



Kevyen nelipyöräisen juontokärryn suunnittelu ja valmistus

Emma Siuvo

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023

Autotekniikan tutkinto-ohjelma
Auto- ja työkonetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Autotekniikan tutkinto-ohjelma
Auto- ja työkonetekniikka

SIUVO, EMMA:
Mönkijän juontokärryn suunnittelu ja valmistus

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Toukokuu 2023

Opinnäytetyössä suunniteltiin ja valmistettiin juontokärri, joka on hintalaatusuhteeltaan parempi kuin kaupalliset versiot. Juontokärri on yhden ison tai useamman pienen rangan kuljettamiseen tarkoitettu kevyen nelipyöräisen perään tuleva kärri. Kärri on kaksiosainen, jotta renkaiden kumpikin pää saadaan ilmaan.

Kaupallisten juontokärrien hintalaatusuhteita tutkittiin ja todettiin, ettei hinta ja laatu vastaa toisiaan. Juontokärystä piirrettiin 3D-mallit, joiden avulla laskettiin lujuuslaskennat, hankittiin materiaalit ja valmistettiin kärri. Valmista juontokärystä testattiin käytännössä. Materiaalien hinnat koottiin kustannuslaskelmaan.

Juontokärri toteutettiin toimeksiantajan tarpeesta siirrellä kaadetut pihapuut kassalle ilman jälkiä pihaan. Toteutus tehtiin toimeksiantajan toiveiden ja tarpeiden mukaisesti. Lujuuslaskentojen, vinssin, napojen ja renkaiden kantavuuksien perusteella kärryn kokonaiskantavuus rajoittui vinssin kantavuuteen.

Kustannuslaskelman perusteella valmistaminen tuli halvemmaksi kuin kaupallisen version ostaminen. Toimeksiantaja oli tyytyväinen lopputulokseen ja kärri jää alkuperäisten suunnitelmien mukaisesti hänen omaan käyttöönsä. Testauksen aikana tuli kolme kehitysideaa, joita suunniteltiin toteutettavaksi tulevaisuudessa. Mitoituspiirustukset ja kustannuslaskelmat on piilotettu luottamuksellisina tiedostoina.

Asiasanat: suunnittelu, valmistus, kevyt nelipyöräinen, kärri, puu

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Vehicle Engineering
Industrial Vehicle Engineering

Emma Siuvo
ATV Log Hauler Design and Manufacturing

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 3 pages
May 2023

In the Bachelor's Thesis, a log hauler was designed and manufactured, which is better at price-quality ratio than commercial versions. A log hauler is a light four-wheeled cart intended for transporting logs. The log hauler is in two parts so that both ends of the frames can be exposed.

The price-quality ratio of commercial log hauler was studied and it was found that the price and quality do not match each other. The 3D models of the log hauler were drawn, with the help of which the strength calculations were calculated, the materials were procured and then the hauler was made. The finished version was better than market. The prices of the materials were compiled into a cost calculation.

The log hauler was implemented due to the client's need to move felled yard trees to a pile without leaving any marks in the yard. The implementation was done in accordance with the client's wishes and needs. Based on strength calculations, winch, hubs and tire load capacity, the cart's total load capacity was limited to the winch load capacity.

Based on the cost calculation, manufacturing it was cheaper than buying the commercial version. The client was satisfied with the end result and the cart will remain for his own use according to the original plans. During the testing, three development ideas emerged, which were planned to be implemented in the future. Dimension drawings and cost calculations are hidden as confidential files.

Key words: design, manufacturing, light four-wheeled, hauler, tree

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	SUUNNITTELUN JA VALMISTUKSEN TAUSTAA	6
	2.1 3D-mallinnus	6
	2.2 Tekninen piirustus	6
	2.3 Lujuusoppi.....	7
	2.4 Putkipalkit.....	8
	2.5 Hitsaus	8
3	JUONTOKÄRRYN SUUNNITTELU	10
	3.1 Juontokärryn 3D-mallinnus	10
	3.1.1 Rautalankamalli	10
	3.1.2 Tarkka malli	11
	3.2 Juontokärryn lujuuslaskenta.....	17
	3.2.1 Lujuuslaskenta käsin	17
	3.2.2 Lujuuslaskenta SolidWorks-ohjelmalla	21
4	TOTEUTUS	25
	4.1 Rakentaminen	25
	4.2 Juontokärryn testaus.....	26
	4.2.1 Käytännön testaus.....	26
	4.2.2 Rasiustestaus	29
	4.3 Käyttäjäkokemukset.....	30
	4.4 Kehitysideat	30
5	VERTAILU KAUPALLISIIN VERSIOIHIN.....	32
6	KUSTANNUSLASKELMA.....	36
	6.1 Kustannuslaskelma	36
	6.2 Sarjatuotanto.....	36
7	POHDINTA	38
	LÄHTEET.....	40

1 JOHDANTO

Juontokärky on mönkijän tai muun kevyen-nelipyöräisen perään tarkoitettu laite, jolla voi kuljettaa yksittäistä isoa puunrunkoa tai muutamaa pientä rankaa. Kärky on ajateltu paikkoihin, joihin ei mahdu traktorilla, metsäkoneella tai halutaan ettei, tule jälkiä maastoon. Juontokärryn etuosassa on vinssi ja takaosassa pitkä aisa, joiden avulla puun saa nostettua irti maasta.

Opinnäytetyössä selvitetään suunnittelemalla ja valmistamalla juontokärky, millaiset kustannukset valmistuksesta kertyvät. Juontokärkyjä on useassa liikkeessä myynnissä, mutta ne ovat todella arvokkaita ja näyttävät heikkolaatuisilta. Juontokärystä on tarkoitus tehdä jämerä, pitkäikäinen ja laadukas eli hintalaatusuhteeltaan parempi kuin kaupalliset versiot ovat. Karkeiden kustannuslaskelmien mukaan omavalmisteisesta tulisi halvempi kuin kaupallisesta versiosta.

Idea lähti liikkeelle toimeksiantajan todellisesta tarpeesta tällaiselle työvälineelle pihapuiden kaatopäätöksen takia, koska pihaan ei haluttu isojen koneiden jälkiä ja osa paikoista oli ahtaita isoille koneille. Kärystä luotiin karkea 3D-malli materiaalien hakua varten. Kaikkien materiaalien hinnat kerättiin ylös kustannuslaskentaa varten. Putkia pilkottiin ja hitsattiin suunnitelman mukaiseen malliin. Kärryn valmistuttua sitä koeajettiin ja siitä piirrettiin tarkka 3D-malli, jonka avulla suoritettiin lujuuslaskennat. Koeajon yhteydessä mietittiin käyttöä helpottavia kehitysehdotuksia mahdollista seuraavaa versiota varten

2 SUUNNITTELUN JA VALMISTUKSEN TAUSTAA

2.1 3D-mallinnus

3D-mallinnusta käytetään laajasti kone- ja laitesuunnittelussa mutta myös muualla alalla. Jokaiselle alalle on sille alalle erikoistuneita sovelluksia. 3D-mallinnus on erilaisten osien ja kokonaisuuksien suunnittelua tietokoneella kolmiulotteisesti. Malleista pyritään saamaan mahdollisimman todellisen näköisiä antamalla niille todelliset fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet. (Tuhola & Viitanen 2008, 16–17.)

Tietokonesovelluksissa on kolmiulotteinen avaruus, jossa on kolme koordinaatiakselia, y-akseli ylöspäin, x-akseli oikealle ja z-akseli itseä kohti. Se mihin päin akseli osoittaa tarkoittaa akselin positiivista suuntaa. Mallia pystyy tarkastelemaan suunnittelun eri vaiheissa ja pyörittelemään avaruudessa, jotta näkee jokaisen kulma ja kolon. Tarkastelumahdollisuuksia mallille on muutamia rautalan-kamalli, pintamalli ja 3D-malli. Kaikilla tarkastelumallivaihtoehdoilla on omat hyvät ja huonot puolensa, yleensä eri mallivaihtoehtoja hyödynnetäänkin mallintamisen eri vaiheissa. (Tuhola & Viitanen 2008, 17, 20–23.)

2.2 Tekninen piirustus

Sanotaan, että yksi kuva puhuu enemmän kuin tuhat sanaa. Monimutkaisten muotojen kuvailu ja mittojen kertominen selkeästi on mahdotonta. Nykyään on mahdollista piirtää 3D- malleja mutta silti teknisten asioiden perusteellisena ilmaisutapana käytetään teknistä piirustusta. Teknisille piirustuksille on omat standardit, joiden mukaan ne tehdään, jotta kaikki osaavat lukea niitä eikä pelkästään piirtäjä. Piirustussäännöissä eri tekniikan aloilla on omia vaatimuksia. Osia valmistetaan teknisten piirustusten pohjilta, joten pieni virhe piirustuksessa saattaa aiheuttaa isoa harmia. (Pere 2003, 1.)

Aiemmin kaikki piirustukset piirrettiin käsin, mutta tietokoneet ovat syrjäyttäneet käsin piirtämisen ja tuoneet lisää mahdollisuuksia. Tietokoneiden 3D-suunnitteluohjelmat ovat mahdollistaneet erilaiset analyysit, simulaatiot ja visualisoinnit.

Osista luodaan ensin kolmiulotteiset mallit, näistä osista koottaan kolmiulotteinen kokonpanokuva. Näiden 3D-mallien pohjalta luodaan kaksiulotteiset tekniset piirustukset, jossa näkyvät kaikki osien valmistukseen tarvittavat tiedot ja mitat. Teknisissä piirustuksissa näkyvät muun muassa useampi projektio osasta tai kokonpanosta, kierteet, ruuvit ja muut kiinnittimet, teräslaadut, hitsausmenetelmät ja toleranssi. Kaikki luetellut on myös standardoitu lisäksi standardoituja ovat suureet ja yksiköt. (Pere 2016, Luku 2, 11-23.)

2.3 Lujuusoppi

Lujuutta ja jäykkyyttä selvitetään lujuusopin avulla, joka on yksi sovelletun mekaniikan haara. Lujuus ja jäykkyys kertovat, missä määrin eri materiaalit kestävät ulkoisia voimia ilman, että tapahtuu suurempia geometrisia muutoksia tai murtumia. Lujuus ja jäykkyys ovat ominaisia kaikille kiinteille materiaaleille. Lujuusopissa kappaleiden käyttäytymistä tutkitaan kuormituksen alaisina. Kappaleiden sisäiset voimat pyritään selvittämään liikkeessä ja levossa. Voimien lisäksi lujuusopin avulla selvitetään voimien aiheuttamat geometrisien muutoksien ajankohdat ja suuruudet, sekä kuormitukset mitä rakenteet kestävät. (Outinen, Salmi & Vulli 2007, 13.)

Suunnittelussa lujuusoppi on tärkeä osa, koska sen mukaan suunnitellaan ja mitoitetaan rakenne käyttötarkoitukseen sopivaksi eli särkymättömäksi ja sellaiseksi ettei se muuta liiaksi muotoaan. Kaikkien rakenteiden tulisi kestää kaikki rasitukset, joiden alaiseksi ne käytössä joutuu. Ydinasia lujuusopissa on käyttövarmuus. Käyttövarmuuden takia rakenteiden täytyy olla lujia mutta ne eivät saa olla liian lujia, etteivät kustannukset, paino ja koko karkaa käsistä. (Hietikko & Lehtonen 1993, 7–8.)

Luonteeltaan lujuuslaskenta on analyyttinen tieteenala. Tällä tarkoitetaan sitä, että suunniteltaessa rakennetta sille määritellään reunaehdoja, joiden on täyttyvä. Tällaisia reunaehdoja voidaan asettaa esimerkiksi jännityksille, muodonmuutoksille, stabiliteetille tai kulumiselle. Reunaehdot testataan, jotta ne täytyvät varmasti. Testauksien perusteella voidaan vielä muuttaa materiaalia tai sen paksuutta, jos reunaehdot turvarajoineen ei täytykään halutulla tavalla. (Hietikko 2004, 14.)

2.4 Putkipalkit

Muototeräsrakenteet ovat jaettu muutamaan eri ryhmään, joista yksi on putket. Putkipalkit ovat jaettu vielä kahteen ryhmään seinämän paksuuden ja valmistustavan perusteella, ensimmäinen ryhmä on paksuseinäiset hitsatut putket, joita on neliön, suorakaiteen ja pyöreän mallisia. Toinen ryhmä on ohutseinäiset putket, jotka on valmistettu kylmävalssatusta ohutlevystä hitsaamalla. Ohutseinäisissä putkissa on vähän laajempi mallivalikoima kuin paksuseinäisissä putkissa, niitä on neliön, suorakaiteen, pyöreän, elliptisen ja litteänsoikean mallisia. (Lepola & Ylikangas 2016, 380.)

Putkipalkki on käytännöllinen monella tavalla. Rakentaminen siitä on helppoa, koska suljettu poikkileikkaus lisää mahdollisuuksia ja yksinkertaistaa ranteita. Suljetun poikkileikkauksen ansiosta putkipalkki kestää erittäin hyvin erisuuntaisia taivutuskuormia sekä vääntömomentin aiheuttamia rasituksia. Putkipalkkia käytetään usein vääntöjäykkyyttä vaativiin kohteisiin, kuten liikkuvan kaluston runkorakenteet, erilaiset vääntöjäykät kehärakenteet sekä metsäkoneiden alustat. Ristikkorakenteet, putkipalkkisiltarakenteet ja kehärakenteet ovat yleisimpiä rakenteita, joissa putkipalkkia käytetään. (Lepola & Ylikangas 2016, 380.)

2.5 Hitsaus

Hitsaus on kappaleiden liittämistä toisiinsa tai kappaleen pinnoittamista tuomalla sulaan liitospintaan tai -pintoihin soveltuvaa lisäainetta (Lepola & Ylikangas 2016, 13). Hitsauksessa liitoksesta muodostuu jäähtyessä kiinteäliitos, kun perusaine on sulatettu tai siihen on tuotu lisäainetta. Tyylejä hitsaukseen on useampaa erilaista ja kaikissa on eri toiminta periaatteet. Yleisimpiä tyylejä nykypäivänä ovat TIG-, kaas-, MIG/MAG- ja puikkohitsaus. (Lepola & Ylikangas 2016, 13.)

Puikkohitsaus on monikäyttöinen hitsaustyyli, koska se ei ole tarkka hitsausolosuhteista, kuten monet muut hitsaustyyli, jotka ovat herkkiä epäpuhtauksille ja tuulelle. Hitsauselektrodina puikkohitsauksessa toimii päällystetty lisäainepuikko, joka on kiinni puikon pitimessä. Hitsauselektrodi lyhenee hitsauksen aikana, mikä on poikkeavaa muihin hitsaustyyliin nähden. Hitsauspuikon ja työstettävän

kappaleen välille muodostuu hitsaus hetkellä valokaari. (Kemppe. n.d.) Valokaari tuottaa hitsauksessa tarvittavan lämmön, jonka avulla puikko ja metalli sulavat hitsattavasta kohdasta. Puikon päällyste sulaa myös ja siitä syntyy kaasua ja sauman päälle kuonaa, joka putsataan pois. (Lepola & Ylikangas 2016, 13.)

Hitsauspuikkoja on useaa erilaista. Sen valintaan vaikuttavat hitsattava materiaali, materiaalin paksuus sekä sen lujuus-, sitkeys- ja korroosionkestovaatimukset. Puikko pyritään valitsemaan niin, että sydänlanka on samaa metalliseosta kuin hitsattava materiaali, ja päällyste siihen valitaan sen mukaan, millaisia hitsausominaisuuksia halutaan. (Lepola & Ylikangas 2016, 13.)

Hitsauksessa syntyvän sauman mittoja kuvataan a-mitalla. A-mitalle on omat standardit, joissa se on määritelty tarkasti, ja sille on asetettu vaatimukset erilaisissa hitsaustilanteissa. Pienahitsissä eli kulmahitseissä a-mitta tarkoittaa hitsin sisään piirretyn tasakylkisen kolmion korkeutta. Kolmio piirretään hitsin sisään niin, että sen kyljet ovat kappaleen seinämät. (Niemi & Kemppe 1993, 14.)

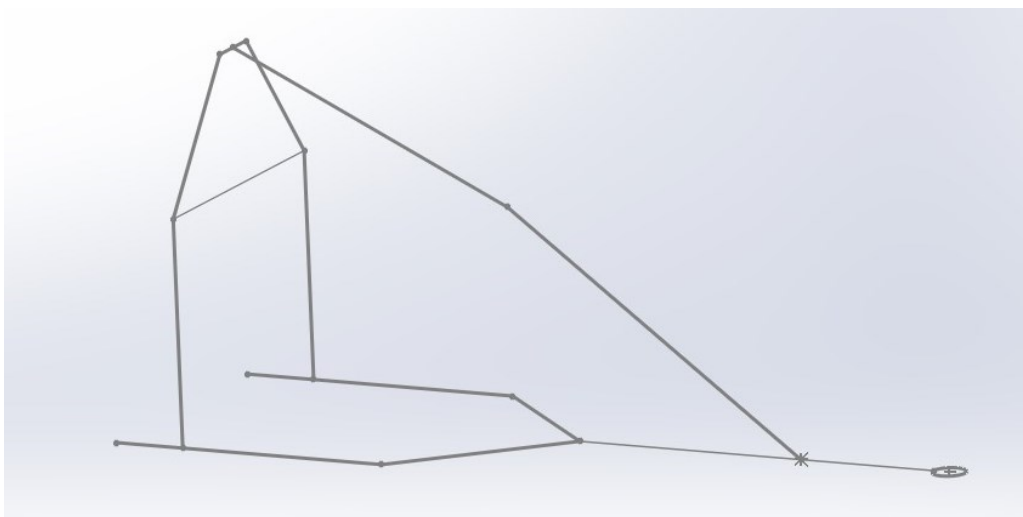
3 JUONTOKÄRRYN SUUNNITTELU

3.1 Juontokärryn 3D-mallinnus

Juontokärryn 3D-mallinnus suoritettiin SolidWorks-ohjelmalla. Kärrystä luotiin kaksi 3D-mallia. Ensimmäinen oli karkea versio, josta saatiin mitat ja ainemäärät toteutusta varten. Karkeasta versiosta tehtiin vain simppele rautalankamalli. Toinen 3D-malli tehtiin tarkemmin vasta, kun kärry oli valmis, koska toteutusvaiheessa muuttui muutamia asioita. Muutokset ovat ihan yleisiä toteutusvaiheessa, kun laite hahmottuu todellisiin mittoihin. Tarkkaan versioon piirrettiin kaikki yksityiskohdat, oikeat materiaalit ja värit.

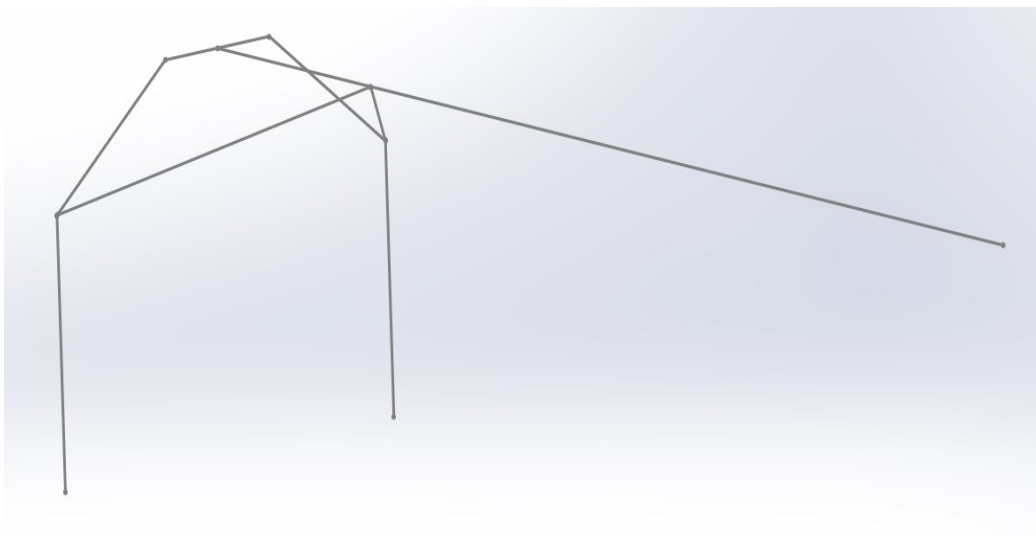
3.1.1 Rautalankamalli

Rautalankamallit tehtiin ennen valmistusta, jotta voitiin ostaa oikea määrä putkea. Rautalankamallia piirrettäessä ei voitu vielä valita materiaalia, koska rautamateriaalien saatavuus vaihteli. Saatavuuden vaihtelu johtui koronapandemian sekä Venäjän ja Ukrainan sodan aiheuttamista toimitus vaikeuksista. Tarvittiin putkien mitat, jotta voitiin etsiä saatavissa olevista putkista käyttötarkoitukseen sopivaa putkea. Kuvassa 1 on etuosan rautalankamalli, josta näkee jo kärryn muotoa.



KUVA 1. Etuosan rautalankamalli

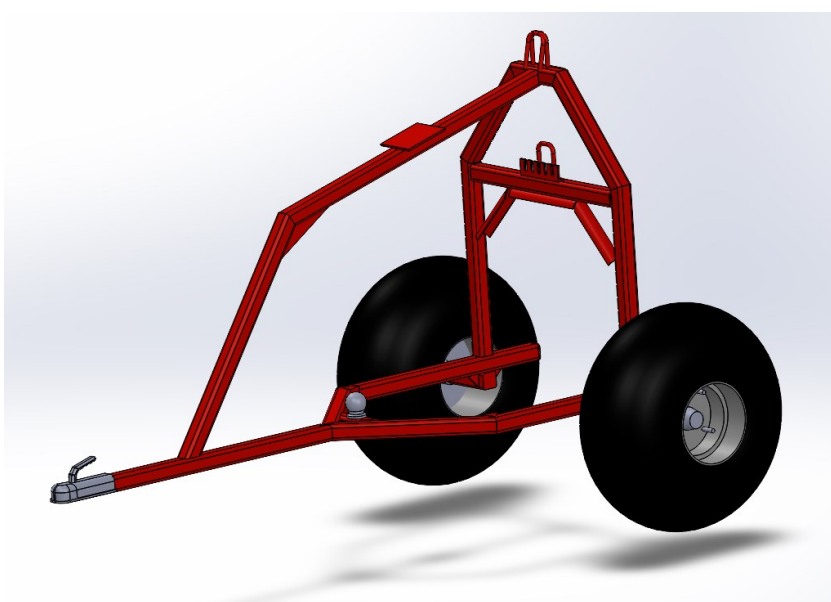
Kuvassa 2 on takaosan karkea malli, josta näkee rautalankamallin muodossa kärryn alkuperäisen suunnitelman mukaisen mallin, joka hiukan muuttui matkan varrella.



KUVA 2. Takaosan rautalankamalli

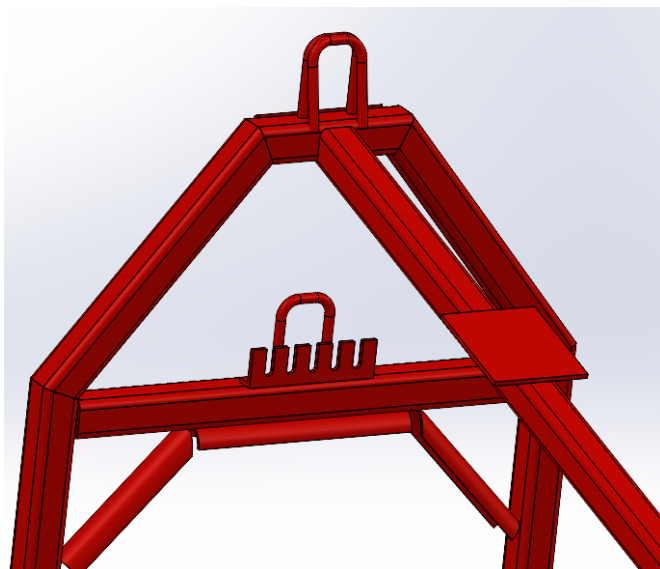
3.1.2 Tarkka malli

Tarkka 3D-malli tehtiin kärryn etu- ja takaosasta. Malleista pyrittiin saamaan mahdollisimman todellista kärryä vastaavat. Mallit tehtiin valmiin kärryn perusteella, joten kaikki materiaalit ja värit pystyttiin myös laittamaan oikeiksi. Kärryn etuosa on kokonaisuudessaan kuvassa 3.



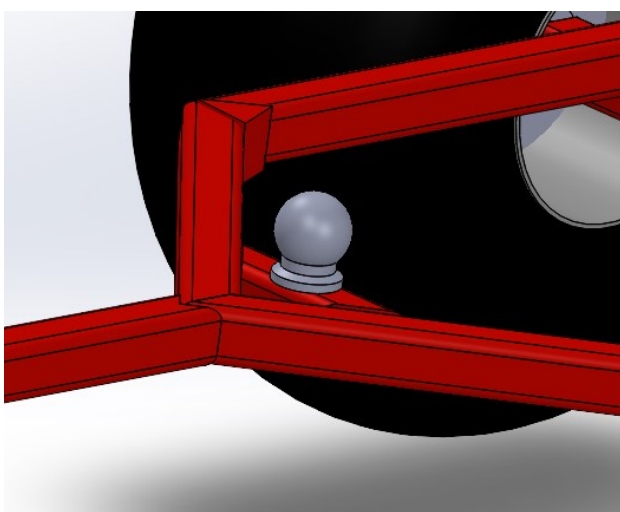
KUVA 3. Etuosa tarkka 3D-malli

Vinssille tehtiin suorakaiteen mallinen peti viistoputken päälle. Vaijerille tehtiin ohjauslenkit yläpoikkiputken päälle. Alemmassa poikkiputkessa on vaijerin koukulle säilytyslenkki sekä juontoketjulle kolot. Puolikkaat putket poikki putken alapuolella vähentävät puun edestakaista heilumista. Kaikki edellä mainitut näkyy kuvassa 4.



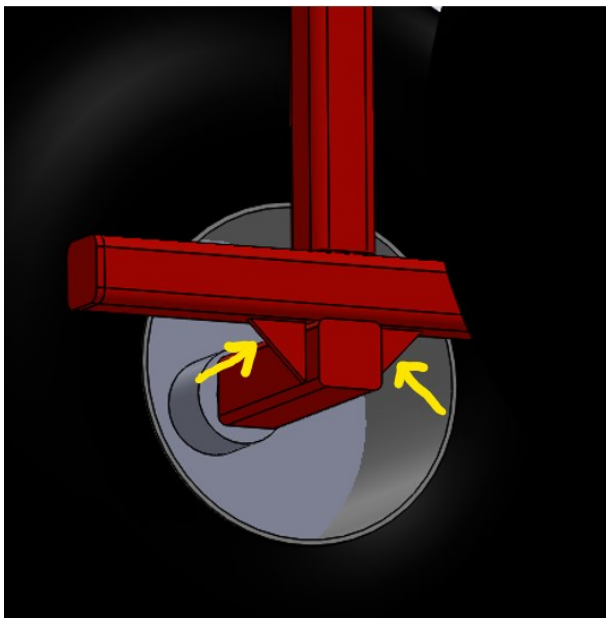
KUVA 4. Etuosan tärkeitä kohtia

Kärryn etuosaan laitettiin vetokuula (kuva 5), jotta voidaan vetää samalla kerralla etu- ja takaosa kuljetettavan puun luokse. Jokaiseen kulmaan tehtiin tuet latta-raudasta.



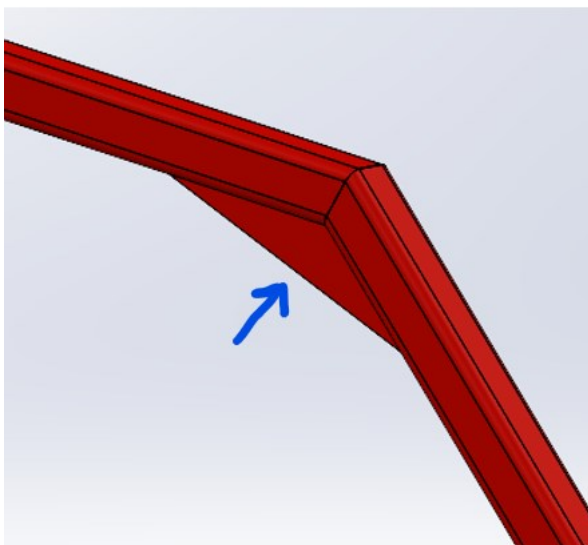
KUVA 5. Etuosan vetokuula

Navasta tuleva akseli tuettiin kulmatuilla kärryn runkoon, jotta akseli ei pääse kääntymään väärään kulmaan epätasaisessa maastossa. Kulmatuet näkyvät keltaisilla nuolilla merkattuna kuvassa 6.



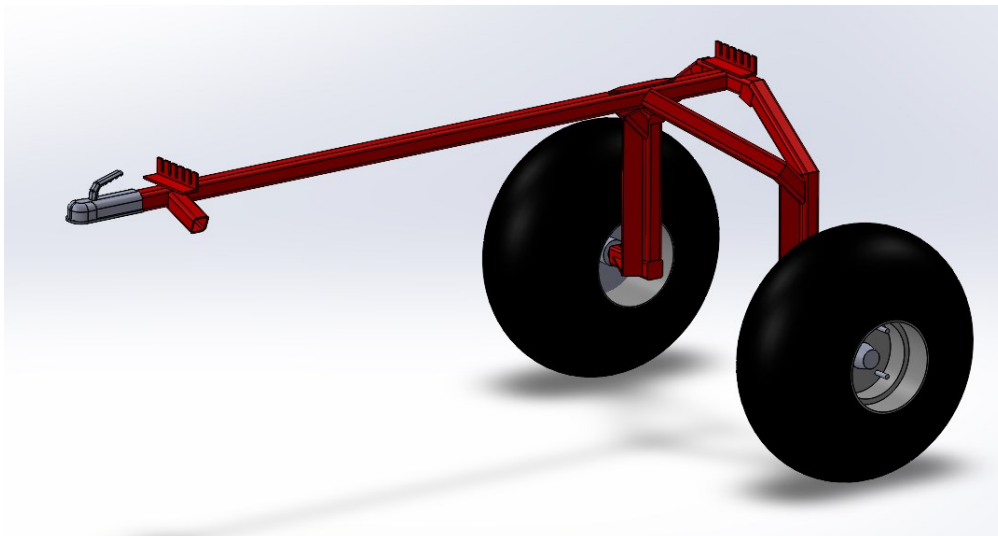
KUVA 6. Etuosan navan akselin tuet

Etukaareen tehtiin kulmatuki pitkän jännevälän takia, jotta se ei nyrjähdä ajan kuluessa. Kulmatuki näkyy kuvassa 7 sinisellä nuolella merkattuna.



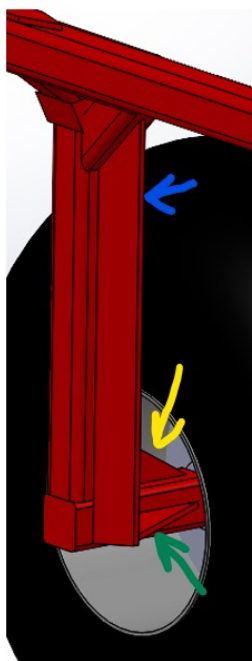
KUVA 7. Etuosan etukaaren kulma tuki

Kärryn takaosa on vähän yksin kertaistempi kuin etuosa. Takaosan tarkka 3D-malli näkyy kokonaisuudessaan kuvassa 8.



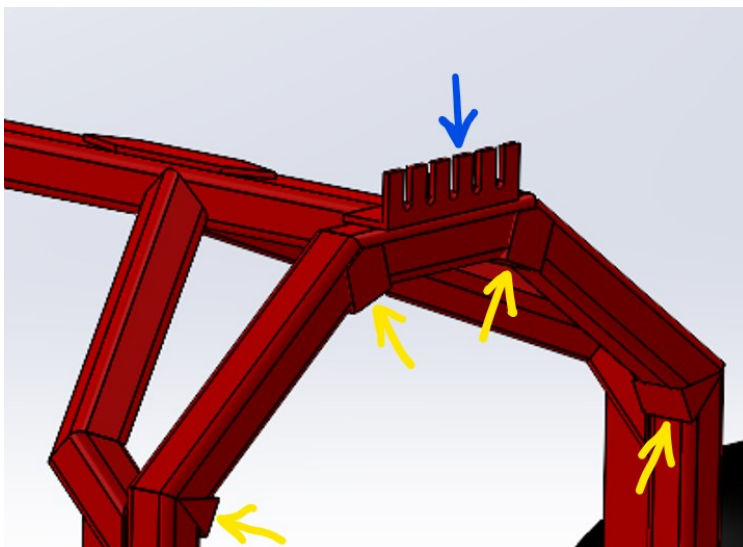
KUVA 8. Takaosa tarkka 3D-malli

Takaosaan tehtiin tukia navalta tulevaan akseliin, ettei napa pääse kääntymään epätasaisessa maastossa. Kuvassa 9 keltaisella nuolella merkitty kulmatuki estää navan ylös alas suuntaisen vääntymän, sinisen nuolen osoittama tuki on tehty jäykistämään putkea pysty suunnassa ja vihreän nuolen osoittama tuki on tehty estämään navan edes takainen vääntyminen.



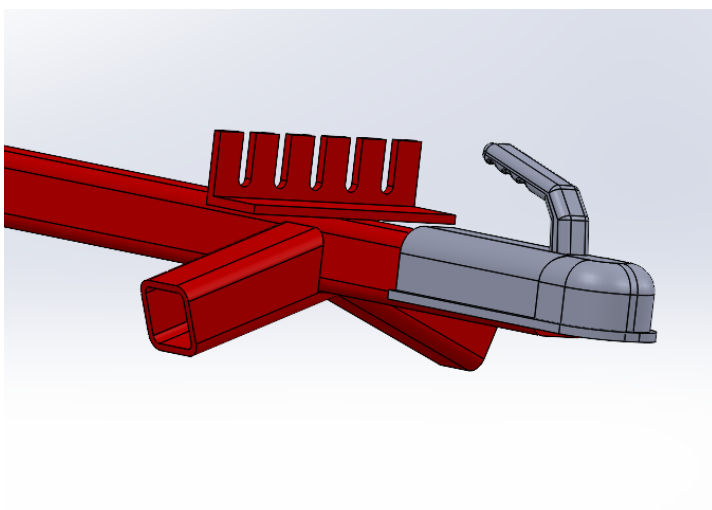
KUVA 9. Takaosan kulma tukia

Kuvassa 10 on merkitty keltaisella nuolella takaosan takakaarella olevat kulma-
tuet, jotka on tehty rakenteen jäykistämisen takia, koska suurin osa painosta koh-
distuu kaarelle. Sinisellä nuolella on osoitettu juontoketjun kolot, mihin ketjun saa
lukittua puun siirtämisen ajaksi.



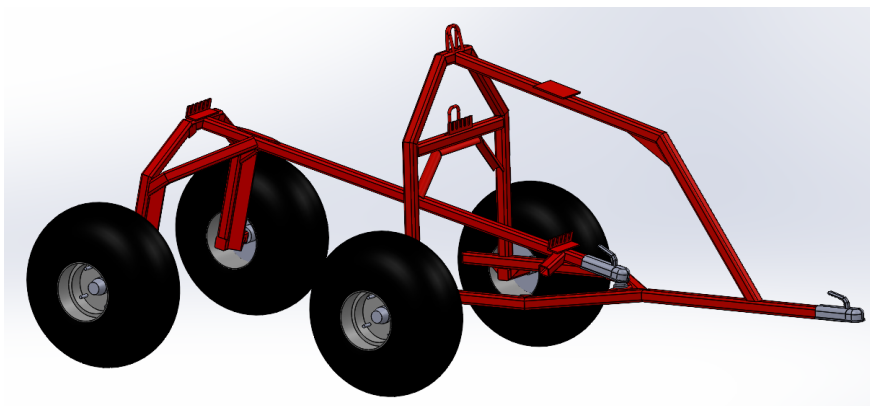
KUVA 10. Takaosan takaketju kolot ja tukia

Takaosaan tarvitsi laittaa ketjukolot myös toiselle juontoketjulle, jotta aisa pysyy
puun myötäisesti koko puun kuljettamisen ajan. Aisaan laitettiin myös vetokita,
jotta takaosa voidaan kuljettaa etuosaan kytkettynä, kun mennään kuljetettavan
puun luokse. Edellä mainitut asiat löytyvät kuvasta 11.



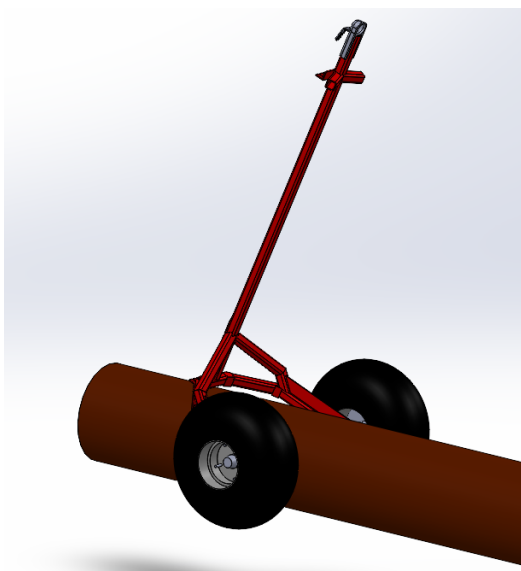
KUVA 11. Takaosan vetokita ja etuketjukolot

Aiemmin kerrottiin etuosassa olevan vetokuulan ja takaosassa olevan vetokidan tarkoitus. Kuvassa 12 on demonstroitu 3D-mallien avulla tilanne, kun kärry on tyhjä ja se on kuljetus valmiina puun luokse.



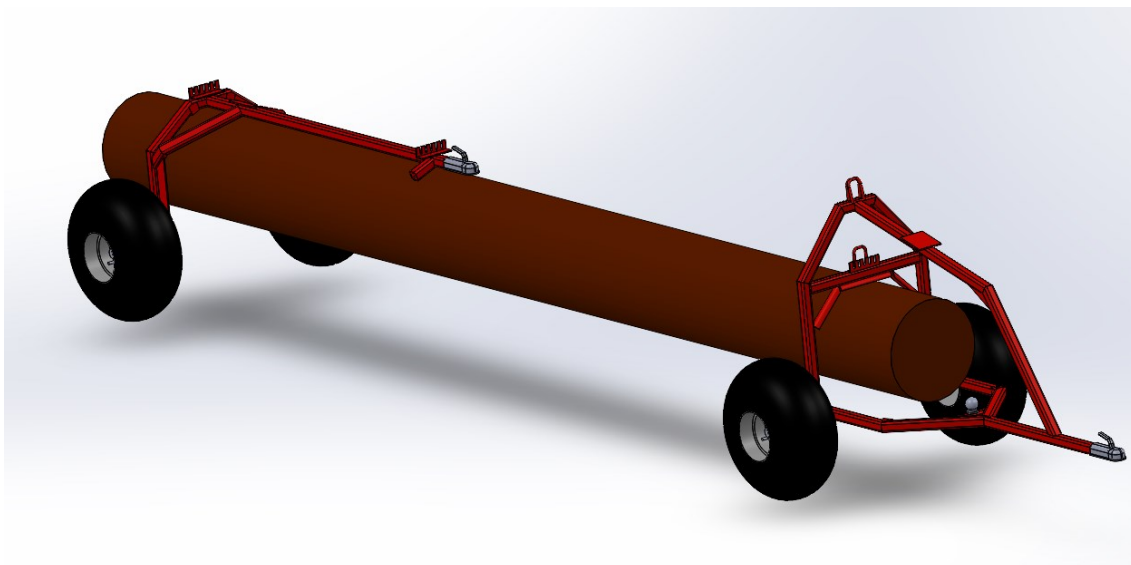
KUVA 12. Koko yhdistelmä tyhjällä kuormalla kuljetus asennossa

Puuta otettaessa kyytiin etuosaan puu nostetaan vinssin avulla juontoketjun vaaraan roikkumaan. Mutta takapäässä ei ole vinssiä vaan siinä hyödynnetään aisaa vipuvartena puun kyytiin saamiseen. Eli ensin takaosa viedään puun päälle ja nostetaan aisa kohti taivasta. Toisessa vaiheessa laitetaan juontoketju puun ympäri ja kammetaan puu aisan avulla ilmaan. Kolmannessa vaiheessa aisa asetetaan puun myötäisesti ja laitetaan aisan päässä oleva juontoketju puun ympäri. Kuvassa 13 on demonstroitu tilanne, kun puun nostoa ilmaan ollaan aloittamassa.



KUVA 13. Demonstraatio takaosalla puun ilmaan nostosta

Kuvassa 14 näkyy, kun puu on nostettu roikkumaan juontoketjujen varaan ja on valmis kuljetettavaksi.



KUVA 14. Koko yhdistelmä kuorman kanssa

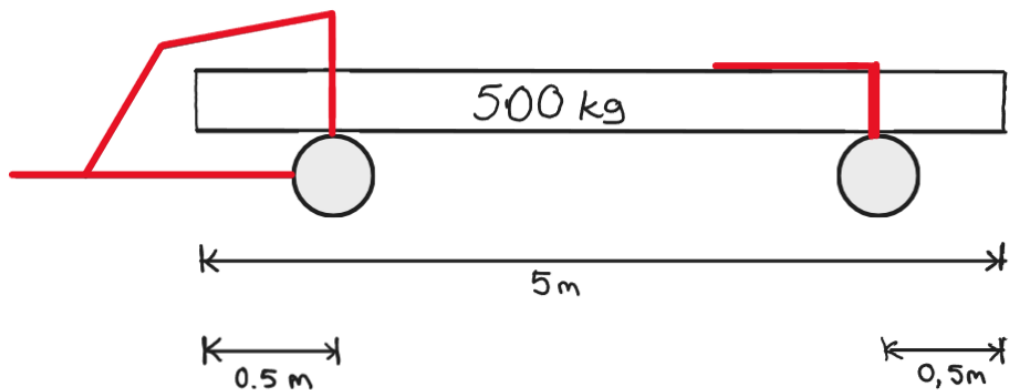
3.2 Juontokärryn lujuuslaskenta

Tässä luvussa esitellään käsin sekä SolidWorkisillä lasketut lujuuslaskennat. Lujuuslaskentoja hankaloitti kärryssä kuljetettava, vapaana heiluva puu, joten lujuuslaskennat päätettiin yksinkertaistaa. Käsin laskettiin vain napoihin kohdistuvat voimat ja painot. SolidWorksillä laskettiin, minkälaisen kuorman rakenne kestää maksimissaan. Kummassakin laskennassa ajateltiin, että käytössä on etu- sekä takaosa. Takaosan sijoittelu vaikuttaa huomattavasti rangan painopisteseen.

3.2.1 Lujuuslaskenta käsin

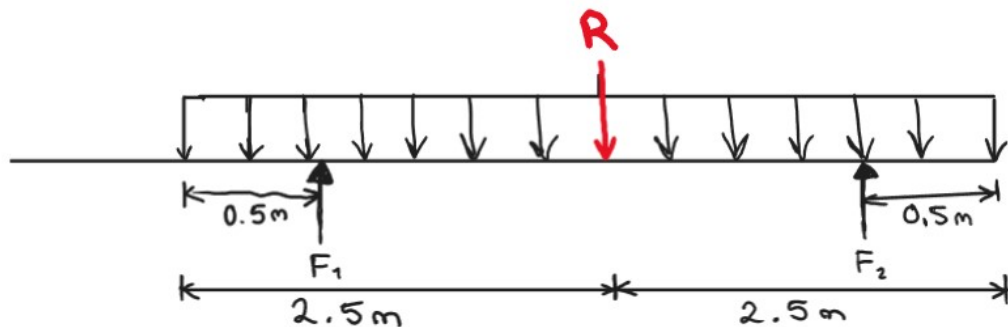
Käsin tehdyssä lujuuslaskennassa varmistettiin, ettei navoille kohdistu liian suurta painoa, koska navat ostettiin valmiina ja niille oli määritelty suurin sallittu paino. Navoille kohdistuvat painot ja voimat laskettiin tilanteessa, kun etu- ja takaosa oli käytössä. Laskuihin puun painoksi valittiin 500 kilogrammaa ja pituudeksi viisi metriä. Tästä tehtiin havainnekuva (kuva 15) selkeyden vuoksi, missä

näky puun sijoittelu kärkyssä. Kärkyyn etu- ja takaosa sijoitettiin niin, että kärkyt ovat 0,5 metrin päässä puun kummassakin päässä.



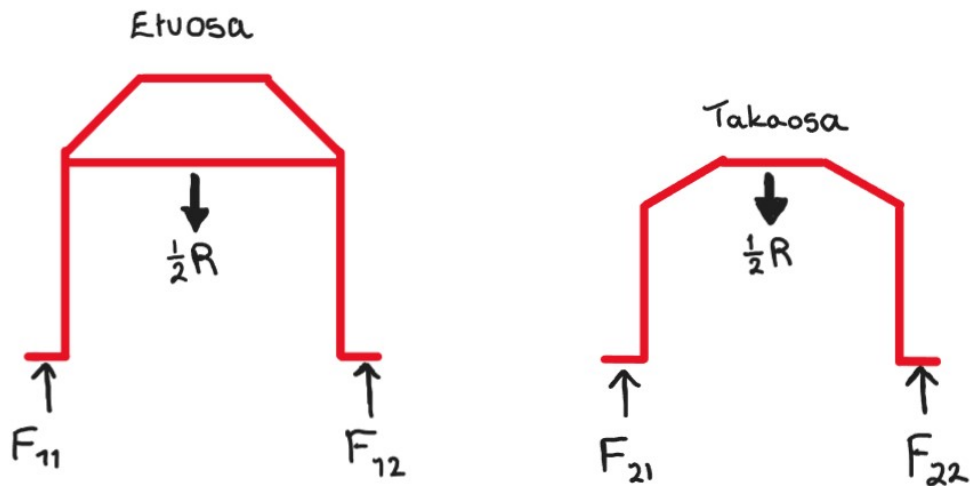
KUVA 15. Havainnekuva puun sijoittelusta kärkyyn

Piirrettiin voimia kuvaava kuva 16, jotta oli helpompi hahmottaa mihinkä suuntaa mitkäkin voimat menee. Puusta voima jakaantuu tasaisesti koko puun matkalle, jolloin keskellä puuta on resultantti voima eli R . F_1 kuvaa etuosan akselista tulevaa tukivoimaa ja F_2 kuvaa taka-akselista tulevaa tukivoimaa.



KUVA 16. Voimat piirrettynä

Kärkyyn etu- ja takaosassa ei ollut yhtenäisiä akseleita vaan kummallakin puolella omat navat, joten etu- ja taka-akseleille kohdistuneet voimat ja painot olivat vielä jaettava kahdelle navalle. Kuvassa 17 on kuvattu kumpikin kärkyyn osa takaa päin. Merkinnot $\frac{1}{2} R$ tarkoittaa puolikasta resultanttivoimaa, puun sijoittelun takia paino jakaantuu tasan. F_{11} -, F_{12} -, F_{21} - ja F_{22} -merkinnät kuvaavat napojen tukivoimia.



KUVA 17. Kärryn osiin kohdistuvat voimat kuvattuna takaa päin

Laskuissa ei otettu huomioon kärryn painoa, koska se ei muuta tilannetta olennaisesti, kun kärry painaa yhteensä noin 70 kilogrammaa. Edellä kuvattujen kuvien perusteella resultanttivoima R laskettiin kaavalla

$$R = m_{puu} \cdot g \quad (1)$$

jossa m_{puu} kuvaa puun painoa ja g maanvoivoimaa. Resultanttivoiman R avulla lasketaan kärryn akseleille kohdistuvat voimat kaavalla

$$F_1 = F_2 = \frac{R}{2} \quad (2)$$

jossa F_1 tarkoittaa etuakselin aiheuttamaa tukivoimaa ja F_2 taka-akselin aiheuttamaa tukivoimaa. Tukivoimat ovat samansuuruiset, koska puu on sijoitettu sellaiseen kohtaan laskussa. Akseleiden tukivoimien avulla saatiin yhden navan aiheuttama tukivoima kaavalla

$$F_{11} = F_{12} = \frac{F_1}{2} \quad (3)$$

jossa F_{11} ja F_{12} ovat ensimmäisen akselin napojen tukivoimat. Puun sijoittelun takia ja voima laskujen perusteella jokaiselle navalle kohdistui saman verran painoa. Navalle kohdistuva paino m_{napa} laskettiin kaavalla

$$m_{napa} = \frac{m_{puu}}{4} \quad (4)$$

jossa m_{puu} eli puun paino jaettiin neljälle navalle.

Resultanttivoima eli koko kärryyn kohdistuva voima laskettiin kaavalla 1, sijoittamalla puun paino eli 500 kilogrammaa ja maanvetovoiman kiihtyvyys 9,81 metriä per sekunti toiseen. Resultantti voimaksi saatiin

$$R = 500 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4905 \text{ N.}$$

Akseleiden tukivoimat saatiin resultanttivoiman avulla sijoittamalla se kaavaan 2, jolloin tukivoimaksi tuli

$$F_1 = F_2 = \frac{4905 \text{ N}}{2} = 2452,5 \text{ N.}$$

Etuakselin että taka-akselin napojen tukivoimat saatiin samanlaisella kaavalla. Akseleiden tukivoimat sijoitettiin kaavaan 3, jolloin jokaisen navan tukivoimaksi saatiin

$$F_{11} = F_{12} = \frac{2452,5 \text{ N}}{2} = 1226,25 \text{ N.}$$

Yhdelle nalle kohdistuva paino saatiin sijoittamalla puun paino 500 kilogrammaa kaavaan 4, jolloin yhdelle navalle kohdistuvaksi painoksi saatiin

$$m_{napa} = \frac{500 \text{ kg}}{4} = 125 \text{ kg.}$$

Taulukkoon 1 koottiin laskuista saatu paino kuorma ja valmisajan antama maksimi kuorma pyörän navalle. Kärryssä yhdelle navalle kohdistuneeksi painoksi saatiin 125 kilogrammaa ja valmistajan antama maksimi navalle kohdistuva paino saisi olla 375 kilogrammaa. Navat ovat siis reilusti yli mitoitettu. Mutta puun heiluessa lähes vapaana ja puiden koon vaihdellessa kohdistuva paino ei ole

koskaan vakio, joten yli mitoitus kyseisessä tapauksessa on tärkeää. Laskuissa on vaikea ottaa huomioon heiluvaa massaa, vaihtelevia maastomuotoja (ylä- ja alamäet) jolloin painonsiirtoa on hankala laskea paperille. Puun tyvipää on aina juontokärryn etuosassa mutta sekään ei helpota laskuja.

TAULUKKO 1. Napojen painot

Yhdelle navalle laskettu kohdistuva paino kuorma	Valmistajan määrittämä maksimi paino kuorma navalle
125 kg	375 kg

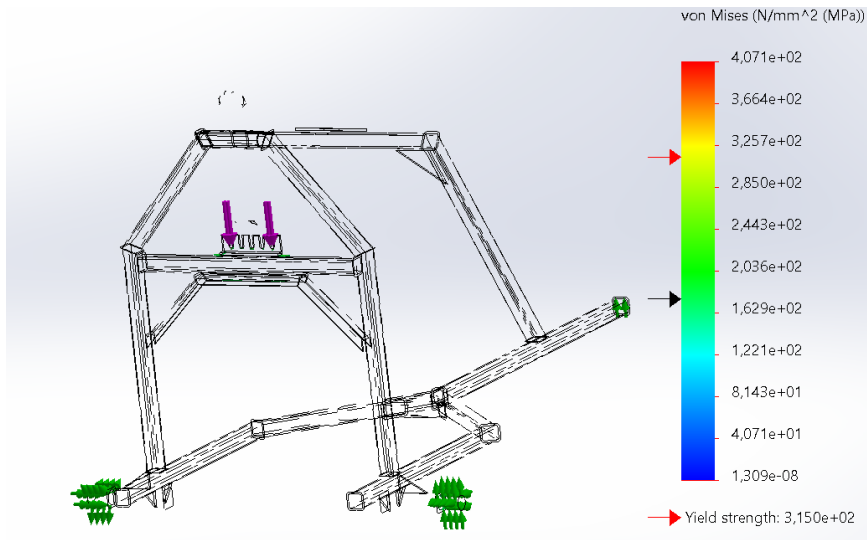
3.2.2 Lujuuslaskenta SolidWorks-ohjelmalla

SolidWorksillä tehdyssä lujuuslaskennassa tarkasteltiin rungon kestävyyttä. Laskenta tehtiin siltä pohjalta, että etsittiin mahdollisimman suuri kuormitus, jolla ei vielä huomattavalla alueella kohdistu liian suurta rasi- tusta. Liian suureksi rasi- tukseksi luokiteltiin $177,5 \text{ N/mm}^2$, koska materiaalin murtolujuus on 355 N/mm^2 ja varmuuskertoimeksi valittiin 2 eli materiaalin murtolujuus jaettiin kahdella. Var- muuskerrointa käytetään turvallisuussyistä, jotta pystytään varmistamaan, että rakenne kestää varmasti ilmoitetun kuorman.

Laskennassa todettiin, että 20000 newtonin kuormituksen rungot kestää vielä eli tarkoittaa noin 2000 kilogrammaa kumpikin runko. Tämä tarkoittaa sitä, että run- gon puolesta kärryllä voisi kuljettaa 4000 kilogrammaa, mutta napojen kantavuus ylittyy 1500 kg kohdalla ja nykyisen vinssin maksimikuormitus 800 kg kohdalla. Renkaat ja vanteet ovat henkilöautosta, joten kantavuus ylittyy vasta reilun 2000 kg kohdalla. Laskennat tehtiin myös 25000 newtonin kuormituksella, jotta saatiin vertailukuvat, kuinka paljon liian suureksi luokitellut rasi- tusalueet kasvavat.

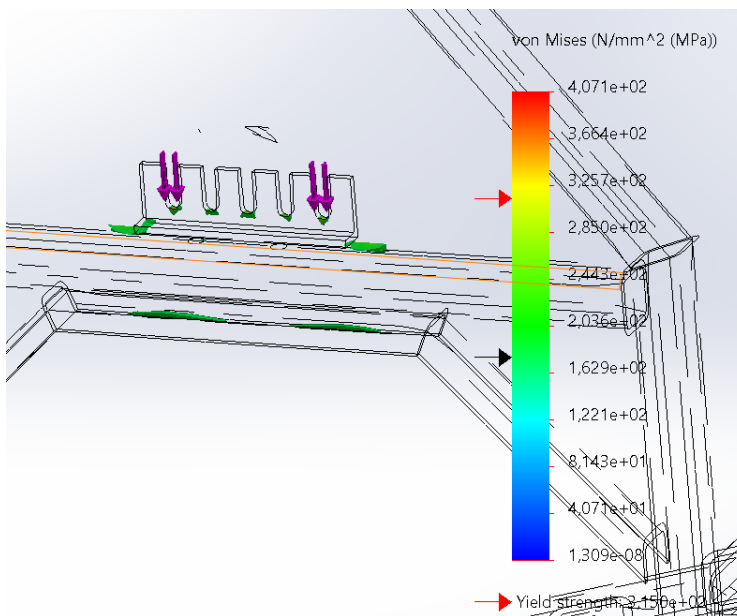
Rungolle määriteltiin SolidWorksin vaatimat kiinnityspisteet ja suunnat mihin malli saa liikkua, että laskenta toimii. Malli lukittiin navoista ja vetokidasta, näitä luki- tuksia kuvissa merkitsevät vihreät nuolet. Violeteilla nuolilla kuvissa on merkitty, mihin kohtaan kuorman aiheuttama voima kohdistuu ja mihin suuntaan.

Kuvassa 18 on etuosa kokonaisuudessaan 20000 newtonin voimalla laskettuna. Kuvaa tarkasteltaessa huomattiin, että poikkiputkessa on muutamia kohtia mihin kohdistuu suurempia voimia.



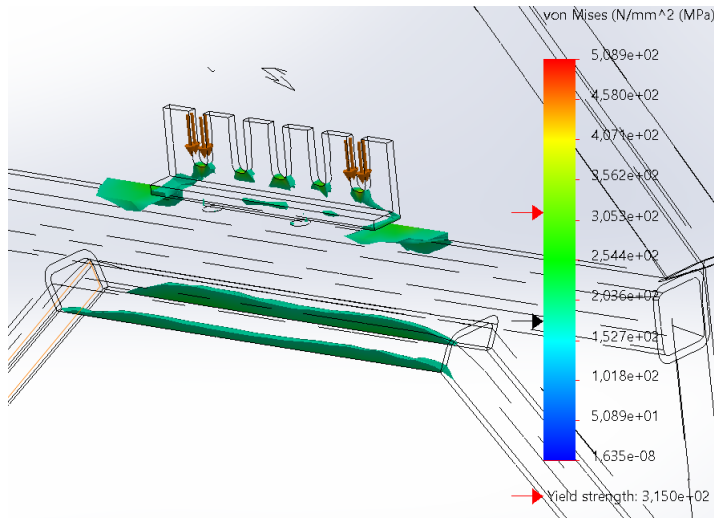
KUVA 18. Etuosa kokonaisuudessa 20000 N voimalla kuormitettuna

Kuvassa 19 lähemmin tarkasteltuna 20000 newtonin kuormalla vaakaputkeen kohdistuvat voimat. Mustalla nuolella on värikaavioon merkitty $177,5 \text{ N/mm}^2$ kohta eli vihreinä täplinä näkyy liian suuren kuormituksen rajalla olevat kohdat.



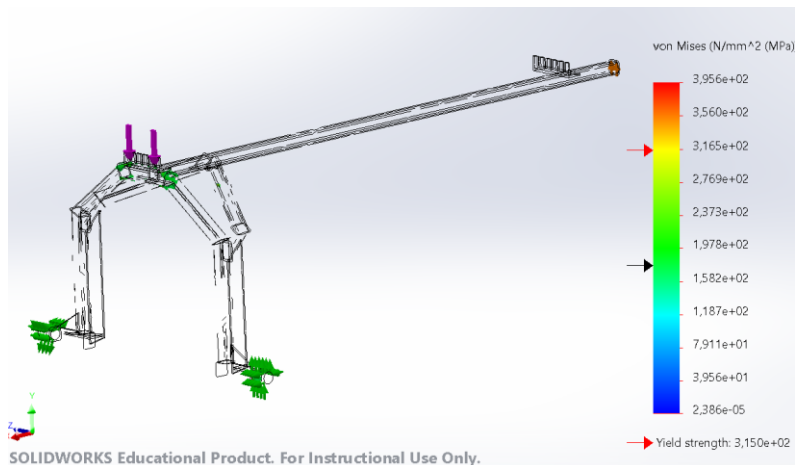
KUVA 19. Etuosa lähemmin 20000 N voimalla kuormitettuna

Kuvassa 20 näkyy läheltä tarkasteltuna 25000 N voimalla kuormitettuna sama vaakaputki kuin aiemmassa kuvassa. Tarkastelussa huomattiin liian suuren kuormituksen alueiden laajenneen huomattavasti. Mustalla nuolla on merkattu taas liian suuren kuormituksen raja mutta huomioitavaa oli, että väriskaavion mitta-asteikko on muuttunut ja vihreällä merkityt kohdat ovat huomattavasti ylikuormitettuja.



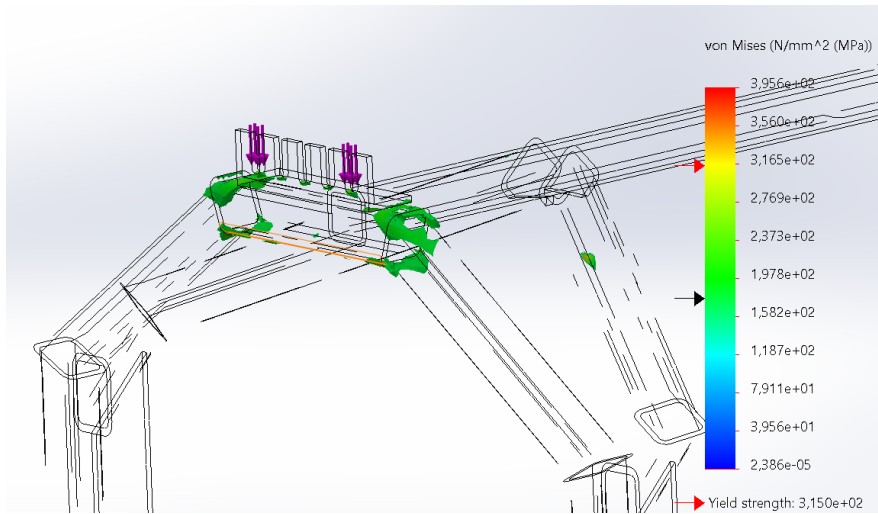
KUVA 20. Etuosan 25000 N voimalla kuormitettuna

Kärryn takaosalle tehtiin vastaavat kuormitus testaukset kuin etuosalle. Kuvassa 21 on takaosa kokonaisuudessa 20000 newtonin kuormituksella. Kuvaa tarkasteltaessa huomattiin, että takakaarella on ainoat kohdat, jossa rasitus suurenee liikaa.



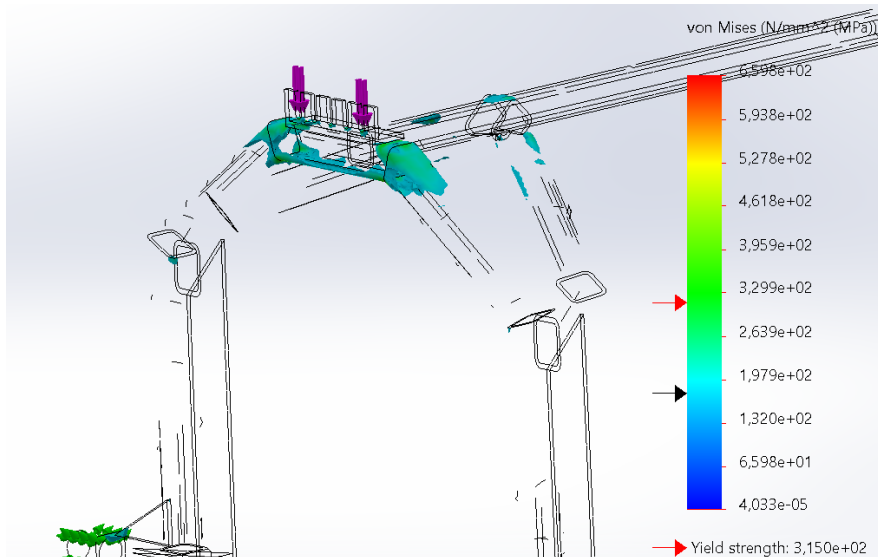
KUVA 21. Takaosa kokonaisuudessaan 20000 N kuormalla

Kuvassa 22 takaosan rasitus kohdat lähemmässä tarkastelussa 20000 newtonin kuormalla. Vihreällä merkityt kohdat ovat juuri ylittäneet yli kuormituksen rajan mutta alueet ovat aika pieniä.



KUVA 22. Takaosa lähemmin 20000 N kuormalla

Takaosan kuormitettiin laskuissa myös 25000 N kuormalla. Kuvassa 23 näkyy lähitarkastelussa takakaari, jossa oli pieniä ylikuormitettuja kohtia pienemmällä kuormalla. Tarkastelussa huomattiin alueiden laajentuneen selvästi, kun kuormitusta suurennettiin. Musta nuoli kertoo kohdan, jossa menee ylikuormitukselle niin nyt ylikuormituksesta kertoo kaikki sinisestä ylöspäin olevat värit.



KUVA 23. Takaosa 25000 N kuormalla lähitarkastelussa

4 TOTEUTUS

4.1 Rakentaminen

Projekti toteutus suoritettiin autotallissa iltatöinä yksityiskäyttöön tarkoitetuilla työvälineillä. Toteutusvaiheissa käytettiin eri työvaiheisiin tarvittavia suojavälineitä, kuten turvakenkiä, suojalaseja, kuulosuojaimia, hanskoja ja hitsausmaskia.

Rakentamisessa tarvittavat työvälineet

- puikkohitsauskone
- kulmahiomakone
- kulmaviivain
- mitta
- tussi.

Raaka-aineet mitallistettiin oikeaksi ensimmäisenä. Mittalaitteiden avulla merkittiin putkiin tulevia kulmia, jotta saatiin siistejä ja oikeassa kulmassa olevia liitoksia. Kulmahiomakoneella katkottiin kaikki metalliosat mitatuista kohdista, jotka oli merkattu tussilla. Puikolla hitsaamalla liitettiin osat toisiinsa.

Tarvittavat materiaalit

- RHS putkea 12m (40x40x3mm)
- lattarautaa 2m (5x50mm)
- vinssi
- ketjua
- vetokita x2
- vetokuula
- napa x4
- rengas x4.

Kärryn valmistettiin RHS-putkesta, jota hankittiin 12 metriä kokonaisuudessa. Lattaraudasta tehtiin tukia kulma-kohtiin ja muihin kriittisiin pisteisiin. Vinssi kiinnitettiin eteenpäin lähtevään tukeen pulteilla puiden nostamista varten. Ketjusta tehtiin kolme pätkää, yksi etuosaan ja takaosan etu- sekä takapäähän. Ketjuilla lukitaan kuljetuksessa puu, että se pysyy kärryn kannatuksella. Etuosaan tuli

vetokita, jotta kärryä voi vetää, mutta myös takaosaan tuli vetokita, jotta sitä voi kuljettaa tyhjänä etuosassa olevassa vetokuulassa. Napoja tarvittiin neljä kappaletta kaksi kumpaankin osaan. Renkaita tarvittiin neljä kappaletta jokaiseen naaraan liikuttamisen helpottamiseksi.

Hitsaukseen käytettiin puikkoja minkä merkinnät olivat OK 48.0 3.2x450. Numero 48.0 kertoo puikon lujuuden, 3.2 kertoo puikon paksuuden millimetreissä ja 450 kertoo puikon pituuden millimetreissä. Kärryn kaikkien saumojen riittäväksi a-mitaksi laskettiin 4.

4.2 Juontokärryn testaus

Testaus toteutettiin kahdella tavalla. Ensin kärryä testattiin tosi toimissa kuljettamalla pihapuut ahtaista paikoista yhteen paikkaan, minkä vuoksi kärryä alettiin alun perin toteuttamaan. Sen jälkeen suoritettiin rasiustestaus punnituilla massoilla.

4.2.1 Käytännön testaus

Kärryn etuosa valmistui ensin ja testaukseen tarkoitettuja puita oli jo kaadettu, joten kokeiltiin, voidaanko puita kuljettaa pelkän etuosan avulla. Puun toinen pää nostettiin vinssin avustuksella ylös ja laitettiin ketju puun ympäri kannattelemaan puuta, ettei vinssi rasitu ja turvallisuus on takaamiseksi. Puun toinen pää laahasi maassa (kuva 24). Ainoat haittapuolet siinä oli, että maahan tuli pienet raahausjäljet sekä se että puu raapi maata vasten, jolloin puuhun jäi maata kiinni. Maan kiinni jääminen haittaa hieman jatkojalostusvaiheessa, kun sahataan kenttäsirkeillä tai moottorisahalla, niin terät tylstyvät nopeammin. Puita juonnettaessa niin, että toinen pää laahaa maassa täytyy ottaa huomioon, että laahaava pää on tukin tyvipää.



KUVA 24. Etuosan ensitesti yhdellä puulla

Pelkällä etuosalla koitettiin kuljettaa yhtä isoa puuta tai kahta pienempää puuta (kuva 25). Kahden puun kuljettaminen onnistui muuten hyvin, mutta ne meinasivat vähän luistaa pois ketjun kannatukselta eli ne eivät kiristyneet niin hyvin kuin yksi puu.



KUVA 25. Etuosan testaus kahdella puulla

Kärryn takaosan valmistuttua otettiin takaosa mukaan testiin. Takaosalla nostettiin puun toinenkin pää ilmaan, joten ei jäänyt enää raitoja maahan eikä puuhun maata (kuva 26). Yhdistelmällä pystyi hakemaan todella pahoista paikoista puita. Takaosan paikka rangan mitalla vaikutti olennaisesti yhdistelmän kääntyvyyteen.



KUVA 26. Takaosan testaus

Kärryä testatessa koitettiin myös kuljettaa rankaa pelkästään takaosalla (kuva 27). Myös tämä onnistui hyvin eli kärryä voi käyttää usealla eri tavalla, mikä lisää sen monikäyttöisyyttä. Pelkällä takaosalla kuljettaessa tulee samoja huonoja puolia kuin pelkällä etuosalla kuljettaessa eli maahan jää raahaus jäljet ja puuhun tarttuu maa-ainesta. Kärryn ollessa kaksiosaisena kumpaakin osaa voidaan käyttää ominaan. Tämä saattaa se jossain tilanteessa nopeuttaa, jos on paljon puita ja on kaksi vetokoukullista ajoneuvoa.



KUVA 27. Kärryn pelkän takaosan testaus.

Kärryn etu- ja takaosan sai kuljetettua helposti yhtä aikaa puiden luokse, etuosaan asennutun vetokuulan ja takaosaan asennetun vetokidan avulla (kuva 28).



KUVA 28. Tyhjä juontokärri

4.2.2 Rasitustestaus

Rasitustestausta tehtiin käytännössä koko testauksen ajan, mutta todellinen rasitustestaus tehtiin yhdellä punnitulla puulla. Punnittiin yksi puu 1047 kilogrammaa painavaksi. Punnitseminen suoritettiin jokapäiväisessä käytössä olevan ajokoneen kruunatulla vaa'alla. Puu oli mitoiltaan juuri kärryn kaarien väliin mahtuva ja painoltaan sen todettiin olevan ylimitoitettu.

Kuormatun karryn kanssa ajeltiin pitkin epätasaisia maastoja. Samalla seurattiin, tuleeko rakenteeseen vääntymisiä tai saumoihin murtumia. Juontokarryn tarkan tarkastelun jälkeen todettiin, ettei karryyyn tullut vaurioita. Karryn kapasiteetti ei tullut vastaan missään kohtaa yli suurilla painoilla. Ongelmaksi tuli mönkijän paino, koska kuorma oli niin paljon painavampi kuin mönkijä. Mönkijällä liikkeelle lähtö ei ollut ongelma mutta pysähtyminen oli.

4.3 Käyttäjäkokeemukset

Juontokarry on todella monikäyttöinen, kun sitä pystyy vetämään autolla, mönkijällä, pienkuormaajalla tai vaikka ruohonleikkurilla, kunhan siinä on vetokoukku. Monikäyttöisyys ilmenee tämän laitteen kohdalla että, puita voidaan juontaa pelkällä etuosalla, pelkällä takaosalla tai yhdistelmänä. Karryn näppäryys ahtaissa paikoissa on myös hyvä asia.

Toimeksiantajan luettelemat hyvät puolet ovat seuraavat:

- ylitti odotukset
- toiminta kolmiosaisena
- ketteryys
- keveys.

Lisäksi toimeksiantaja oli tyytyväinen juontokarryn toimivuuteen ahtaissa paikoissa, koska se oli yksi tärkeä kriteeri. Sekä siihen että karry ei ole tarkka missä kulmassa se kulkee, eli vetokoukku voi olla millä korkeudella vaan, joten karryä voidaan vetää kaikella missä on vetokoukku. Toimeksiantajan kanssa keskusteltiin, että jos tehdään tulevaisuudessa seuraava versio niin siihen parannetaan puutos paikat.

4.4 Kehitysideat

Testauksessa syntyi seuraavia kehitysideoita:

- kahva etukaareen
- kestävämpi vinssi
- kestävämpi ketju.

Etuosan etukaassa todettiin, että olisi hyvä olla kahva, jonka avulla kärryä olisi helpompi liikutella. Kärryn kanssa on vaikea peruutella hankaliin paikkoihin, joten todettiin nopeammaksi irrottaa kärry mönkijän perästä ja siirtää se käsin haluttuun paikkaan, sen jälkeen peruuttaa pelkkä mönkijä kärryn eteen ja kytkeä kärry takaisin kiinni.

Vinssi todettiin kelvottomaksi jo muutaman puun jälkeen, joten se oli hieman alimitoitettu. Kärry todettiin kestäväksi, mutta vinssin rattaat eivät kestäneet, joten tarvittiin suuremmille massoille tarkoitettu vinssi. Samoin ketju oli alimitoitettu. Ketjun lenkit rupesivat vääntymään vähäisen puiden siirtelyn jälkeen. Alimitoitettun ketjun tilalle vaihdettiin paksumpi ketju. Kun ketju vaihdettiin paksummaksi, tarvitsi ketjun kiinnityskoloja hioa leveämmäksi, jotta käytöstä tuli sujuvaa.

5 VERTAILU KAUPALLISIIN VERSIOIHIN






Työssä suunnitellusta ja valmistetusta juontokärrystä koottiin tekniset tiedot taulukkoon 2, jotta nopealla silmäyksellä näkee kaikki tärkeät asiat.

TAULUKKO 2. Juontokärryn tekniset tiedot

Kärry yhdistelmän yhteispaino	70 kg
Tyhjän yhdistelmän pituus	3,2 m
Puun maksimi halkaisija	60 cm
Puun maksimi pituus	25 m
Puun maksimipaino	800 kg
Raideväli	80 cm

Tuotetta oli jo kaupallisessa myynnissä, joten kartoitettiin, millainen tarjonta on ja minkä hintaisia ja näköisiä tuotteet ovat. Juontokärryjä löydettiin seitsemästä eri liikkeestä mutta vain neljä eri variaatiota. Tuotteista koottiin taulukko 3, jossa on yritys, kärryn ja lisävarusteiden hinta, kantavuus, toimitusaika ja kuva mallista. Tiedot koottiin kunkin yrityksen verkkokaupoista.

TAULUKKO 3. Kaupalliset versiot

Rivi	Kauppa	Etukärryn hinta + takäkärryn hinta (+ vinssi) = kokonais-hintaa	Kantavuus Toimitusaika	Malli
1	Kärkkäinen	990 € + 790 € + 119 € = 1899 €	500 kg Pakkaus ja lähetys seuraavana arkipäivänä	
2	IKH	640 € + ei saatavilla + 47,50 € = 687,50 €	300 kg Saatavilla mutta toimitus ajasta ei tietoa	
3	duell.fi	1145 € + 500 € = 1645 €	500 kg Varastossa mutta toimitus-ajasta ei tietoa	
4	ironbal-tic.com	967,20 € + 719,20 € + 99,20 = 1785,60 €	500 kg Hetki saatavilla mutta toimitus-ajasta ei tietoa	
5	svh.fi	1145 € + 500 € = 1645 €	500 kg 2-3 arkipäivää	
6	renovomet.fi	1190 € + 1150 € = 2340 €	750 kg Ei tietoa	
7	Ultratec.fi	1145 € + 500 € = 1645 €	500 kg Loppuunmyyty	

Hinnoissa ja hintojen sisältämissä varusteissa oli hieman eroavaisuuksia. Kaikkiin malleihin ei ollut saatavilla takaosaa, mutta ne mihin oli takaosa saatavilla, niin etu- ja takaosan hinnat ilmoitettiin erikseen. Rivin 2 IKH:n myymä kärry oli ainoa mihin ei ollut takaosaa saatavilla.

Vinssin puun nostamiseen tarvitsevista etuosista rivin 6 tuote oli ainut, jonka hinta sisälsi vinssin. Eli rivien 1, 2 ja 4 tuotteisiin vinssi oli pakollinen mutta se tarvitsi ostaa erikseen. Hintoja vertaillaessa tarvitsi ottaa koko paketin hinta huomioon ja kiinnittää huomio pienellä kirjoitettuihin teksteihin, jossa vasta mainittiin, ettei sisällä vinssiä.

Kantavuuksissa oli eroja. Hinnat kasvoivat kuin kantavuudet kasvoivat. Suurin kantavuudelta oli renovomet.fi:n myymä kärry, jonka kantavuus oli 750 kg. Mutta myös hinta oli suurin 2340 euroa etu- ja takaosa yhteensä. Kantavuudeltaan taas pienin oli IKH:n myymä kärry, joka oli myös halvin.

Toimitusaika vaihteli liikkeittäin. Nopein toimitus oli Kärkkäisellä, josta tuote luovattiin lähettää seuraavana arkipäivänä. Saatavuudet vaihtelivat kuukauden mukaan, koska katsoi marraskuussa 2022 Kärkkäinen ja ironbaltic.com olivat ainoat missä tuotetta oli varastossa nettisivujen mukaan. Mutta helmikuussa 2023 Ultratec.fi oli ainut minkä nettisivut ilmoittivat, että tuotteet ovat loppuun myyty. Renovomet.fi oli ainut minkä saatavuuksista ei saatu netti sivujen kautta mitään tietoa missään kohtaa.

Hinnat eivät ole muuttuneet marraskuun 2022 ja helmikuun 2023 välillä. Korona jälkeinen aika ja käynnissä ollut Venäjän ja Ukrainan sota olisi voinut vaikuttaa hintoihin. Näiden kokomaailmaan vaikuttavien ongelmien takia tavaran saannissa ja toimituksessa on ollut suuria ongelmia lähivuosina. Lisäksi monien tavaroiden hinnat ovat nousseet.

Kärkkäisellä myynnissä olevaa mallia hyödynnettiin suunnittelussa mutta toteutettuun versioon tehtiin, jonkun verran muutoksia. Toteutuksesta tulleet kustannukset jäivät paljon alhaisemmiksi, kun laski käytetyille työtunneille hinnan kuin mitä kaupalliset versiot maksoivat. Renovomet.fi myymä kärry näyttää myytävistä

versioista ainoalta niin sanotusti järeältä ja kestävältä mutta se on kömpelön näköinen ulkomuodoiltaan.

6 KUSTANNUSLASKELMA

6.1 Kustannuslaskelma

Ennen toteutusta koottiin kärryyn tarvittavista osista kustannusarvio, jotta pystyttiin tekemään päätös, kannattaako kärryä valmistaa. Kustannusarvio näytti järkevältä ja paljon halvemmalta kuin kaupalliset versiot, kun omalle työlle ei laske hintaa. Kärry toteutettiin kustannusarvion pohjalta, joten kustannusarviosta muuttui kustannuslaskelma. Kustannuslaskemaan lisättiin kärryn valmistuttua vain työtunneista kertyvä hinta. Kokonaishinta jäi silti reilusti alle kaupallisten versioiden hinnan.

Kustannuslaskelmaan otetaan isoissa yrityksissä huomioon kaikkien työssä käytettävien laitteiden kuluminen, rakentamiseen käytettävien tilojen kustannukset ja työntekijöiden yhteen tuotteeseen käyttämä aika keskiarvallisesti. Tässä työssä kustannuslaskenta tehtiin vain yhdelle kärrylle, kun valmistettiin vain yksi kärry. Joten kustannuslaskelma oli yksinkertaisempi tehdä, laskemalla vain osien hinnat yhteen ja rakentamiseen käytetty aika. Kustannuslaskelma löytyy liitteistä, jotka ovat luottamuksellisia tiedostoja.

6.2 Sarjatuotanto

Jos juontokärryä valmistettaisiin sarjatuotantona, pitää ottaa huomioon, että mitä se vaatisi kullakin osa alueella. Kärryn suunnittelu on jo toteutettu mutta kehitysideoiden toteutus tarvitsisi suunnitella. Materiaalin hankkimisessa tarvitsisi hyödyntää suuria hankintaeriä, jotta saataisiin materiaalikustannukset pieniksi. Valmistuksessa putkien katkonta kannattaisi kulmahiontakoneella katkomisen sijasta toteuttaa sahalla. Hitsaus kannattaisi isoissakin määrin suorittaa miestyövoimin mic-hitsauskoneella. Hitsausrobotit ovat kalliita, joten tuotantomäärien tarvitsisi olla todella suuria, että se kannattaisi hankkia.

Sarjatuotannossa tuotetun juontokärryn hinta koostuu kokonaisuuteen käytetystä ajasta, materiaaleista, laitteiden kulumisesta sekä suunnitteluun ja kehitykseen

käytetty aika tarvitsee myös ottaa huomioon. Valmistamiseen käytetyltä ajalta tulee kuluja tilan vuokrasta tai lainan lyhennyksistä sekä työntekijän palkasta. Materiaalikuluja tulee jokaisesta kärryssä olevasta osasta, mutta nämä kulut voi kärryn valmistaja saada hyvin pieniksi hyvien yhteistyökumppanien ja suurien tilausmäärien ansiosta. Kaikki valmistamisessa käytetyt työkalut kuluvat ja niitä tarvitsee aika ajoin uusia. Suurin suunnittelu tapahtuu alkuvaiheessa mutta vuosien varrella saattaa tulla kehitys ideoita ja niitä tarvitsee suunnitella ja testata. Kaikkiin kärryn eteen tehtyjen työtuntien kustannukset tarvitsevat saada maksettua kärryistä saatavalla rahalla.

Jos kärry tuotaisiin markkinoille se tarvitsisi CE-merkinnän. CE-merkinnän tarvitsevat kaikki EU:n myytävät laitteet ja sen saa, kun kaikki koneasetuksessa määritellyt kriteerit täyttyvät. Koneasetuksessa yhteen koneen määritelmään sisältyy seuraavat asiat:

- toimii muulla kuin ihmis- tai eläinvoimalla
- ainakin yksi liikkuva osa tai komponentti
- koottu erityistä toimintoa varten (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 2008/400).

Edellä mainitut konedirektiivin koneen määritelmästä poimitut kohdat tekevät juontokärrystä koneen, joka tarvitsee CE-merkin ja kaikki sen vaatimat muut asiakirjat. Tukesin sivuilla kaikkia koneita koskevat vähimmäisvaatimukset (Tukes n.d.) ovat listattuna selkeästi

”-Koneen on oltava suunniteltu ja rakennettu koneasetuksessa määriteltyjen olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaisesti.

-Koneessa pitää olla CE-merkintä ja tietyt, koneasetuksessa määritellyt muut merkinnät, kuten koneen nimi, valmistajan nimi ja osoite sekä koneen yksilöintimerkinnät.

-Koneen mukana pitää toimittaa asianmukaiset käyttö- ja huolto-ohjeet sekä EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus, Suomessa suomen- ja ruotsinkielisinä”.

7 POHDINTA

Opinnäytetyössä valmistettiin juontokärriä kevyen nelipyöräisen perään. Idea tuli toimeksiantajantodellisesta tarpeesta siirrellä pihapuita yhdelle kasalle ilman, että pihaan tulee jälkiä ja niin että yksi ihminen voi suorittaa kaikki työvaiheet. Metsäkoneet ja traktorit ovat painavia, joten niistä tulee pihaan myös epäsiistejä jälkiä eikä niillä mahdu joka paikkaan. Juontokärri ja kevytnelipyöräinen on kevyt yhdistelmä, sillä pystyttiin välttämään epämiellyttävät jäljet, mutta kuljettamaan silti isojaakin puita.

Juontokärystä karkeat 3D-mallit tehtiin materiaalien hankintaa varten. Venäjän ja Ukrainan sodan takia materiaalien saannissa ja toimituksessa oli ongelmia, joten hankittiin heti saatavilla olleita materiaaleja. Tarkemmat 3D-mallit tehtiin kärryn jo ollessa valmis, jotta saatiin piirrettyä malleista mahdollisimman valmistettua kärriä vastaavat.

Lujuuslaskennat olivat kärryn kohdalla todella haastavia, koska kärryssä roikkuu ketjujen varassa saattaa roikkua yli 800 kilogramman paino, joka pääsee heilumaan miten vain. Lisäksi maastot, jossa kärryn kanssa ajetaan hankaloittavat laskentaa, koska maastot ovat todella epätasaista ja niissä on paljon korkeuseroja. Heiluva paino yhdistettynä kuoppaan ajoon moninkertaistavat runkorakenteeseen ja renkasiin kohdistuvat voimat. Joten lujuuslaskennat yksinkertaistettiin eli laskettiin vain napojen kuormitukset tietyllä painolla ja rungon maksimikuormitus, jonka se kestää. Kantavuutta rajoittava suurin tekijä oli kaupallisen vinssin maksimikuormitus. Mutta vinssejä saa ostettua eri kantavuuksilla sekä seuraavaksi rajoittavia pyörännapoja, joten kärystä saa kaupallisten osien valinnalla muunneltua vielä korkeammalla kantavuudella olevan 2000 kilogrammaan asti.

Juontokärri valmistettiin iltatöinä koulun ja töiden ohella, joten minuutti aikataulua projektille ei tehty. Valmistus sujui ongelmitta. Testausvaiheessa tuli positiivisia yllätyksiä, kärryn käytännöllisyydestä painavien puiden kuljetuksessa. Ongelmia oli alimitoitettun vinssin kanssa, mutta tilalla ostettiin kantavuudeltaan suurempi vinssi.

Toimeksiantaja oli tyytyväinen lopputulokseen ja kärry jäi yksityiskäyttöön käyttöön. Kehitysehdotuksia pohdittiin toteutettavaksi tulevaisuudessa. Toimeksiantajan toiveesta mitoituspöytäkirjat ja kustannuslaskelmat pidetään luottamuksellisina tiedostoina ja ovat sen takia piilotettu liitteistä.

Sarjatuotantoa pohdittiin vain ajatuksen tasolla. Se ei ole ollut eikä ole suunnitelmassa. Mutta tehtiin pieni selvitys mitä kaikkia lisä asioita se vaatisi lain puitteissa. Tarkempaa selvitystä ei tehty koska se ei ollut tarpeellista. Pintapuolisen selvityksen perusteella koneen sarjatuotantoon vienti vaatisi melko paljon, joten tarvitsisi olla melko varma, että koneelle löytyy ostaja kuntaa.

Teoriassa käytetyistä lähteistä suurin osa on tiettyjen oppiaineiden kirjoja, joten ne voidaan pitää luotettavina lähteinä, kun niiden pohjalta opetetaan eri kouluissa. Kirjat olivat suhteellisen helppo löytää, kun lähes kaikkia teoriassa käsitellyjä aiheita on opiskeltu koulun aikana ja opettajat on suositellut aiheisiin liittyviä kirjoja kurssia tukeviksi materiaaleiksi. Kaupallisten versioiden vertailu taulukkoon oli helppo löytää lähteet, kun selaili verkkokauppoja missä oli vastaavanlaisia myynissä. Kaikki oli verkkokauppoja mistä pystyi ostamaan tuotteita ja suurin osa oli suomalaisia, joten lähteenä ne olivat luotettavia tähän tarkoitukseen.

LÄHTEET

- Duell. n.d. Ultratec juontokärry + takakärry. Verkkosivu. Viitattu 6.2.2023. <https://www.duell.fi/fi/tukkikarryt/328534-ultratec-juontokarry-takakarry-sisaltaa-3kpl-juontoketjuja.html>
- Hietikko, E. & Lehtonen, U. 1993. Lujuuslaskennan perusteet. 2. painos. Keuruu: Otava.
- Hietikko, E. 2004. Palkki lujuuslaskennan perusteet. 1. painos. Keuruu: Otava.
- IKH. n.d. Mönkijän juontokärry. Verkkosivu. Viitattu. 6.2.2023. <https://www.ikh.fi/fi/monkijan-juontokarry-atv13>
- Iron baltic. n.d. Juontokärry. Verkkosivu. Viitattu 2.6.2023. <https://ironbaltic.com/fi/metsanhoito/juontokarry>
- Kemppi. n.d. Puikkohitsaus. Viitattu 20.2.2023 <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/puikkohitsaus/>
- Kärkkäinen. n.d. Iron Baltic juontokärry. Verkkosivu. Viitattu 6.2.2023 <https://www.karkkainen.com/verkkokauppa/iron-baltic-juontokarry-ib-ironbaltic>
- Lepola, P. & Ylikangas, R. 2016. Hitsaustekniikka ja teräsrakenteet. 1. Painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Niemi, E. & Kemppi, J. 1993. Hitsatun rakenteen suunnittelun perusteet. Helsinki: Painatuskeskus Oy.
- Outinen, H., Salmi, T. & Vulli, P. 2007. Lujuusopin perusteet. Tampere: Pressus Oy.
- Pere, A. 2003. Teknisen piirustuksen perusteet. 7. painos. Espoo: Kirpe OY
- Pere, A. 2016. Koneenpiirustus 1 & 2. 11. painos. Espoo: Kirpe OY
- Renovomet. n.d. Renovomet OY, HINNASTO – Syksy 2022. Verkkosivu Viitattu 2.6.2023 <https://www.renovomet.fi/hinnasto/>
- SVH. n.d. Juontokärryt. Verkkosivu. Viitattu 2.6.2023. <https://www.svh.fi/atv/ultratec-karryt-ja-reet/juontokarryt>
- Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere: Tammertekniikka.

Tukes. n.d. Koneita koskevat vaatimukset. Viitattu 5.4.2023 <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet#9f11af9c>

Ultratec. n.d. Juontokärri + juontokärryn takakärri. Verkkosivu. Viitattu 2.6.2023 <https://ultratec.fi/products/juontokarri-takakarri>

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. 12.6.2008/400. Viitattu 4.4.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>