

Opinnäytetyö AMK

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Konetekniikka

2012

Jone Heikkilä

VENETRAILERI JA PERÄKÄRRY -YHDISTELMÄN SUUNNITTELU



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma | Konetekniikka

Maaliskuu 2012 | 44 sivua, 9 liitesivua

Ohjaaja: Rabbe Storgårds

Jone Heikkilä

VENETRAILERI JA PERÄKÄRRY -YHDISTELMÄN SUUNNITTELU

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella tieliikenteeseen rekisteröitävä venetraileri ja peräkärri -yhdistelmä. Tarkoituksena oli tehdä valmis suunnitelma ja piirustukset yhdistelmästä, jotta se voitaisiin valmistaa näiden perusteella.

Työn alussa selvitettiin viranomaismääräyksiä koskien runkorakennetta, valoja, heijastimia ja muita osia, joilta vaaditaan tyyppihyväksyntä. Viranomaismääräysten selvityksen jälkeen tehtiin valinta yhdistelmän runkorakenteesta sekä siinä käytettävistä valoista ja heijastimista.

Osien suunnittelussa ja mallintamisessa käytettiin SolidWorks-ohjelmistoa. Suunnittelun alussa kaikki valmisosina hankitut osat mallinnettiin. Valmisosien mallintamisen jälkeen kaikki itse suunnitellut osat mallinnettiin ja niistä tehtiin piirustukset.

Työn lopputuloksena syntyi valmis suunnitelma ja piirustukset venetraileri ja peräkärri -yhdistelmän valmistamiseksi.

ASIASANAT:

venetraileri, peräkärri, suunnittelu

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering

March 2012 | 44 pages, 9 appendices

Instructor: Rabbe Storgårds

Jone Heikkilä

DESIGNING BOAT TRAILER AND TRAILER COMBINATION

The purpose of this thesis was to design a road boat trailer and trailer combination that meets the legal requirements. The main focus was to make a plan and drawings, according which the product could be manufactured.

The first task was to examine official regulations regarding the frame construction, lights, reflectors and other components which are required approval. After official regulations, the frame construction, lights and reflectors were chosen.

The design and modeling was made with SolidWorks software. The primary task of designing was modeling of all ready-made parts. After this all the self-designed components were modeled and the final drawings were made.

The ultimate outcome of the project was a complete plan and drawings to make a boat trailer and trailer combination.

KEYWORDS:

boat trailer, trailer, design

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄYTETYT LYHENTEET

1 JOHDANTO	7
2 VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET	8
2.1 Ajoneuvoluokat	8
2.2 Runkorakennevaihtoehdot	8
2.2.1 Ei-jatkuva rakenne	9
2.2.2 Jatkuva rakenne	10
2.3 Valoja ja heijastimia koskevat viranomaismääräykset	11
3 RUNKORAKENTEEN JA VALOJEN VALINTA	12
3.1 Ajoneuvoluokan ja akseliston valinta	12
3.2 Runkorakenteen valinta	12
3.3 Valojen ja heijastimien valinta	13
4 SUUNNITTELU JA MALLINNUS	14
4.1 Venetraileri ja peräkärri -yhdistelmään vaadittavien mittojen selvitys	14
4.2 Valmisosien mallinnus	15
4.3 Runkorakenteen suunnittelu	15
4.4 Laippaliitosten suunnittelu	21
4.5 Venetraileriosien suunnittelu	22
4.5.1 Keulatuen suunnittelu	23
4.5.2 Etusivutukien suunnittelu	24
4.5.3 Takasivutukien suunnittelu	25
4.5.4 Takakipin suunnittelu	26
4.5.5 Venetrailerin kokoonpano	27
4.6 Peräkärriylavan suunnittelu	28
4.6.1 Kehikon suunnittelu	28
4.6.2 Sivujen suunnittelu	29
4.6.3 Päätyjen suunnittelu	30
4.6.4 Pohjalevyn suunnittelu	31
4.6.5 Peräkärriyn kokoonpano	32
4.7 Piirustukset	32
5 YHTEENVETO JA POHDINTA	33
LÄHTEET	35

LIITTEET

- Liite 1. Pääkoonpano venetrailerista.
- Liite 2. Osakoonpano vetoaisasta.
- Liite 3. Osakoonpano apurungosta.
- Liite 4. Osakoonpano keulatuesta.
- Liite 5. Osakoonpano etusivutuista.
- Liite 6. Osakoonpano takasivutuista.
- Liite 7. Osakoonpano takakipistä.
- Liite 8. Osakoonpano lavasta.
- Liite 9. Osakoonpano lavan päädyistä.

KUVAT

Kuva 1. Esimerkkejä ei-jatkuvasta rakenteesta. [3]	9
Kuva 2. Esimerkkejä jatkuvasta rakenteesta. [3]	10
Kuva 3. Aisan tukireaktiot.	17
Kuva 4. Aisaan vaikuttavat voimat pisteessä 2.	19
Kuva 5. Q-kuvio eli leikkausvoimakuvaaja.	20
Kuva 6. M-kuvio eli taivutusmomenttikuvaaja.	20
Kuva 7. Venetrailerin ja peräkärri -yhdistelmän runkorakenne.	21
Kuva 8. Apurungon laippaliitos.	22
Kuva 9. Venetrailerin keulatuki.	24
Kuva 10. Venetrailerin etusivutuet kiinnitettynä apurungon etupoikkitukeen.	25
Kuva 11. Venetrailerin takasivutuet kiinnitettynä apurungon takapoikkitukeen.	26
Kuva 12. Venetrailerin takakippi.	27
Kuva 13. Yhtenäinen kokoonpanokuva venetrailerista.	28
Kuva 14. Peräkärriylavan kehikko.	29
Kuva 15. Peräkärriylavan sivu.	30
Kuva 16. Peräkärriylavan pääty ja sen osat.	31
Kuva 17. Peräkärriylavan pohjalevy.	31
Kuva 18. Venetrailerin muutettuna peräkärriksi.	32

KÄYTETYT LYHENTEET

LED	LED on puolijohdekomponentti, jota kutsutaan myös loistediodiksi. Kun sen läpi johdetaan sähkövirtaa, se säteilee valoa.
VTT	VTT on lyhenne sanoista Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
3D-CAD	3D-CAD tarkoittaa kolmiulotteista tietokoneavusteista suunnittelua.
M10	M10 on metrisen ISO-vakiokierteen merkintä kierteelle, jonka ulkohalkaisija on 10 mm.

1 JOHDANTO

Valitsin opinnäytetyöni aiheeksi venetraileri ja peräkärri -yhdistelmän suunnittelun ja mallintamisen, koska tarvitsin venetraileria veneen kuljetukseen ja peräkärriä erityisesti moottoripyörän kuljettamiseen. Työn tarkoituksiin kuului suunnitella tieliikenteeseen rekisteröitävä yhdistelmä, joka täyttäisi vaadittavat viranomaismääräykset. Suunnittelu suoritettiin aluksi pääpiirteittäin käsin paperille, jonka jälkeen tarkka suunnittelu suoritettiin SolidWorks-ohjelmistolla. Kaikista osista valmistettiin 3D-mallit, jonka jälkeen valmistettiin pää- ja osakokoonpanopiirustukset yhdistelmästä. Lopuksi vielä valmistettiin itse suunnitelluista osista piirustukset.

Työn alussa tehtiin selvitys viranomaismääräyksistä koskien runkorakennetta, valaisimia, heijastimia ja muita osia, joilta vaadittiin tyyppihyväksyntä. Työstä jätettiin pois lujuuslaskelmat lukuun ottamatta aisaa, jonka kestävyys haluttiin varmistaa laskemalla. Lujuuslaskelmia ei suoritettu, koska viranomaismääräykset eivät niitä vaatineet. Seuraavaksi työssä kartoitettiin tarvittavat ominaisuudet venetrailerille sekä peräkärrielle. Tämän jälkeen varsinainen yhdistelmän suunnittelu aloitettiin ja kaikki osat mallinnettiin.

Venetraileri ja peräkärri -yhdistelmän suunnittelussa käytettiin neliö- ja suorakaideputkipalkkeja. Lisäksi suunnittelussa tarvittiin erilaisia latta- ja pyörötankoja sekä U-, Z-, ja kulmaprofiileita. Osa tuotteista suunniteltiin valmistettavaksi myös teräslevyistä. Valmisosina yhdistelmään hankittiin kuulakytkin, nokkapyörä kiinnikkeineen, vinssi, pyörät vanteineen, akselisto, lokasuojat, lavalukot, kuorman sidontalenkit, sähköosat, erilaisia muovi- ja kumiosia sekä valot ja heijastimet. Yhdistelmän liitokset suunniteltiin suurimmalta osin pulttiliitoksilla, mutta tämän lisäksi suunnittelussa käytettiin myös hitsaus-, ruuvi- ja vetoniittiliitoksia.

2 VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET

Opinnäytetyö aloitettiin tutustumalla viranomaismääräyksiin, jotta venetraileri ja peräkärri -yhdistelmä olisi mahdollista rekisteröidä tieliikennelain mukaiseksi. Viranomaismääräykset antavat erityiset ohjeet koskien runkorakennetta ja sen valmistamista. Lisäksi viranomaismääräykset määrittelevät, minkälaisia valaisimia ja heijastimia tieliikenteeseen rekisteröitävässä perävaunussa tulee olla ja miten niiden asennus tulisi suorittaa. Näiden ohjeiden lisäksi perävaunun akseliston tai pyörännapojen sekä kuulakytkimen tulee olla tyyppihyväksytyjä ja asennettu valmistajan ohjeiden mukaisesti.

2.1 Ajoneuvoluokat

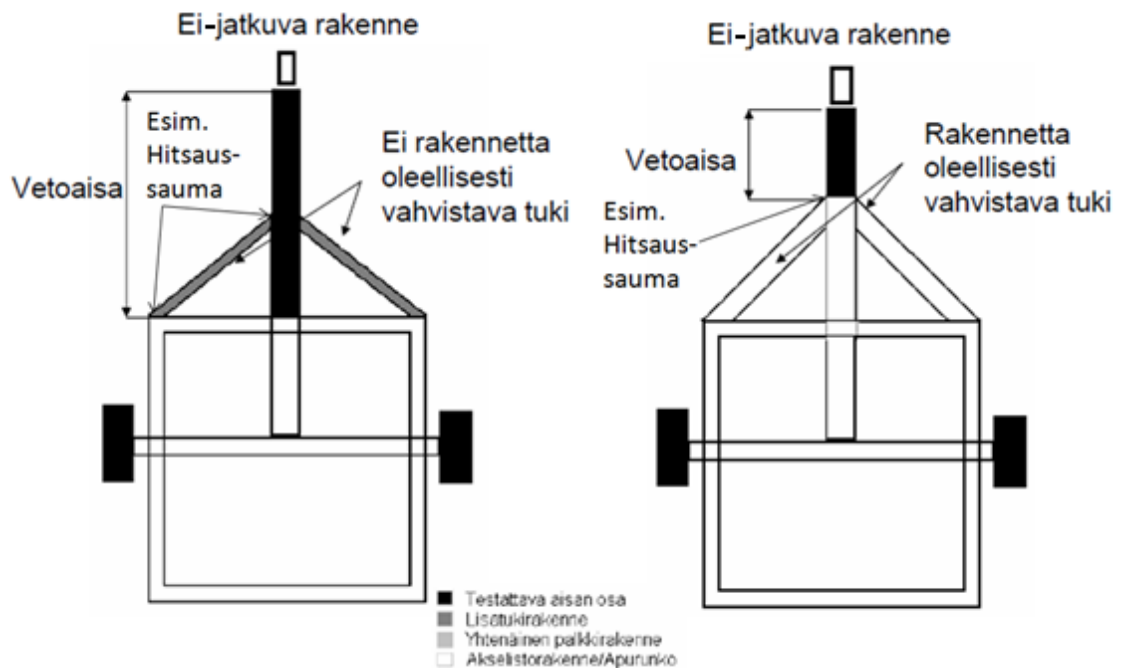
Henkilöauton perässä vedettävät perävaunut jaotellaan jarruttomiin ja jarrullisiin malleihin. Valinta näiden kahden mallin välillä riippuu siinä kuljetettavan kuorman massasta. Jarruttoman perävaunun eli O₁-luokan ajoneuvon kokonaismassa saa olla enintään 750 kg, kun taas jarrullisen O₂-luokan mallin kokonaismassa saa olla enintään 3500 kg. Kokonaismassalla tarkoitetaan tässä yhteydessä kuorman ja perävaunun yhteispainoa. [1]

2.2 Runkorakennevaihtoehdot

Venetraileri ja peräkärri -yhdistelmää suunniteltaessa tärkeimmäksi vaiheeksi osoittautui sopivan runkorakenteen valitseminen yhdistelmälle. Viranomaismääräykset jaottelevat tieliikenteeseen rekisteröitävät henkilöauton perävaunut runkorakenteiden perusteella kahteen osaan, jotka ovat ei-jatkuva rakenne ja jatkuva rakenne.

2.2.1 Ei-jatkuva rakenne

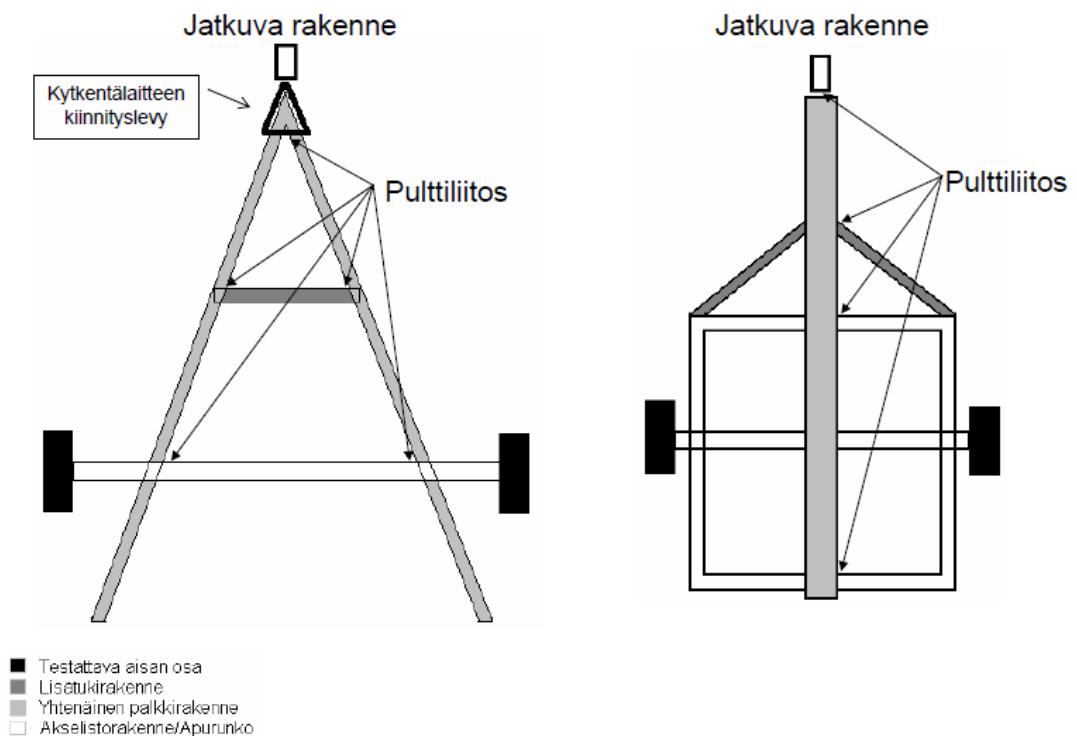
Ei-jatkuvassa rakenteessa vetoaisasta tulee osoittaa vaatimuksenmukaisuus tyyppihyväksynnällä tai vaihtoehtoisesti hankkimalla hyväksytyn raportin kyseisestä tuotteesta. Hyväksytty raportti tulee hankkia jonkin EY-maan ilmoittaman direktiivin 94/20/EY mukaisesti. Ei-jatkuvassa rakenteessa on tyypillisesti käytetty hitsausseamoja ennen akselistoa mm. poikkitukien ja apurungon kiinnityksessä itse vetoaisaan. Ei-jatkuvan rakenteen valinta nostaa huomattavasti perävaunun kustannuksia, koska aisa tulee tässä tapauksessa ostaa valmiina, jolla on EY-tyyppihyväksyntä. Vaihtoehtoisesti aisa voidaan valmistaa myös itse ja suorittaa sillä vaatimuksenmukaisuuden vaatimat testit. Suomessa vaatimuksenmukaisuuden osoittamista suorittaa mm. VTT ja Petranova Oy. Kuvassa 1 on esitelty tyypillisiä esimerkkejä ei-jatkuvasta rakenteesta. [2]



Kuva 1. Esimerkkejä ei-jatkuvasta rakenteesta. [3]

2.2.2 Jatkuva rakenne

Jatkuvassa rakenteessa vaatimuksenmukaisuutta ei tarvitse osoittaa, koska runkorakenteen keskeisimmät osat kuten kuulakytkin ja apurunko poikkitukineen kiinnitetään pulttiliitoksiin vetoaisaan. Tämän tyyppisessä ratkaisussa runkorakenteesta ei katsota olevan itse vetoaisaa. Jatkuvarakenteisessa perävaunussa runkorakenteen materiaalin vahvuuden ja muodon tulee säilyä koko matkan akseliorakenteen yli. Lisäksi materiaalia ei saa pakottaa sellaiseen muotoon, että sen lujuusominaisuudet heikkenisivät huomattavasti. Jatkuvasta rakenteesta on esitetty kaksi esimerkkiä vaihtoehtoa kuvassa 2. [2]



Kuva 2. Esimerkkejä jatkuvasta rakenteesta. [3]

2.3 Valoja ja heijastimia koskevat viranomaismääräykset

Kaikkien perävaunuun asennettavien valojen ja heijastimien tulee olla E-tyyppihyväksytyjä. Valojen ja heijastimien asennuksessa tulee noudattaa liikenneturvallisuusviraston antamia ohjeita. Valot voidaan toteuttaa esimerkiksi perinteisillä hehkulamppuvaloilla tai nykyaikaisilla LED-valoilla. [4]

Valot ja heijastimet tulee asentaa niin, että jokaisen alareunan etäisyys maasta on vähintään 350 mm ja yläreuna saa olla korkeintaan 1500 mm:n korkeudessa. Valot ja heijastimet tulee asentaa perävaunun sivuille mahdollisimman lähelle ulointa kohtaa, mutta vähintään 400 mm:n etäisyydelle uloimmasta kohdasta lukuun ottamatta rekisterikilven valoa. [4]

Perävaunun takaosaan tulee asentaa taaksepäin osoittavat keltaiset suuntavalaisimet sekä punaiset taka- ja jarruvalot molemmille puolille. Näiden lisäksi takana tulee olla kaksi kappaletta punaisia kolmioheijastimia ja yksi punainen sumuvalo, joka tulee asentaa perävaunun keskilinjan vasemmalle puolelle. [4]

Perävaunuun tulee asentaa eteenpäin osoittavat valkoiset äärivalot, jos sen leveys ylittää 2100 mm. Äärivalot voidaan myös asentaa perävaunuun, joka on leveydeltään yli 1800 mm, mutta se ei ole pakollista vaan ne voidaan korvata valkoisilla heijastimilla. [4]

Perävaunun sivuille on asennettava keltaisia heijastimia aina kolmen metrin välein. Perävaunun pituuden ylittäessä kuuden metrin pituuden tulee siihen asentaa sivuille keltaiset äärivalot heijastimien sijaan. [4]

Rekisterikilpi tulisi asentaa perävaunun keskilinjalle tai vaihtoehtoisesti vasemmalle puolelle keskilinjaa. Rekisterikilvelle tulee asentaa myös valaisin, jonka väriksi on määritelty valkoinen ja sen tulisi valaista koko rekisterikilpi eikä valo saa osoittaa taaksepäin. [4]

3 RUNKORAKENTEEN JA VALOJEN VALINTA

Aivan ensimmäinen vaihe venetraileri ja peräkärri -yhdistelmän suunnittelussa oli valita tarvittavat ominaisuudet yhdistelmään, jotta se vastaisi vaatimuksia, joita siihen asetettiin.

Valinnoissa lähdettiin liikkeelle valitsemalle ensin yhdistelmälle tarvittava ajoneuvoluokka. Ajoneuvoluokan valinnan jälkeen valittiin haluttu akseliston tyyppi, jotka ovat jaoteltu yksi tai moniakselisiin malleihin. Näiden valintojen jälkeen yhdistelmän perusrakenne oli selvillä ja voitiin tehdä päätökset runkorakenteesta, valoista ja heijastimista.

3.1 Ajoneuvoluokan ja akseliston valinta

Opinnäytetyössäni valitsin yhdistelmän tyyppiä jarruttoman mallin, koska sen tulisi pystyä kuljettamaan 450 kg:n painoista venettä. Akseliston tyyppiä valitsin yksiakselisen mallin, koska näin saadaan säästettyä yhdistelmän massassa noin 30 kg. Painon säästämisen lisäksi kustannuksissa säästetään huomattava määrä verrattaessa kaksiakseliseen malliin, kuitenkin minkään ominaisuuden tästä suuremmin kärsimättä.

3.2 Runkorakenteen valinta

Valitsin yhdistelmäni runkorakenteeksi jatkuvan rakenteen ja kuvasta 2 oikeanpuoleisen vaihtoehdon. Päädyin ratkaisuun, koska tämän tapauksen valinnassa runkorakenteen saa valmistaa kokonaisuudessaan itse ja vaatimuksenmukaisuutta ei tarvitse osoittaa vetoaisasta. Jatkuvan rakenteen valinta säästää kustannuksissa huomattavan määrän, koska vaatimuksenmukaisuuden saaminen tuotteelle on monimutkainen ja kallis operaatio, kun halutaan valmistaa vain yksittäiskappale verrattuna massavalmisteisiin tuotteisiin. Markkinoilla on myös olemassa valmiita

tyyppihyväksytyjä aisoja, mutta nämä ovat taas hintavia verrattaessa omavalmisteiseen jarruttomaan yhdistelmään, kun tämän hintaa vertaa materiaalikuluihin jatkuvassa rakenteessa.

3.3 Valojen ja heijastimien valinta

Päädyin valitsemaan LED-valotekniikalla toteutetut valaisimet venetraileri ja peräkärri -yhdistelmään, koska hintaero ei ominaisuuksiin verrattaessa ollut loppujen lopuksi kovinkaan suuri niiden yleistymisin johdosta. LED-valojen pitkä käyttöikä (jopa 100 000 tuntia) oli tärkeä ominaisuus valoja valittaessa. Niiden hivenen suurempi hankintahinnan ero tulisi maksamaan itsensä takaisin muutaman hehkulamppupolttimon vaihdon yhteydessä. Lisäksi pidin valinnassani tärkeänä vesitiivistä ominaisuutta, joka on tyypillistä LED-tekniikalla valmistetuille valoille. Vesitiiviys on tärkeä ominaisuus, koska tällöin vältetään ylimääräisiltä pistokkeen irrotuksilta veneen lasku- ja nostovaiheessa. Etuäärivalot päätettiin toteuttaa heijastimilla, koska yhdistelmästä oli tarkoitus tehdä alle 2100 mm leveä. Sivuille valittiin myös heijastimet, koska yhdistelmän oli tarkoitus olla alle kuusi metriä pitkä.

4 SUUNNITTELU JA MALLINNUS

Venetraileri ja peräkärri -yhdistelmän osien suunnittelussa ja mallintamisessa käytettiin SolidWorks-ohjelmistoa, joka on hyvin yleisesti käytettävä 3D-CAD-suunnitteluohjelmisto. Valitsin kyseisen ohjelmiston mallintamiseen ja suunnitteluun, koska ohjelmisto on entuudestaan hyvin tuttu itselleni useista opintojaksoista kuten 3D-mallinnus-, muovitekniikan-, koneistustekniikan- ja koneensuunnittelun tutkimusprojektin kursseilta. Lisäksi olen käyttänyt kyseistä ohjelmistoa useiden omien tuotteiden suunnittelussa.

3D-suunnittelu- ja mallinnusohjelmistoja käytetään, koska niillä saadaan tehtyä kappaleesta realistisen näköinen kolmiulotteinen malli tietokoneella. Mallia pystytään tutkimaan tietokoneella ja mittaamaan siitä erilaisia asioita. Kolmiulotteinen malli helpottaa myös ymmärtämään minkälainen kappale on kyseessä ja auttaa löytämään mahdollisia virheitä kappaleesta helpommin kuin perinteisessä kaksiulotteisessa mallissa. Ohjelmistoilla voidaan luoda mallinnetuista kappaleista osakokoonpanoja ja näitä osakokoonpanoja voidaan myös yhdistellä, jolloin saadaan pääkokoonpanoja. Lisäksi ohjelmistoilla voidaan tehdä tarkat piirustukset jokaisesta kappaleesta ja lisätä näihin mm. kappaleen mittoja, mitta- ja geometrisiä toleransseja, pinnanlaatumerkintöjä, hitsausmerkintöjä ja muita huomautuksia. Piirustuksia voi tehdä myös kaikista mahdollista kokoonpanoista ja ns. ”räjäytyskuvista”, joissa kokoonpano on purettu osiksi yhteen kuvaan sen paremman ymmärrettävyyden johdosta. [5]

4.1 Venetraileri ja peräkärri -yhdistelmään vaadittavien mittojen selvitys

Venetraileri ja peräkärri -yhdistelmän osien suunnittelua edelsi perehtyminen eri valmistajien erilaisiin ratkaisuihin venetrailereissa ja peräkärriissä. Perehtyminen tapahtui tutustumalla venetraileri ja peräkärri valmistajien www-sivuilla niiden ominaisuuksiin ja teknisiin tietoihin.

Suunnittelutyö aloitettiin mittaamalla rullamitalla veneen kriittisiä mittoja, kuten kokonaispituutta ja leveyttä. Veneen mittauksen jälkeen piti mitata myös moottoripyörän pituus, jotta peräkärlylavasta saadaan tehtyä oikean kokoinen sen kuljettamista varten. Kaikki mitat kirjattiin ylös, jotta suunnittelu voitaisiin toteuttaa näiden perusteella.

4.2 Valmisosien mallinnus

Ensimmäinen vaihe venetraileri ja peräkärly -yhdistelmän osien suunnittelussa oli mittaus, joka suoritettiin kaikilla osilla, jotka hankittiin valmisosina yhdistelmään. Jokaisesta valmisosasta otettiin tärkeät mitat ylös, koska ne tulisivat vaikuttamaan joihinkin itse suunniteltaviin osiin. Mallinnus aloitettiin aikaisemmin tehtyjen mittausten mukaan valmisosista, jotta venetraileri ja peräkärly -yhdistelmästä saataisiin tehtyä mahdollisimman realistinen malli tietokoneelle. Valmisosien mallintamisen jälkeen suunniteltiin kaikki itse valmistettavat osat.

4.3 Runkorakenteen suunnittelu

Itse suunniteltavista osista suunnittelu aloitettiin runkorakenteesta, koska se tulisi olemaan osa joka pysyy samana venetrailerissa ja peräkärlyssä. Venetraileri ja peräkärly -yhdistelmän runkorakenne koostuu kahdesta osasta ns. aisasta eli keskiputkesta ja sen ympärille kiinnitettävästä apurungosta.

Yhdistelmän aisa päätettiin suunnitella 60 x 80 x 3 mm kokoisesta suorakaideputkesta. Suorakaideputken leveydeksi valittiin 60 mm, koska valmisosana hankitun kuulakytkimen sisäpuolinen kiinnitysleveys oli 60 mm. Vastaavasti putken korkeudeksi valittiin 80 mm, koska näin saadaan itse aisaan lisää pystyjäykkyyttä verrattaessa sitä 60 mm:n korkuiseen putkeen. Pystyjäisyys lisää vakautta ja näin ollen venetrailerin tai peräkärlyn perässä vetäminen on mielekkäämpää.

Aisan materiaaliksi valitun 60 × 80 × 3 mm suorakaideputken kestävyys taivutusmomentin suhteen haluttiin varmistaa laskutoimituksilla. Mitoituksen perustana käytettiin mitoitusta puhtaan taivutuksen perusteella.

Aisan poikkipinnan neliömomentti laskettiin kaavasta

$$I_z = \frac{1}{12}(BH^3 - bh^3) \quad (1)$$

B = Putken ulkohalkaisijan leveys

H = Putken ulkohalkaisijan korkeus

b = Putken sisähalkaisijan leveys

h = Putken sisähalkaisijan korkeus

Sijoittamalla kaavaan (1) aisassa käytetyn suorakaideputken mitat saatiin poikkileikkaukselle neliömomentiksi 736492 mm⁴.

Aisan poikkipinnan taivutusvastus laskettiin vastaavasti kaavasta

$$W = \frac{1}{6} \left(\frac{BH^3 - bh^3}{H} \right) \quad (2)$$

Sijoittamalla kaavaan (2) aisassa käytetyn suorakaideputken mitat saatiin poikkipinnan taivutusvastukseksi 18412,3 mm³.

Aisan sallittu jännitys laskettiin kaavasta

$$\sigma_{sall} = \frac{R_e}{n} \quad (3)$$

R_e = Myötöraja

n = Varmuusluku

Sijoittamalla kaavaan (3) aisan materiaalin eli S355 teräksen myötöraja 355 N/mm² ja käyttämällä yleisesti käytettävää varmuuslukua 1,5 saatiin sallituksi jännitysarvoksi 236,7 N / mm².

Aisan sallitun momentin laskemisessa käytettiin kaavaa

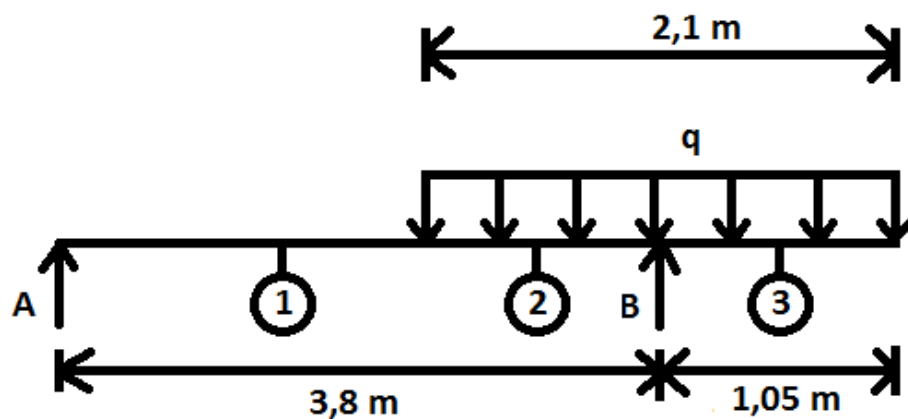
$$M = \sigma_{sall} W \quad (4)$$

σ_{sall} = Sallittu jännitys

W = Taivutusvastus

Aisan sallittu momentti saatiin sijoittamalla aikaisemmin laskettu sallittu jännitys $236,7 \text{ N} / \text{mm}^2$ ja taivutusvastus $18412,3 \text{ mm}^3$ kaavaan (4). Sallituksi momentiksi saatiin $4358,2 \text{ Nm}$.

Näiden laskelmien jälkeen tutkittiin taivutusmomentin arvoja aisassa. Aluksi määritettiin aisan tukireaktiot, jotka ovat esitelty kuvassa 3.



Kuva 3. Aisan tukireaktiot.

A = Tukireaktio

B = Tukireaktio

q = Tasaisesti jakautunut kuorma (750 kg)

1, 2, 3 = Voimien tarkastelupisteet

Aisan tukireaktioiden selvitys aloitettiin ratkaisemalla aluksi paikan B tukireaktio A pisteessä vaikuttavan momentin avulla. Aisassa vaikuttavien momenttien

summa tulee olla 0, joten tähän perustuen voitiin tehdä seuraavanlainen yhtälö tukireaktion ratkaisemiseksi.

$$M_a = q \times 2,1 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} - B \times 3,8 \text{ m} = 0 \quad (5)$$

M_a = Momentti pisteen A ympäri

q = Tasaisesti jakautunut kuorma (750 kg)

B = Tukireaktio

Sijoittamalla yhtälöön tunnetut arvot saatiin tukireaktion B vastaukseksi 7357,5 N.

Aisassa vaikuttavien pystysuorien voimien summa tulee myös olla 0. Tähän perustuen pystyttiin ratkaisemaan pisteen A tukireaktio vastaavasti yhtälöstä.

$$F_y = A + B - 2,1 \text{ m} * q = 0 \quad (6)$$

F_y = Pystysuorat voimat

A = Tukireaktio

B = Tukireaktio

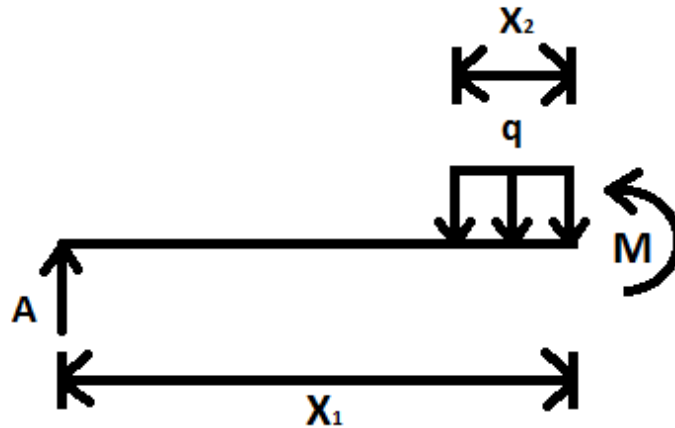
q = Tasaisesti jakautunut kuorma

Sijoittamalla yhtälöön (6) aikaisemmin laskettu tukireaktion B arvo saatiin tukireaktion A vastaukseksi 0 N.

Näiden tukireaktioiden ja aikaisemmin lasketun sallitun taivutusmomentin avulla pystyttiin tutkimaan yltääkö aisaan kohdistuva taivutusmomentti sallittuun arvoon.

Taivutusmomentin arvoja tutkittiin kuvassa 3 esitetyissä pisteissä 1, 2 ja 3. Lisäksi taivutusmomentin arvoja tutkittiin tukireaktion B kohdalla. Koska pisteeseen 1 ei vaikuta tasaisesti jakautunut kuorma ja aikaisemmin lasketun perusteella tukireaktioksi pisteessä A saatiin tulokseksi 0, pystyttiin päättämään, että pisteeseen 1 ei vaikuta taivutusmomentti lainkaan.

Pisteissä 2 ja 3 sekä tukireaktion B kohdalla vaikuttaa tasaisesti jakautuneen kuorman ja tukireaktion aiheuttama taivutusmomentti. Kuvassa 4 esitellään pisteen 2 kohdalla vaikuttavat voimat.



Kuva 4. Aisaan vaikuttavat voimat pisteessä 2.

Kuvan 4 perusteella muodostettiin seuraavanlainen yhtälö, jotta taivutusmomentti saatiin laskettua pisteessä 2.

$$M - A \times x_1 + \frac{q \times x_2^2}{2} = 0 \quad (7)$$

M = Momentti

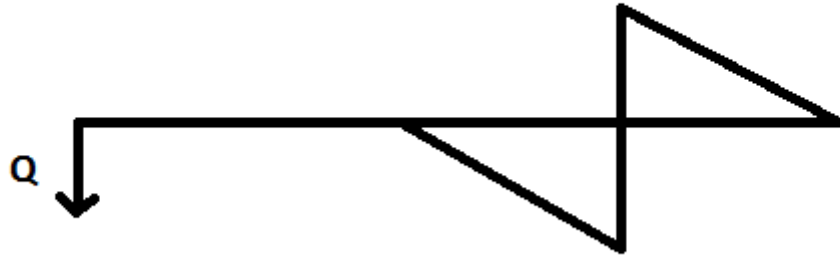
A = Tukireaktio

x_1, x_2 = Pisteiden etäisyys voimiin

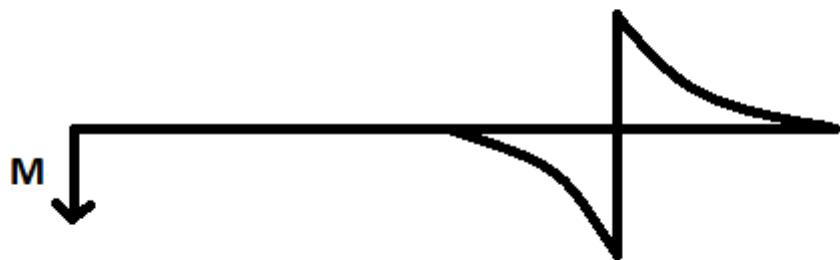
q = Tasaisesti jakautunut kuorma

Sijoittamalla yhtälöön (7) tunnetut arvot saatiin taivutusmomentiksi 482,84 Nm pisteessä 2. Sijoittamalla tähän yhtälöön myös pisteen 3 ja tukireaktion B tiedot saatiin myös näiden taivutusmomentit laskettua. Taivutusmomentiksi tukireaktion B kohdalla saatiin 1931,34 Nm ja pisteen 3 taivutusmomentiksi (-) 482,84 Nm.

Näiden laskujen jälkeen piirrettiin leikkausvoimakuvaaja sekä taivutusmomenttikuvaaja, jotka ovat esitelty kuvissa 5 ja 6.



Kuva 5. Q-kuvio eli leikkausvoimakuvaaja.

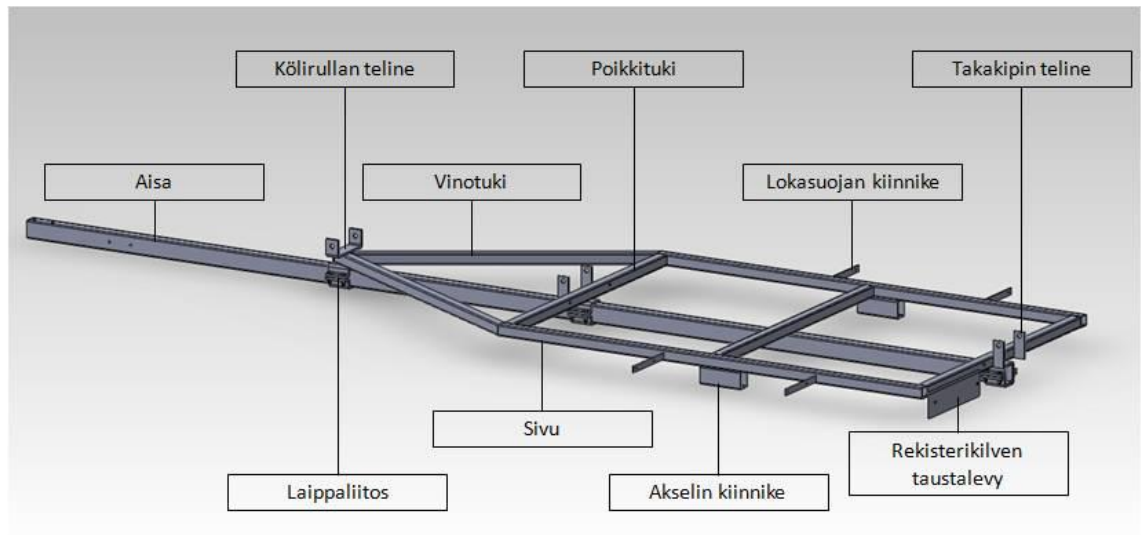


Kuva 6. M-kuvio eli taivutusmomenttikuvaaja.

Kuten aikaisemmin esitetystä taivutusmomentti tuloksista käy ilmi, mikään näistä arvoista ei yltänyt aikaisemmin aisalle määriteltyyn sallittuun taivutusmomentti arvoon 4358,2 Nm.

Apurungon vinotukien, sivujen ja poikkitukien materiaaliksi valittiin 50 × 50 × 3 mm neliöputki ja niiden toisiinsa liittämisen tapahtuisi hitsaamalla. Apurungon kiinnitys itse aisaan suunniteltiin tehtävän laippaliitoksilla, jonka yläosa kiinnitettäisiin apurunkoon hitsaamalla. Apurunkoon suunniteltiin kiinnitettäväksi

myös lokasuojan kiinnikkeet, jotka suunniteltiin 5 × 30 mm lattatangosta. Lisäksi apurunkoon liitettiin akseliston kiinnikkeet, joiden materiaaliksi valittiin 60 × 80 × 3 mm suorakaideputki. Apurungon etukölrullan teline suunniteltiin 10 × 50 mm lattatangosta, joka särmättäisiin sen vaatimaan muotoon. Keskikölrullan ja takakipin telineiden materiaalina päätettiin käyttää myös 10 × 50 mm lattatankoa ja niiden kiinnitys suunniteltiin apurungon etu- ja takapoikkitukiin. Takapoikkitukeen suunniteltiin kiinnitettäväksi vasempaan reunaan lisäksi 2 mm teräslevystä valmistettu rekisterikilven taustalevy. Lokasuojan kiinnikkeet, akseliston kiinnikkeet, etukölrullan teline, keskikölrullan telineet, takakipin telineet ja rekisterikilven taustalevy suunniteltiin kiinnitettäväksi hitsausliitoksilla apurunkoon. Runkorakenne on esitelty kuvassa 7.

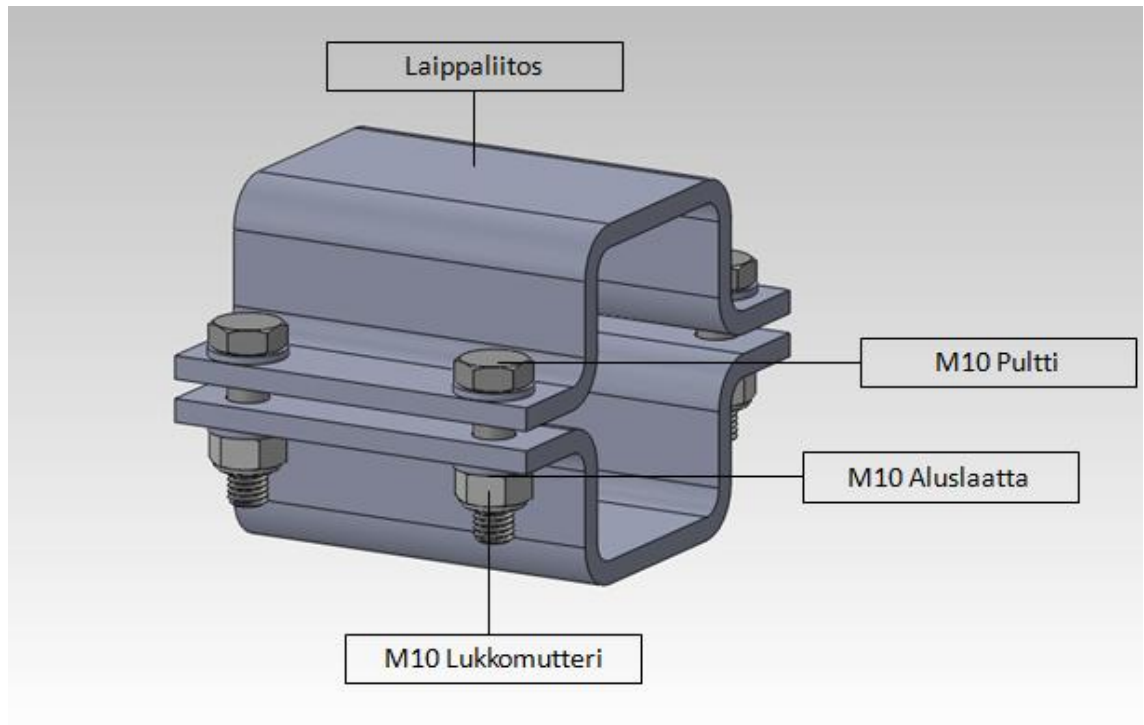


Kuva 7. Venetraileri ja peräkärri -yhdistelmän runkorakenne.

4.4 Laippaliitosten suunnittelu

Laippaliitokset suunniteltiin, koska apurunko tulee olla kiinnitettynä pulteilla itse aisaan jatkuva rakenteisessa runkorakenteessa. Laippaliitos suunniteltiin niin, että kun vastakappaleet pistetään aisan ylä- ja alapuolelle jää näiden väliin 5 mm, jotta saadaan aikaiseksi jännitys pultteihin, joka pitää apurungon tiukasti paikallaan itse aisassa.

Laippaliitosten materiaaliksi valittiin 6 mm paksuinen teräslevy, joka särmättäisiin kuvassa 4 esitettyyn muotoon. Laippaliitoksen puolikkaita suunniteltiin valmistettavaksi kuusi kappaletta 100 mm pituisina apurungon kiinnitystä varten. Näiden lisäksi suunniteltiin kaksi kappaletta 200 mm pituisena keulatuen kiinnitystä varten. Kuvassa 8 on esitelty laippaliitos pultteineen, aluslaattoineen ja lukitusmuttereineen.



Kuva 8. Apurungon laippaliitos.

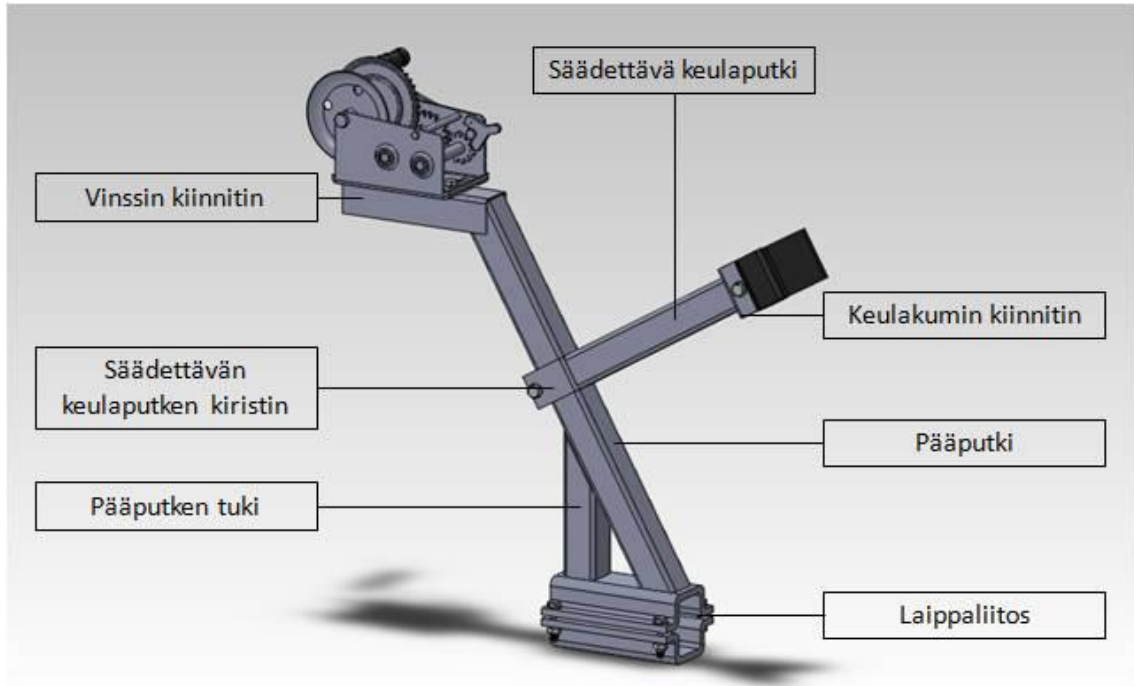
4.5 Venetraileriosien suunnittelu

Runkorakenteen ja laippaliitosten suunnittelun jälkeen suunniteltiin venetrailerin osat, jotka tultaisiin valmistamaan itse. Itse suunniteltavat osat venetrailerissa olivat keulatuki, etusivutuet, takasivutuet ja takakippi.

4.5.1 Keulatuen suunnittelu

Keulatuki suunniteltiin venetraileriin, koska tämän avulla veneen keula saadaan tuettua sitä vasten. Keulatukea tarvitaan myös vinssin kiinnitystä varten, jotta vene saadaan trailerin kyytiin. Keulatuki kiinnitettiin 200 mm mittaiseen laippaliitokseen, koska se mahdollistaa keulatuen siirtelyn aisassa. Keulatuen siirtämisen mahdollisuus on tärkeää, jotta saadaan säädettyä sopiva (n. 30–60 kg) paino joka kohdistuu kuulakyttimeen. Keulatukeen haluttiin myös saada säädettävä keulatukiputki, koska se mahdollistaa useiden erityyppisten veneiden ja jopa vesiskootterien kuljetuksen turvallisesti.

Keulatuen pääputken suunnittelussa käytettiin 50 × 50 × 3 mm neliöputkea. Tämän lisäksi pääputken tuki ja säädettävä keulatukiputki suunniteltiin samasta materiaalista. Säädettävän keulaputken kiristimen, vinssin kiinnittimen ja keulakumin kiinnittimen suunnitteluun käytettiin 3 mm teräslevyä, jotka särmättäisiin mittojen mukaisesti. Pääputken ja pääputken tuen liittäminen laippaliitokseen suunniteltiin hitsaamalla. Lisäksi pääputken tuki ja vinssin kiinnitin hitsattaisiin pääputkeen kiinni. Säädettävään keulaputkeen suunnitellut keulakumin kiinnitin ja kiristin liitettäisiin myös hitsausliitoksin. Keulatuki on esitelty kuvassa 9.



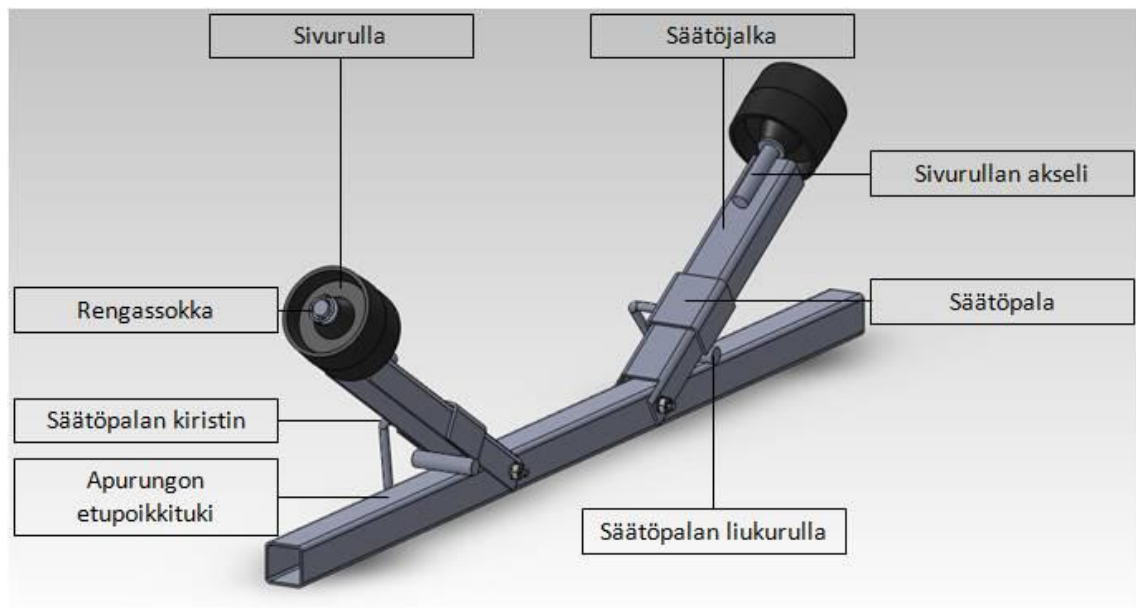
Kuva 9. Venetrailerin keulatuki.

4.5.2 Etusivutukien suunnittelu

Venetrailerin apurungon etupoikkitukeen suunniteltiin veneelle säädettävät sivutuuet, koska näin saadaan tuettua venettä sivuilta sen ollessa trailerin päällä. Etusivutukien tarkoituksena on myös ohjata venettä trailerille ja pois trailerilta.

Sivutukien säätöjalan suunnittelumateriaaliksi valittiin 60 × 40 × 4 mm U-profiili, koska sivutukiin haluttiin mahdollisimman suuri säätövara yksinkertaisella ratkaisulla. U-profiilin valinta säätöjalassa mahdollistaa sen, että apurungon poikkituki menee U-profiilin sisälle. U-profiilin kiinnitys poikkitukeen tapahtuu M10-pultilla, jolloin sivutuki voidaan helposti poistaa kun venetraileri halutaan muuttaa peräkärreksi. U-profiilin yläpäähän suunniteltiin kiinnitettäväksi 20 mm pyörötangosta valmistettu akseli hitsaamalla, johon sivurulla asennetaan. Sivurullan irtoamisen estämiseksi akselin päässä käytetään rengassokkia, jolloin myös rullan vaihtaminen toisenlaisiksi helpottuu tarvittaessa. Sivutukien säätöpalat mahdollistavat sivutukien kulman muuttamista, jos venetrailerilla kuljetetaan erilaisia veneitä. Säätöpalat suunniteltiin valmistettavaksi

särmämällä 80 × 4 mm lattatangosta ja niiden alareunaan kiinnitettäisiin hitsaamalla 20 mm pyörötangosta liukurulla. Säätopalojen sivulle tehtiin M10-kierteet, jotta sivutuet pystytään lukitsemaan haluttuun kohtaan helposti kiristin ruuvilla. Kuvassa 10 on esitelty etusivutuet kiinnitettynä apurungon etupoikkitukeen.



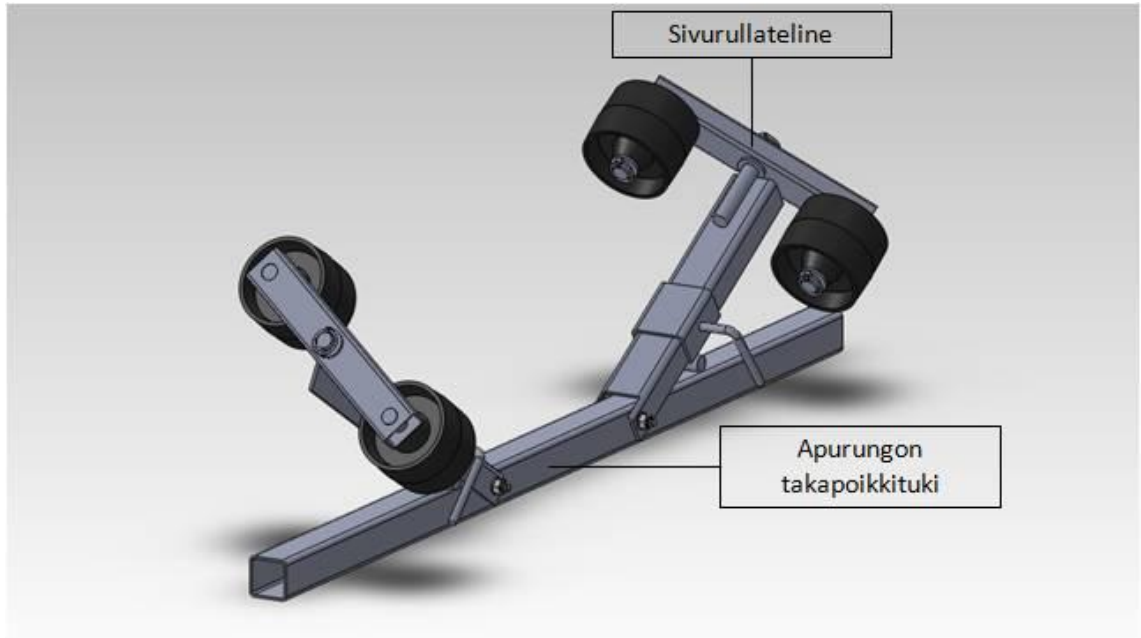
Kuva 10. Venetrailerin etusivutuet kiinnitettynä apurungon etupoikkitukeen.

4.5.3 Takasivutukien suunnittelu

Venetrailerin apurungon takapoikkitukeen suunniteltiin myös veneelle säädettävät sivutuet. Taakse haluttiin kuitenkin saada yhden sivurullan sijaan kaksi sivurullaa molemmille puolille, koska se helpottaa veneen laskua ja nostoa huomattavasti. Tämän tyyppinen ratkaisu myös tukee venettä huomattavasti paremmin kuin yhden sivurullan sivutuki. Kahden sivurullan sivutuki vähentää näin ollen huomattavasti riskiä, että vene kaatuisi esimerkiksi kyljelleen nosto tai lasku vaiheessa.

Takasivutuissa päätettiin käyttää samanlaisia säätojalkoja ja säätopaloja kuin etusivutuissa. Sivurullatelineiden materiaaliksi valittiin 50 × 30 × 2 mm suorakaideputki. Telineen pätyihin suunniteltiin 20 mm pyörötangosta

sivurullille akselit, joiden kiinnitys telineeseen tapahtuu hitsaamalla. Sivurullatelineiden ja sivurullien lukitseminen tapahtuu rengassokilla. Takasivutuet kiinnitettyinä apurungon takapoikkitukeen on esitelty kuvassa 11.



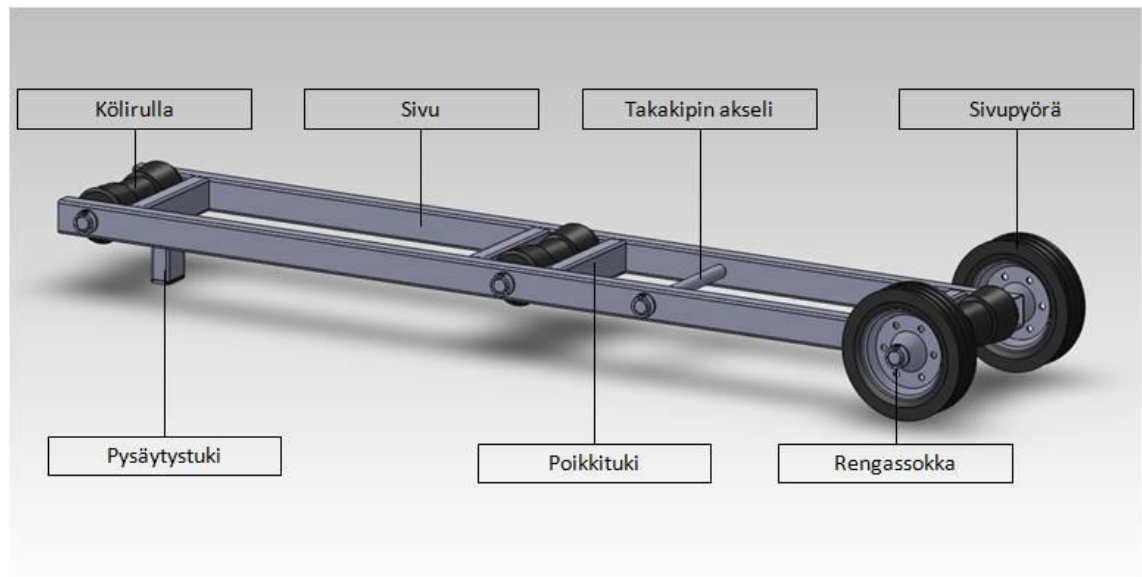
Kuva 11. Venetrailerin takasivutuet kiinnitettyinä apurungon takapoikkitukeen.

4.5.4 Takakipin suunnittelu

Takakipin tehtävänä venetrailerissa on helpottaa veneen laskua vesille sekä nostoa vedestä. Takakippi myös vähentää trailerin peruutustarvetta veteen sen ulkoneman vuoksi. Takakippiin haluttiin suunnitella takimmaiselle kölirulla-akselille kölirullan lisäksi myös sivupyörät. Sivupyörät helpottavat huomattavasti veneen nousua vedestä nostettaessa, koska ne vakauttavat ja ohjaavat veneen keskelle takakippiä.

Takakipin sivut, poikkituet ja pysäytystuki suunniteltiin 50 × 30 × 2 mm suorakaideputkesta. Poikkitukien ja pysäytystuen liittäminen sivuihin suunniteltiin hitsausliitoksien. Etummaiseen poikkitukeen suunniteltiin pysäytystuki aisaa vasten, jotta takakippi ei käänny enempää kuin sen on tarkoitus. Takakippiin suunniteltiin kolme kölirullan paikkaa. Kölirullat kiinnitetään takakippiin 20 mm pyörötangosta suunnitelluilla akseleilla ja lukitus

tapahtuu rengassokilla. Lisäksi takakipille piti suunnitella kiinnitys apurunkoon, joka suoritettiin samanlaisella 20 mm akselilla kuin kölirullien kiinnitys. Takakipin kokonaispituudeksi suunniteltiin 1500 mm ja sen takaylitys on 500 mm. Takakipin valittuun kokonaispituuteen ja takaylitykseen päädyttiin oman kokemuksen perusteella tulleiden havaintojen perusteella. Kuvassa 12 on esitelty venetrailerin takakippi ja siihen kuuluvat osat.



Kuva 12. Venetrailerin takakippi.

4.5.5 Venetrailerin kokoonpano

Kun kaikki venetrailerin osat olivat valmiiksi suunniteltu ja mallinnettu tehtiin valmisosista ja itse valmistettavista osista yhtenäinen kokoonpano. Yhtenäinen kokoonpano tehtiin, koska tämän avulla saatiin tarkistettua kaikkien osien keskinäinen sopivuus mahdollisten mitoitusvirheiden poissulkemiseksi. Yhtenäinen kokoonpano venetrailerista on esitelty kuvassa 13.



Kuva 13. Yhtenäinen kokoonpanokuva venetrailerista.

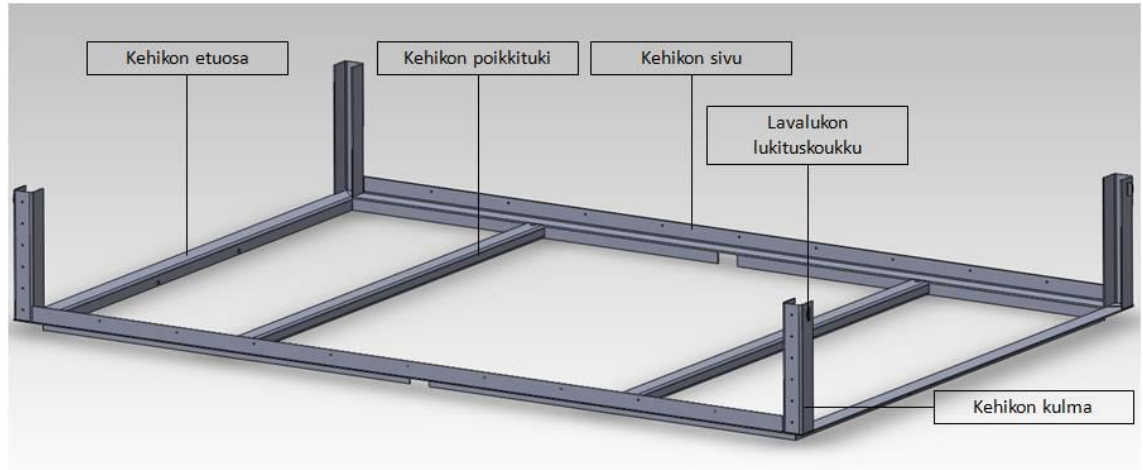
4.6 Peräkärrylavan suunnittelu

Yhdistelmän tärkeimmäksi ominaisuudeksi haluttiin sen muunneltavuus. Peräkärryn lava suunniteltiin niin, että venetraileri olisi mahdollisimman helposti muutettavissa peräkärryksi ja peräkärrystä takaisin venetraileriksi. Peräkärryn lava koostuu sen runkokehikosta, sivuista, päädyistä ja pohjalevystä.

4.6.1 Kehikon suunnittelu

Kehikon etu- ja takaosa suunniteltiin $50 \times 30 \times 3$ mm kulmaprofiilista ja kehikon sivujen suunnittelu suoritettiin $53 \times 40 \times 30 \times 3$ mm Z-profiilista. Z-profiilin käyttöön kehikon sivuissa päädyttiin, jotta lavan sivujen kiinnitys kehikkoon onnistuisi ilman erillisiä pystytukia kehikon sivuille. Kehikon keskelle lisättiin kaksi poikkitukea $50 \times 30 \times 2$ mm suorakaideputkesta, jotka mahdollistavat pohjalevyn tukevan kiinnityksen kehikkoon ja lisää pohjalevyn jäykkyyttä. Kehikon kulmiin suunniteltiin vielä tämän lisäksi $50 \times 50 \times 3$ mm U-profiilista kulmat, johon lavan sivujen päädyt saataisiin kiinnitettyä pystysuunnassa. U-profiilin valintaan kehikon kulmissa päädyttiin myös, koska lavojen päädyt saataisiin näihin laitettua sisälle, jolloin ne tukisivat päätyjä. U-profiileihin

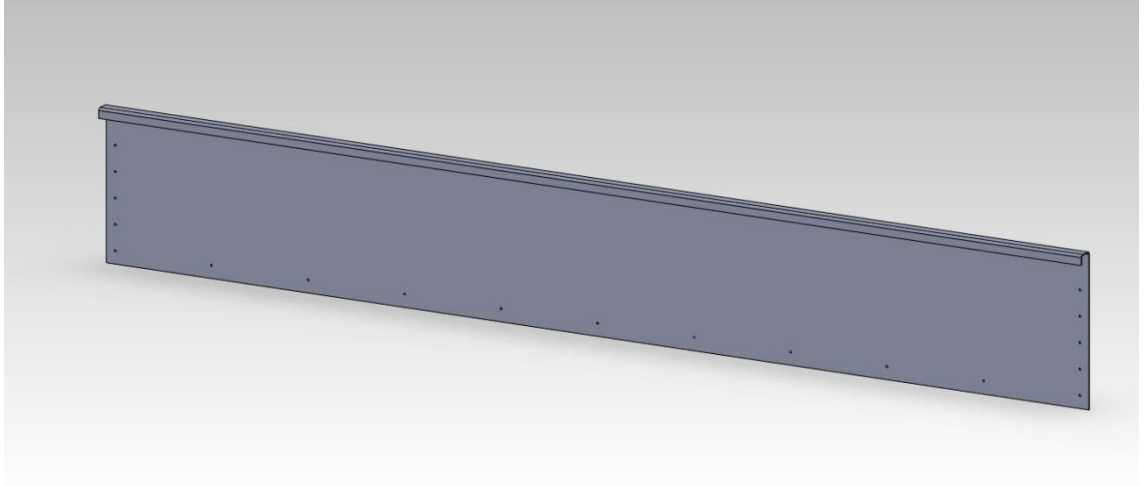
suunniteltiin myös lavalukkojen lukituskoukkujen paikat. Kaikki peräkärnylavan kehon osat suunniteltiin kiinnitettäväksi toisiinsa hitsausliitoksilla. Peräkärnylavan keho on esitelty kuvassa 14.



Kuva 14. Peräkärnylavan keho.

4.6.2 Sivujen suunnittelu

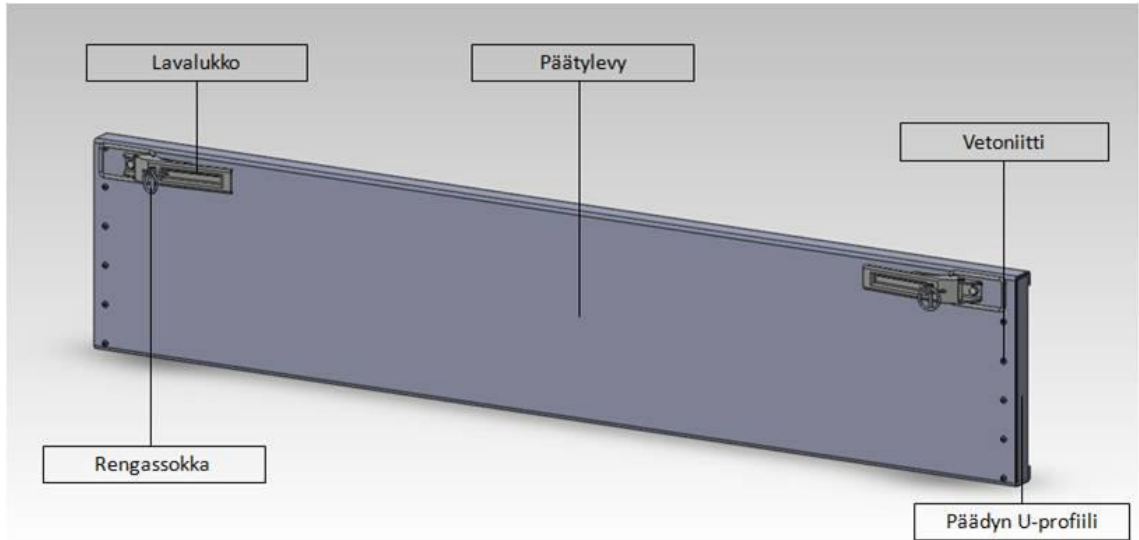
Peräkärnylavan sivujen suunnittelumateriaaliksi valittiin 2 mm paksuinen teräslevy. Sivujen yläreunaan suunniteltiin särmättäväksi kulma, jotta sivut olisivat tukevammat ja turvallisemmat. Peräkärnylavan sivujen kiinnitys kehoon suunniteltiin vetoniittiliitoksilla, jotka ovat halpa ja yksinkertainen tapa toteuttaa ohuiden levyjen kiinnitys. Vetoniittiliitos mahdollistaa myös sivujen vaihtamisen uuteen helposti, jos sivu vahingoittuu jossakin tilanteessa. Peräkärnylavan sivu on esitelty kuvassa 15.



Kuva 15. Peräkärnylavan sivu.

4.6.3 Päätyjen suunnittelu

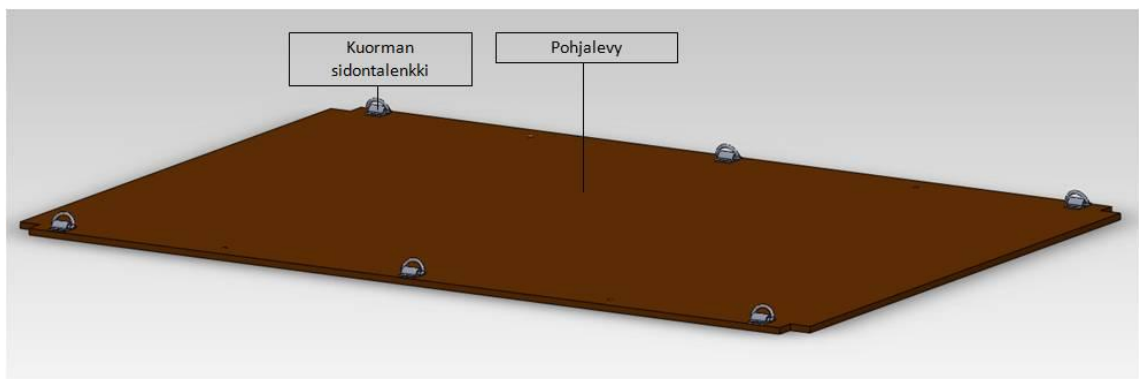
Päätyjen suunnittelu aloitettiin valitsemalla sopiva U-profiili, joka sopisi kehikon U-profiilikulmien sisään. Sopivaksi U-profiiliksi osoittautui 50 x 35 x 3 mm, jonka ympärille kiinnitettiin 2 mm paksuisesta teräslevystä särmätyt levyt, jolloin päädyt sopivat vielä esteettömästi kehikon U-profiilikulmien sisälle. Levyjen kiinnitys U-profiileihin suunniteltiin myös vetoniiteillä, jotta levy olisi tarpeen tullen helposti vaihdettavissa. Lisäksi päätyihin suunniteltiin lavalukkojen kiinnityspaikat, jotta päädyt saadaan lukittua paikalleen kehkossa oleviin lavalukkojen koukkuihin. Lavalukkojen kiinnipysyminen suunniteltiin rengassokilla. Päätyjen paikalleen laitto ja pois ottaminen tapahtuu nostamalla päädyt kehikon U-profiilikulmien sisään tai vaihtoehtoisesti pois niistä. Pääty ja sen osat esitellään kuvassa 16.



Kuva 16. Peräkärnylavan pääty ja sen osat.

4.6.4 Pohjalevyn suunnittelu

Pohjalevy suunniteltiin valmistettavaksi 15 mm paksuisesta vesivanerista. Pohjalevyn kulmiin tehtiin kolot kehikossa olevia U-profiilikulmia varten, jolloin levyn kokonaismitoiksi tuli 2094 × 1400 mm. Pohjalevyn kiinnitys tapahtuu M10-pulteilla kehikon poikkitukiin. Pohjalevyn yläpuolelle kiinnitettiin kuusi kappaletta kuorman sidontalenkkejä ruuviliitoksin. Pohjalevy on esitelty kuvassa 17.

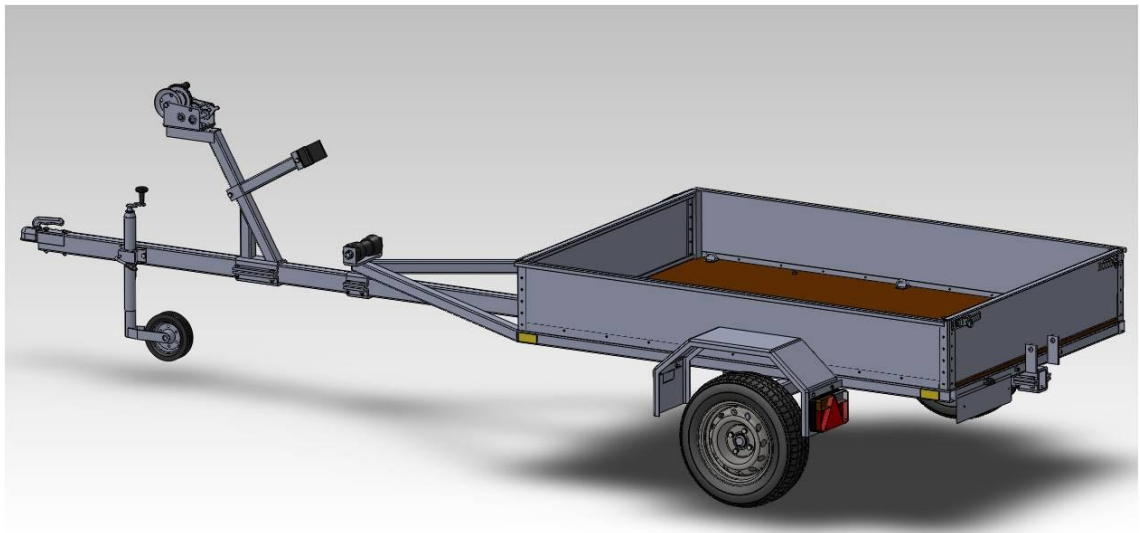


Kuva 17. Peräkärnylavan pohjalevy.

4.6.5 Peräkärryn kokoonpano

Kaikkien peräkärroysien suunnittelun ja mallintamisen jälkeen tehtiin valmisosista ja itse valmistettavista osista yhtenäinen kokoonpano, jotta saatiin tarkistettua myös näiden osien keskinäinen sopivuus.

Muunnos venetrailerista peräkärryksi tapahtuu poistamalla venetrailerista ensin etu- ja takasivutuet, jotka ovat kiinnitetty yhteensä neljällä M10-pultilla apurunkoon. Venetrailerista tulee vielä poistaa takakippi irrottamalla kaksi rengassokkaa ja ottamalla takakipin akseli pois. Tämän jälkeen peräkärryn lava nostetaan apurunkoon ja kiinnitetään neljällä M10-pultilla sen kehikosta samoihin paikkoihin apurunkoon, jossa venetrailerin etu- ja takasivutuet ovat tyypillisesti kiinni. Venetraileri muutettuna peräkärryksi on esitetty kuvassa 18.



Kuva 18. Venetraileri muutettuna peräkärryksi.

4.7 Piirustukset

Kaikkien venetraileri ja peräkärry -yhdistelmän osien suunnittelun, mallintamisen ja yhteensopivuus tarkastuksien jälkeen tehtiin kaikista itse valmistettavista osista piirustukset, jotka ovat tämän työn salainen osio. Piirustukset tehtiin myös kaikista pää- ja osakokoonpanoista helpottamaan itse yhdistelmän tulevaa valmistusta.

5 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä valmis suunnitelma ja valmiit piirustukset yhdistelmästä, joka yhdistäisi kaksi erillään myytävää tuotetta eli venetrailerin ja peräkärryn. Venetrailerin ja peräkärryn yhdistelmän suunnittelun tarkoituksena oli poistaa tarve hankkia nämä kaksi erillään myytävää tuotetta, jolloin rahan ja tilan säästö olisi huomattavaa. Venetrailerin ja peräkärryn yhdistelmän tärkeimmäksi ominaisuudeksi suunnittelussa haluttiin saada muutettavuus venetrailerista peräkärreksi ja peräkärystä takaisin venetraileriksi.

Yhdistelmää suunniteltaessa pohdittiin runkorakenteen suhteen erilaisia vaihtoehtoja, joilla yhdistelmä voitaisiin toteuttaa käytännöllisesti. Venetraileriosien suunnittelussa otettiin myös huomioon paljon veneen kuljetusta, nostoa ja laskua helpottavia asioita. Peräkärryn lavaa suunniteltaessa otettiin huomioon sen käytännöllisyys ja yksinkertaisuus.

Runkorakenteen aisan ja apurungon mitat määräytyivät suurimmalta osin siinä kuljetettavan veneen mukaan, joka vastaavasti rajoitti peräkärrylavan suunnittelua hyvin paljon. Peräkärrylavan vähimmäispituudeksi haluttiin saada 2000 mm, koska omakohtaisesti sen päätarkoituksena oli kuljettaa moottoripyörää. Moottoripyörän lavalle saantia tulee helpottamaan normaalisti veneen nostossa käytettävä keulatuen vinssi. Keulatuki voidaan myös poistaa tarpeen vaatiessa, jos lavalla halutaan kuljettaa pitkiä tavaroita.

Venetrailerin ja peräkärryn yhdistelmän suunnittelussa käytettiin osittain valmisosia, kuten akselia ja kuulakytkintä, jotka vaikuttivat osaan itse suunniteltavista osista. Valmisosia käytettiin työssä, koska osalta niistä vaadittiin tyyppihyväksyntä ja osa niistä olisi ollut kannattamatonta suunnitella ja valmistaa itse.

Työstä jätettiin käsittelemättä kustannuslaskelmat, koska yhdistelmää ei ole vielä valmistettu käytännössä valmiiksi asti. Kustannuksiin yhdistelmässä tulee

vielä vaikuttamaan mm. pintakäsittely, joka tullaan suorittamaan itse suunnitelluille osille.

Parannettavaa työssä jäi peräkärryn lavaan, joka olisi saanut olla suurempi, jotta siinä voitaisiin kuljettaa suurempia tavaroita. Lavasta pystyttäisiin tekemään suurempi muuttamalla runkorakennetta suuremmaksi. Runkorakenteen muuttaminen suuremmaksi olisi mahdollista pidentämällä aisaa ja samalla suurentamalla apurunkoa. Suurempi lava vaatisi myös lavan osien suurentamisen apurungon mukaan.

Tulevaisuutta ajatellen venetraileri ja peräkärri -yhdistelmästä voitaisiin suunnitella myös jarrullinen malli, joka mahdollistaisi jo suurienkin veneiden ja tavaroiden kuljetuksen. Yhdistelmästä voitaisiin myös ajatella valmistettavan jarrullinen malli suurella lavalla (2000 × 4500 mm), joka mahdollistaisi sen käyttämisen jopa autotrailerina. Tämän tyyppinen ratkaisu toisi erinomaisen mahdollisuuden mm. perävaunuvuokraamoille, jolloin vuokrauskaluston määrää voitaisiin pienentää huomattavasti.

Työn haastavimpana osuutena oli suunnitella osista yhteensopivia keskenään venetrailerin ja peräkärryn suhteen. Haastavaksi tämän teki se, että yhtä osaa suunniteltaessa tuli jo etukäteen miettiä kaikkia tulevia osia ja huomioida nämä suunnittelun edetessä.

Työhön asetetuissa vaatimuksissa eli venetrailerin ja peräkärryn yhdistämisessä onnistuttiin. Tämän lisäksi yhdistelmän helppo muunneltavuus venetrailerista peräkärriksi ja peräkärriästä venetraileriksi onnistuu helposti, joka oli tärkeä ominaisuus yhdistelmää suunniteltaessa. Lopputuloksena saatiin suunnitelma ja piirustukset, joiden mukaan yhdistelmä voidaan valmistaa.

LÄHTEET

- [1] Ajoneuvohallintokeskus (Liikenteen turvallisuusvirasto) 2011. Ajoneuvoluokat, viitattu 26.10.2011 http://www.ake.fi/AKE/Katsastus_ja_ajoneuvotekniikka/Ajoneuvoluokat/
- [2] Ajoneuvohallintokeskus (Liikenteen turvallisuusvirasto) 2007. Ohje O1- ja O2-luokan keskiakseliperävaunun vetoaisalle, viitattu 26.10.2011 http://www.ake.fi/NR/rdonlyres/D72789C4-7794-470E-98D4-88637A6669AD/0/19462082007_vetoaisa.pdf
- [3] Ajoneuvohallintokeskus (Liikenteen turvallisuusvirasto) 2007. Mallikuvat trailereista, viitattu 26.10.2011 http://www.ake.fi/NR/rdonlyres/17D4D4BC-7646-4973-A78D-B93F8B5541BE/0/10692082007_LIITE_Esim_vetoaisasta.pdf
- [4] Ajoneuvohallintokeskus (Liikenteen turvallisuusvirasto) 2001. Ohje valojen ja heijastimien asennuksesta, viitattu 28.10.2011 <http://www.ake.fi/pdf/valo-ohje.pdf>
- [5] Pere, Aimo 2004. Koneenpiirustus korkeakouluja varten. Kirpe Oy, Espoo.

Liite 1. Pääkokoonpano venetrailerista.

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Vetoaisa		1
2	Kelutuki		1
3	Apurunko		2
4	Etusivutuki		2
5	Akseli		2
6	Lotkasuoja		2
7	Takasisivutuki		2
8	Takakiippi		1
9	Rekisterikivenvälö		2
10	Takavälö		2
11	Renkaas & Vanne		8
12	M12 Pyöräpultit		8
13	Arimerkkiheliöstin		2
14	Sivuheliöstin		4

BRANDS CONSIDERED SPECIFIED. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.		MODEL AND SCALE DRAWING NUMBER	DESIGN
NAME DESIGNER / JUNIOR DESIGNER CHECKED APPROVED DATE	MATERIAL WEIGHT	SCALE	SHEET NO. TOTAL SHEETS
VENETRAILERI	VENETRAILERI	VENETRAILERI	VENETRAILERI

A3

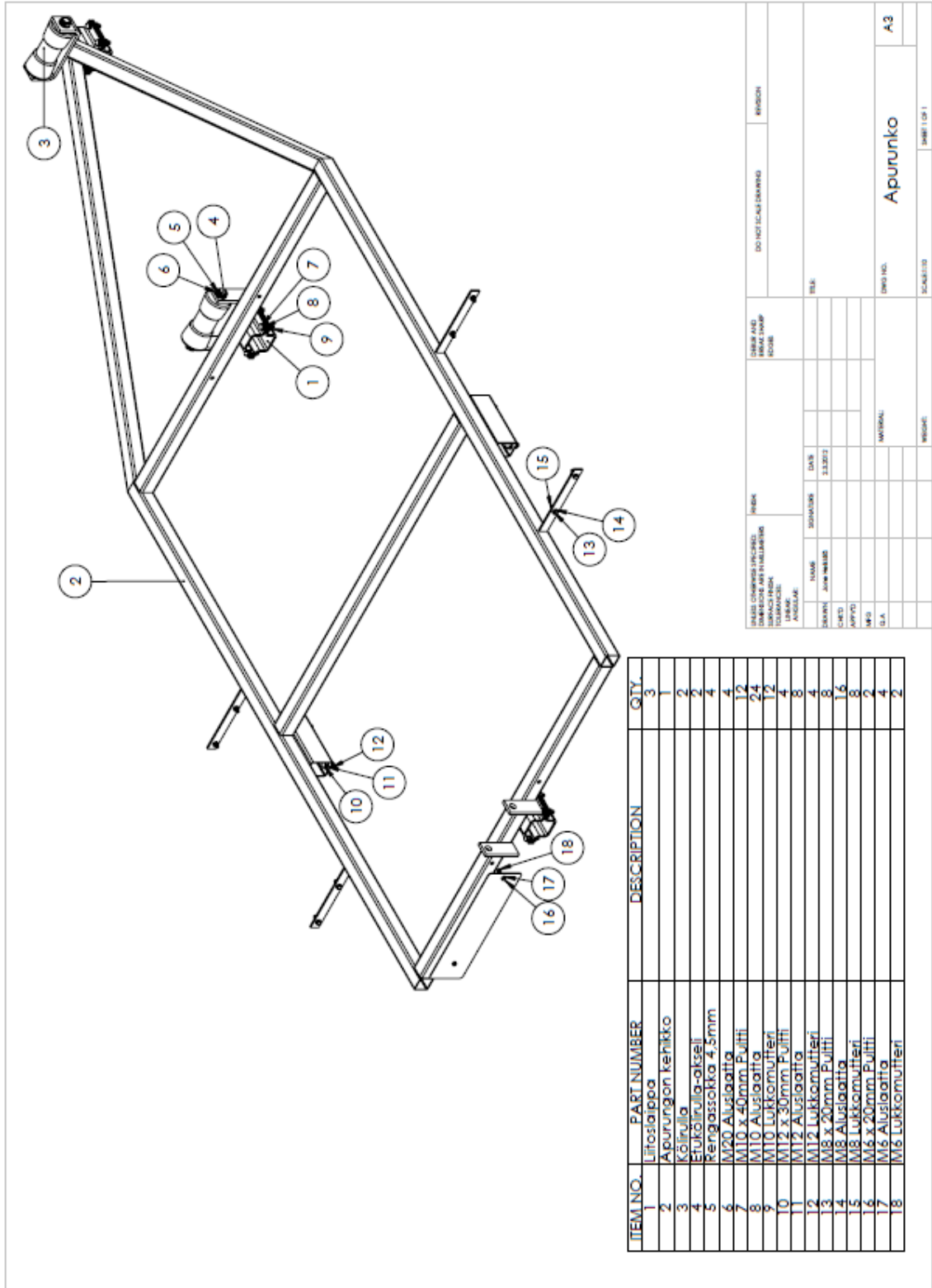
SHEET 1 OF 1

Liite 2. Osakoonpano vetoaisasta

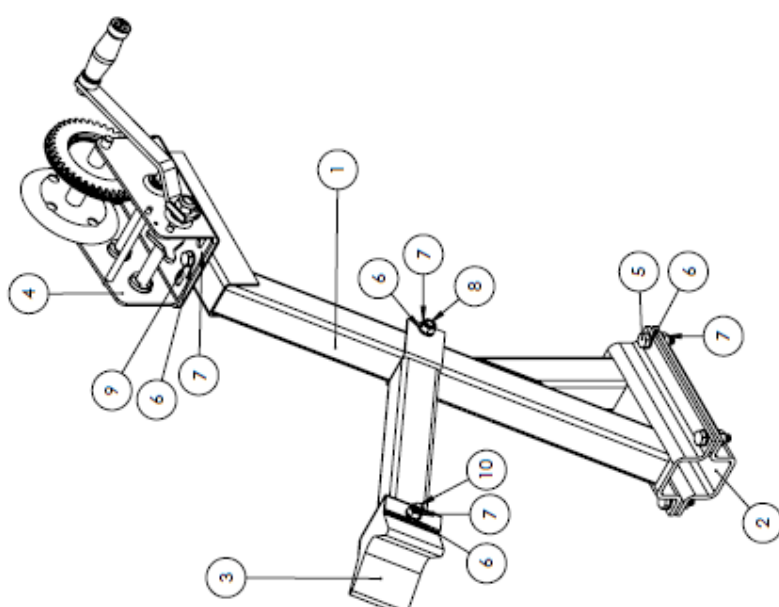
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Aisa		1
2	Kuulakytkin		1
3	Nokkapyörän kiinnite		1
4	Nokkapyörä		1
5	M10 x 100mm Pultti		2
6	M10 Aluslaatta		2
7	M10 Lukkomutteri		4
8	M10 x 80mm Pultti		2

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	REVISION	DO NOT SCALE DIMENSIONS	REVISION
DATE: / /	SCALE: 1:1	DESIGN NO. Vetoaisa	A3
DRAWN BY: / /	SCALE: 1:1	DESIGN NO. Vetoaisa	A3
CHECKED BY: / /	SCALE: 1:1	DESIGN NO. Vetoaisa	A3
APPROVED BY: / /	SCALE: 1:1	DESIGN NO. Vetoaisa	A3
MATERIAL: /	SCALE: 1:1	DESIGN NO. Vetoaisa	A3
DATE: / /	SCALE: 1:1	DESIGN NO. Vetoaisa	A3
SCALE: 1:1	SCALE: 1:1	DESIGN NO. Vetoaisa	A3

Liite 3. Osakoonpano apurungosta.



Liite 4. Osakokoonpano keulatuesta.



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1		Keulatuen runko	1
2		Keulatuen liitosliippa	1
3		Keulatumi	1
4		Vipssi	1
5		M10 x 40mm Pultti	4
6		M10 Aluslaatta	16
7		M10 Lukkonutieri	8
8		M10 x 70mm Pultti	1
9		M10 x 30mm Pultti	1
10		M10 x 100mm Pultti	2

UNITS CONFORMS SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		UNITS AND DIMENSIONS		REVISION	
UNITS	MM	UNITS	MM	NO. OF CHANGES	
DATE		DATE		DESCRIPTION	
DESIGNED BY		DESIGNED BY			
CHECKED BY		CHECKED BY			
APPROVED BY		APPROVED BY			
MATERIAL		MATERIAL			
SCALE		SCALE			
DRAWING NO.		DRAWING NO.		DRAWING NO.	
		Keulatuki		A3	
SHEET NO.		SHEET NO.		SHEET NO.	
				SHEET 1 OF 1	

Liite 5. Osakokoonpano etusivutuista.

The diagram shows an exploded view of a front support assembly. The components are numbered as follows: 1. Main support body, 2. Cylindrical cap, 3. Adjustment sleeve, 4. Locking collar, 5. Locking pin, 6. Locking nut, 7. Locking washer, 8. Locking nut, 9. Locking pin.

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1		Etusivutukien säätöpalkki	1
2		Etusivutukien akseli	1
3		Sivutukien säätöpalkki	1
4		Sivutukien säätöpalkki	1
5		Säätöpalkkien kiistyskalva	2
6		M20 Aluslaatta	2
7		Renkaasokka 4,5mm	1
8		M10 x 80mm Pultti	1
9		M10 Aluslaatta	2

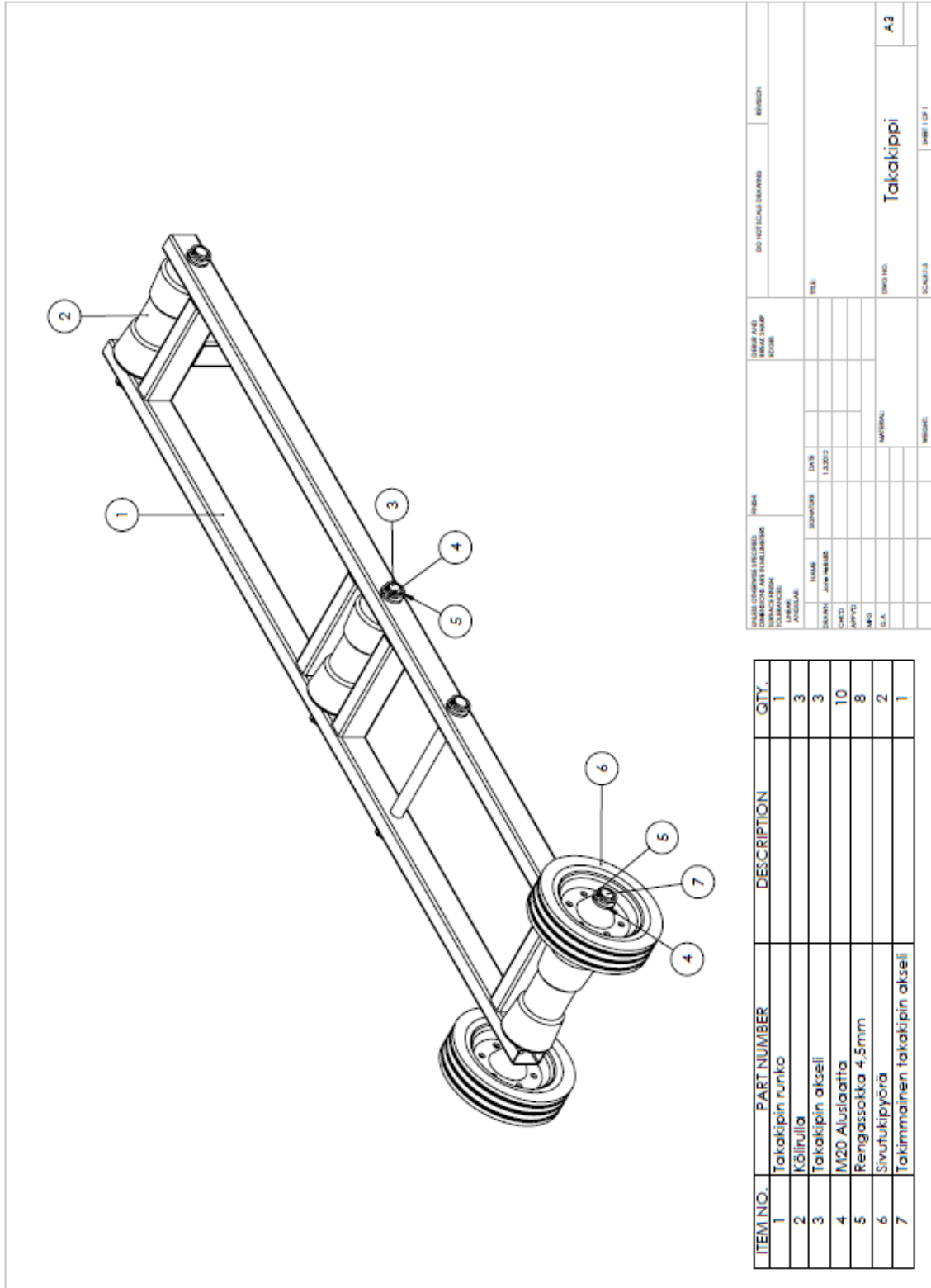
UNITS CONFORMS TO:	SI	SCALE:	1:1
DESIGNED BY:		CHECKED BY:	
DRAWN BY:		DATE:	
APPROVED BY:			
MATERIAL:			
WEIGHT:			
SCALE:			
REV. NO.			
DESCRIPTION:	Etusivutuki		
REV. NO.			A3
SCALE:			1:1

Liite 6. Osakokoonpano takasivutuista.

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Takasisivutukien säätöjalka		1
2	Sivuriila		2
3	M20 Aluslaatta		4
4	Takasisivuriilalinje		1
5	Kengassakka 4,5mm		3
6	Sivutukien säätöpala		1
7	Säätöpalojen kiintyskahva		1
8	M10 x 80mm Pultti		1
9	M10 Aluslaatta		2
10	M10 Lukkomutteri		1

UNITS CONVERSION SPECIFIED	UNITS	DO NOT SCALE DRAWING	VISION
DRAWING APPROVED BY	DATE	DATE	DATE
DESIGNER	JAN-HEIKKI	23.03.22	
CHKD			
APP'D			
DRAWN			
DATE			
SCALE			
MATERIAL			
FINISH			
DRG NO.	Takasisivutuki		A3
SCALE	1:1		

Liite 7. Osakokoonpano takakipistä.



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Takakipin runko		1
2	Käälirulla		3
3	Takakipin akseli		3
4	M20 Aluslaatta		10
5	Rengassakka 4,5mm		8
6	Sivutukipyörä		2
7	Takimmainen takakipin akseli		1

UNITS CONFORMS SPECIFIED	REVISION	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
CONFORMS TO ALL DIMENSIONS			
DATE			
DESIGNED BY			
CHECKED BY			
APPROVED BY			
DRAWN BY			
MATERIAL			
SCALE			
DATE			
DESCRIPTION			
TAKAKIPPI			
DRAWING NO.			
SCALE			
SHEET NO.			
SHEET TOTAL			

