset kiinnitysratkaisut.....	35
5.1.1	Epäkeskolukitus	36
5.1.2	Puristava levyjousi yläluukun sivupaneelin lukitukseen	36
5.1.3	Jousikielilukitus	39
5.1.4	Yläluukun kielen siirto yläluukun sivupaneeliin.....	39
5.1.5	Salpalukitus	40
5.1.6	Lukitusmekanismin rakentaminen rungon sisään	41
5.2	Konsepti 1, kaasujousiluukku	43
5.2.1	Hyvät puolet, kaasujousiluukku	45
5.2.2	Huonot puolet, kaasujousiluukku.....	46
5.3	Konsepti 2, yhtenäinen luukku	46
5.3.1	Hyvät puolet, yhtenäinen luukku	48
5.3.2	Huonot puolet, yhtenäinen luukku	49
5.4	Konsepti 3, yhtenäinen luukku kahdella saranalla.....	49
5.4.1	Hyvät puolet, yhtenäinen luukku kahdella saranalla.....	50
5.4.2	Huonot puolet, yhtenäinen luukku kahdella saranalla	51

5.5	Konsepti 4, pienet korjaukset.....	51
5.5.1	Hyvät puolet, pienet korjaukset.....	51
5.5.2	Huonot puolet, pienet korjaukset	52
5.6	Konsepti 5, tukirungon suoristaminen	52
5.6.1	Hyvät puolet, tukirungon suoristaminen	53
5.6.2	Huonot puolet, tukirungon suoristaminen.....	53
6	KONSEPTIEN VALINTA.....	54
7	JATKOKEHITYKSEEN VALITTU KONSEPTI	58
7.1	Sivuluukun kumitatin kääntö	58
7.1.1	Hyvät puolet, kumitatin kääntö	59
7.1.2	Huonot puolet, kumitatin kääntö.....	59
7.2	Terry Clip.....	60
7.2.1	Hyvät puolet, Terry Clip	60
7.2.2	Huonot puolet, Terry Clip	61
7.2.3	Terry Clip -levyjousen irrotusvoiman laskenta.....	61
7.3	Rattitatti.....	66
7.3.1	Hyvät puolet, rattitatti	66
7.3.2	Huonot puolet, rattitatti	66
7.4	Suoran tukirungon sivuluukku.....	67
7.5	Suoran tukirungon yläluukku.....	68
7.6	Suora tukirunko.....	71
7.7	Ympärillä olevat rakenteet	72
8	LUUKKUIEN KAVENTAMINEN	74
9	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	76
10	JATKOKEHITYS	77
	LÄHTEET.....	79

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Nykyinen yläluukku.	20
Kuva 2. Yläluukun alumiinikiinnike.	22
Kuva 3. Nykyinen sivuluukku.	23
Kuva 4. Nykyinen luukkujen tukirunkorakenne.	26
Kuva 5. Nykyisten luukkujen tukirungon kulmapala.	27
Kuva 6. Suojaluukkujen ympärillä olevat peltisuojakokoonpanot.	29
Kuva 7. Nykyiset lohkolta lähtevät tuet ja astinlauta yhdelle sivuluukulle.	30
Kuva 8. Nykyisen sivuluukun kiinnityspisteiden aste-ero.	32
Kuva 9. Epäkeskolukituksen kiinnitysidea.	36
Kuva 10. Puristava jousi yläluukun sivupaneelin lukitsemiseen.	38
Kuva 11. Sivuluukun jousikielilukitus.	39
Kuva 12. Yläluukun kielen siirto yläluukun sivupaneeliin.	40
Kuva 13. Sivuluukun salpalukitus.	41
Kuva 14. Luukkujen lukitusmekanismi luukkujen tukirungon sisällä.	43
Kuva 15. Kaasujousiluukku.	45
Kuva 16. Yhtenäinen luukku.	48
Kuva 17. 2 saranaa nykyisissä luukuissa.	50
Kuva 18. Yhtenäinen luukku kahdella saranalla.	50
Kuva 19. Tukirungon suoristaminen.	53
Kuva 20. Kiinnityskonsepti, kumitatin kääntö.	59
Kuva 21. Kiinnityskonsepti, Terry Clip.	60
Kuva 22. Jousen suuaukon leveyden mitoituskohta.	63
Kuva 23. Jousen kiinnityspisteen ja suuaukon välisen pituuden mitoituskohta.	63
Kuva 24. Kaavassa 4 käytetty kulma-asteen paikka.	65
Kuva 25. Kiinnityskonsepti, rattitatti.	66
Kuva 26. Sivuluukun runkorakenteen ja sivupaneelin muutokset.	68
Kuva 27. Paneelin alumiinikiinnitysten muutokset.	69
Kuva 28. Sivuluukku suoraprofiilisilla sivupaneeleilla ja alumiinikiinnikkeen muutoksilla.	70

Kuva 29. Valitun konseptin kulmapalat.	72
Kuva 30. Luukkujen suoristettu tukirunko.	72
Kuva 31. Luukkujen tukirungon kiinnityspisteiden astemuutokset.	73
Kuva 32. Väli sylinterikannen ja nykyisen suojuuukkukokoonpanon välissä.	75
Taulukko 1. Konseptien valintataulukko.	55

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee Wärtsilän W31-moottorin sylinterikansien suojaluukkujen ongelmakohtia, mahdollisia kehitysehdotuksia ja kehitettyä rakennetta. Yhtä sylinterikantta kohden on yksi yläluukku ja yksi sivuluukku. Jokaisen sylinterikannen kummallakin sivulla on luukkujen tukirunkorakenne, joka peittää luukkujen väliin jäävän tyhjän tilan ja mahdollistaa luukkujen kiinnityksen. Suojaluukkujen pääasialliset tehtävät ovat ääni- ja lämpöeristys, sekä palavien nesteiden roiskesuojaus. Lisäksi luukut luovat kaarevalla muodollaan moottorille tehokkaan ja voimakkaan visuaalisen ilmeen.

Opinnäytetyö aloitetaan määrittämällä suojaluukkujen ongelmakohdat, jotka vaikeuttavat muun muassa luukkujen käytettävyyttä. Ongelmakohtien määrittämisen jälkeen luodaan mahdollisia ratkaisuja ongelmakohtiin. Luoduista ratkaisuksista karsitaan epäkäytännöllisimmät pois. Ratkaisujen luomisen ja karsinnan jälkeen luodaan konsepteja mahdollisista suojaluukkujen muutoksista liittämällä luotuja kiinnitysratkaisuehdotuksia osaksi konsepteja. Konseptien luomisen jälkeen jatkokehitykseen valittava konsepti valitaan valintataulukon avulla, jossa pisteytetään konseptien hyvät ja huonot puolet. Eniten pisteitä saanut konsepti valitaan jatkokehitykseen ja siitä luodaan tarkemmat 3D-mallit ja piirustukset, jonka jälkeen siitä valmistetaan testiosat koeajoa varten. Lopuksi pohditaan työn tuloksia, etenemistä ja mahdollisia jatkokehitysehdotuksia.

Opinnäytetyön teemana on konseptilähtöinen tuotekehitys. Suurin osa työstä koostuu mallintamisesta, erilaisten kiinnitysmekanismien suunnittelusta ja piirustusten teosta. Opinnäytetyön lähteinä käytettiin muun muassa suojaluukkujen kanssa tekemisissä olevien ihmisten haastatteluita, erilaisten kiinnityskomponenttivalmistajien nettisivuja, sekä teknillisen piirtämisen käsikirjaa.

2 WÄRTSILÄ

Vuonna 1836 kiteeläinen Nils Ludvig Arppe osti Tohmajärven Wärtsilän kylään perustetun sahan. Arppe rakennutti 1851 Wärtsilän rautaruukin Pohjois-Karjalaan, Wärtsilän kuntaan, sahan rinnalle. Wärtsilän ruukki sai erioikeuden 1850 ja ruukin masuuni käynnistyi syyskuussa 1852. Vuonna 1861 Wärtsilän ruukilla otettiin käyttöön uusi putlaus- ja valssilaitos, johon kuului seitsemän putlausuunia, kolme hitsausuunia, kaksi höyryvoimalla toiminutta valssia ja kaksi höyryvasaraa. Arppen kuoltua joulukuussa 1861, Wärtsilän ruukki ja saha jatkoivat hänen perillistensä johdolla, jotka perustivat tätä varten osakeyhtiön. Wärtsilän tuotantolaitoksen uudistukset jatkuivat ja vuonna 1885 otettiin käyttöön Siemens-Martin uuni, jolla järvimalmista saatu harkkorauta jalostettiin teräkseksi. Tästä yhtiöstä muodostettiin vuonna 1907 Oy Wärtsilä Ab.

Wärtsilä on tänä päivänä kansainvälisesti johtava edistyksellisen teknologian ja kokokonaiselinkaariratkaisujen toimittaja merenkulku- ja energiamarkkinoilla. Wärtsilän tuotevalikoimaan kuuluvat nykyään meripuolella diesel-, kaas- ja kaksoispolttoainemoottorit, laivojen voimansiirtojärjestelmät (alennusvaihteet ja potkurijärjestelmät), sekä huoltopalvelut. Maapuolelle Wärtsilä valmistaa diesel-, kaas- ja kaksoispolttoainemoottoreita, sekä biopolttoainevoimaloita sähkön ja lämmön tuotantoon. Voimaloita toimitetaan myös kokonaistoimituksina, jolloin Wärtsilä hoitaa koko voimalaitoksen pystytyksen. Lisäksi Wärtsilä tarjoaa huoltopalveluja.

Yhtiön suurimmat tuotantoyksiköt ovat Suomessa, Vaasassa ja Italiassa, Triestessä. Lisäksi Wärtsilällä on tutkimus- ja tuotekehitysyksikkö Winterthurissa, Sveitsissä. Tuotantoa on laajennettu jatkuvasti muun muassa Kiinassa, Intiassa ja Koreassa, Aasian markkina-alueen kasvaessa. Vuonna 2016 Wärtsilän liikevaihto oli 4,8 miljardia euroa ja henkilöstömäärä noin 18 000. Yrityksellä on yli 200 toimipistettä yli 70 maassa eri puolilla maailmaa.

Wärtsilä on sitoutunut myös vahvasti tutkimukseen ja tuotekehitykseen, jonka tarkoituksena on vahvistaa Wärtsilän kilpailukykyä maailmanlaajuisilla merenkulku- ja energiamarkkinoilla, sekä voimistaa yhtiön teknologista johtotasemaa. /2-4/.

Wärtsilän Vaasan tehtaalla R&D –osastolla työskentelee lähinnä suunnittelijoita ja laskentaspesialisteja. R&D –osastolla 3D-suunniteluohjelmana on tällä hetkellä käytössä Siemens NX. 3D-mallit nimetään alkukoodilla PAAF, jonka jälkeen seuraa 6 numeroinen tunnistenumero, esimerkiksi PAAF123456. Piirustuksille luodaan piirustusnumero, jonka alle tuodaan 3D-malli, josta piirustus halutaan tehdä. Piirustukset nimetään alkukoodilla DAAF, jonka jälkeen seuraa 6 numeroinen tunnistenumero, esimerkiksi DAAF123456. Tässä opinnäytetyössä viitataan 3D-malleihin PAAF-alkutunnisteisilla numerosarjoilla. 3D-mallien, piirustusten ja muun suunnittelutyön dokumentointiin käytettiin Teamcenter-tiedonhallintaohjelmaa.

3 TUOTEKEHITYS JA KONSEPTOINTI

Tuotekehitys on toimintaa, jonka tarkoituksena on kehittää uusi tai paranneltu tuote. Tuotekehitysprosessin lähtökohtana on tarve tuotteelle, joka ratkaisee jonkin ongelman. Prosessin alussa määritellään, millaisia ongelmia pyritään ratkaisemaan, jonka jälkeen mietitään, miten ongelmat voitaisiin ratkaista. Tuotekehitysprosessin aikana huomioon otettavia näkökohtia ovat muun muassa tuotteen valmistustapa, valmistuskustannukset, sekä valmistettavaa tuotetta koskevat lait ja määräykset. Kun tuotekehitysprosessilla on selvä alku ja loppu, voidaan puhua tuotekehitysprojektista. /5-6/.

Ennen tuotekehitysprojektin aloitusta varmistetaan, että tuotekehitykselle on olemassa tarve ja tuotekehityksen tavoitteena oleva lopputuote voidaan valmistaa. Kun tuotekehitysprojektin käynnistämiseksi asetetut kriteerit ovat täyttyneet, käynnistyy itse tuotekehitysprojekti. Tuotekehitysprojektin vaiheet voidaan jakaa neljään toimintavaiheeseen, projektin käynnistykseen, luonnosteluun, kehittämiseen ja viimeistelyyn. /5/.

Tuotekehitysprojektin käynnistysvaiheessa määritellään projektin lähtökohdat, rajaus ja tavoite /6/. Tässä opinnäytetyössä tuotekehityksen tarkoituksena oli parantaa olemassa olevaa tuotetta. Tavoitteena oli tuotteen ongelma-kohtien poistaminen. Opinnäytetyössä tuotekehitys rajattiin W31-moottorin sylinterikasien suojaluukkuihin ja ympäröiviin rakenteisiin. Tuotekehitysprosessin aikataulu määrytyi opinnäytetyön keston mukaan niin, että kokonaisaika tuotekehitysprosessin läpiviennille oli noin 5 kuukautta, tammikuun alusta toukokuun loppuun. Opinnäytetyön aikataulu ei pitänyt kuitenkaan sisällään tuotekehityksen loppuvaihetta, valmiin tuotteen valmistusta opinnäytetyön aikana tehtyjen piirustusten mukaan.

Tuotekehitysprojektin luonnosteluvaiheessa perehdytään tarkemmin tuotekehityksen kohteena olevaan tuotteeseen. Opinnäytetyössä tuotekehityksen kohteena oli valmis tuote, joten opinnäytetyön tuotekehitys tapahtui olemassa olevan tuotteen

tuotekehityksen näkökulmasta. Tuotekehitysprojektin luonnosteluvaiheessa luodaan tuotekonsepteja. Tuotekonsepti on tuotteen karkea määritelmä tai kuvaus, jossa kuvataan tuotteen tärkeimmät ominaisuudet, jotka tekevät siitä erityisen. Tuotekonseptissa on tyypillisesti määritelty asiakkaan tai käyttäjän saama hyöty, sekä tuotteen toimintaperiaate ja muoto. Tuotekonsepti täsmentää suunnitteluhaasteita ja määrittelee suunnittelun päälinjat. Kehittävän konseptoinnin tavoitteena on erilaisien mahdollisuuksien konkretisointi tuotekonseptin muotoon. Kehitettäessä yksityiskohtia puhutaan esimerkiksi mekaniikka- tai muotoilukonseptista. Tässä opinnäytetyössä tällaisia mekaniikkakonsepteja ovat kiinnityskonseptit. /7/.

Kun luoduista konsepteista on valittu paras jatkokehitykseen ja siitä on valmistettu testiosat, joille on tehty koeajo, siirrytään tuotekehitysprojektin kehittämisvaiheeseen. Tässä vaiheessa toimivaksi havaitulle konseptille suoritetaan jatkokehitystä tuotteen sarjatuotannon näkökulmasta. Tuotekehitysprojektin kehittämisvaiheessa kiinnitetään huomiota tuotteen yksityiskohtiin, joilla voidaan vaikuttaa esimerkiksi tuotteen valmistuskustannuksiin sarjatuotannossa. /5-6/.

Tuotekehitysprojektin viimeistelyvaiheessa tuote saa lopullisen muotonsa. Tuotteelle laaditaan tarvittavat asiakirjat ja siitä valmistetaan sarjatuotannon testiosa. Lopullinen päätös tuotteen sarjatuotannon aloittamisesta voidaan tehdä, kun tuotekehitysprojektin viimeistelyvaihe on saatettu loppuun. /5/.

Opinnäytetyössä tuotekehitys painottui konseptisuunnitteluun. Opinnäytetyössä luotiin konsepteja, joilla pyrittiin poistamaan opinnäytetyössä tuotekehityksen kohteena olevan tuotteen ongelmakohtia. Seuraavissa kappaleissa on esitetty tarkemmin konseptisuunnittelun vaiheet.

3.1 Tiedonkeruu

Tuotekonseptoinnin ensimmäisessä vaiheessa hankitaan tarvittava tieto kehitettävästä tuotteesta. Kehitettävään tuotteeseen perehdytään mahdollisimman tarkasti selvittämällä tuotteen rakenne, käyttötarkoitus ja toimintamekanismit. Jos mahdollista, kehitettävää tuotetta testataan käytännössä. Tuotteen nykyiset ongelmakohdat

pyritään havaitsemaan testaamisen aikana, jonka jälkeen ne dokumentoidaan. Myös tuotteen kanssa tekemisissä olevia ihmisiä haastatellaan ja näin pyritään varmistamaan, että kaikki tuotteen ongelmakohdat saadaan selville. Seuraavaksi kehitettävälle tuotteelle määritellään rajoitteita ja kriteereitä, esimerkiksi määrittämällä tuotteelle halutun ulkomuodon pääpiirteitä tai asettamalla sen valmistuskustannukselle yläraja. Tiedonkeruun aikana hankittua tietoa hyödynnetään konseptisuunnittelun seuraavissa vaiheissa. /7/.

3.2 Tuotekonseptien ideointi

Tiedonkeruun aikana hankitut rajoitteet ja kriteerit vaikuttavat konseptien luomisessa ja ideoinnissa. Rajoitteille ja kriteereille voidaan antaa myös painokertoimia sen mukaan, miten paljon ne merkitsevät konseptin kokonaistoiminnan kannalta. Jokaisessa konseptissa on omat hyvät ja huonot puolensa ja lopullisen konseptin valinnassa valitaan konsepti, jolla on eniten hyviä puolia ja vähiten huonoja. Tässä vaiheessa on tarkoitus luoda mahdollisimman paljon erilaisia ideoita mahdollisiin konsepteihin. Myös täysin rajoitteiden ja kriteereiden vastaisia ideoita on järkevää luoda, sillä vaikka ne eivät toteutuisi, niistä voidaan poimia parhaat ideat muihin konsepteihin. /7/.

3.3 Tuotekonseptien valinta

Tuotekonseptin valinnassa konsepteille laaditaan valintataulukko, jossa konseptit pisteytetään sen mukaan, miten hyvin ne vastaavat konseptille asetettuja kriteereitä ja rajoitteita. Otetaan esimerkiksi sylinterikannen suojaluukkujen suunnittelu. Esimerkkikriteereinä voidaan käyttää kriteereitä käyttöergonomia ja valmistuskustannus. Valmistuskustannuksella voidaan määrittää olevan pienempi painokerroin kuin luukkujen toiminnan kannalta tärkeällä käyttöergonomialla. Sillä toimiva, mutta kalliimpi luukku, on pitkällä tähtäimellä parempi valinta kuin halpa ja hankalakäyttöinen luukku. Toisaalta, jos hyvän käyttöergonomian omaavan luukun valmistuskustannus nousee liikaa, sen lopullinen pistemäärä voi jäädä pienemmäksi

kuin halvan ja hankalakäyttöisen luukun, jolloin kehitettäväksi konseptiksi valitaan tässä yksinkertaistetussa esimerkissä halpa ja hankalakäyttöinen luukku. /7/.

3.4 Konseptien testaus

Konseptin valinnan jälkeen suoritetaan konseptin testaus, eli luodaan valitusta konseptista yksityiskohtaiset valmistusohjeet, joiden avulla valmistetaan testiosa. Kun testiosa on valmistettu, testiosalle suoritetaan käyttötestejä, joilla pyritään selvittämään vastaako testiosa sille asetettuja kriteereitä ja rajoitteita, sekä ratkaiseeko se alkuperäisen tuotteen ongelmakohdat. /7/.

4 LÄHTÖTILANNE JA ONGELMIEN KUVAUS

Opinnäytetyön alussa tutustuttiin nykyisten suojaluukkujen rakenteeseen ja toimintaperiaatteeseen. Aluksi lähdettiin selvittämään nykyisten suojaluukkujen ongelmakohtia. Seuraavaksi siirryttiin tarkastelemaan yksityiskohtaisemmin luukkujen ja luukkujen tukirungon rakenteita ja osia, jotka aiheuttivat pääasialliset ongelmakohdat. Alussa kartoitetut ongelmakohdat olivat pääasiassa luukkujen käytettävyyteen liittyviä ongelmia. Myöhemmin kuitenkin ilmeni myös muita ongelmakohtia, joita ei luukkujen testiasennuksen aikana osattu huomioda. Tällaisia olivat muun muassa tarve irrottaa luukkujen tukirunko osittain ennen moottorin nostoa, sekä tukirungon yläpään kiinnitys moottorin päällä kulkevaan eristelaatikkoon. Toisin kuin opinnäytetyön alussa, opinnäytetyössä käydään ensin läpi luukkujen rakenne, sillä luukkujen rakenteeseen tutustumisen jälkeen on helpompi ymmärtää ongelmakohdissa käytettyjä luukkujen osien nimityksiä.

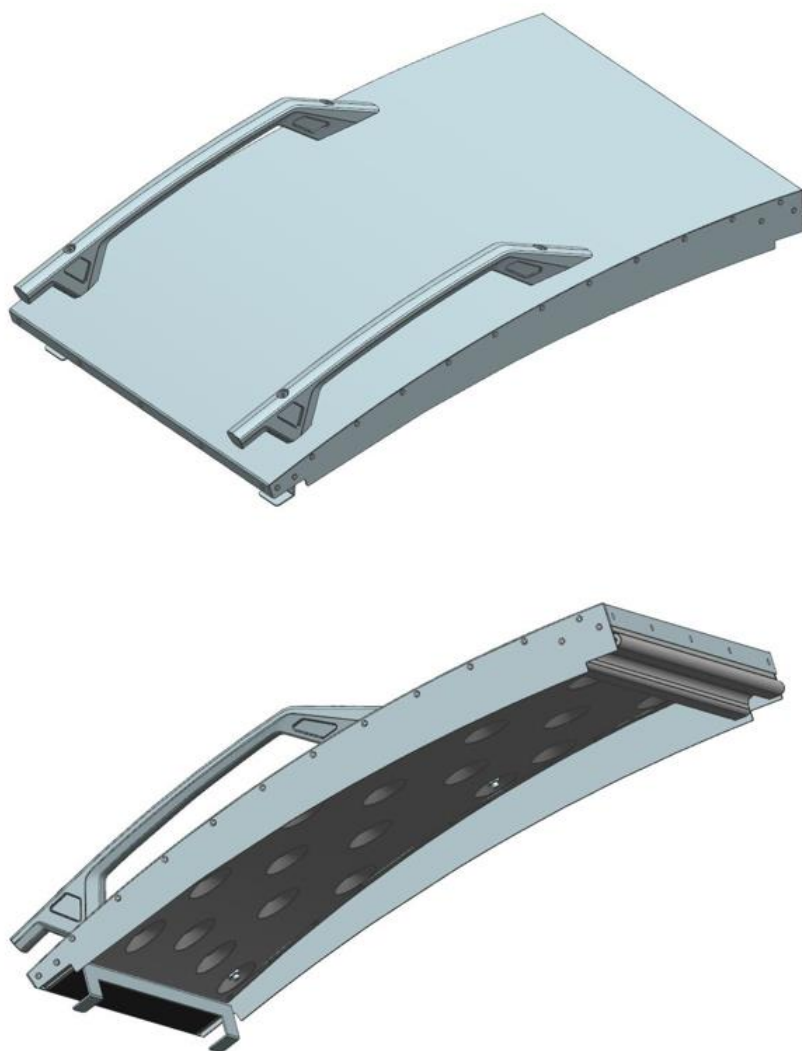
4.1 Nykyinen suojaluukkurakenne

Nykyiset luukut on rakennettu alumiinipursotuksesta, alumiiniohutlevystä, sinkkialumiinipinnoitetusta teräsohutlevystä ja teräsohutlevystä. Moottorinajon aikana syntyvän värinän vaikutukset suojaluukkurakenteeseen on pyritty minimoimaan rakenteeseen lisätyillä kumi- ja neopreenitiivisteillä. Kyseinen rakenne mahdollistaa matalat materiaalikustannukset, mahdollisuuden äänieristykseen, sekä kevyen rakenteen. Syynä luukkujen kaarevalle muotoilulle on moottorille haluttu tyylikäs design. Luukkujen tukirunkorakenne koostuu alumiinipursotuksesta, sekä ohutlevystä valmistetuista osista. Tukirungon alumiinipursotuksena valmistetut ylä- ja alapalat mahdollistavat tukirungon jäykän ja kevyen rakenteen.

4.2 Yläluukku

Yläluukku rakentuu luukun sivuilla kulkevista runkorakenteista. Runkorakenteisiin on kiinnitetty luukun sivupaneelit ja alapelti niiteillä. Luukun ulkopelti on kiinnitetty alapeltiin liimaamalla ja niiteillä. Luukun päälle on kiinnitetty 2 nostokahvaa

ulko- ja alapellin läpi kulkevilla ruuveilla. Luukun alapään kieli on kiinnitetty luukun alapeltiin niiteillä ja kieleen on liimattu tiivistekumilaatta. Luukun yläpäässä oleva alumiinikiinnike on kiinnitetty alapeltiin ruuveilla. Kuvassa 1 nykyinen yläluukku. Nykyisen yläluukun 3D-malli löytyy Teamcenteristä tunnisteella PAAF618086.



Kuva 1. Nykyinen yläluukku.

4.2.1 Runkorakenteet

Luukun runkorakenteet on valmistettu 1,5 mm sinkkialumiinipinnoitetusta teräsohutellevyistä ja niihin on porattu 4,5 mm reiät niittikiinnityksille. Runkorakenteet on taivutettu U-profiilin muotoisiksi, jonka jälkeen niihin on taivutettu kaarimuoto.

4.2.2 Sivupaneelit

Sivupaneelit on valmistettu 3 mm paksuisista alumiiniohutlevyistä, joihin on porattu 4,5 mm halkaisijan reiät 60 asteen ja 1 mm syvyisellä viisteellä alapellin ja runkorakenteen niittikiinnityksille.

4.2.3 Ulkopelti

Ulkopelti on valmistettu 1,5 mm paksuisesta alumiiniohutlevystä. Ulkopeltiin on porattu 4,5 mm halkaisijan reiät 60 asteen ja 1mm syvyisellä viisteellä runkorakenteiden niittikiinnityksille ja 10 mm reiät nostokahvojen ruuvikiinnityksille.

4.2.4 Alapelti

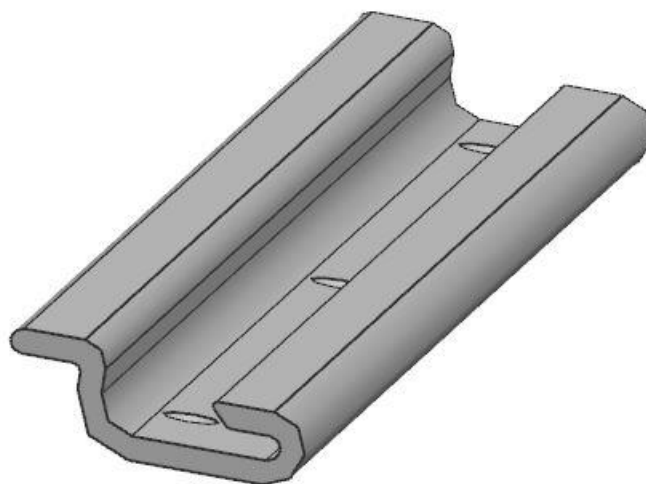
Alapelti on valmistettu 0,7 mm paksuisesta sinkkialumiinipinnoitetusta teräsohutlevystä, johon on porattu 5,5 mm reiät runkorakenteiden niittikiinnityksille, 8,5 mm reiät alumiinikiinnikkeen ruuvikiinnityksille ja 4,2 mm reiät ulkopellin niittykiinnityksille. Lisäksi alapeltiin on painomuovattu kennorakenne. Kennorakenteen profiilin syvyys on 10 mm, pienemmän ympyrän halkaisija on 20 mm ja suuremman ympyrän 60 mm. Ulko- ja alapelti liimataan luukun kokoonpanossa yhteen kennorakenteiden kohdista.

4.2.5 Kieli

Kieli on valmistettu 2 mm teräsohutlevystä, johon on tehty kaksi taitosta ja porattu 4,5 mm halkaisijan reiät 60 asteen ja 1 mm syvyisellä viisteellä alapellin niittikiinnityksille.

4.2.6 Alumiinikiinnike

Alumiinikiinnike on valmistettu alumiinipursotuksena ja sen materiaalipaksuus on 6 mm. Siihen on porattu 6,5 mm halkaisijan reiät 45 asteen ja 3.75 mm syvyisellä viisteellä, alapellin ruuvikiinnityksille. Kuvassa 2 alumiinikiinnike.



Kuva 2. Yläluukun alumiinikiinnike.

4.2.7 Nostokahvat

Nostokahvat on valmistettu valumenetelmällä alumiinista ja niihin on porattu 9 mm reiät ja upotukset 11 mm halkaisijalla ruuvikiinnityksille.

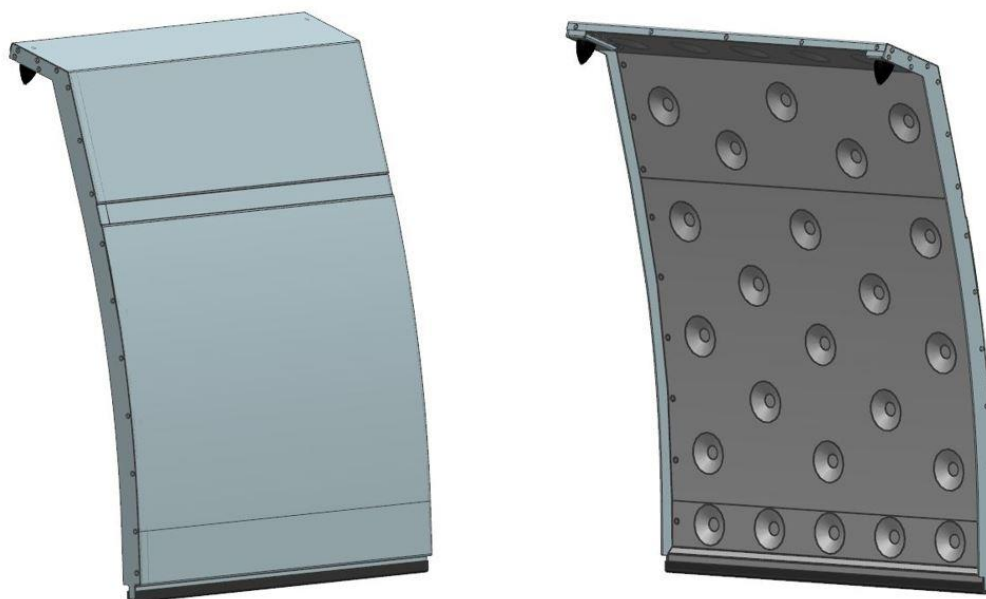
4.2.8 Tiivistekumilaatta

Tiivistekumilaatta on valmistettu 3 mm paksuisesta kumista ja se liimataan yläluukun kieleen, kielen kiinnityksen jälkeen. Tiivistekumilaatan tarkoituksena on tiivistää ylä- ja sivuluukun väli ja vaimentaa luukkujen välistä tärinää.

4.3 Sivuluukku

Sivuluukun rakenne on samanlainen, kuin yläluukulla. Alakiinnityksenä toimii luukun yläpelti, joka kääntyy luukun alapäässä U-profiilisenä muotona luukun sisäpinnan puolelle. U-profiilisen muodon päälle liimataan kumitiiviste. Luukun yläpäässä

molemmilla sivuilla on kumitatit, jotka on kiinnitetty kumitattien tukipaloihin. Kuvassa 3 nykyinen sivuluukku. Nykyisen sivuluukun 3D-malli löytyy Teamcenteristä tunnisteella PAAF618081.



Kuva 3. Nykyinen sivuluukku.

4.3.1 Runkorakenteet

Runkorakenteet on valmistettu 1,5 mm alumiinilevystä ja niihin on porattu 4,5 mm reiät niittikiinnityksille. Runkorakenteet on taivutettu U-profiilin muotoisiksi, jonka jälkeen niihin on taivutettu yksi taivutus ja kaarimuoto.

4.3.2 Sivupaneelit

Sivupaneelit on valmistettu 3 mm paksuisista alumiiniohutlevyistä, joihin on porattu 4,5 mm halkaisijan reiät 60 asteen ja 1 mm syvyisellä viisteellä alapellin ja runkorakenteiden niittikiinnityksille.

4.3.3 Ulkopelti

Ulkopelti on valmistettu 1,5 mm paksuisesta alumiinilevystä. Luukkuun on porattu 4,5 mm halkaisijan reiät 60 asteen ja 1 mm syvyisellä viisteellä alapellin niittikiinnityksille. Lisäksi luukkuun on painomuovattu 30 mm levyinen ja 1,5 mm syvä ura.

4.3.4 Alapelti

Alapelti on valmistettu 0,7 mm paksuisesta sinkkialumiinipinnoitetusta teräsohuttelevystä, johon on porattu 4,2 mm reiät ulkopellin niittikiinnityksille. Lisäksi alapeltiin on painomuovattu kennorakenne. Kennorakenteen profiilin syvyys on 10 mm, pienemmän ympyrän halkaisija on 20 mm ja suuremman ympyrän on 60 mm. Ulko- ja alapelti liimataan luukun kokoonpanossa yhteen kennorakenteiden kohdista. Kumitatin kiinnityspalalle on porattu 5 mm ja 5,5 mm reiät. Runkorakenteen niittikiinnitykselle poratut reiät ovat kaikki 5,5 mm reikiä.

4.3.5 Kumitiiviste

Kumitiiviste on valmistettu 2 mm paksuisesta kumista ja se on liimattu sivuluukun ulkopellin päälle luukun alaosaan. Kumitiiviste tiivistää sivuluukun alapään ja astinlaudan U-muotoisen uran välin.

4.3.6 Kunitatti

Kunitatti on tilaustuote ja se kiinnitetään sivuluukun kunitatin tukipalaan kunitatissa olevalla kierretangolla. Kunitatin tarkoitus on kiinnittää sivuluukun yläpää tukirungon kulmapalaan.

4.3.7 Kunitatin tukipalat

Kunitatin tukipalat on valmistettu 1,5 mm teräslevystä ja niihin on porattu 5,5 mm ja 4,2 mm reiät sivupaneelin, sekä ala- ja yläpellin niittikiinnityksille. Lisäksi tukeen on porattu 6 kulmainen reikä, johon on hitsattu hitsausmutteri M8 sisäkier-teellä.

4.4 Luukkujen tukirunkorakenne

Luukkujen tukirunkorakenne on rakennettu 7:stä osasta ja yhdestä osakokoonpanosta:

- luukkujen tukirungonrungon alapalasta
- rungon kulmapalasta
- rungon yläpalasta
- kulmapalan ja yläpalan väliin tulevasta kokoonpainuvasta välilevystä
- yläpalan ja eristelaatikon välisestä tukipalasta
- yläpalan ja tukipalan väliin tulevasta kokoonpainuvasta välilevystä
- tukipalan päälle tulevasta paneelikokoonpanosta
- tukipalan ja paneelin välissä olevasta välilevystä

Rungon osat kiinnitetään toisiinsa ruuveilla ja muttereilla. Tukirungon alapää kiinnitetään moottorilohkolta lähtevään tukeen. Tukirungon yläpää kiinnitetään eristelaatikon lähtevään tukilevyyn. Tukirungon rakenne kuvassa 4. Luukkujen tukirunkorakenteen 3D-malli löytyy Teamcenteristä tunnistella PAAF133348.



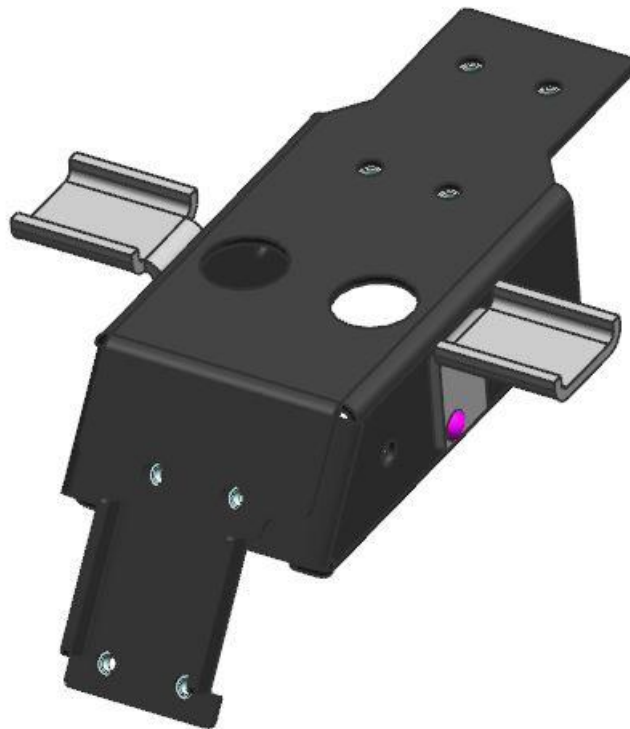
Kuva 4. Nykyinen luukkujen tukirunkorakenne.

4.4.1 Rungon alapala

Rungon alapala on valmistettu alumiinipursotuksena, se on taivutettu kaarelle ja siihen on porattu 7 mm reiät ruuvikiinnityksille.

4.4.2 Rungon kulmapala

Rungon kulmapala on valmistettu 3 mm teräslevystä. Siihen on tehty tarvittavat taitokset. Rungon ala- ja yläpalkan kiinnityksille on porattu 8,5 mm reiät. Kulmapalan sisäpuolelle reikien kohdalle on hitsattu hitsausmutterit. Sivuluukun kumitaiteille on porattu 28 mm reiät. Tukipalan kielekkeet on kiinnitetty niiteillä niille porattuihin 5 mm reikiin. Lisäksi tukipalan sivuille on porattu 6 mm reiät tukipalan kiinnittämiseen moottorin vapaassa päässä suojapeltirakenteeseen. Luukkujen tukirungon kulmapala kuvassa 5.



Kuva 5. Nykyisten luukkujen tukirungon kulmapala.

4.4.3 Rungon yläpala

Rungon yläpala on valmistettu alumiinipursotuksena, se on taivutettu kaarelle ja siihen on porattu 7 mm reiät ruuvikiinnityksille.

4.4.4 Kokoonpainuva välilevy

Kokoonpainuva välilevy on valmistettu 12 mm paksuisesta neopreenista. Sen tarkoituksen on vaimentaa tukirunkoon kohdistuvaa tärinää moottorin käydessä, sekä mahdollistaa tukirungon yläpalan paikan säätö tukirunkoa asennettaessa.

4.4.5 Tukirungon yläpalan ja eristelaatikon välinen tuki

Tuki on valmistettu 3 mm teräslevystä, siihen on tehty kolme taitosta rakenteen jäykistämiseksi, sekä porattu 8,5 mm ja 12,5 mm reiät ruuvikiinnityksille. Taitosten puoleiselle sivulle on hitsattu hitsausmutterit reikien kohdalle.

4.4.6 Paneelikokoonpano

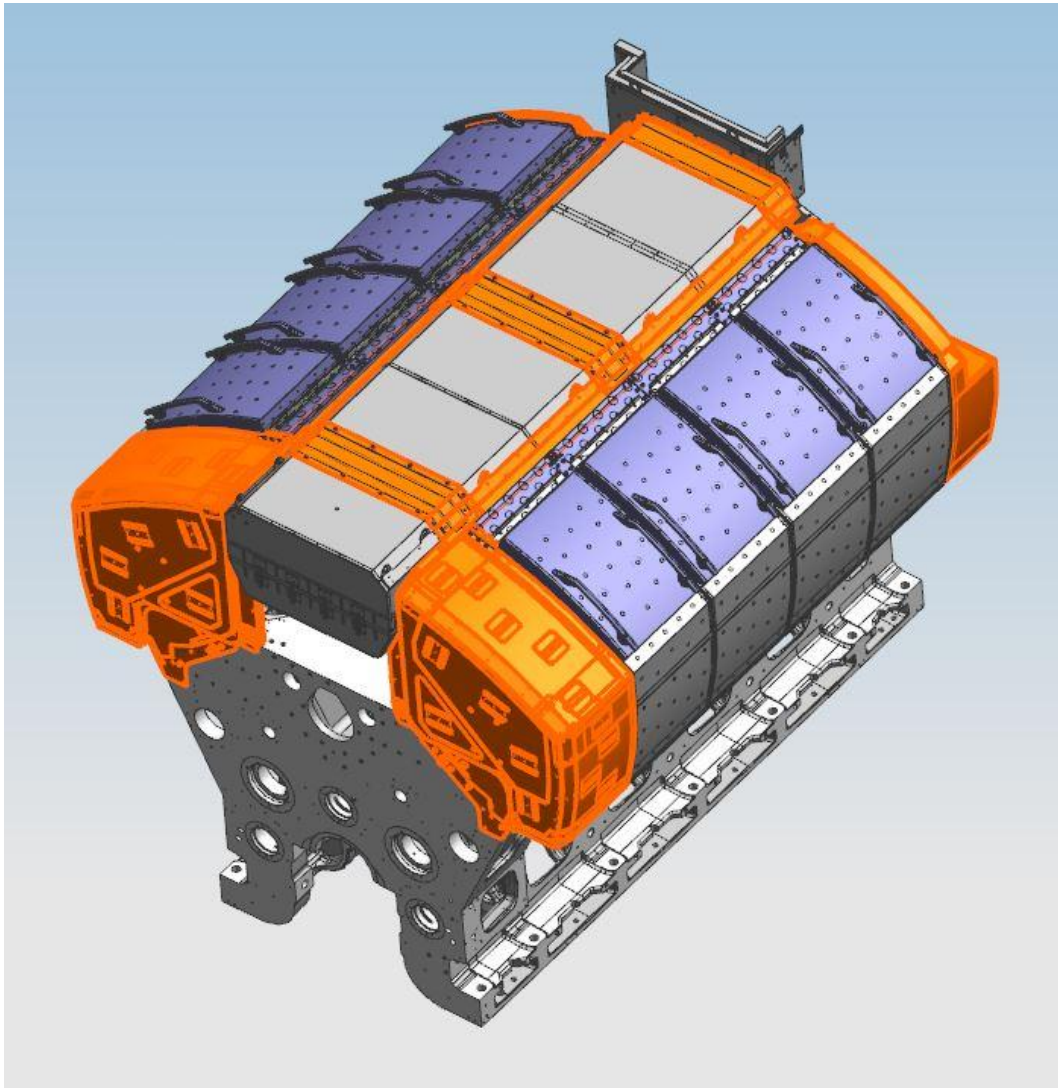
Paneelikokoonpano koostuu teräslevystä valmistetusta paneelistä, johon on kiinnitetty kaksi alumiinikiinnikettä. Alumiinikiinnikkeet on valmistettu samasta alumiinipursotuksesta, kuin yläluukun alumiinikiinnike, mutta niistä on koneistettu materiaalia pois sivuilta.

4.4.7 Välilevy

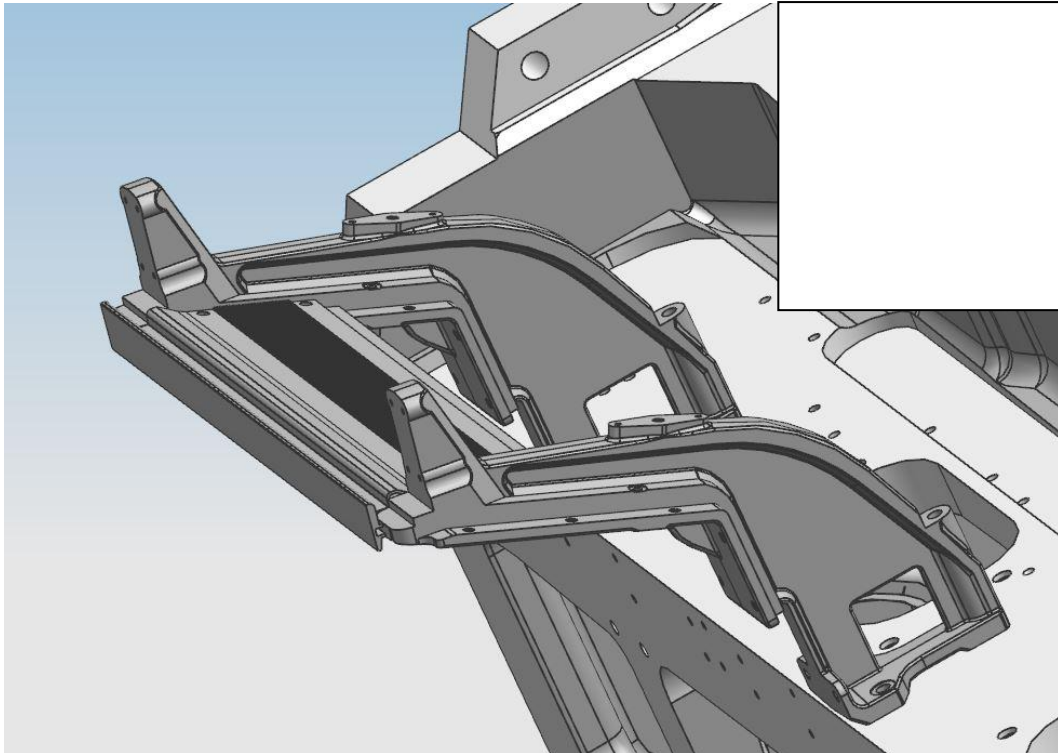
Välilevy on 4 mm paksuisesta teräslevystä valmistettu pala, johon on porattu 14 mm reiät ruuvikiinnityksien läpiviennille. Välilevyn tehtävänä on nostaa paneelikokoonpanoa 4 mm, jotta eristelaatikolta lähtevä tukilevy mahtuu tukirungon yläpalan ja eristelaatikon välisen tukipalan ja paneelin väliin.

4.4.8 Ympärillä olevat rakenteet

Luukkujen ympärillä olevat rakenteet, joihin luukkujen mahdolliset muutokset vaikuttavat ovat kuvassa 6 oranssina näkyvät lohkon päällä kulkevan eristelaatikon tukilevyt ja moottorin päissä olevat suojapeltikokoonpanot. Muutokset vaikuttavat lisäksi moottorilohkolta lähteviin tukiin, joihin astinlaudat on kiinnitetty. Kuvassa 7 kaksi moottorilohkolta lähtevää tukea, joiden välissä astinlauta. Sivuluukun alapää uppoaa astinlaudan U-muotoiseen uraan.



Kuva 6. Suojaluukkujen ympärillä olevat peltisuojakokoonpanot.



Kuva 7. Nykyiset lohkolta lähtevät tuet ja astinlauta yhdelle sivuluukulle.

4.4.9 Luukkujen kiinnitys ja avaus

Alkuperäiset luukut kiinnitetään asettamalla ensin sivuluukku paikoilleen, jonka jälkeen yläluukku nostetaan paikoilleen ja lukitaan vetämällä alaviistoon poispäin eristelaatikosta. Luukkujen tarkempi kiinnitysmekanismien kuvaus esitettynä kappaleissa 4.4.10 ja 4.4.11.

4.4.10 Sivuluukun kiinnitys ja avaus

Nykyinen sivuluukku kiinnitetään asettamalla luukun sivupaneelit tukirungon alapalan urien kohdalle. Tämän jälkeen luukun alapää asetetaan astinlaudan U-muotoisen uran yläpuolelle. Seuraavaksi kumitatit asetetaan kulmapalassa olevien kumitattien reikien yläpuolelle, samaan aikaan tuetaan polvella luukun alaosa niin, että luukun alakiinnitys pysyy astinlaudan U-muotoisen uran yläpuolella. Lopuksi luukua painetaan alaspäin niin, että luukun alakiinnitys uppoaa astinlaudan U-

muotoiseen uraan samalla, kun kumitatit uppoavat kulmapalan reikiin. Sivuluukku avataan nostamalla luukkua ylöspäin.

4.4.11 Yläluukun kiinnitys ja avaus

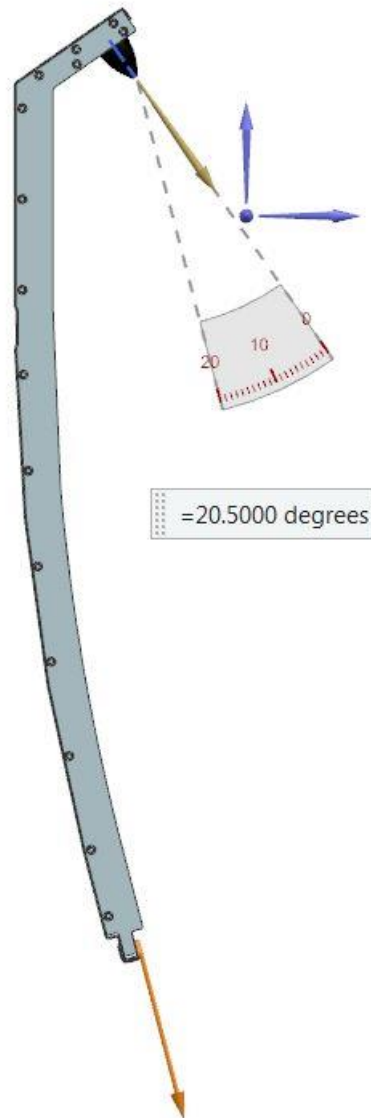
Sivuluukun ollessa paikallaan yläluukku nostetaan paikoilleen niin, että luukun alumiinikiinnitys on paneelin alumiinikiinnityksen yläpuolella ja luukun sivupaneelit yläpalan urien yläpuolella. Tämän jälkeen luukku lasketaan tasaisesti alas niin, että luukun sivupaneelit uppoavat yläpalan uriin ja luukun alumiinikiinnitys uppoaa paneelin alumiinikiinnitykseen. Lopuksi luukkua vedetään alaviistoon pois päin eristelaatikosta, kunnes luukun kieli lukkiutuu kulmapalojen kielekkeiden alle. Avaus suoritetaan työntämällä luukkua yläviistoon kohtieristelaatikko, jonka jälkeen luukkua nostetaan tasaisesti ylöspäin.

4.5 Nykyisen suojaluukkurakenteen ongelmakohdat

Luukkujen ongelmakohtien selvittäminen aloitettiin testaamalla luukkujen asennusta. Testaamisen aikana pääasialliset ongelmakohdat dokumentoitiin ja kuvattiin. Tämän jälkeen haastateltiin muutamaa asentajaa ja luukkujen kanssa tekemisissä olevaa suunnittelijaa. Ongelmakohdat on esitetty tarkemmin kappaleissa 4.5.1, 4.5.2 ja 4.5.3.

4.5.1 Sivuluukun ongelmakohdat

Sivuluukun suurin ongelmakohta on luukun yläpäässä oleva kumitatinkiinnitys. Kumitatin lukkiutumiskulma on eri kuin luukun alakiinnityksen lukkiutumiskulma. Tämä vaikeuttaa luukun paikalleen asentamista. Luukkua joudutaan tukemaan asennettaessa polvella, jotta alakiinnitys ja yläkiinnitys saataisiin yhtä aikaa oikealle kohdalle. Kumitatit eivät myöskään lukitse luukun pystysuuntaista liikettä ja tämän seurauksena pystysuuntainen liike joudutaan lukitsemaan yläluukulla. Kiinnityspisteiden aste-ero kuvassa 8.



Kuva 8. Nykyisen sivuluukun kiinnityspisteiden aste-ero.

4.5.2 Yläluukun ongelmakohdat

Yläluukun ongelmakohdat johtuvat kulmapalan kielekkeiden kohdasta, luukun alumiinikiinnityksen profiilista, sekä luukkujen tukirungosta. Yläluukun alumiinikiinnitys rajoittaa luukun lukitus- ja avautumisliikepituuden 19 mm mittaiseksi. Tämän johdosta yläluukun kielikiinnityksen pituus on maksimissaan myös 19 mm. Nykyisten kulmapalojen kielekkeet sijaitsevat liian lähellä sivuluukkuja, että luukun voisi

avata työntäen luukkua kohti eristelaatikkoo ja tämän jälkeen luukun alapäätä ylöspäin nostaen. Tällainen avaus ei ole mahdollista, koska yläluukun kieli osuu tällöin sivuluukkuun. Nykyinen yläluukku on avattava työntämällä luukku auki asentoon ja nostamalla luukkua tasaisesti ylöspäin. Wärtsilän ohjeistuksen mukaan maksimipaino yksittäiselle käsin nostettavalle osalle 20 kilogrammaa. Nykyinen yläluukku painaa noin 8,5 kilogrammaa. Luukku joudutaan kuitenkin avaamaan suurin käsin ja avauksen aikana luukun painopiste on lähellä eristelaatikkoo, toisessa päässä kuin luukun nostokahvat. Tämän takia nykyinen tapa avata yläluukku on epäergonominen ja raskas.

Paneelin alumiinikiinnityksen profiili mahdollistaa luukun lukkiutumisen alumiinikiinnityksen taakse, mikä aiheuttaa ylimääräistä työtä yläluukun asennuksessa ja hidastaa asentamista. Tukirungon aiheuttama ongelmakohta syntyy, kun moottorin sylinteriluvun kasvaessa luukkujen tukirungon yläpalojen välin mitan epätarkkuus kasvaa. Tämän seurauksena asentajat raportoivat yläluukun sivupaneelien vääntyneen, kun yläluukun sivupaneelit eivät kohtaa tukirungon yläpalan urien kanssa.

4.5.3 Luukkujen tukirungon ongelmakohdat

Luukkujen tukirungon ongelmakohdat aiheutuvat pääasiassa tukirungon yläpään kiinnittämisestä eristelaatikkoon. Eristelaatikon pitkittäissuuntainen liiketoleranssi on 3 mm. Lisäksi eristelaatikko painuu peltirakenteensa johdosta jonkin verran kaasaan. Eristelaatikko ei siis ole optimaalisin paikka tukirungon kiinnitykseen. Suunnittelijoita haastatteleamalla kuitenkin selvisi, että moottoria suunniteltaessa oli keskusteltu, kiinnitetäänkö tukirungon yläpää eristelaatikkoon, sylinterikanteen vai tuodaanko sille oma tuki moottorilohkolta. Sylinterikanteen kiinnittämisen ongelmanna on moottorin käynnin aiheuttama värinä, joka resonoisi sylinterikannesta suojaluukkurakenteeseen liikaa. Eristelaatikon paikan vuoksi tuen tuonti moottorilohkolta luukkujen tukirungon yläkiinnitykselle ei olisi ollut mahdollista. Lopulta oli päädytty ratkaisuun, jossa luukkujen tukirunkorakenteen yläpään kiinnityspiste suunniteltiin kiinnitettäväksi eristelaatikkoon.

Tukirungon moniosainen rakenne ilman kohdistussokkia lisää myös rungon paikoin epätarkkuutta, joka ilmenee luukkujen ongelmakohtina. Yksi tukirungon ongelmakohta on, että ennen moottorin nostamista osa rungosta joudutaan purkamaan, sillä runko olisi muuten nostovaijereiden edessä. Opinnäytetyön teon aikana moottorin nosto tapahtui sylinterikansiin kiinnitettyjen nostovaijereiden avulla, mutta myös mahdollisia uusia nostotekniikoita oli kehitteillä. Myös tukirungon kulmapalan kielekkeet aiheuttivat ongelmakohdan. Kielekkeet ulottuvat muun rungon ulkopuolelle, minkä vuoksi niitä ei välttämättä huomaa, mikä lisää loukkaantumisriskiä moottoria huollettaessa.

5 KONSEPTIT JA KIINNITYSRATKAISUT

Yhteensä konsepteja luotiin 5 kappaletta. Luodut konseptit ovat kaasujousiluukku, yhtenäinen luukku, yhtenäinen luukku kahdella saranalla, pienet muutokset nykyisiin luukkuihin, sekä nykyisen tukirungon suoristaminen. Konseptien kiinnitysratkaisuja on kuvattu konseptien esittelyn yhteydessä. Jatkokehitykseen valittiin tukirungon suoristamiskonsepti, jolle valittiin kolme eri kiinnitysratkaisua. Valittua konseptia on kuvailtu tarkemmin kappaleessa 7. Aluksi käydään läpi muutamia kiinnitysratkaisuja. Konseptit esitellään kiinnitysratkaisujen esittelyn jälkeen.

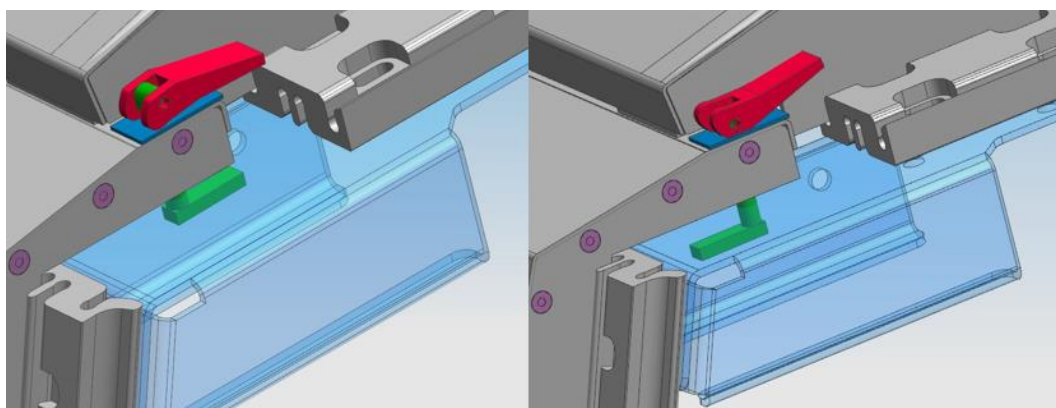
5.1 Mahdolliset kiinnitysratkaisut

Sivuluukun kumitattikiinnityksen korvaaminen kiinnityksellä, joka lukitsisi sivuluukun pystysuuntaisen liikkeen, ratkaisisi luukkujen asentamisessa ilmenneet pahimmat ongelmakohdat. Tällaisia ongelmakohtia olivat sivuluukun vaikean paikalleen asentaminen, sekä tarve lukita sivuluukku yläluukulla, jonka vuoksi yläluukun kielikiinnitys tarvitsee kulmapalassa olevat kielekkeet, jotka lisäävät loukkaantumisriskiä moottoria huollettaessa. Sivuluukun alakiinnitys on sen sijaan toimiva vaihtoehto, kun tarkoituksena on, että luukut voidaan irrottaa ilman erillisiä työkaluja. Sivuluukun pystysuuntaisen liikkeen lukitsemisen lisäämistä sivuluukun alakiinnitykseen mietittiin myös. Kiinnitysmekanismin lisääminen sivuluukun alakiinnitykseen vähentäisi kuitenkin luukkujen asennus- ja irrotusergonomiaa. Lisäksi sivuluukku olisi kiinnitettävä yläosasta, vaikka alakiinnitys lukitsisikin pystysuuntaisen liikkeen.

Seuraavissa kappaleissa esitellään erilaisia sivuluukun kumitattikiinnityksen, sekä yläluukun kielikiinnityksen korvaavia kiinnityksiä, joita ei kuitenkaan valittu jatkokehitykseen. Kiinnitysideoiden hylkäämisen pääasiallisia syitä olivat kiinnitysten pieni rakenne ja tarve valmistaa kiinnitys mittatilaustyönä valmiiden komponenttien ostamisen sijaan. Kiinnitysratkaisujen 3D-mallit löytyvät kokoonpanoista PAAF632591 ja PAAF591399.

5.1.1 Epäkeskolukitus

Epäkeskolukituksen ideana on korvata kumitatti epäkesko kahvalla ja epäkesko-kahvaan kiinnitettävällä kielekeosalla, jonka avulla sivuluukku lukittaisiin kulmapalaan. Sivuluukussa olevat epäkeskolukitukset käännettäisiin auki asentoon, jonka jälkeen luukku asennettaisiin paikoilleen niin, että epäkeskolukituksen kielekeosat uppoaisivat kulmapalassa olevien reikien läpi. Tämän jälkeen epäkeskokahvoja käännettäisiin 180 astetta kielekeosien akseleiden ympäri ja lopuksi 180 astetta pystysuunnassa, jolloin luukku lukkiutuisi kulmapalaan. Yläluukun alakiinnitys voitaisiin kiinnittää kielikiinnityksellä suoraan sivuluukkuun, jolloin kulmapalan kielekkeet voitaisiin poistaa. Epäkeskolukituksen ongelmana on lukituksen pieni koko. Kuva 9 havainnollistaa kiinnitysideaa.

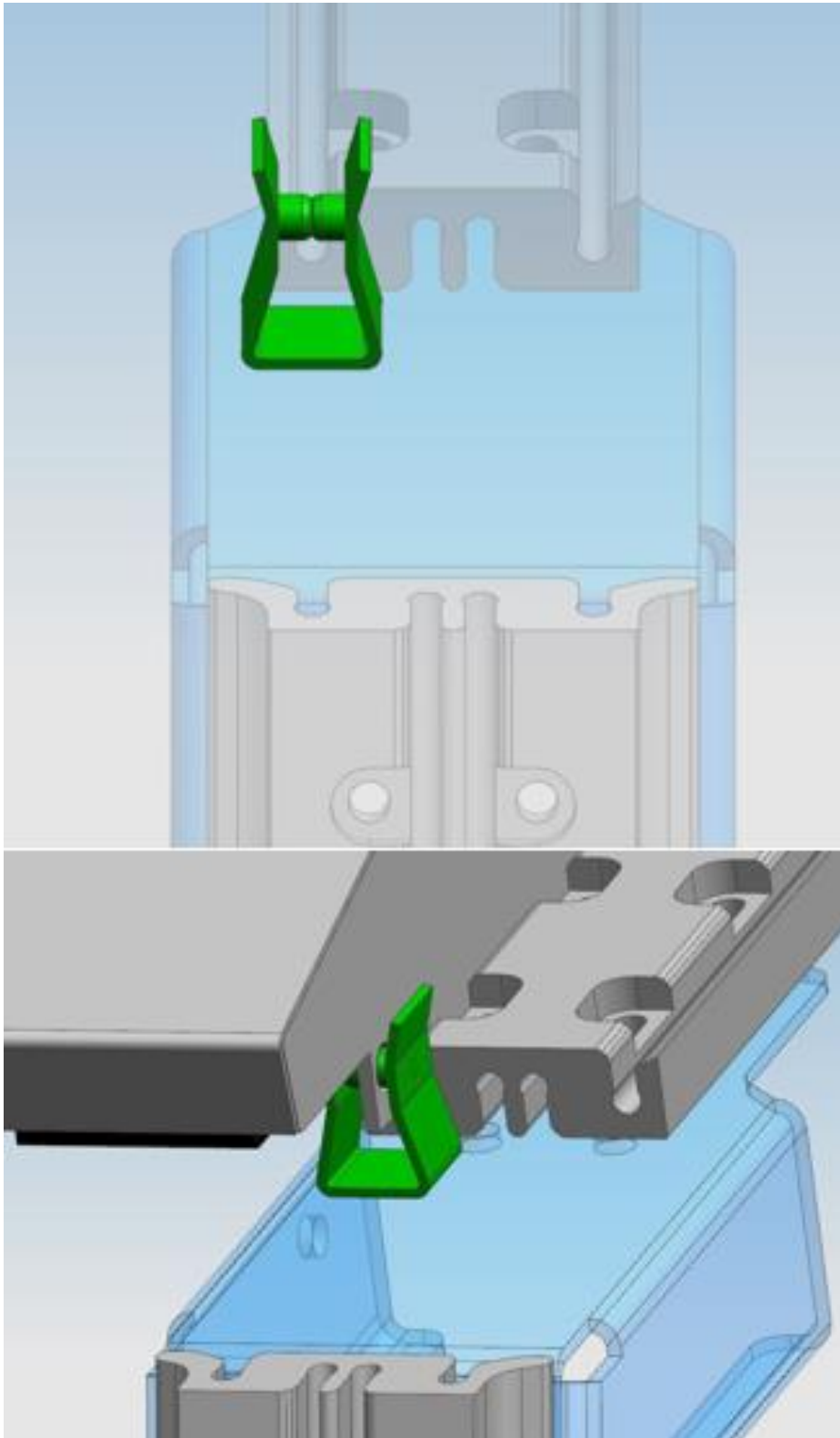


Kuva 9. Epäkeskolukituksen kiinnitysidea.

5.1.2 Puristava levyjousi yläluukun sivupaneelin lukitukseen

Yläluukun sivupaneelien alapäihin porattaisiin reiät ja puristavat levyjouset kiinnitettäisiin tukirungon kulmapaloihin. Puristavien levyjousien profiilit kiinnittyisivät yläluukun sivupaneelissa oleviin reikiin, kun luukku vedettäisiin kiinni asentoon. Puristava levyjousikiinnike korvaisi kulmapalan kielekkeet. Sivuluukun yläkiinnityksenä käytettäisiin edelleen kumitattia ja yläluukun yläkiinnitykseen alu-

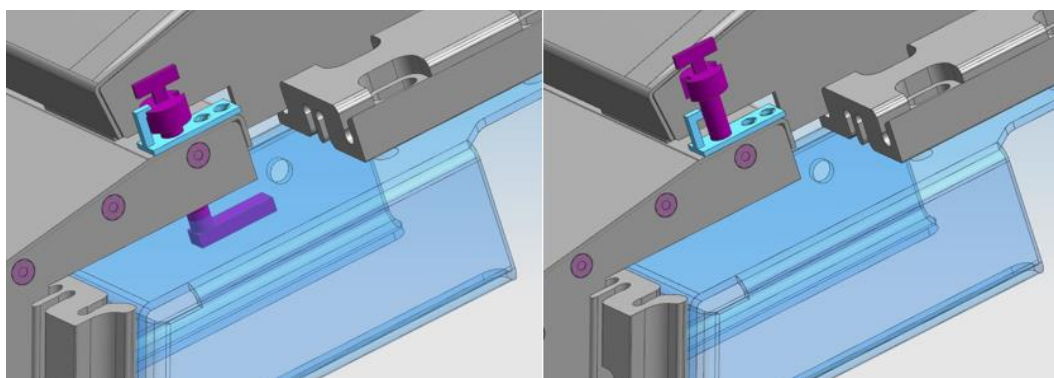
miinikiinnikettä. Jousikiinnityksen huonoina puolina on jousen pieni koko ja epävarmuus jousen riittävästä kiinnityslujuudesta, sekä tarve valmistaa jousi mittatilaustyönä. Kuva 10 havainnollistaa kiinnitysideaa.



Kuva 10. Puristava jousi yläluukun sivupaneelin lukitsemiseen.

5.1.3 Jousikielilukitus

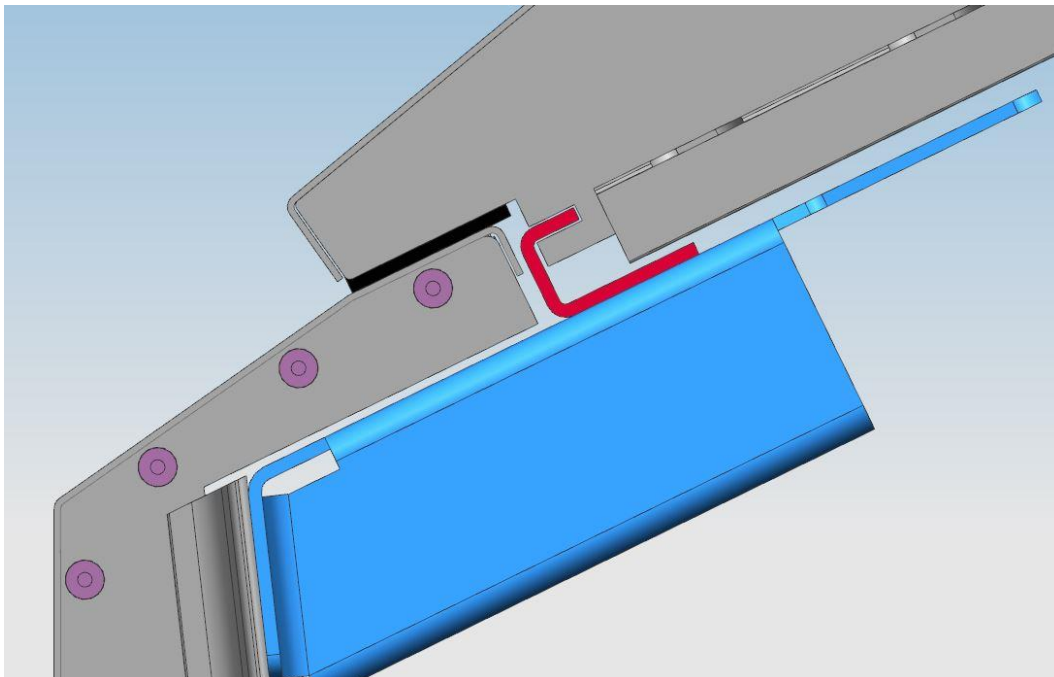
Jousikielilukituksen idea mukailee epäkeskolukituksen toimintaperiaatetta ja se korvaisi sivuluukun kumitattikiinnityksen. Erona on, että lukituksesta vastaisi vahva kierrejousi, joka pyrkisi painamaan jousilukituksen lukituskielekettä ylöspäin. Sivuluukua asennettaessa jousilukitus kierrettäisiin auki asentoon, jolloin lukituskieleke mahtuisi tukirungon kulmapalassa olevan reiän läpi. Sivuluukun ollessa paikoillaan, lukituskielekepala painettaisiin alaspäin ja käännettäisiin 180 astetta. Tämän jälkeen lukituskielekepala vapautettaisiin ja jousi painaisi lukituskielekettä ylöspäin ja lukitsisi sivuluukun tukirungon kulmapalaan. Jousikielilukituksen huonona puolena voidaan pitää lukitusmekanismin pientä kokoa ja tarvetta valmistaa kiinnitys mittatilaustyönä. Kuva 11 havainnollistaa kiinnitysideaa.



Kuva 11. Sivuluukun jousikielilukitus.

5.1.4 Yläluukun kielen siirto yläluukun sivupaneeliin

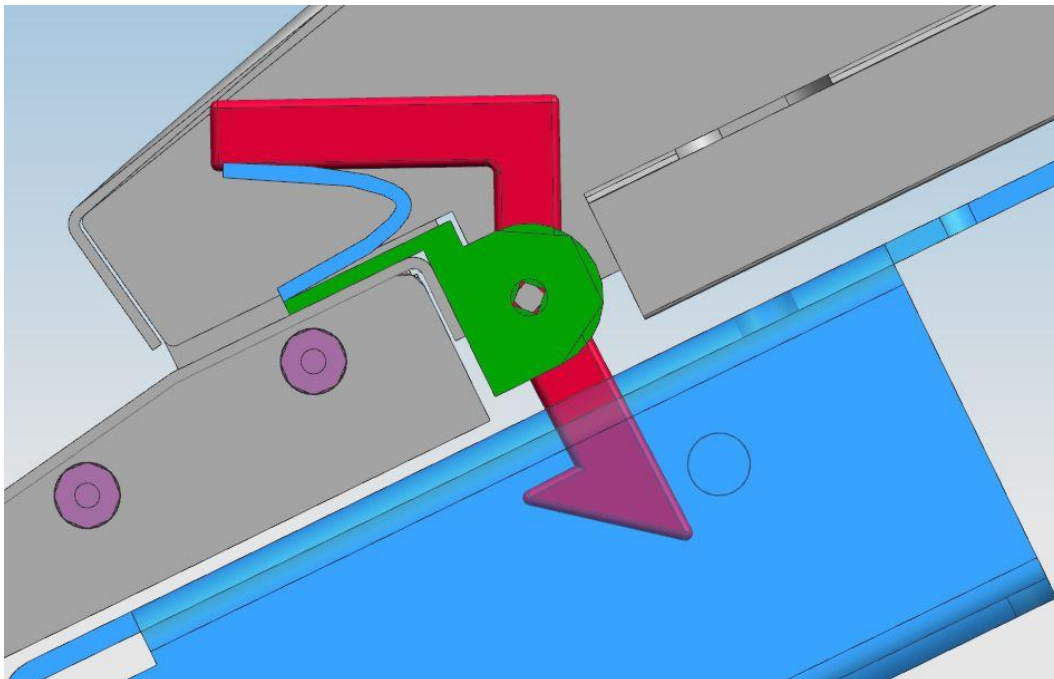
Eräänä vaihtoehtona mietittiin yläluukun kieli kiinnityksen siirtämistä luukun sivupaneeliin. Yläluukun sivupaneeliin koneistettaisiin kieli, joka lukkiutuisi kulmapalan päälle kiinnitettyyn kielekkeeseen. Sivuluukun yläkiinnitys kiinnitettäisiin edelleen kumitatilla. Myös tässä kiinnityksessä ongelmana on kiinnityksen pieni koko. Kuva 12 havainnollistaa kiinnitysideaa.



Kuva 12. Yläluukun kielen siirto yläluukun sivupaneeliin.

5.1.5 Salpalukitus

Salpalukituksen mekanismi perustuisi salpaan ja parabolisen muotoiseen levyjouseen, joka jännittäisi salpaa lukitusasentoon. Salpalukitus korvaisi sivuluukun kumitattikiinnityksen. Sivuluukku asennettaisiin paikoilleen painamalla sitä kulmapaloja vasten niin, että salpalukitusten päät painuisivat kulmapaloissa olevien reikien reunoja vasten, kunnes levyjousi joustaisi niin, että salpalukitusten päät läpäisisivät reiät ja salpalukitukset lukitsisivat sivuluukun tukirungon kulmapalaan. Sivuluukku irrotettaessa salpoja painettaisiin alaspäin, jolloin lukitussalpa avautuisi niin, että luukku voitaisiin irrottaa nostamalla sitä ylöspäin. Yläluukku voitaisiin lukita kielikiinnityksellä suoraan sivuluukkuun. Kiinnityksen ongelmana on tarvittavan jousen voiman mitoitus ja pieni koko. Tässä lukituksessa mahdollinen haittapuoli on myös lukituksen jääminen väljäksi, mikä lisäisi luukkujen tärinää moottorinajan aikana. Kuva 13 havainnollistaa kiinnitysideaa.

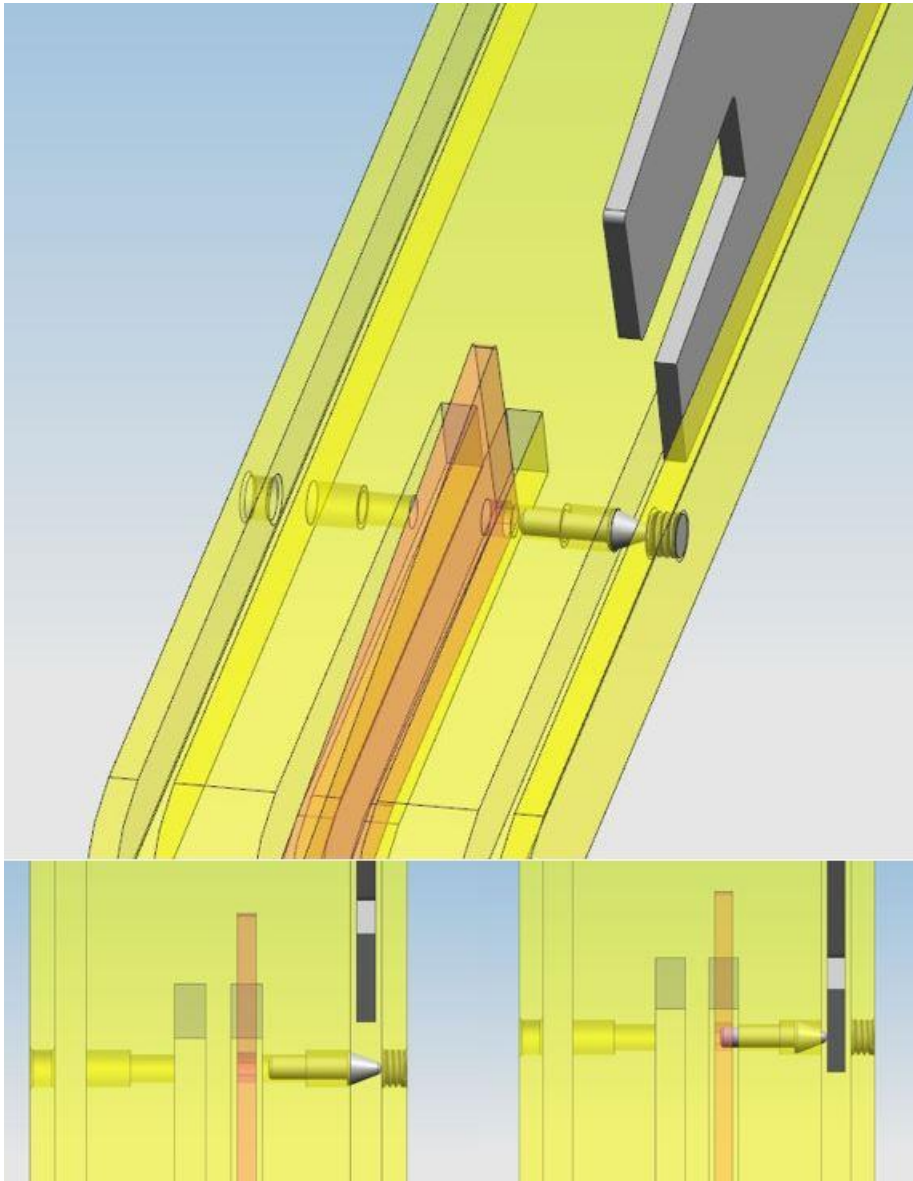


Kuva 13. Sivuluukun salpalukitus.

5.1.6 Lukitusmekanismin rakentaminen rungon sisään

Tämän lukitusmekanismin ideana on rakentaa lukitusmekanismi tukirungon yläpalan sisään jousella ja nuoliprofiilipaisella rautatapilla. Mekanismin toiminta perustuu sivuluukun lukkiutumiseen, kun yläluukku on paikoillaan. Sivuluukun yläkiinnityksenä voitaisiin käyttää kumitattia tai esimerkiksi teräslevystä valmistettua kielikiinnikettä, jonka tarkoitus olisi pitää sivuluukku paikoillaan, kunnes yläluukku on asennettu. Kun yläluukku vedettäisiin paikoilleen, yläluukun sivupaneelit painaisivat tukirungon yläpalan sisällä olevien rautatappien nuolenkärkipäitä niin, että tappien toiset päät työntyisivät sivuluukun sivupaneelissa oleviin reikiin, jolloin sivuluukku lukkiutuisi. Samalla yläluukku lukkiutuisi kielikiinnityksellä suoraan sivuluukkuun. Avattaessa yläluukku lukitusmekanismin jousi työntäisi rautatappien nuolenkärkipäät jälleen tukirungon yläpalassa olevan yläluukun sivupaneelien urien puolelle, samalla vapauttaen sivuluukun lukituksen. Lukitusmekanismin huonoja puolia ovat erittäin pieni koko, sekä mekanismin tarvitsema suuri mittatark-

kuus. Sivuluukkujen sivupaneeleissa olevat reiät eivät voisi olla juurikaan rautatappin halkaisijaa suuremmat. Jos sivuluukku pääsee liikkumaan lukkiutuneena, moottorinajon aikana syntyvän värinän seurauksena rautatappi alkaa syödä sivupaneelissa olevaa tappin reikää. Kuva 14 havainnollistaa kiinnitysideaa.

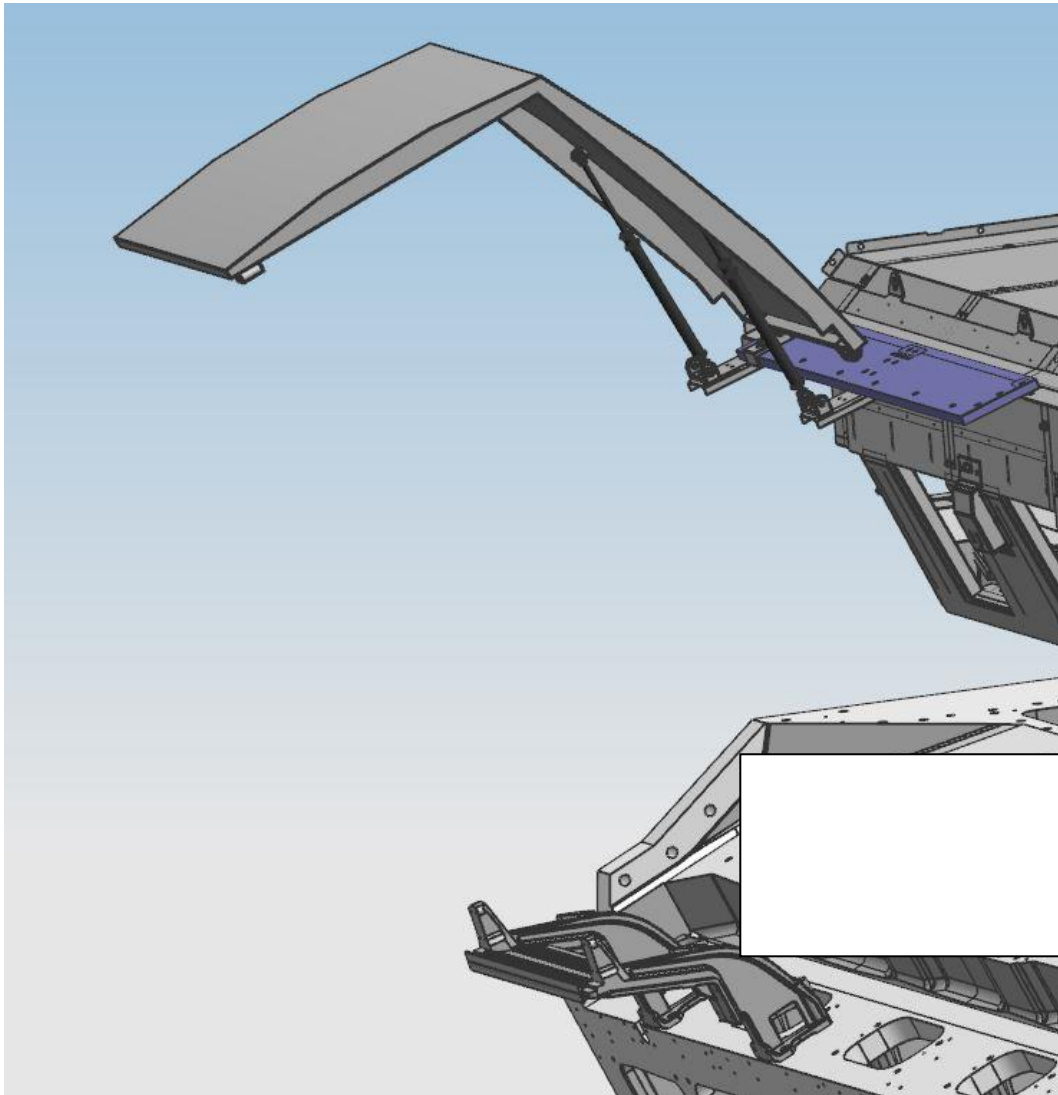


Kuva 14. Luukkujen lukitusmekanismi luukkujen tukirungon sisällä.

5.2 Konsepti 1, kaasujousiluukku

Konseptissa 1 ideana oli kaasujousiavusteinen luukku. Konseptissa luukku olisi ollut yhtenäinen ja kaasujouset olisi sijoitettu eristelaatikolta lähtevään rungon tukeen. Luukun eristelaatikkoon kiinnittyvä pää olisi saranoitu eristelaatikkoon. Kaasujousten sijoitus muualle, ei olisi järkevää, sillä silloin jouset jäisivät eteen työs-

kentelytasolle. Yhteen luukkuun tulisi 2 kappaletta kaasujousia, luukun molemmille reunoille. Kaksi pienemmälle voimalle mitoitettua jousia yhden suuremmalle voimalle mitoitettun jousen sijaan mahdollistaisi tukevamman rakenteen. Yhtenäinen luukku nykyisellä rakenteella painaisi noin 15 kg. Nykyinen rakenne on lähes kokonaan ohutlevystä rakennettu ja melko kevyt. Yhtenäisessä luukussa rakenteen tulisi olla nykyisten luukkujen rakennetta jäykempi, mikä lisäisi todennäköisesti luukun painoa. Luukkujen sivuille olisi asennettava esimerkiksi kumi tai vaahtomuovieriste, joka sulkisi luukkujen väliin jäävän raon. Konseptissa ei luotu tarkempaa ideaa luukkujen sivuille jäävän välin peittämiseksi. Kuva 15 havainnollistaa konseptia 1.



Kuva 15. Kaasujousiluukku.

5.2.1 Hyvät puolet, kaasujousiluukku

Yhtenäisen kaasujousiluukun hyviä puolia olisivat luukun avaamisen ja sulkemisen helppous. Luukun ainoa lukituskohta olisi alaluukun alapäässä, eikä lukituksen tarvitsisi olla edes lukittuva, ohjaava kumivaimennin riittäisi. Luukun paino itsessään sulkee pois tarpeen lukita luukku ja luukun kiinteä saranalukitus ylhäältä lukitsisi luukun yläpään sivuttaissuuntaisen liikkeen. Ohjaavat kumivaimentimet estäisivät

luukun sivuttaissuuntaisen liikkeen luukun alapäässä. Yhtenäinen luukku mahdollistaisi luukkujen tukirunkorakenteen poistamisen, mikä helpottaisi koneen huoltamista. Luukkuja ei myöskään tarvitsisi nostaa sivuun huollon ajaksi.

5.2.2 Huonot puolet, kaasujousiluukku

Yhtenäisen kaasujousiluukun huonoina puolina olisivat materiaalikustannukset, huollon tarve, asentamattoman luukun kuljetus, luukun suuri koko, sivujen tiivistys, sekä tarve irrottaa luukku moottorin noston yhteydessä. Kaasujouset nostaisivat luukkujen materiaalikustannuksia huomattavasti. Kaasujousten huoltotarve lisäisi myös luukuista aiheutuvia kustannuksia. Yhtenäisen luukun kuljetus ja käsittely erityisesti asennettaessa ja irrotettaessa, olisi hankalampaa kahteen erilliseen luukkuun verrattuna.

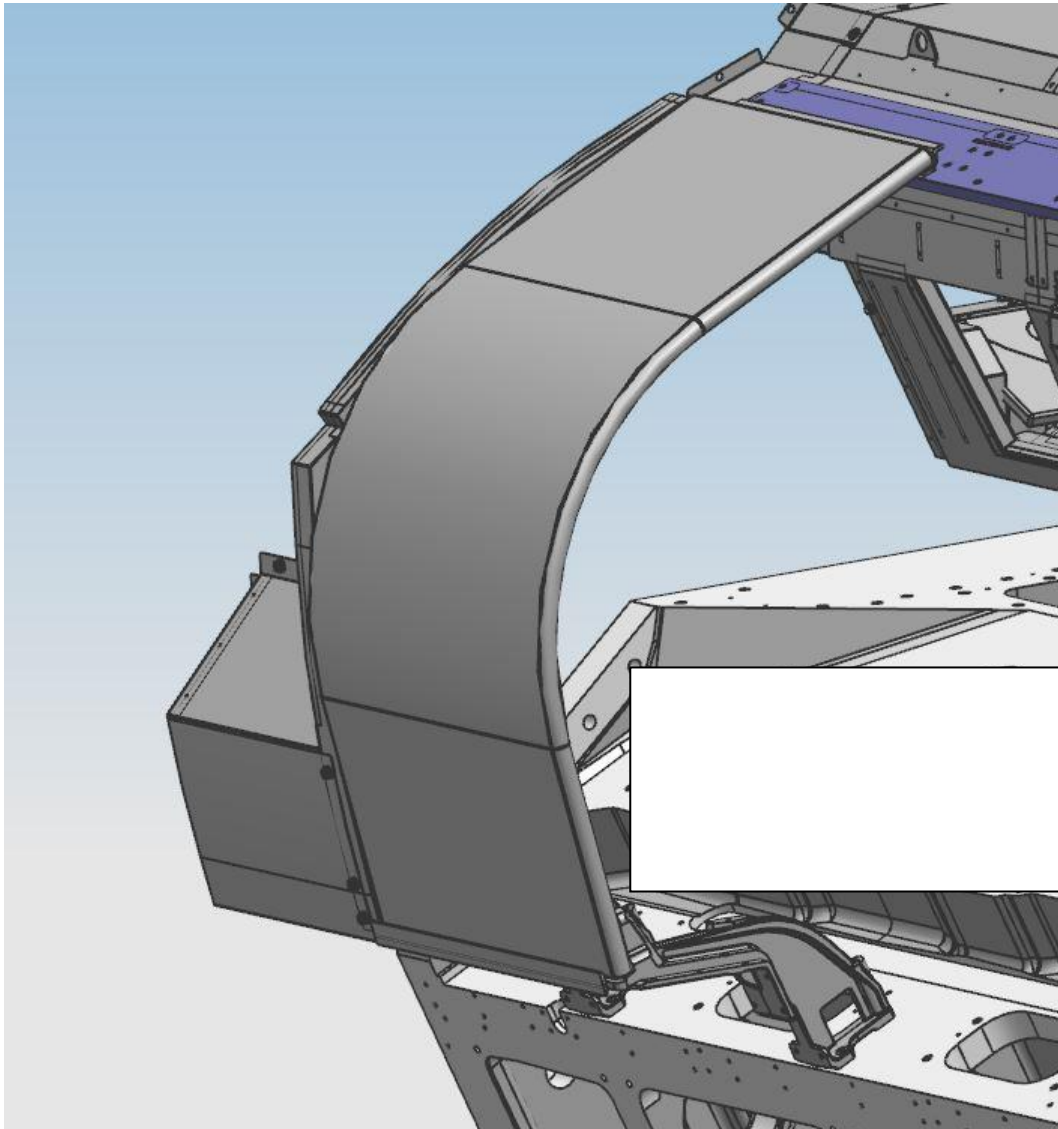
Sivujen tiivistäminen ja tiivistyksen toimiminen käytännössä olisi todennäköisesti myös melko vaikeaa saada toimimaan niin, että sivut olisivat tiiviit, mutta tiivisteet eivät kuitenkaan häiritsisi kaasujousten toimintaa. Jonkinlainen vaihtoehto olisi välin tiivistävä runko, jonka saisi nopeasti irrotettua. Konseptin idea kuitenkin kärsisi, sekä luukkujen avaus- ja sulkunopeus laskisi silloin, kun myös tiivistävä runkorakenne irrotettaisiin.

Yhtenäinen luukku olisi myös irrotettava ennen moottorin nostoa, mikä olisi todennäköisesti melko hankalaa, sillä luukun kaasujouset pitäisi irrottaa luukun ollessa auki. Luukkuun pitäisi kannatella jousia irrotettaessa. Jousten irrotuksen jälkeen luukku suljettaisiin ja luukun yläkiinnitys irrotettaisiin.

5.3 Konsepti 2, yhtenäinen luukku

Tämän konseptin ideana oli yhtenäinen, yhden sylinterikannen peittävä luukku. Luukku kiinnitettäisiin luukun ylä- ja alapäästä. Alhaalta kiinnitys voisi pysyä nykyisenä astinlaudan uraan uppoavana kiinnityksenä, joka estäisi luukun liikkeen kohti ja pois päin eristelaatikosta. Ylhäältä luukun kiinnitys voitaisiin toteuttaa ku-

mipuskurilla, joka estäisi myös luukun sivuttaissuuntaisen liikkeen. Pystysuuntainen liike voitaisiin lukita kiinnityspisteissä magneeteilla tai luukun alapäähän asennettavalla rattitatilla. Luukku voitaisiin rakentaa kaarelle taivutetusta alumiinisinkki pinnoitetuista teräsputkista, joihin ylä- ja alapelti kiinnitettäisiin niiteillä. Konseptissa ei luotu tarkempaa ideaa luukkujen sivuille jäävän välin peittämiseksi. Kuva 16 havainnollistaa konseptia 2.



Kuva 16. Yhtenäinen luukku.

5.3.1 Hyvät puolet, yhtenäinen luukku

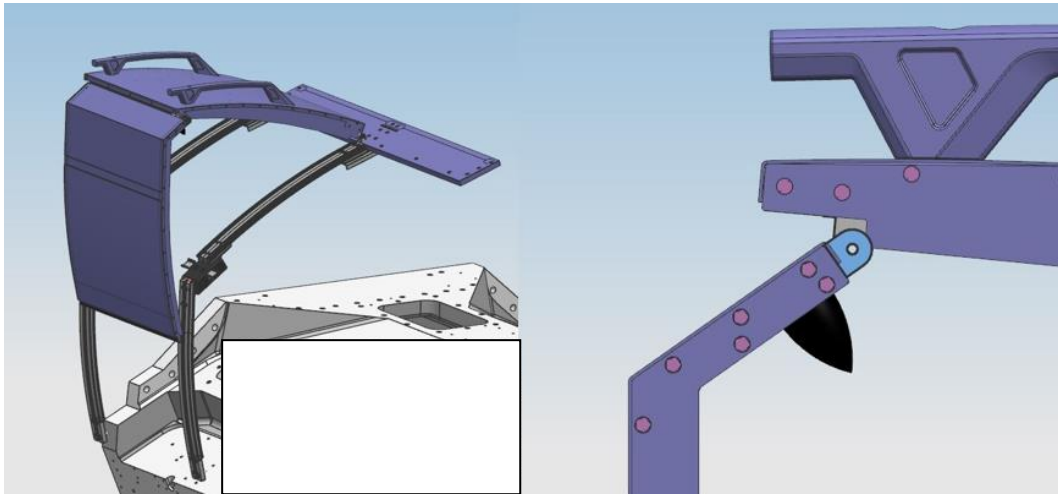
Yhtenäisen luukun hyviä puolia olisivat yksinkertainen rakenne, kustannusten minimointi, sekä nopea asennus ja irrotus.

5.3.2 Huonot puolet, yhtenäinen luukku

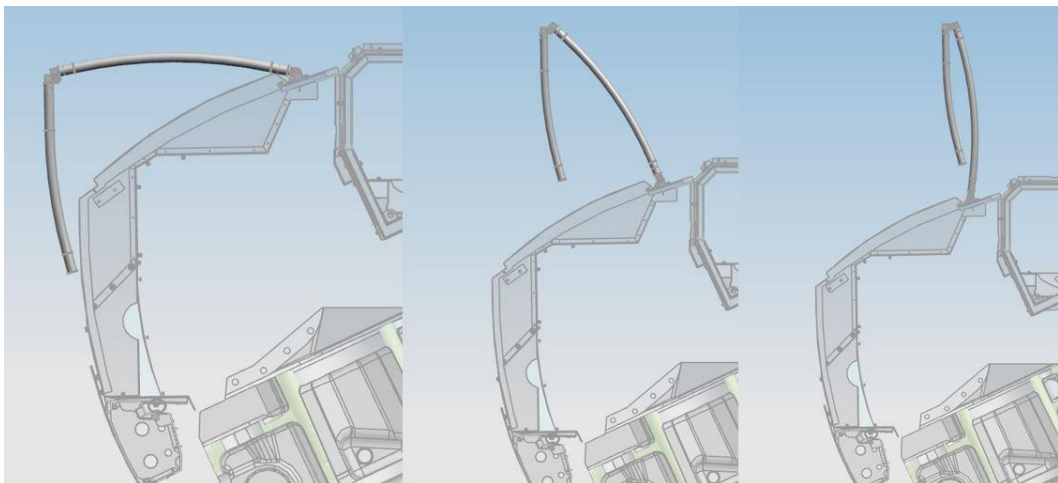
Yhtenäisen luukun huonoja puolia olisivat luukun suuri koko ja hankala käsiteltävyys. Lisäksi luukku tarvitsi ympärilleen tilaa, minne se voitaisiin sijoittaa irrotuksen jälkeen huollon ajaksi. Tämä muodostuisi todennäköisesti ongelmaksi erityisesti laivoissa, joiden konehuoneessa moottoreiden ympärillä on vähemmän tilaa kuin voimalaitoksissa moottoreiden ympärillä.

5.4 Konsepti 3, yhtenäinen luukku kahdella saranalla

Konseptissa 3 yläluukku olisi kiinnitetty saranakiinnityksellä eristelaatikkoon. Ylä- ja sivuluukun väli olisi myös saranoitu molemmilta sivuilta. Luukku kiinnittyisi kaasujousikonseptin tavoin luukun alapään kohdalta. Luukun avaus tapahtuisi nostamalla luukun alapäästä luukkukokoonpanoa, ensin ylöspäin ja sitten kohti eristelaatikkkoa. Sivuluukku kääntyisi kohti yläluukkua niin, että luukkujen sisäpinnat olisivat vastakkain. Lopuksi luukkukokoonpano jäisi nojaamaan yläluukun ja eristelaatikon välissä olevaan kumitukeen kohti eristelaatikkkoa. Myös nykyisistä luukuista voisi todennäköisesti muokata tämän konseptin toimintamekanismilla avautuvat luukut, (**Kuva 17**). Ongelmia tuottaisi kuitenkin sivuluukun yläluukkua leveämpi rakenne, minkä seurauksena yläluukkujen väli olisi sivuluukkujen väliä suurempi ja luukkujen välin peittävän eristyksen rakenteen olisi oltava monimutkaisempi. Nykyisten luukkujen saranoitu 3D-malli löytyy kokoonpanosta PAAF593376 tunnisteella PAAF595095. Kuva 18 havainnollistaa konseptia 3.



Kuva 17. 2 saranaa nykyisissä luukuissa.



Kuva 18. Yhtenäinen luukku kahdella saranalla.

5.4.1 Hyvät puolet, yhtenäinen luukku kahdella saranalla

Kaksisaranaisen luukun hyviä puolia olisivat nopea avaus ja sulkeminen, sekä alhaiset valmistuskustannukset. Luukkujen rakenne ei myöskään tarvitsisi erillistä tukirunkoa. Luukkujen välin tiivistämisen ongelma olisi kuitenkin sama kuin kaasujousiluukussa.

5.4.2 Huonot puolet, yhtenäinen luukku kahdella saranalla

Kuten kaasujousikonseptissa, myös kaksisaranaisen luukun konseptissa, luukun avautuminen eristelaatikon päälle estää moottorin nostamisen luukkujen ollessa asennettuina. Tässä vaiheessa voidaankin todeta, ettei luukun avautuminen eristelaatikon päälle ole toimiva idea. Luukun huonoina puolina olisivat tarve irrottaa luukku ennen moottorin nostoa, sekä luukkujen välin tiivistämisen vaikeus ilman tukirunkorakennetta. Laivamoottoreissa luukun auki asento pitäisi todennäköisesti vielä lukita, mahdollisen laivan keinunnan takia, jonka seurauksena moottori saataisi kallistua, niin että avonainen luukku sulkeutuisi hallitsemattomasti.

5.5 Konsepti 4, pienet korjaukset

Pienet korjaukset konseptissa nykyisiin luukkukokoonpanoihin oltaisiin vaihdettu alaluukun kumitattien paikalle Terry Clip -jouset tai käännetty kumitatti. Terry Clip kiinnityksessä myös yläluukun alakiinnityksen kieli olisi vaihdettu kieleen, joka lukkiutuisi sivuluukun alle. Lisäksi rungon kulmapalaa olisi muutettu Terry Clip -jousille tai käännetylle kumitatille sopivaksi. Paneelin alumiinilukitusta olisi myös pidennetty ja yläluukun alumiinikiinnityksestä olisi poistettu ylimääräinen profiili, jotta yläluukun yläkiinnityksen ongelmakohta oltaisiin saatu poistettua.

5.5.1 Hyvät puolet, pienet korjaukset

Nopeiden korjauksien hyvinä puolina olisi ollut luukkujen rakenteen muuttaminen kuudella uudella komponentilla. Kumitatit olisi käännetty tai vaihdettu Terry Clip -kiinnittimiin. Luukkujen tukirungon kulmapalat olisi korvattu kulmapaloilla, jotka olisivat soveltuneet, joko Terry Clip -kiinnitykseen tai käännetyn kumitatin kiinnitykseen. Yläluukun alakiinnityskieli olisi korvattu muokkaamalla kielen profiilia. Alaluukuista nykyisten kumitatittien kiinnitysosat olisi korvattu teräslevystä valmistetulla tukipalalla, johon olisi voitu kiinnittää, joko Terry Clip -jousi tai käännetty kumitatti. Tukipalan kiinnitykseen sivuluukkuun olisi käytetty sivuluukun ny-

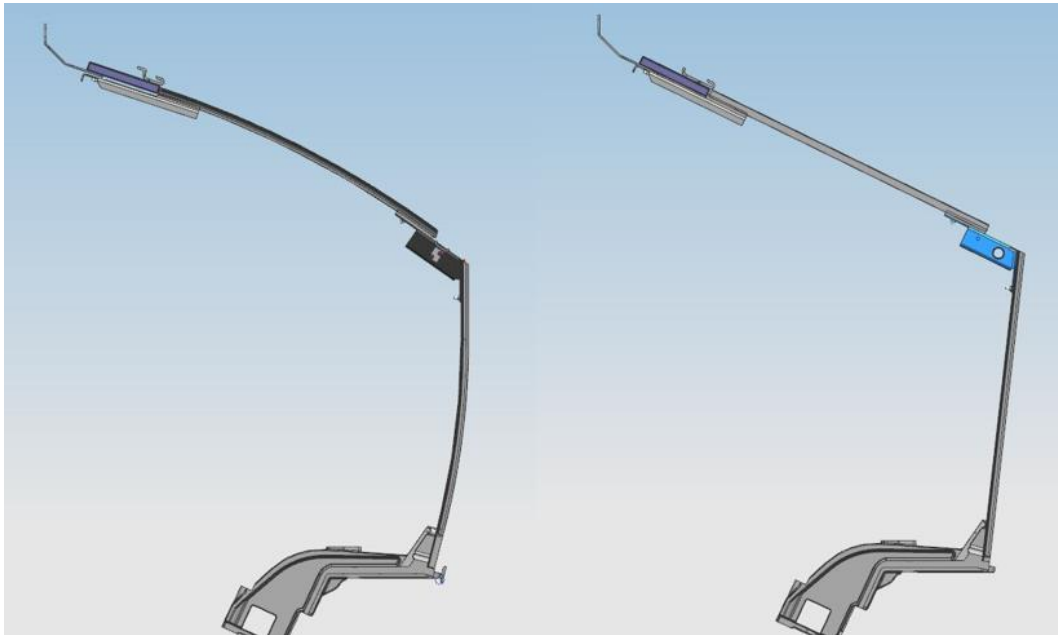
kyisen kumitatin kiinnitysosan reikiä. Yläluukun alumiinikiinnityksestä olisi koneistettu ylimääräinen profiili pois ja paneelin alumiinikiinnityksestä olisi muokattu pidempi hitsaamalla kaksi muokattua nykyisistä alumiinikiinnitystä yhteen.

5.5.2 Huonot puolet, pienet korjaukset

Pienet korjaukset eivät olisi ratkaisseet luukkujen tukirungon kaarevasta muodosta aiheutuvia ongelmakohtia. Sivuluukussa olisi myöhemmin jouduttu muuttamaan nykyisen kumitatin tukipalan kiinnitysreikien kohtia, jotta Terry Clip -jousen tai käännetyn kumitatin tukipalalle olisi saatu järkevät kiinnityskohdat. Konseptin jatkokkehitystarve olisi ollut myös melko suuri.

5.6 Konsepti 5, tukirungon suoristaminen

Konseptissa 5 ideana on suoristaa nykyisen rungon kaarevat alumiiniprofiilit. Toisin sanoen, profiilit jätetään taivuttamatta kaarelle. Tämä poistaa yhden valmistusvaiheen, minkä seurauksena myös valmistuskulut pienenevät hiukan. Lisäksi luukkujen sivupaneelit, jotka uppoavat rungon alumiiniprofiilin uriin vaihdetaan kaarevista suoriin. Luukkujen lukitussuunnat muutetaan niin, että yläluukun molemmat liukulukitukset ovat samansuuntaisia. Sivuluukun lukitusten suunnat muutetaan myös samansuuntaisiksi kääntämällä kumitatti samansuuntaiseksi tukirungon suoran alapalan kanssa tai korvaamalla kumitatti, joko Terry Clip -levyjousella tai rattitatilla. Yläluukun alumiinikiinnitystä muokattaisiin poistamalla siitä ylimääräinen profiili ja paneelin alumiinikiinnitystä muokattaisiin pidemmäksi. Paneelin alumiinikiinnityksestä poistettaisiin myös ylimääräinen profiili. Näiden alumiinikiinnitysten muokkauksien avulla yläluukun yläkiinnityksen ongelmakohdat saataisiin poistettua. Kuva 19 havainnollistaa konseptia 5.



Kuva 19. Tukirungon suoristaminen.

5.6.1 Hyvät puolet, tukirungon suoristaminen

Hyvinä puolina tukirungon suoristamiskonseptissa olisi rakenteen yksinkertaistuminen ja mittatarkkuuden parantuminen. Suoran tukirungon rakenteita olisi helpompi hallita ja muokata mahdollisessa jatkokehityksessä. Luukkujen valmistuskustannukset eivät juurikaan muuttuisi ja testiosien valmistus olisi melko nopeaa. Jos tukirungon suoristaminen todetaan toimivaksi ratkaisuksi, myös jatkokehityksen tarve on todennäköisesti melko pieniä.

5.6.2 Huonot puolet, tukirungon suoristaminen

Huonoina puolina tukirungon suoristamiskonseptissa olisi se, ettei konsepti poistaisi luukkujen tukirungon irrotustarvetta ennen moottorin nostoa. Konsepti ei myöskään yksinkertaistaisi suojuukkujen rakennetta vähentämällä tukirungon osien määrää. Tukirunko kasattaisiin edelleen alkuperäisen tukirungon kaltaisista osista.

6 KONSEPTIEN VALINTA

Konseptien luomisen jälkeen suoritettiin konseptin valinta. Konseptien valinnassa käytettiin konseptien valintataulukkoa, mutta valintaan vaikutti myös se, ettei mikään luoduista konsepteista ratkaissut kaikkia suojaluukuille asetettuja rajoitteita ja kriteerejä. Tästä syystä konseptien valintataulukossa konseptin valmistusnopeudelle, valmistuskustannukselle ja jatkokehitystarpeelle annettiin suuret painokertoimet. Painokertoimet ilmoittavat, kuinka paljon rajoitteella tai kriteerillä ajatelleen olevan merkitystä lopullisessa tuotteessa. Luukkujen käytettävyydessä esiintyi eniten ongelmia, joten sille annettiin myös korkein painokerroin. Painokertoimia annettiin väliltä 1-3. Pisteitä annettiin väliltä 1-5.

Luukkujen konsepteihin vaikuttavat rajoitteet on esitetty taulukossa 1, jonka jälkeen konseptit on pisteytetty niin, että eniten pisteitä saanut konsepti valitaan. Jatkokehitykseen valittiin tukirunkojen suoristamiskonsepti ja sen 3 erilaista kiinnityskonseptia.

Taulukossa 1 konseptiin on merkitty myös PAAF -tunniste, jolla konsepti löytyy Wärtsilän Teamcenter-tiedonhallintajärjestelmästä. Merkityt konseptit ovat kaikki PAAF593376 kokoonpanossa.

Taulukko 1. Konseptien valintataulukko.

		Konsepti 1 PAAF590017	Konsepti 2 PAAF591692	Konsepti 3 PAAF594626	Konsepti 4 PAAF593912	Konsepti 5 PAAF600331
Kriteerit	Painokerroin	Kaasujousiluukku	Pienet muutokset	Kaksi saranaa	Yhtenäinen luukku	Suora runko
Valmistushelpous	2	$1*2=2$	$4*2=8$	$3*2=6$	$3*2=6$	$5*2=10$
Valmistuskustannukset	3	$1*3=3$	$5*3=15$	$3*3=9$	$3*3=9$	$5*3=15$
Käyttäjystävällisyys/ käyttöergonomia	3	$5*3=15$	$3*3=9$	$3*3=9$	$2*3=6$	$4*3=12$
Mahdollisuus nopeaan tarkastukseen	1	4	5	4	2	5
Tärinätön luukku	2	$2*2=4$	$4*2=8$	$2*2=4$	$4*2=8$	$4*2=8$

		Konsepti 1 PAAF590017	Konsepti 2 PAAF591692	Konsepti 3 PAAF594626	Konsepti 4 PAAF593912	Konsepti 5 PAAF600331
Kriteerit	Painokerroin	Kaasujousiluukku	Pienet muutokset	Kaksi saranaa	Yhtenäinen luukku	Suora runko
Melunvaimennus ja tiiviys	1	3	4	4	4	4
Huoltokustannukset	1	1	5	4	5	5
Luukkujen ympärille tarvittava tila	2	$1*2=2$	$4*2=8$	$2*2=4$	$2*2=4$	$4*2=8$
Vaikutus moottoria nostettaessa	2	$1*2=2$	$3*2=6$	1	1	$3*2=6$

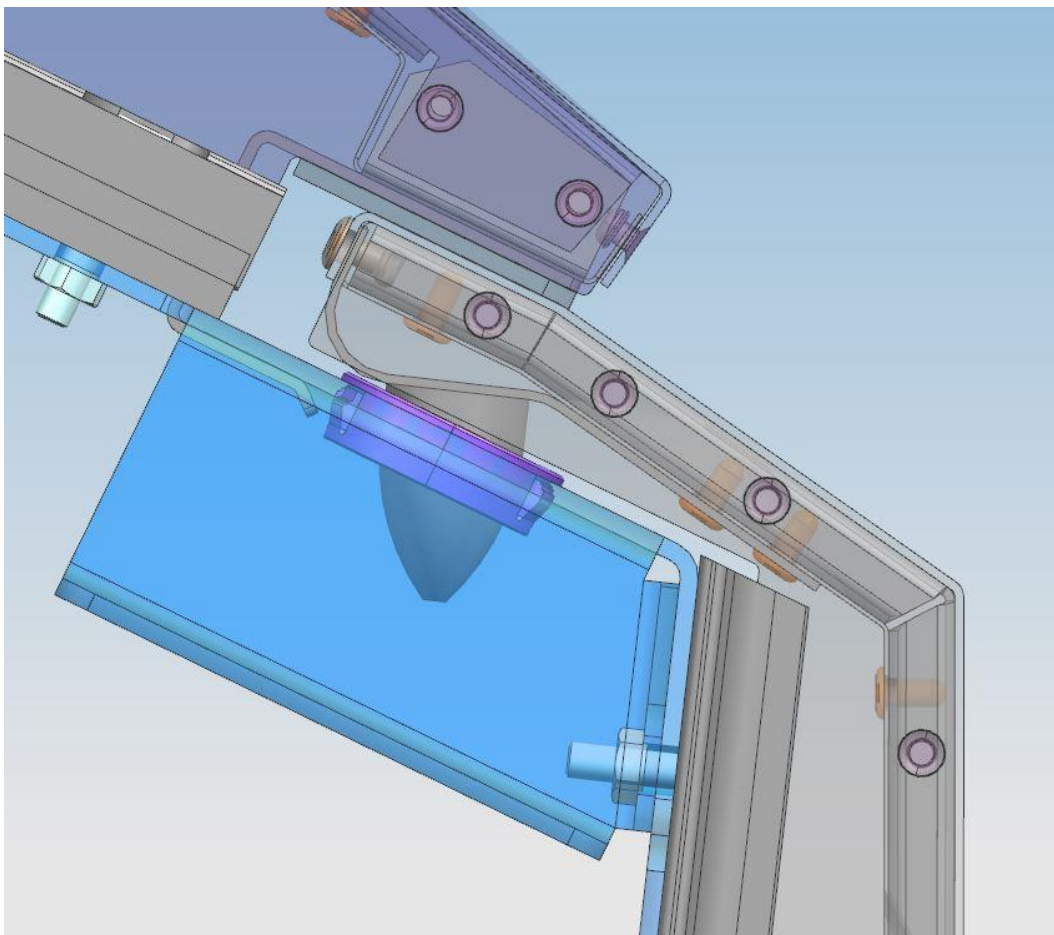
		Konsepti 1 PAAF590017	Konsepti 2 PAAF591692	Konsepti 3 PAAF594626	Konsepti 4 PAAF593912	Konsepti 5 PAAF600331
Kriteerit	Painokerroin	Kaasujousiluukku	Pienet muutokset	Kaksi saranaa	Yhtenäinen luukku	Suora runko
Vaikutukset nykyisiin ympärillä oleviin rakenteisiin	2	$1*2=2$	$4*2=8$	$2*2=4$	$3*2=6$	$4*2=8$
Konseptin valmistusnopeus	3	$1*3=3$	$5*3=15$	$2*3=6$	$2*3=6$	$4*3=12$
Jatkokehitystarve	3	$1*3=3$	$2*3=6$	$1*3=3$	$1*3=3$	$3*3=9$
Yhteenlasketut pisteet		44	97	58	60	102

7 JATKOKEHITYKSEEN VALITTU KONSEPTI

Jatkokehitykseen valittiin tukirungon suoristamiskonsepti. Konsepti sisältää enemmän muutoksia nykyiseen suojuuukujen rakenteeseen, kuin pienet korjaukset -konsepti, jolloin valitusta konseptista saadaan enemmän tutkimustietoa, kuin pienet korjaukset -konseptista. Vaikka valittu konsepti ei toimisi sellaisenaan, siitä saatua tietoa voidaan hyödyntää myöhemmin, jos päätetään kehittää täysin uusi suojuuukurakenne. Valitulla konseptilla oli 3 erilaista kiinnityskonseptia, jotka esitellään seuraavissa kappaleissa. Lopuksi esitellään konseptin luukut ja tukirunko. Valitun konseptin 3D-mallit löytyvät kokoonpanosta PAAF629227. Koneenpiirustus 1 & 2 kirjaa hyödynnettiin tehtäessä piirustuksia valitusta konseptista /8/.

7.1 Sivuluukun kumitatin kääntö

Kumitatin kääntö -kiinnityskonseptissa idea on lähes sama kuin nykyinen sivuluukun yläpään kiinnitysmekanismiin. Erona on, että tatin kiinnityskulmaa on käännetty niin, että sen asennussuunta on tukirungon suoristetun alapalan suuntainen. Nyt sivuluukku voidaan asentaa paikoilleen yhdestä suunnasta ilman luukun asetelua ja oikean asennon etsintää. Kuva 20 havainnollistaa kumitatin kääntöä.



Kuva 20. Kiinnityskonsepti, kumitatin kääntö.

7.1.1 Hyvät puolet, kumitatin kääntö

Kumitatin kääntämisen hyviä puolia ovat asennuksen helpottuminen ja sitä kautta käyttäjäystävällisyyden parantuminen. Kumitatin kääntö ei myöskään muuta luukun valmistuskustannuksia. Kumitatin kääntö -kiinnityskonseptissa kulmapaloja levennettiin niin, että yläluukun kieli kiinnittyy kulmapalan alle ja kulmapalan kiekkeet voitiin poistaa.

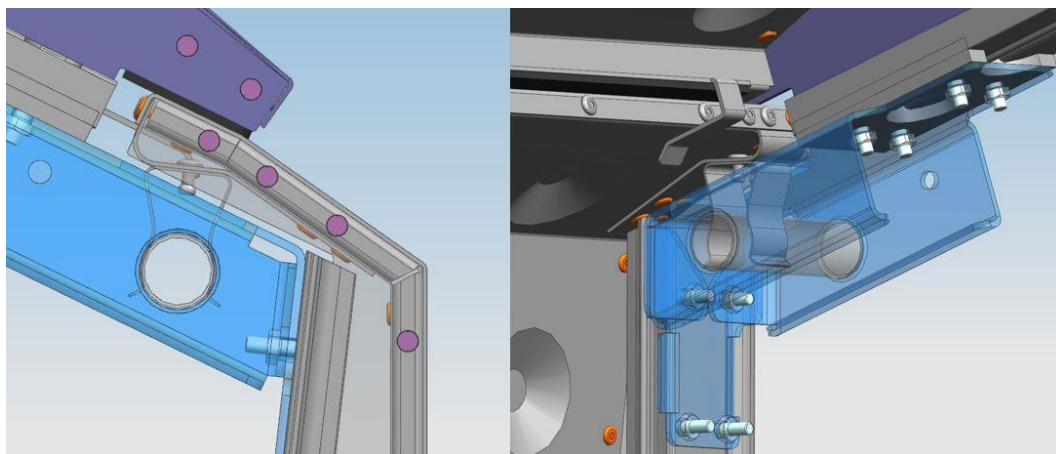
7.1.2 Huonot puolet, kumitatin kääntö

Käännetty tatti ei osoita enää kohtisuoraan luukkujen tukirungon kulmapalaa kohti. Tämä hankaloittaa reiän oikean kohdan mitoittamista tukirungon kulmapalaan ku-

mitatille sopivaksi. Kulmapalan reikään joudutaan asentamaan nylonista valmistettu reiän läpivientipala, joka suojaa kumitattia suoralta kosketukselta kulmapalan reiän reunojen kanssa. Ilman läpivientipalaa, kulmapalan reiän reunat kuluttavat kumitatin nopeasti asennettaessa ja moottorin käydessä.

7.2 Terry Clip

Terry Clip -kiinnityskonseptissa kumitatin tilalle vaihdetaan Terry Clip -levyjousi. Toisin kuin kumitatti, Terry Clip -jousi lukitsee alaluukun liikkeen myös pystysuunnassa. Tämän johdosta yläluukun kielikiinnitys voidaan siirtää tukirungon kulmapalan erillisestä kielekkeestä lukkiutumaan suoraan sivuluukkuun. Tällöin saadaan poistettua kulmapalan kielekkeet. Kuva 21 havainnollistaa Terry Clip -kiinnitystä.



Kuva 21. Kiinnityskonsepti, Terry Clip.

7.2.1 Hyvät puolet, Terry Clip

Terry Clip -kiinnityksen hyviä puolia ovat sivuluukun pystysuuntaisen liikkeen lukitseminen ja luukun materiaalikustannusten pysyminen lähes ennallaan. Alustavien tarjousten mukaan yhden jousen hinta ei eroa huomattavasti kumitatin hinnasta. Sadan kappaleen tilauksella yhdelle jouselle tulee hintaa noin 10 e/kpl. Vielä

ei tosin osata sanoa toimiiko kyseinen jousimekanismi. Jousen irrotukseen tarvittavan voiman mitoitus on myös hieman hankalaa. Lisää jousen mitoituksesta löytyy kappaleesta 7.2.3.

7.2.2 Huonot puolet, Terry Clip

Huonoina puolina Terry Clip –kiinnityksessä ovat ensisijaisesti epävarmuus jousen soveltuvuudesta tällaiseen kiinnitykseen. Samantapaista levyjousta on käytetty Wärtsilän W32-moottorissa, mutta siinä jouseen kohdistuvat voimat ovat hieman erilaiset. Vielä, ennen testiluukkujen valmistusta ja koeajoa, ei siis osata sanoa toimiiko kyseinen jousimekanismi. Jousen irrotukseen tarvittavan voiman mitoitus on myös hieman hankalaa. Jousen puristusvoima tulisi olla riittävä pitämään luukku paikallaan, mutta irrotus olisi kuitenkin oltava mahdollista suorittaa nostamalla luukku kaksin käsin ylöspäin.

7.2.3 Terry Clip -levyjousen irrotusvoiman laskenta

Terry Clip -levyjousen irrottamiseen tarvittavaan voimaan vaikuttavat jousen suuaukon leveys, (**Kuva 22.**), jousen kiinnityspisteen ja suuaukon välinen pituus, (**Kuva 23.**), jousen materiaali, materiaalin paksuus, sekä leveys. Tarvittavaa irrotusvoimaa laskettaessa, jousen profiili yksinkertaistettiin suoraksi. Laskussa käytettiin kaavaa numero 1 /9 s.91/. Jouset valmistettiin C75 S jousiteräksestä, joka karkaistaan taivutusten jälkeen. Kimmokerroinena käytettiin arvoa 200 000 N/mm².

$$s = \frac{4 \cdot l^3 \cdot F}{E \cdot b \cdot h^3}, \text{ jossa} \quad (1)$$

s = taipuma

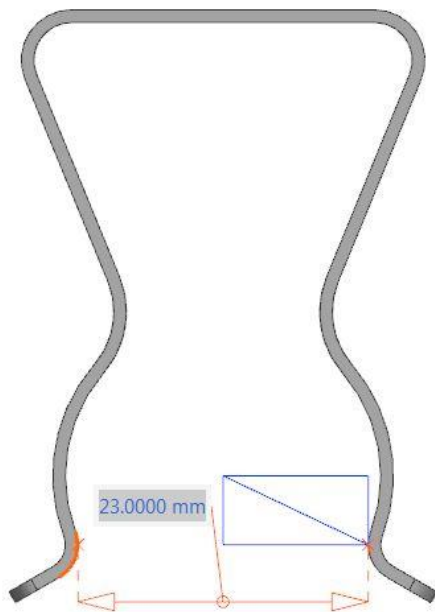
E = materiaalin kimmokerroin (200 000 N/mm²)

F = vaikuttava voima

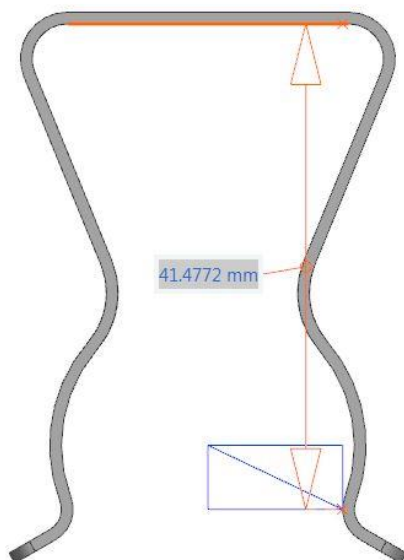
l = kiinnityskohdan ja jousen suuaukon välinen pituus. Jousella 1 43 mm. Jousella 2 45 mm.

b = Yksinkertaistetun mallin leveys (100 mm)

h = materiaalin paksuus (1 mm)



Kuva 22. Jousen suuaukon leveyden mitoituskohta.



Kuva 23. Jousen kiinnityspisteen ja suuaukon välisen pituuden mitoituskohta.

Terry Clip –jousen kiinnityskohteena käytettiin putkea, jonka ulkopinnan halkaisija on 26,9 mm. Tarvittava s-arvo saatiin vähentämällä putken halkaisijan mitasta jousen suuaukon mitta. Saatu erotus jaettiin kahdella, kaavan 2 mukaan, koska yksinkertaistettua kaavaa käytettäessä jousen sivujen leveydet lasketaan yhteen. Yhteen sivuluukkuun tulee kaksi joustia. Yksinkertaistetussa mallissa käytettäessä kahta 25 mm levyistä joustia, jotka on valmistettu 1 mm paksuisesta materiaalista, mallin leveydeksi saadaan 100 mm ja paksuudeksi 1 mm. Kiinnityspisteen ja suuaukon välinen pituus muuttuu suuaukon leveyden muuttuessa.

$$s_t = (D - d) / 2, \text{ jossa} \quad (2)$$

s_t = tarvittava taipuma, putken irrotukseen

D = putken ulkohalkaisija (26,9 mm)

d = jousen suuaukon välinen leveys. Jousi 1 23 mm. Jousi 2 20 mm.

Kun tarvittava s-arvo oli saatu selville, muutettiin kaavan 1 F-arvoa, niin että saatu s-arvo vastasi tarvittavaa s-arvoa. Tämän jälkeen vaakasuora voima F käännettiin pystysuuntaiseksi voimaksi kaavalla 3, jota merkitään symbolilla F_h . Kuvassa 24 on esitetty kaavassa 3 käytetyn kulma-asteen mittausta paikka. Lopputulokseen lisättiin vielä lepokitkan voima käyttäen voitelemattoman teräs-teräs pinnan lepokitkakertoimen arvoa 0,15 /10/. Kitkavoima laskettiin kaavalla 4.

$$F_h = F * \tan(\alpha), \text{ jossa} \quad (3)$$

F_h = haluttu pystysuuntainen voima

F = tiedetty tarvittava vaakasuora voima. Jousella 1 125N. Jousella 2 186N.

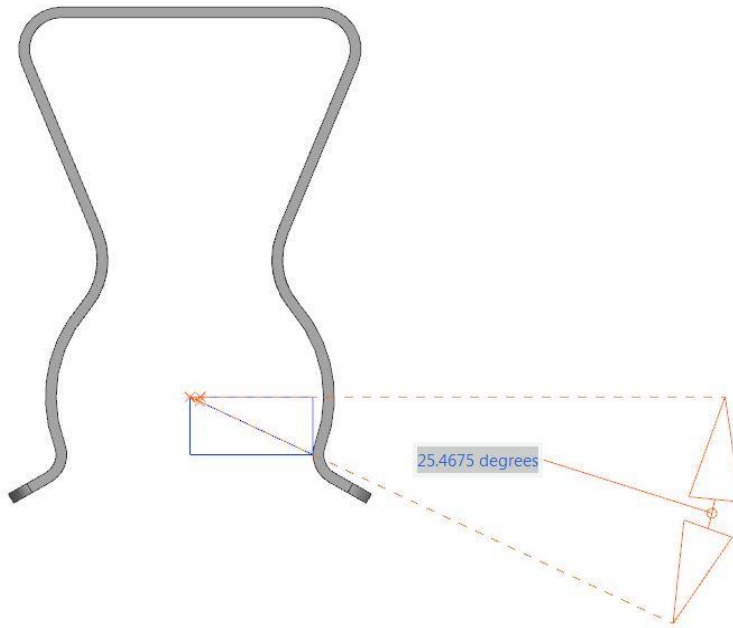
α =kulma-aste. Jousi 1 30,5°. Jousi 2 43°.

$$F_\mu = F * \mu, \text{ jossa} \quad (4)$$

F_μ = kitkavoima

F = aiemmin käytetty vaakasuoran voiman arvo

μ = lepokitkakerroin voitelemattomalle teräs-teräs pinnalle (0,15)



Kuva 24. Kaavassa 4 käytetty kulma-asteen paikka.

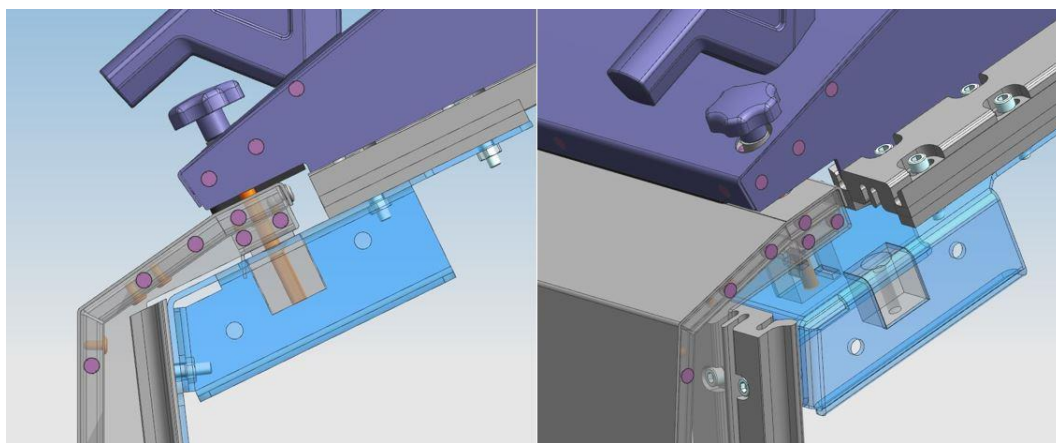
Yksinkertaistettu malli antaa lähinnä suuntaa jousen mitoitukseen. Valmiita kaavoja Terry Clip -profiilisen jousen laskuun ei löytynyt netistä, eikä jousen valmistajalta. Kaavaa rakennettiin Wärtsilän kahden vakituisen työntekijän kanssa. Lisäksi kaavan laskujen oikeellisuus tarkistutettiin yhdeltä Vaasan ammattikorkeakoulun matemaattisten aineiden lehtorilta. Lehtorin antamat kommentit kaavasta koskivat lähinnä jousen kaarevan muodon yksinkertaistamista suoraksi, joka lisää saadun tuloksen virheellisyyttä. Tämän vuoksi jousen kaareva muoto suunniteltiin mahdollisimman suoraksi ilman, että siitä on haittaa jousen toiminnalle. Tämän seurauksena yksinkertaistetun laskukaavan epätarkkuuden tulisi käytännössä pienentyä.

Alle 100 kappaletta hankittaessa, yhden jousen hankintahinta Jurvan jouselta oli 100 e. Jurvan jouselta tilataan yhteensä 4 kappaletta Terry Clip -profiilisiä levyjou-

sia. Kaksi kappaletta jousia, joiden yhteenlaskettu tarvittava irrotusvoima yksinkertaistetulla kaavalla on 92N. Sekä kaksi joustaa, joiden yhteenlaskettu irrotusvoima on 200N.

7.3 Rattitatti

Rattitatti -kiinnityskonseptissa yläluukun alakiinnitys ja sivuluukun yläkiinnitys korvataan rattitattilla, joka kulkee luukkujen läpi ja kiinnittyy kulmapalassa oleviin kierteisiin. Kuva 25 havainnollistaa rattitattikiinnitystä.



Kuva 25. Kiinnityskonsepti, rattitatti.

7.3.1 Hyvät puolet, rattitatti

Rattitatin hyviä puolia ovat yksinkertainen kiinnitysmekanismi, kiinnitysten väheneminen ja tukeva rakenne. Rattitatti korvaisi, sekä sivuluukun ylemmän kiinnityksen, että yläluukun alemman kiinnityksen. Molempien luukkujen läpi kulkeva rattitatti mahdollistaisi myös tiiviin ja tukevan rakenteen luukkujen väliin.

7.3.2 Huonot puolet, rattitatti

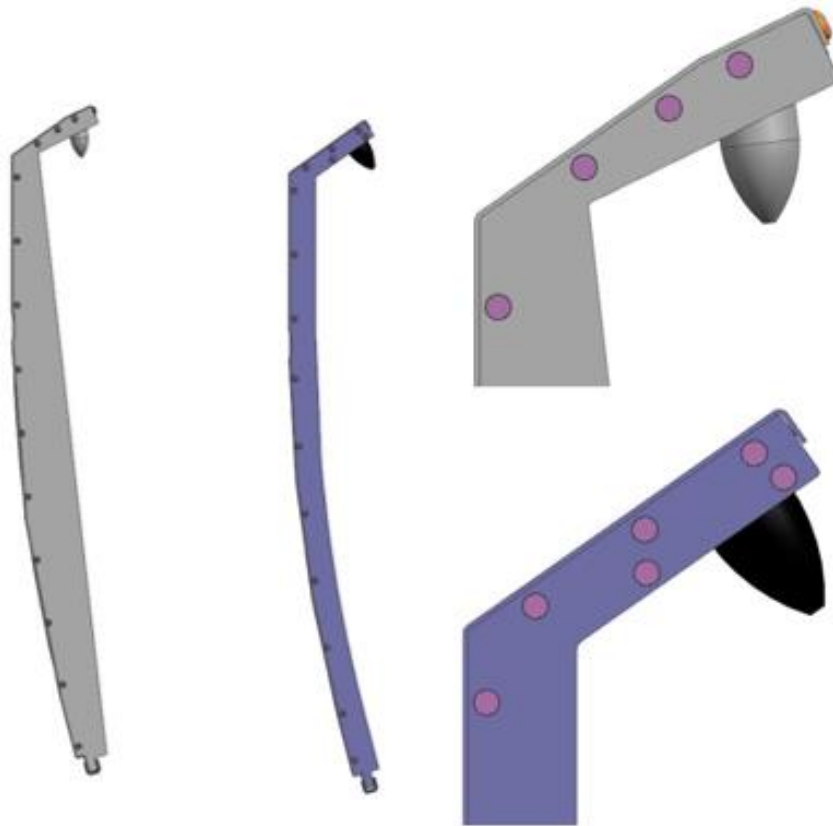
Rattitatin huonoja puolia ovat kosmeettisuuden kärsiminen, irtonainen rakenne, sekä tarve tukea sivuluukku ennen rattitatin asennusta. Kosmeettinen haitta ei varmaankaan ole huomattava, mutta rattitatti tulee kuitenkin näkymään melko selkeästi yläluukun pinnalla.

Tatin irtonainen rakenne aiheuttaa myös ongelmia. Rattitatin on oltava luukuista irtonainen osa, sillä sivuluukkuun sitä ei voi kiinnittää, eikä oikein järkevästi yläluukkuunkaan.

Ennen rattitatin asennusta alaluukun ja yläluukun on oltava paikoillaan. Sivuluukku ei kuitenkaan pysy paikallaan, vaan pyrkii kaatumaan moottorista pois päin ilman kiinnitystä luukun yläpäästä. Asennusta ei voida suorittaa ergonomisesti tukemalla alaluukku polvella, sillä yläluukku asennetaan alaluukun jälkeen. Sivuluukku siis tarvitsee kiinnityksen, joka estää luukku kaatumasta ennen yläluukun asennusta. Kiinnitys ratkaistiin lisäämällä sivuluukun rattitattitukeen kieleke, joka uppoaa tukirungon kulmapalaan pitäen luukun paikoillaan, kunnes yläluukku on asennettu.

7.4 Suoran tukirungon sivuluukku

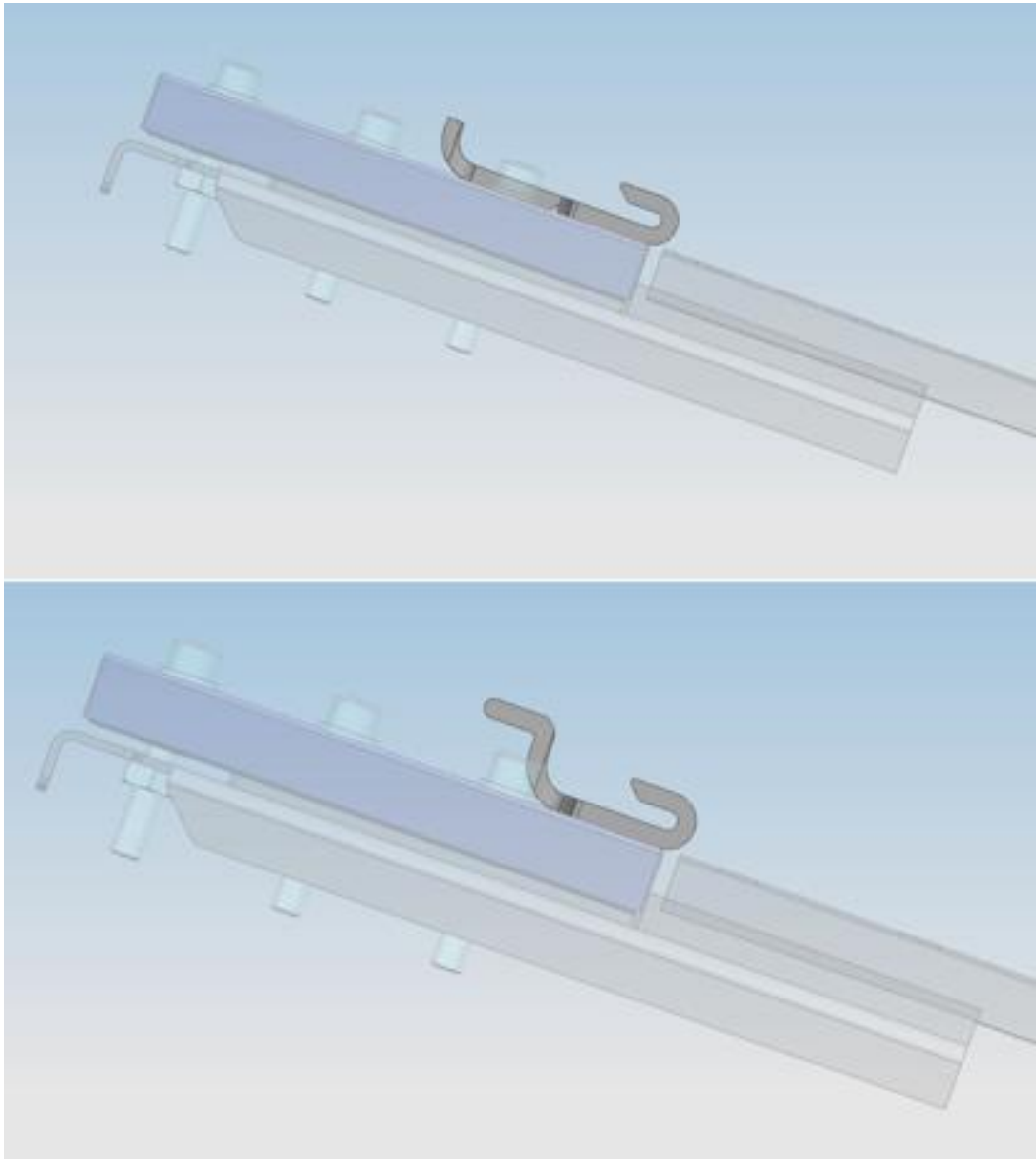
Valitun konseptin sivuluukun rakenne ja ulkomuoto ovat lähes samanlaiset, kuin alkuperäisten luukkujen ulkomuoto ja rakenne. Erot nykyisiin sivuluukkuihin ovat luukkujen yläkiinnitykset, sekä luukun sivupaneelit, jotka ovat alkuperäisten luukkujen kaarevista sivupaneeleista poiketen suoraprofiilisia. Lisäksi valitun konseptin sivuluukun runkorakennetta muutettiin luukun yläpäässä samansuuntaiseksi luukkujen tukirungon yläpalan kanssa. Kuva 26 havainnollistaa sivuluukun runkorakennetta ja sivupaneelin muutoksia.



Kuva 26. Sivuluukun runkorakenteen ja sivupaneelin muutokset.

7.5 Suoran tukirungon yläluukku

Valitun konseptin yläluukun muutoksia alkuperäisiin luukkuihin verrattuna ovat sivuluukkujen kaltaisesta luukun sivupaneelien suora profiili ja luukun alakiinnityksen muutokset. Lisäksi luukun yläkiinnitystä muokattiin pidentämällä tukirungon paneelissa olevaa alumiinikiinnikettä, sekä poistamalla siitä profiili, joka mahdollistaisi yläluukun osittaisen lukkiutumisen väärään kohtaan. Myös yläluukun alumiinikiinnikettä muokattiin poistamalla siitä profiili, joka olisi estänyt paneelin alumiinikiinnityksen pidennyksen hyödyntämisen. Kuva 27 havainnollistaa paneelin alumiinikiinnitysten muutoksia. Kuva 28 havainnollistaa valitun konseptin yläluukun sivupaneelien suoristamista ja yläluukun yläkiinnityksen muutoksia.



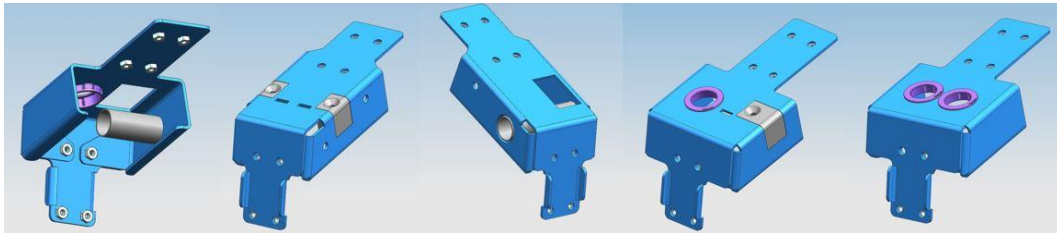
Kuva 27. Paneelin alumiinikiinnitysten muutokset.



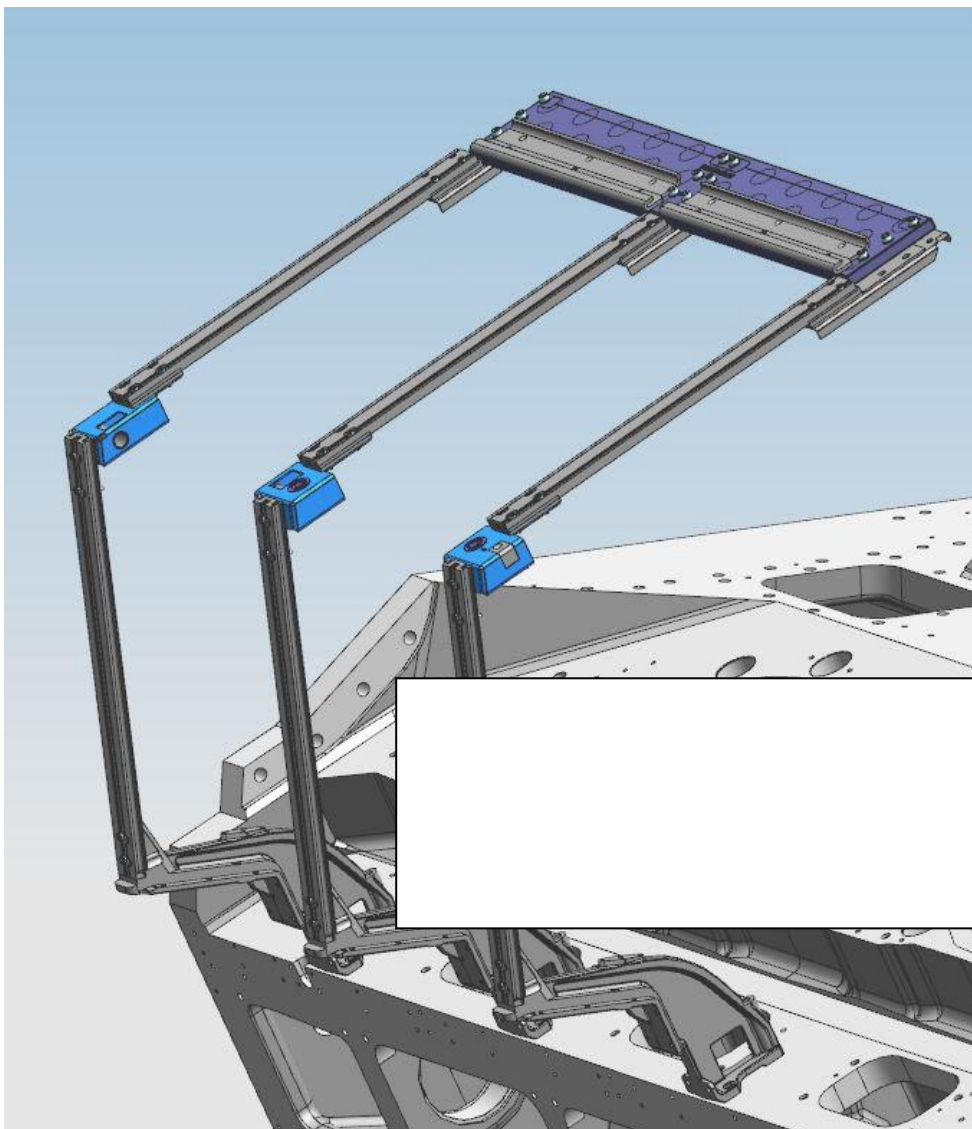
Kuva 28. Sivuluukku suoraprofiilisilla sivupaneeleilla ja alumiinikiinnikkeen muu-
toksilla.

7.6 Suora tukirunko

Suoran tukirungon alumiiniprofiilit suoristettiin, kulmapalaa muokattiin suoristetuille tukirungolle sopivaksi ja paneelin alumiiniprofiilia muokattiin kappaleessa 7.5 esitetyllä tavalla. Kulmapaloja suunniteltiin 5 erilaista, jotta kaikki kiinnitykset saataisiin testattua yhdessä moottorissa (**Kuva 29**). Kuva 30 havainnollistaa suoristettua luukkujen tukirunkorakennetta.



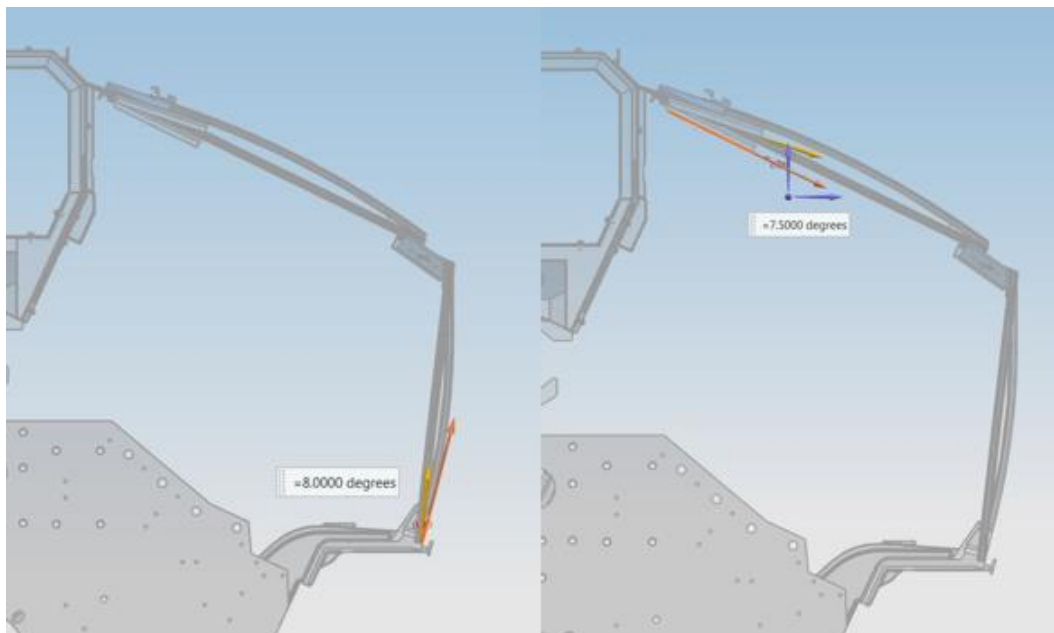
Kuva 29. Valitun konseptin kulmapalat.



Kuva 30. Luukkujen suoristettu tukirunko.

7.7 Ympärillä olevat rakenteet

Muutamia muutoksia jouduttiin tekemään myös suojuukkujen ympärillä oleviin rakenteisiin. Moottorilohkolta lähtevää tukea muokattiin koneistamalla siihen 8 asteen kulman muutos ja uudet reiät tukirungon alapalan kiinnitykseen. Eristelaatikon lähteviä tukilevyjä muutettiin. Niiden luukkujen tukirunkoa kohti osoittavaa astekulmaa suurennettiin 7,5 astetta. Kuva 31 havainnollistaa luukkujen tukirungon kiinnityspaikkojen astemuutoksia. Moottorin molemmissa päissä olevia suojuapeltirakenteita muutettiin niin, että suora tukirunko saadaan kiinnitettyä moottorin päistä suojuapeltirakenteeseen. Vauhtipyörän päähän suunniteltiin myös eristelaatikon ja tukirungon välinen tukipala, joka yhdessä suojuapeltirakenteen muutoksien kanssa mahdollistaa luukkujen tukirungon ja suojuapeltirakenteen kiinnittämisen samaan eristelaatikon ja luukkujen tukirungon väliseen tukipalaan. Moottorin vauhtipyörän päähän suunniteltiin myös luukkujen tukirungon yläpalaan kiinnitettävä tukipala, jolla suojuapeltirakenne saadaan kiinnitettyä luukkujen tukirunkoon laajemmalta alalta.



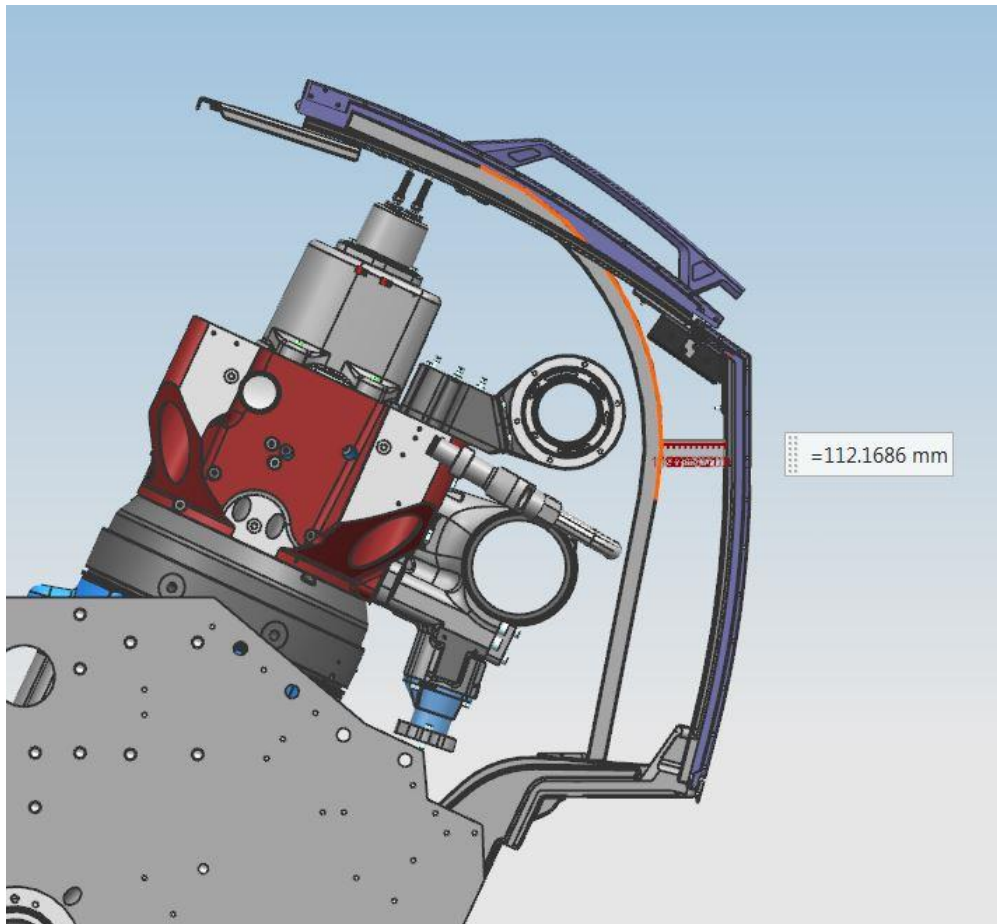
Kuva 31. Luukkujen tukirungon kiinnityspisteiden astemuutokset.

8 LUUKKIJEN KAVENTAMINEN

Yhtenä opinnäytetyön tutkimuskohteena oli selvittää, kuinka paljon nykyisiä luukkuja olisi mahdollista kaventaa, toisin sanoen tuoda lähemmäs moottoria. Kuvassa 32 näkyy moottorin nykyisten luukkujen sivuprofiili, sekä sylinterikansi. Kavennusvaran 3D-malli löytyy PAAF593376 kokoonpanosta tunnisteella PAAF594145.

Nykyisissä luukuissa kavennusvaraa olisi lähinnä sivuluukun kohdalla, jota voitaisiin kaventaa tuomalla sivuluukkua noin 110 mm lähemmäs moottoria.

Opinnäytetyön alussa selvisi, että sivuluukun kaarevan muodon syynä on moottorin ulkoisen ilmeen lisäksi ollut, moottorin mallista riippuen, kaasuputkelle jätetty tila. Opinnäytetyön alussa mahdollisen kaasuputken reitti oli vaihtunut, jonka seurauksena sivuluukun ja sylinterikannen väliin jäi turhaa tilaa. Opinnäytetyön ollessa lopullaan selvisi kuitenkin, että kaasuputken ja mahdollisesti muiden komponenttien reittiä aiotaan muuttaa niin, ettei sivuluukkuja ole enää mahdollista tuoda lähemmäs moottoria.



Kuva 32. Väli sylinterikannen ja nykyisen suojaluukkukokoonpanon välissä.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli W31-moottorin sylinterikansien suojaluukkujen ongelmakohtien määrittäminen ja parannellun rakenteen kehittäminen. Opinnäytetyön aikana suunniteltiin erilaisia konseptiehdotuksia nykyisten luukkujen korvaamiseksi. Lisäksi markkinoilla olevista kiinnitysmekanismeista pyrittiin löytämään toimivia ideoita, joita voitiin soveltaa erilaisia kiinnitysmekanismeja suunniteltaessa. Lopputuloksena päädyttiin muuttamaan nykyisiä luukkuja ja luukkujen tukirunkoa niin, että luukkujen ongelmakohdista päästäisiin eroon. Valittu konsepti vaikuttaa eniten luukkujen käytettävyyden parantumiseen. Luukkujen ulkoinen muoto pysyi ennallaan. Ympärillä oleviin rakenteisiin tehtiin tarvittavia muutoksia, mutta nämäkään muutokset eivät vaikuta moottorin ulkopintaan.

Jos opinnäytetyön aikana kehitetty sylinterikansien suojaluukkurakenne todetaan testiajon jälkeen toimivaksi, se voidaan ottaa käyttöön. Jos kuitenkin todetaan, ettei kehitetty suojaluukkurakenne ole toimiva tai se ei ratkaise riittävästi luukkujen ongelmakohtia, saadaan siitä kuitenkin tutkimustietoa, jota voidaan hyödyntää luukkujen jatkokehityksessä.

10 JATKOKEHITYS

Luukkujen jatkokehityksessä suuntana tuntuisi olevan kustannukset minimoiva rakenne, joka olisi helposti purettavissa. Tarve irrottaa osa luukkujen tukirungosta ennen moottorin nostamista, aiheuttaa edelleen ylimääräistä työtä moottorin kuljetuksen aikana. Jatkokehityksessä pyritäänkin varmasti pääsemään eroon vähintään yläluukun alla olevasta tukirungosta. Moottorin nostoa ajatellen, tukirungon eristelaatikkoon kiinnittyvä paneeli olisi syytä poistaa. Tämä vaatisi yläluukun pidentämistä niin, että luukku ulottuu lähemmäs eristelaatikkaa.

Sivuluukku tullaan todennäköisesti kiinnittämään ruuveilla suoraan moottorilohkosta lähtevään tukeen, jolloin sen irrottamiseen tarvitaan työkaluja. Yläluukun irrotus käsin tullaan säilyttämään todennäköisesti ennallaan, koska se mahdollistaa nopean sylinterikansien tilan tarkistamisen.

Luukkujen ulkoinen profiili tullaan todennäköisesti säilyttämään nykyisen kaltaisenä. Suuret muutokset luukkujen profiilin ulkopintaan vaatisivat muutoksia myös moottorin muihin ulkoisiin rakenteisiin, jotta moottorin ulkomuoto näyttäisi yhdenmukaiselta.

Suurimpia haasteita jatkokehitystä ajatellen syntyy varmasti tukirungon osittaisesta poistamisesta. Ilman tukirunkoa yläluukkujen väliin jää rako. Yläluukkuja ei voi myöskään leventää niin, että ne olisivat kiinni toisissaan, koska se tekisi luukkujen asentamisen lähes mahdottomaksi. Yhtenä vaihtoehtona voisi olla yläluukku, joka peittää kerralla 4 sylinterikantta. 8-sylinterisessä moottorissa yläluukkuja olisi siis 2 kappaletta ja 16-sylinterisessä 4 kappaletta. Yli 8-sylinterisissä moottoreissa jouduttaisiin yläluukkujen väli kuitenkin peittämään jonkinlaisella rungolla, mutta runkopaloja olisi 16-sylinterisessä moottorissakin vain yksi moottorin molemmilla puolilla.

Opinnäytetyön aikana kävi ilmi, että luukkujen valmistaja oli vaihtunut ja nykyiset suojuulukut olivat erilaisia, kuin alkuperäisen valmistajan luukut. Nykyiset suojuulukut ovat siis käyneet ainakin kerran läpi jonkinlaisen tuotekehityksen. Wärtsilän Teamcenter -tietokannassa ei kuitenkaan ollut 3D-malleja uuden valmistajan luukuista. Nykyiset luukut tilataan alkuperäisten luukkujen PAAF -tunnisteella luukkujen uudelta valmistajalta. Tämän takia luukkujen ongelmakohtien havaitseminen moottorin 3D-mallissa ei ole ollut mahdollista Wärtsilän tietokannasta löytyvillä luukuilla. Opinnäytetyön aikana uudelta valmistajalta saatiin kuitenkin nykyisten luukkujen 3D-mallit.

Nykyisistä luukuista ei todennäköisesti olla ehditty valmistaa testiosia, luukkujen valmistajan vaihtumisen aiheuttaman kiireen takia. Lisäksi suojuulukujen tukirungon kaarevien ylä- ja alapalojen suuren säteen takia palojen todellinen säde saattaa olla todellisuudessa eri, kuin 3D-mallissa. Tämän vuoksi uuden valmistajan on ollut varmasti vaikea todeta nykyisten luukkujen ongelmakohtia pelkän 3D-mallin perusteella.

Tarve luukkujen tuotekehitykseen johtuukin varmasti suurelta osin kiireestä, jonka seurauksena laajaan tuotekehitykseen ei ole ollut aikaa. Saman alumiinikiinnikkeen käyttö sekä yläluukussa, että tukirungon paneelissa aiheuttaa myös yhden luukkujen ongelmakohdan. Alkuperäinen ajatus on todennäköisesti ollut säästää aikaa ja valmistuskustannuksia käyttämällä samaa osaa kahdessa paikassa. Tällä on kuitenkin ollut käyttöergonomiaa laskeva vaikutus luukkujen toiminnalle.

Suurin syy luukkujen tuotekehitystarpeelle on todennäköisesti kuitenkin luukuille haluttu kaareva muoto yhdistettynä luukuille haluttuun matalaan valmistuskustannukseen ja yksinkertaiseen käyttömekanismiin. Nämä kolme asiaa yhdessä luovat hankalasti ratkaistavan kokonaisuuden, jossa joudutaan joustamaan jostain halutusta ominaisuudesta. Nykyisillä luukuille jouston kohteeksi joutunut ominaisuus on luukkujen yksinkertainen toimintamekanismi.

LÄHTEET

/1/ Wikipedia. Viitattu 13.5.2017.

https://en.wikipedia.org/wiki/Terry_clip

/2/ Wikipedia. Viitattu 13.5.2017.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rtsil%C3%A4>

/3/ Wärtsilä virallinen internetsivu. Viitattu 13.5.2017.

<http://www.wartsila.com/fi/wartsila/historia>

/4/ Wärtsilä virallinen internetsivu. Viitattu 13.5.2017.

<http://www.wartsila.com/fi/wartsila/tutkimus-kehitys>

/5/ Jokinen, T. 1999. Tuotekehitys. 5. painos. Helsinki. Hakapaino Oy.

/6/ Hietikko, E. 2010. Tuotekehitystoiminta. 2. painos. Kuopio. Kopijyvä Oy.

/7/ Keinonen, T., Jääskö V. 2004. Tuotekonseptointi. 1. painos. Helsinki. Teknova Oy.

/8/ Pere, A. 2012. Koneenpiirustus 1 & 2. 11. painos. Espoo. Kirpe Oy.

/9/ Valtanen, E. 2008. Tekniikan taulukkokirja. 16. painos. Jyväskylä. Genesis-kirjat Oy.

/10/ Taulukot.com internetsivu.

http://www.taulukot.com/fysiikka/mekaniikka_termodynamiikka/