

Juho Mikkola

Lasten lääkinällisen apuvälineen prototyypin suunnittelu ja valmistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinöörityö
25.5.2011

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Juho Mikkola Lasten lääkinällisen apuvälineen prototyypin suunnittelu ja valmistus 31 sivua + 6 liitettä 25.5.2011
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotesuunnittelu
Ohjaaja(t)	Projektipäällikkö Tomi Ropanen
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa prototyyppi kuntouttavasta apuvälineestä liikuntarajoitteisille lapsille. Työ tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoulun Metrocket tutkimus- ja kehityshankkeelle.</p> <p>Laite on polkuauton tapainen liikuntaväline. Sitä ohjataan kallistelemalla istuinta puolelta toiselle kehon avulla, ja liike saadaan aikaiseksi pumppausliikettä tekevillä kahvoilla, joita käytetään käsillä.</p> <p>Työssä käydään läpi ergonomian, ohjauksen ja voimansiirron suunnittelu. Työn lopussa perehdytään prototyypin valmistukseen. Prototyyppi valmistettiin Metropolian konepajatekniikan laboratoriossa. Työ eteni aikataulun mukaisesti. Laitteen ohjaus onnistui suunnitelmien mukaisesti, mutta voimansiirto osoittautui hankalaksi. Laitteella oli mahdollista kulkea eteenpäin, mutta peruutus ei toiminut odotetusti. Teollisen muotoilun yksikön on tarkoitus vielä tehdä laitteeseen kate, minkä jälkeen se testataan loppukäyttäjällä.</p>	
Avainsanat	apuväline, mekanismi, prototyyppi

Author(s) Title	Juho Mikkola Design and Production of Children's Medical Aid Prototype
Number of Pages Date	31 pages + 6 appendices 25 May 2010
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Product Design
Instructor(s)	Project Manager, Tomi Ropanen
<p>The aim of this graduate study was to design and develop a prototype of medical aid for physically challenged children. This study was carried out for the research and development project called Metrocket. The project was commissioned by Metropolia University of Applied Sciences.</p> <p>The device is similar to pedal car. It is steered by tilting the seat from side to side and moved forward by handles which make pumping motion.</p> <p>The beginning of the study focuses on the design of the ergonomics, steering and transmission. The prototype was manufactured at the Metropolia's machine shop. The work proceeded according to the schedule. The steering worked as planned but the transmission proved to be challenging. It was possible to move forward with the device but reversing didn't work as predicted. The industrial design unit is scheduled to make roofing for the medical aid, after which the aid will be tested by the end user.</p>	
Keywords	aid, mechanism, prototype

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Projektin esittely	1
2.1	Rocket-hanke	1
2.2	Metrocket-hanke	2
3	Projektin aloitus	3
4	Ergonomia	4
4.1	MMC eli selkäydinkohju	4
4.2	Antropometria	4
4.3	Lasten mittatietojen kerääminen	5
4.4	Laitteen mitoitus	5
4.5	Istuin	8
5	Ohjauksen suunnittelu	9
5.1	Mekanismioppi	9
5.1.1	Avaruusmekanismeja	10
5.1.2	Vapausasteiden laskeminen	10
5.2	Ackermann-ohjaus	11
5.3	Ohjausmekanismin ensimmäinen versio	13
5.4	Ohjausmekanismin toinen versio	16
5.5	Ohjausmekanismin kolmas versio	18
6	Voimansiirron suunnittelu	21
6.1	Kampimekanismi	21
6.2	Kiilahihnavälitys	22
6.2.1	Välityssuhteen valinta	23
6.2.2	Hihnakiristin	24
7	Prototyypin valmistus	25
7.1	Valmistusmateriaalit	26
7.2	Osat	27

8	Valmis prototyyppi	28
9	Kehitysehdotuksia	29
10	Yhteenveto	30
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Alustava projektisuunnitelma	
	Liite 2. Lasten mittatiedot	
	Liite 3. Renkaan liikematkan laskeminen	
	Liite 4. Räjätyskuvat	
	Liite 5. Osaluettelot	
	Liite 6. Kiilahihnan pituuden mitoitus	

1 Johdanto

Insinööriyön aiheena on kehittää prototyyppi Metrocket-hankkeessa kehitetystä lasten kuntouttavasta apuvälineestä. Tuote on suunnattu pääosin 2 - 5-vuotiaille MMC-lapsille, mutta se soveltuu myös muille leikki-ikäisille lapsille. MMC eli meningomyelosee on liikuntavamma, joka valtaosalla potilaista rajoittuu lantion ja alaraajojen alueelle.

Suunnittelun lähtökohtana on, että lapsi pystyy itsenäisesti käyttämään laitetta ja myös rohkaista lasta itsenäisempään toimintaan ja liikkumiseen hausalla tavalla. Suunnittelussa on otettu huomioon taustatutkimustyössä selvitettyt ergonomiset vaatimukset. Tärkeä merkitys on myös laitteen ulkonäöllä ja muotoilulla.

Laite on pääosin polkuauton tapainen liikuntaväline, jota on tarkoitus liikuttaa eteenpäin pumpattavilla kahvoilla käsien avulla, ja ohjaaminen tapahtuu istuinta kallistelemalla. Näin liikkumiseen käytetään pääosin käsien ja kehon liikettä.

Työn alussa käydään läpi Metrocket-hankkeen aikana kerätyn taustatutkimustyön hyödyntämistä laitteen ergonomian suunnittelussa. Seuraavien lukujen aiheina ovat laitteen ohjauksen ja voimansiirron suunnittelu. Suunnittelussa hyödynnettiin mekanismioppia ja erilaisia tietokoneohjelmia liikkeiden simuloinnissa. Viimeiseksi esitellään prototyypin valmistuksen vaiheet ja kehitysehdotukset.

2 Projektin esittely

2.1 Rocket-hanke

Rocket-hankkeessa on mukana useita eri ammattikorkeakouluja ja Metropolian Metrocket-hanke on yksi osa sitä. Rocket-hanke tukee metalli- ja koneteknologia-alan yritysten uudenlaista tuotekehitystoimintaa. Hankkeessa ovat mukana Hämeen, Turun, Saimaan ja Kymenlaakson ammattikorkeakoulut, Laurea-ammattikorkeakoulu sekä Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Rocket-hankkeen rahoittajana toimii Päijät-Hämeen liitto ja Euroopan aluekehitysrachasto. Hankkeen budjetti on noin 1,6 miljoonaa euroa. Hanke päättyy vuonna 2012. [1.]

2.2 Metrocket-hanke

Metrocket-hanke on Metropolia Ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehityshanke, joka alkoi marraskuussa 2009. Hankkeen tavoitteena oli löytää uusia tuoteinnovaatioita sekä kehittää toimintamalleja yhteistyöhankkeita varten [2]. Mukana oli eri koulutusaloja, jotka työskentelivät ryhmissä hyödyntäen omaa osaamisaluettaan. Opiskelijoita oli mukana muun muassa teollisesta muotoilusta, apuvälinetekniikasta, liiketaloudesta ja kone- ja tuotantotekniikasta.

Metrocket-hankkeesta muodostui kaksi erillistä ryhmää, joista toinen suunnittelee lasten ja toinen ikääntyvien ihmisten apuvälineen. Ryhmät pitivät säännöllisiä tapaamisia ja seurasivat projektin etenemistä. Ryhmät käyttivät Metropolian wiki-sivustoa tiedon jakamiseen ja dokumentaation tallentamiseen. Näin ollen projektin etenemisestä on jäänyt tarkkaa tietoa hankkeen edistymisestä. Hankkeen tuotekonseptoinnin ensimmäinen kehitysvaihe päättyi marraskuussa 2010, jolloin osa projektissa mukana olleista henkilöistä vaihtui uusiin jäseniin.

Toisen ryhmän lasten apuvälinekonseptista haluttiin valmistaa prototyyppi, jonka suunnittelu alkoi joulukuussa 2010. Prototyypin valmistuksessa mukana oli Metropolia Ammattikorkeakoulun tekniikan koulutusalan projektipäällikkö Tomi Ropanen ja projekti-insinöörinä Jonas Forss. Muita jäseniä olivat Ronja Mahosenaho teollisesta muotoilusta sekä Aaro Jalkanen ja Juho Mikkola kone- ja tuotantotekniikasta.

3 Projektin aloitus

Prototyypin toteutus projekti aloitettiin tutustumalla edellisen ryhmän taustatutkimustyöhön. Taustatutkimusta oli tehty muun muassa ergonomiasta, mahdollisesta laitteen mekaniikasta, muotoilusta sekä markkinoilla olevien vastaavanlaisien tuotteiden olemassaolosta ja tarpeesta.

Aluksi prototyypin valmistukselle laadittiin suppea projektisuunnitelma (liite 1). Aikaa prototyypin suunnitteluun ja valmistukseen oli noin viisi kuukautta. Tämä pyrittiin jakottamaan niin, että prototyypin tuotantoon ja kokoonpanoon jäisi tarpeeksi aikaa. Laitteen suunnittelu aloitettiin muotoilijoiden tekemästä mallista, joka on kuvassa 1.



Kuva 1. Ronja Mahosenahon tekemä malli kuntouttavasta apuvälineestä [3].

Tärkein suunnittelun työkalu oli Catia V5 -mallinnusohjelma, jonka avulla laitteesta luotiin täydellinen 3D-malli. Mallin tekeminen lähti liikkeelle hyvin karkean mallin luomisesta, koska haluttiin selvittää mahdollisia vaihtoehtoja ohjauksen ja voimansiirron toteuttamiseksi. Työtä tehtiin yhteistyössä muotoilijoiden kanssa, ja 3D-mallin avulla oli helppoa esitellä mallin edistymistä. Teolliset muotoilijat pystyivät myös hyödyntämään mallia katteen muotoilussa ja mitoituksessa.

4 Ergonomia

Laite pyrittiin suunnittelemaan ergonomiseksi, koska sen käyttäjäryhmäksi oli valittu MMC-oireyhtymän kanssa syntyneet 2 - 5-vuotiaat lapset. Laitteen ergonomian suunnittelussa oli otettava huomioon laitteen helppokäyttöisyys, turvallisuus ja säädettävyyden.

4.1 MMC eli selkäydinkohju

Meaningomyeloseele (MMC) eli selkäydinkohju on hermostoputken sulkeutumishäiriö, joka vaikuttaa lapsen motoriseen kehitykseen. Vamma esiintyy vastasyntyneellä lapsella selkärangassa nähtävänä pullistumana, jossa selkäydin pullistuu selkänikamien kaarien välistä. Kohju pystytään poistamaan kirurgisella leikkauksella. Yleensä vammasta seuraa jalkojen halvaustila ja muita selkärangan asentovirheitä ja ryhtivikoja. [4.]

4.2 Antropometria

Ihmisruumiin rakenteen, mittasuhteiden ja koostumuksen määrittäminen pohjautuu ihmisten mittojen tutkimuksen eli antropometriin mittauksiin. Antropometrisissä mittauksissa kerättyjä mittatietoja käytetään hyödyksi erilaisten tuotteiden suunnittelussa. Ihmisten mitoissa on laajoja yksilöllisiä eroja, mutta suurin osa ihmisistä kuuluu ominaisuuksiltaan lähemmäksi keskiarvoja kuin ääriarvoja. Ihmisten mitat noudattavat siis normaalijakaumaa. [5, s. 22.]

Erilaisia menetelmiä ihmisruumiin mittaamiseen on kehitetty paljon historian aikana. Niiden luotettavuus vaihtelee kuitenkin paljon. Kerättyjen mittatietojen on oltava laajoja otantoja tarkempien tulosten saamiseksi ja kohderyhmän on oltava tarkkaan määritetty. On olennaista tietää mittatietoja käytettäessä, milloin tiedot on kerätty ja mistä väestöstä. Myös ihmisen sukupuoli ja ikä vaikuttavat saatuihin mittaustuloksiin. [5, s. 23.]

Väestöllisiä antropometrisiä mittatietoja on helposti hyödynnettävissä tietokonesoveluksina. Ohjelmat sisältävät antropometrisiä mittatietoja ihmisruumiin mitoista ikäluokittain ja sukupuolen mukaan jaoteltuna. [6.]

4.3 Lasten mittatietojen kerääminen

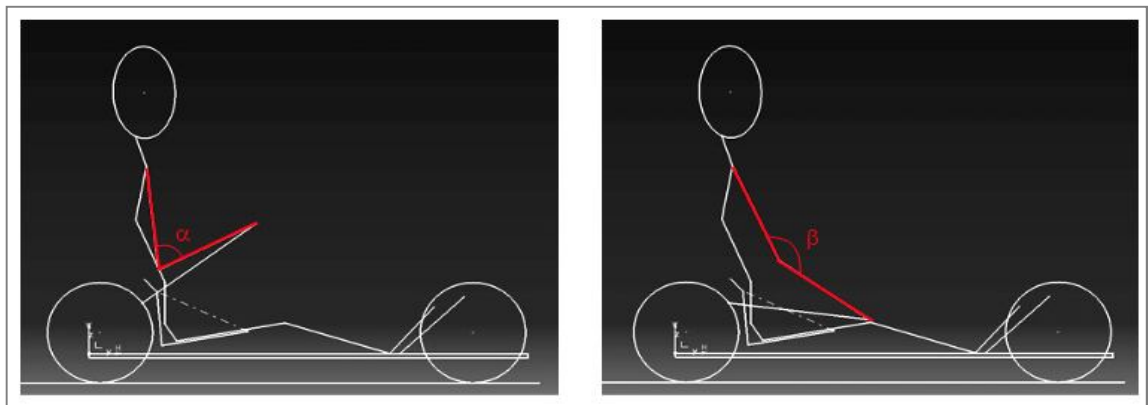
Tämän työn mittatietojen keräämisessä oli huomioitava selkäydinkohjun vaikutus lapsen kokoon. Lapset voivat käyttää yleensä normaaleja istuimia, koska kohjun aiheuttama pullistuma leikataan pois. Kohju ei myöskään yleensä vaikuta lapsen pituuskasvuun. Tytöt ja pojat kasvavat lähes samassa suhteessa kahdesta viiteen ikävuoteen asti. Tämän takia pojille ja tytöille ei tarvinnut suunnitella omia pituussäätöjä.

Laitteen suunnittelussa käytetyt mitat saatiin PeopleSize-antropometriatietokannasta. Tietokannasta ei löytynyt suomalaisten lasten mittatietoja, mutta tiedot on kerätty pääosin yhdysvaltalaisista ja englantilaisista 2- ja 5-vuotiaista lapsista. PeopleSize -ohjelmasta saadut mitat olivat 2- ja 5-vuotiaan pisimmät ja lyhkäisimmät arvot eri ruumiinosille. Niiden avulla laskettiin keskiarvot mitoista. Lasten mitat löytyvät liitteestä 2.

4.4 Laitteen mitoitus

Nivelten perusasentoihin ja liikeratoihin oli perehtynyt taustatutkimustyössä apuvälinetekniikan koulutusohjelmasta Emilia Siponen. Näitä tietoja käytettiin apuna ergonomisten liikeratojen selvittämisessä. Tietojen pohjalta tehtiin Catiassa rautalankamalli, jolla pystyttiin katsomaan sopiva liike kahvoille.

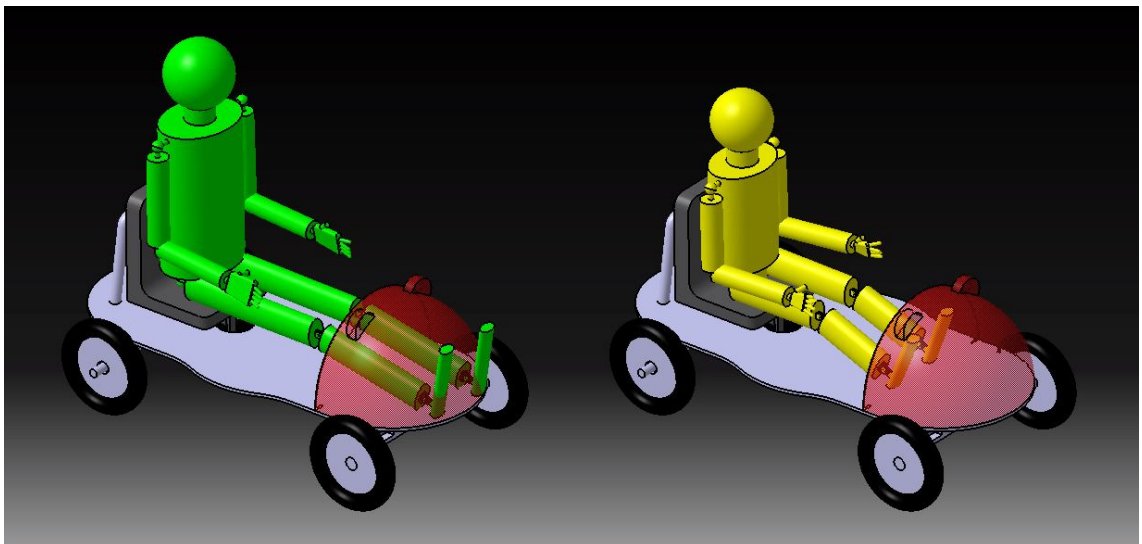
Kerättyjä lasten mittoja käytettiin hyväksi syöttämällä rautalankamalliin oikeat mitat. Tarkastelua käden liikkeestä tutkittiin aluksi 2-vuotiaan mitoilla ja sen jälkeen 5-vuotiaan mitoilla (kuva 2). Hyödyntämällä nivelten liikeratojen taustatutkimustietoja ja Catiassa tehtyä rautalankamallia, saatiin selvitettyä kahvojen liikkeeksi noin 50 astetta. Tietoa käytettiin voimansiirron suunnittelussa sekä kahvojen sijainnin määrittämisessä.



Kuva 2. Liikeradan hahmottelua rautalankamallin avulla Catiassa.

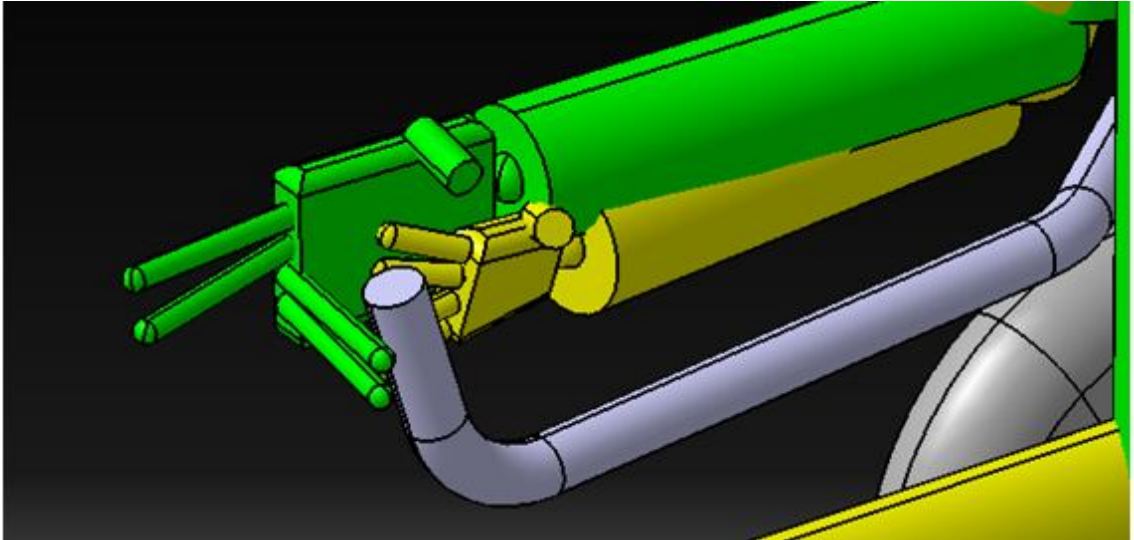
Projektin edetessä rautalankamalli ei riittänyt avuksi rakenteen suunnittelussa. Catiassa on mahdollista käyttää oikean mittaisia 3D-ihmishahmoja Human Builder -sovelluksella. Hahmoja pystyy käyttämään erilaisten aikuisille tarkoitettujen tuotteiden suunnitteluun. Hahmot on tehty niin, että niitä pystyy liikuttamaan nivelistä ja asettamaan haluttuun asentoon. Hahmoja ei kuitenkaan pysty käyttämään höydyksi, koska laitetta suunniteltiin lapsille ja sovelluksessa ei ollut lapsihahmoja.

Aikaisemmin kerätyistä lasten mitoista päätettiin tehdä Catiassa hyvin yksinkertaiset 3D-mallit 2- ja 5-vuotiaista lapsista (kuva 3). 3D-mallit olivat erittäin hyödyllisiä ja niitä käytettiin koko projektin ajan mallinnettaessa rakennetta. Hahmojen avulla pystyttiin mitoittamaan laite sopivan kokoiseksi. Laitteen mitoituksessa huomattiin, että se voi olla liian pieni 5-vuotiaan mitoille. Toisaalta laitteesta myös haluttiin pienikokoinen, jotta sen avulla pystyisi liikkumaan helpommin sisätiloissa. Pohjalevyn pituudesta tuli noin metrin mittainen.



Kuva 3. Vihreä hahmo on 5-vuotiaan malli ja keltainen hahmo 2-vuotiaan malli keskiarvopituuksilla.

Haastetta laitteen mitoituksessa aiheutti se, että lapset kasvavat pituutta hyvin nopeasti. Kerättyjä mittatietoja vertailtiin ja niistä etsittiin niiden ruumiinosien mittoja, joissa tapahtuu suurimmat muutokset. Sen jälkeen hahmojen avulla tarkastettiin mihin mahdollisia säätövaroja tarvitsee suunnitella. Kuvassa 4 näkyy 2- ja 5-vuotiaan käsien ero kahvaan tartuttaessa. Jotta lapsen ei tarvitsisi kyyristyä saadakseen kahvoista kiinni, päätettiin kahvoihin tehdä säätöominaisuus. Myös penkkiin päätettiin tehdä sopiva säätövara jaloille.

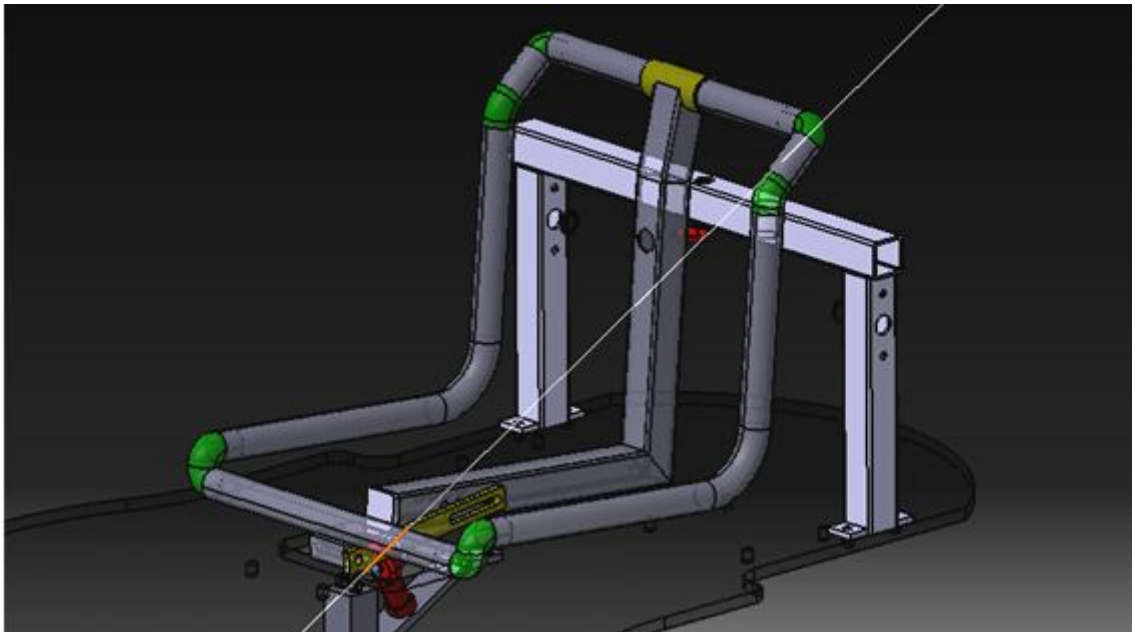


Kuva 4. 2- ja 5-vuotiaan lasten käsien kokoero.

4.5 Istuin

Istuimen tarkoituksena on saada eturenkaat kääntymään kallistelemalla sitä kehon avulla puolelta toiselle. Istuin on tuettu nivelillä kahdesta kohtaa kuvan 5 mukaisesti. Nivelet on merkitty kuvaan punaisella värillä. Alhaalta istuin on tuettu tankonivellaakerilla ja ylhäältä pallonivelellä. Istuin on nivelöity niin, että se pyrkii keskittämään itsensä lapsen istuessa sen päällä. Palloniveltä käytettiin, koska se sallii liikkeen kaikkiin suuntiin. Jos olisi käytetty kahta tankonivellaakeria, ne olisi pitänyt keskittää samaan linjaan kuvassa 5 näkyvän valkoisen viivan mukaan. Se olisi asettanut tarkemmat toleranssit osien valmistamiseen ja hidastanut mahdollisesti prototyypin valmistusta. Pallonivelen ansiosta osien valmistuksessa syntyvät mittavirheet eivät haittaa istuimen liikettä.

Istuimeen haluttiin tehdä säätöominaisuus myös jaloille. Istuimessa piti tällöin olla kaksi liikkuvaa rakennetta. Toinen olisi jäykästi kiinni sitä heiluttavissa nivelissä ja toinen olisi kiinni heiluvassa rungossa. Säätö tapahtuu saranan avulla, joka on merkitty kuvassa 5 keltaisella värillä istuimen yläosaan. Sarana muodostuu istuimen tukirungon päässä olevan putken ja sen sisään menevän istuimen rungon putken yhdistelmästä. Kuvassa keltaisella värillä alhaalla näkyy vipuvarsi, jonka avulla rungon pystyy kiinnittämään jäykästi tukirunkoon haluttuun asentoon ruuvien avulla.



Kuva 5. Laitteen istuin.

Istuin suunniteltiin alun perin tehtäväksi yhdestä putkesta taivuttamalla, mutta oli epävarmaa, oliko Metropolian konetekniikan yksikössä tarvittavia työkaluja halutun muodon tekemiseen. Valmistettavia osia päätettiin yksinkertaistaa tekemällä 3D-pikamallinnuksella kulmapalat putkien osiin, mihin taivutus olisi tullut. Kulmapalat kiinnitettäisiin myöhemmin rungon muihin osiin liimalla ja niiteillä.

5 Ohjauksen suunnittelu

Projektin onnistumiselle oli tärkeää saada oikeat liikeradat ohjaukseen. Istuimen on tarkoitus välittää siinä tapahtuva liike eturenkaille. Koska istuimen kallistuskulma on vain noin 10 astetta, täytyy välityssuhteen olla riittävän suuri, jotta renkaat saadaan kääntymään riittävän paljon. Tavoitteeksi eturenkaiden kääntymiseen haluttiin 40 astetta. Liikegeometriaa simuloitiin SAM 6.0 -mekaniikkasuunnitteluohjelman ja Catia V5:n DMU Kinematics -sovelluksen avulla. Ohjauksesta kehitettiin useita erilaisia malleja, joista valittiin prototyyppiin mahdollisesti parhaiten toimiva mekanismi.

5.1 Mekanismioppi

Mekanismioppi on vanha tekniikan osa-alue, ja erilaisia vipumekanismeja on hyödynnetty jo pitkään. Nykyaikainen mekanismioppi hyödyntää liikegeometrian perustietoja sekä muitakin fysiikan haaroja. Sitä hyödynnetään varsinkin koneiden esisuunnittelussa, erityisesti koneiden toimintaperiaatteiden mallinnuksessa, koska se osoittaa mahdollisen ratkaisun liikkeiden toteuttamiseksi puuttumatta laitteen konstruktion [7, s. 3]. Se tuo suunnitteluun systemaattisuutta ja yksinkertaisuutta ja mahdollistaa laitteen toimintaperiaatteen kehittämisen nopeasti.

Mekanismi on laite, joka koostuu jäykistä toisiinsa liitetyistä kappaleista. Mekanismeja käytetään liikkeiden ja voimien aikaansaamiseksi ja siirtämiseen. Kappaleet ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa nivelten ansiosta. Nivelinä käytetään yleisesti kierto- ja prismapareja sekä avaruusmekanismeissa lieriöitä ja palloja. [7, s. 3.]

Vipumekanismin kinematiikan tarkastelussa voidaan käyttää joko analyttistä menetelmää tai graafisia menetelmiä. Graafisten menetelmien avulla pystytään selvittämään mekanismin osien työkierron aikana kulkemat liikeradat, nopeudet ja kiihtyvyydet. Graafiset menetelmät olivat ennen tietokoneita lähes yksinomaisessa käytössä. Graafiset menetelmät ovat kuitenkin suuritöisiä ja epätarkkoja analyttisiin menetelmiin näh-

den [7, s. 9]. Analyyttisten menetelmien avulla pystytään nykyään mekanismit optimoimaan hyvin tarkasti tietokoneiden avulla. Simuloitaessa mekanismeja tietokoneohjelmilla on otettava huomioon liitoksista aiheutuvat geometriset rajoitteet.

5.1.1 Avaruusmekanismeja

Avaruusmekanismit on hyvin laaja ja monimutkainen mekanismiopin haara. Avaruusmekanismi rakentuu sarjasta toisiinsa liitettyjä vipuja. Jokaisessa vivussa on kaksi nivelä, lukuun ottamatta yhtä vipua, jossa on yksi nivel. Kun monilla mekanismeilla on vain yksi vapausaste, voi avaruusmekanismeilla olla 4, 5, 6 tai enemmän. Yksinkertaisimpia sovelluksia on mahdollista ratkaista vektorianalyysitekniikoilla, mutta monimutkaisimmat sovellutukset vaativat erilaisia systemaattisia menetelmiä sijainnin, nopeuden ja kiihtyvyyden määrittämiseen. [7, s. 396.] Avaruusmekanismeja ei voi ratkaista graafisin menetelmin, koska geometriaa ei voi kaapata yhteen kaksidimensioiseen esitykseen. Avaruusmekanismeja käytetään paljon teollisuusrobottien sovelluksissa.

5.1.2 Vapausasteiden laskeminen

Mekanismin vapausasteet pystytään laskemaan, kun tiedetään nivelten liikesuuntien rajoitteet. Staattisesti määrätyn, jäykän rakenteen F on 0 ja staattisesti ylijäykän rakenteen F on negatiivinen. Jos F on yli yhden, rakenteesta tulee holtiton ja se tarvitsee silloin useamman toimilaitteen, jotta vapausasteiden lukumäärä saataisiin nolllaksi.

Normaalisti nivelten yhteenlaskettujen vapausasteiden lukumäärä F on 1. Tällöin mekanismi pystyy liikkumaan ja sille voidaan asettaa toimilaite, minkä jälkeen F on 0. Tätä pohjalta vapausasteiden lukumäärä F lasketaan normaalisti Grublerin kaavalla [7, s. 13].

$$F = 3(n - 1) - 2g$$

F on vapausasteet

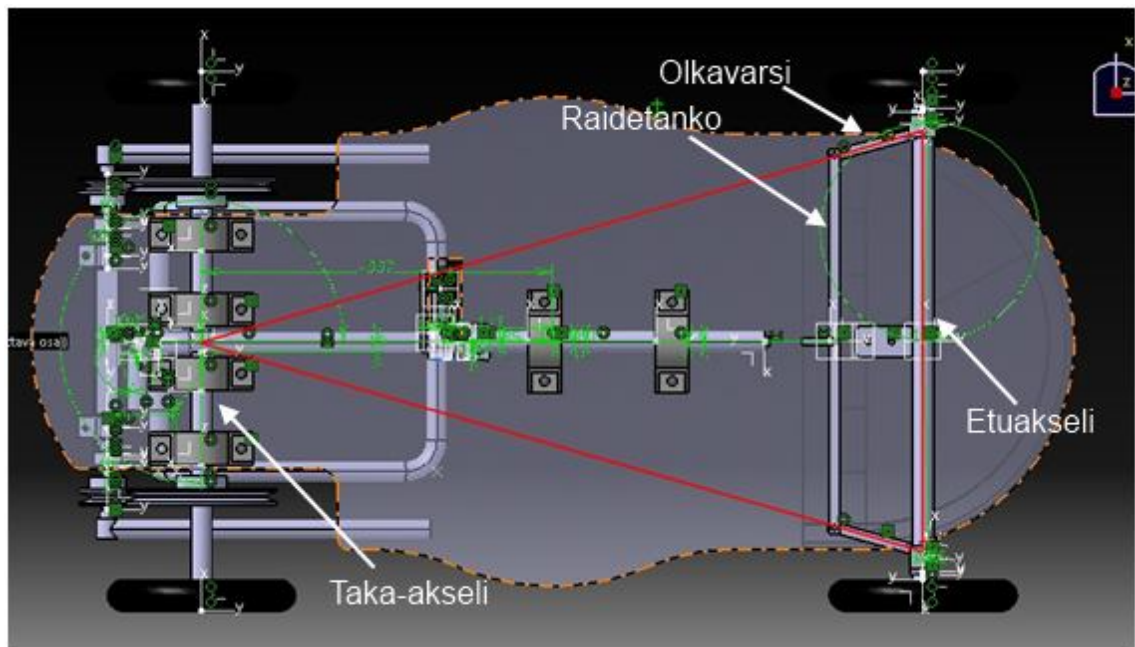
n on elementtien lukumäärä

g on nivelten lukumäärä

5.2 Ackermann-ohjaus

Ackermann-ohjauksessa raidetanko ja olkavarret muodostavat ohjausgeometrian, jonka mukaan renkaat kääntyvät. Olkavarsien ollessa yhdensuuntaiset molemmat renkaat kääntyvät saman verran. Ulomman ja sisemmän renkaan tulee kuitenkin kulkea eri säteisiä ympyräratoja pitkin. Tämä on mahdollista toteuttaa, kun olkavarret eivät ole yhdensuuntaiset, vaan sisäänpäin suunnatut. [7, s. 318.]

Kuvassa 6 olkavarsien jatkeet on piirretty punaisella värillä ja ne kohtaavat taka-akselin kohdalla. Tätä kutsutaan täydelliseksi Ackermann-ohjaukseksi, jossa eturenkaat kääntyvät teoreettisesti oikein. Sisäkaarten rengas kulkee pienempää sädettä. Jos sisäkaarten pyörä kulkee suurempaa sädettä, on kyseessä anti-Ackermann-ohjaus. [7, s. 319.]



Kuva 6. Ackermann-ohjaus.

Pyörien kääntökulmat eivät yleensä täytä käytännössä täydellistä Ackermann-ehtoa kuin yhdellä kääntökulmalla. Ohjausmekanismista tulisi hyvin monimutkainen, jos haluttaisiin noudattaa Ackermann-ehtoa kaikilla pyörien kääntökulmilla.

Kääntösäde pyrittiin saamaan mahdollisimman pieneksi, koska laitteella on tarkoitus liikkua sisätiloissa, jossa hyvä kääntyvyys on tärkeä käyttömukavuuden takia. Ulomaisen renkaan kääntösäde pystytään laskemaan kaavalla

$$R_r = \frac{l}{\sin \delta_u} + a$$

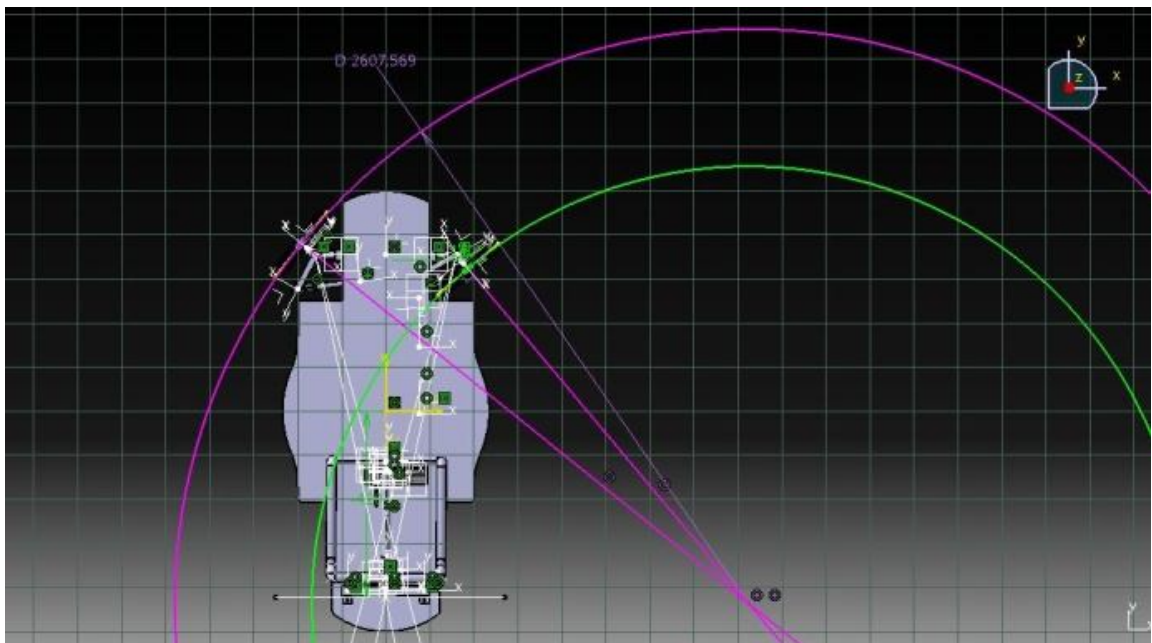
R_r on raideympyrän säde [m]

l on akseliväli [m]

δ_u on ulomman etupyörän kääntökulma [astetta]

a on (raideleveys – nivelväli)/2 [m]

Laskemalla saatiin suurin piirtein sopivat mitat ja kulmat, mutta Catian avulla pystyttiin määrittämään sopiva kääntökulma mittaamalla kääntösäde graafisesti ja tarkistamaan laskun tulos (kuva 7). Ulomman pyörän kääntösäteeksi saatiin 1,3 metriä. Laite vaatii siis 2,6 metrin mittaisen tilan kääntyäkseen ympäri.

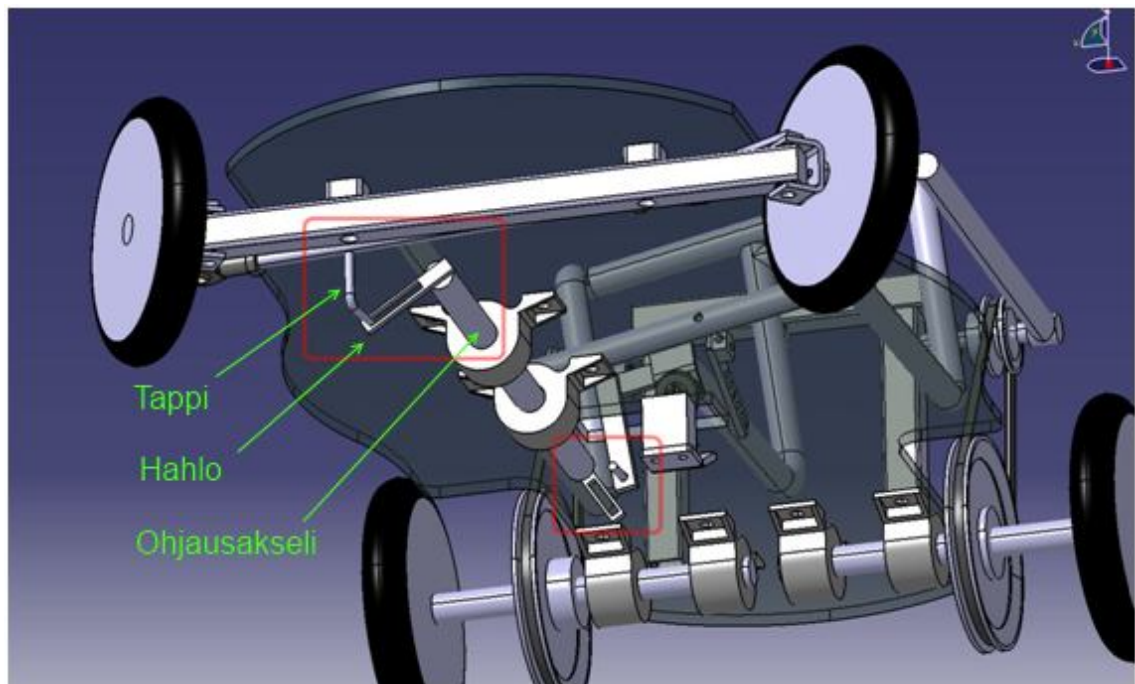


Kuva 7. Kääntösäteen määrittäminen graafisesti Catiaassa.

5.3 Ohjausmekanismin ensimmäinen versio

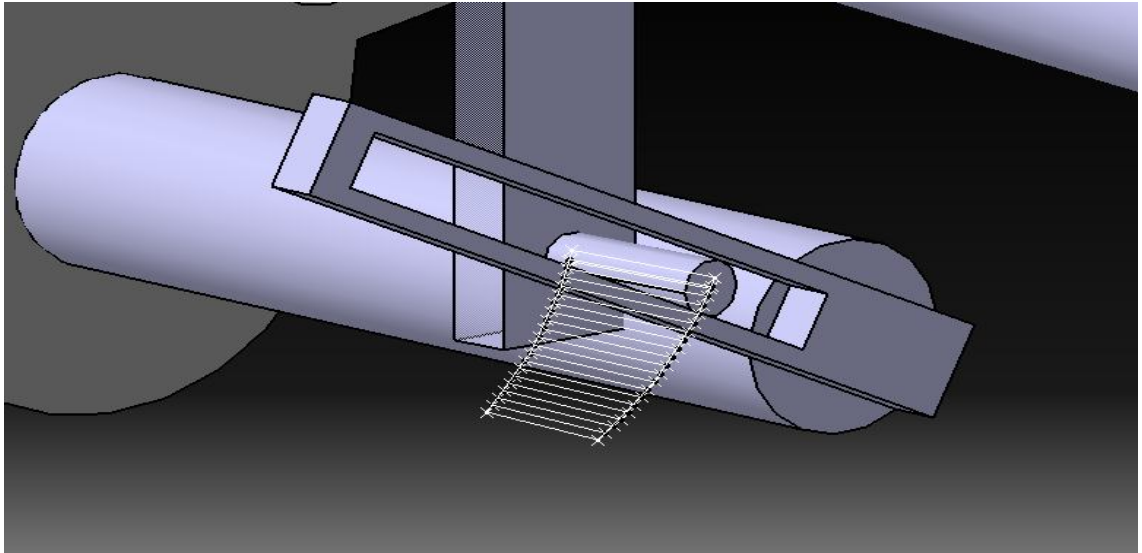
Penkin liikkeen välitys eturenkaille päätettiin toteuttaa vipumekanismin avulla (kuva 8). Ensimmäisessä versiossa penkin runkoon hahmoteltiin vipu, jonka päässä on tappi. Pohjalevyn alla on ohjausakseli, jonka molemmissa päissä on vipuvarret. Molemmissa ohjausakselin vipuvarsissa on hahlot. Tappi pääsee liikkumaan hahlon välissä, koska muuten rakenteesta tulisi jäykkä ja nivelet eivät pääsisi liikkumaan toistensa suhteen.

Ensimmäisen vipumekanismin toiminnassa oli kuitenkin useita ongelmia. Huomattiin, että vivuilla ei saatu tarpeeksi suurta välityssuhdetta penkin ja eturenkaiden liikkeelle. Kuvaan 8 on merkitty punaisilla laatikoilla kohdat, joissa välitys jää liian pieneksi. Välityssuhdetta pyrittiin parantamaan muuttamalla vipujen pituuksia, mutta siitä ei ollut apua.



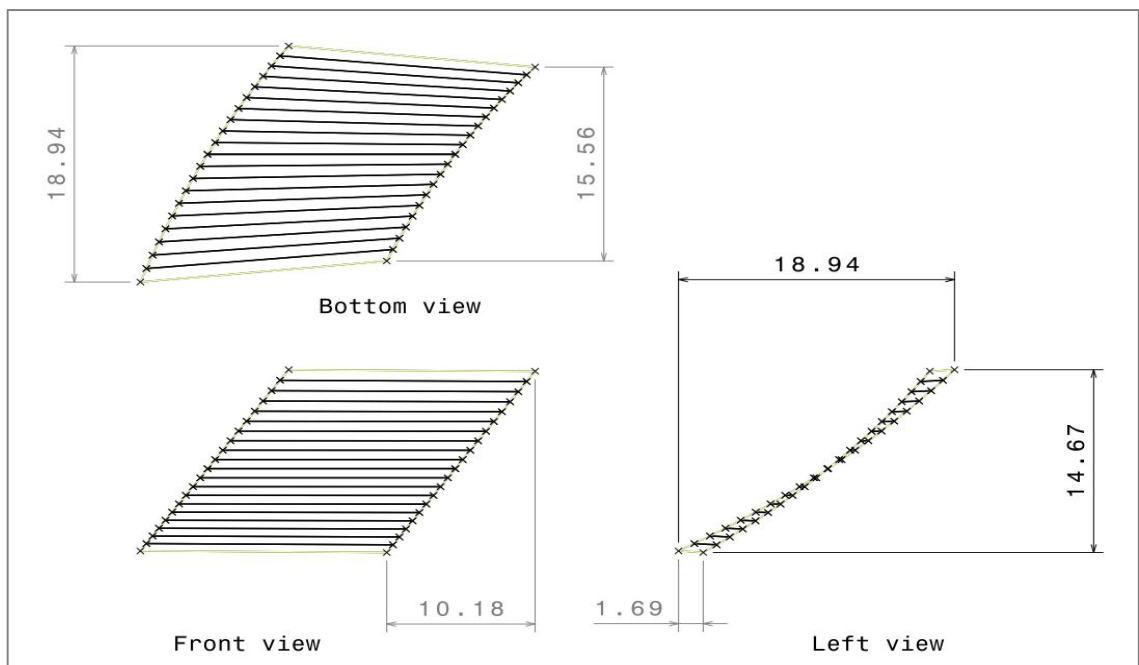
Kuva 8. Ensimmäinen vipumekanismi.

Ongelmaan alettiin etsiä ratkaisua tarkastelemalla penkin vipuvarren ja etuakselin vipuvarren liikeratoja. Ohjauksen liike simuloitiin Catian DMU Kinematics –sovelluksella (kuva 9).



Kuva 9. Istuimen vivun liikekäyrä.

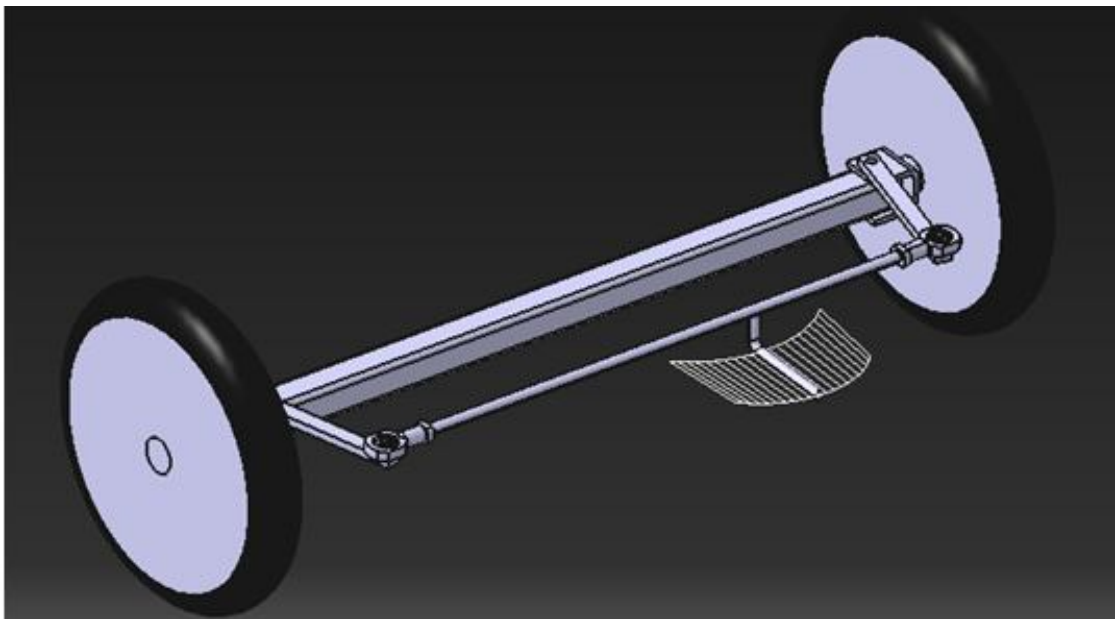
Jotta liikekäyrää olisi helpompi tarkastella, tehtiin liikekäyrästä projektiot kaikista suunnista ja ne mitoitettiin Catian avulla (kuva 10).



Kuva 10. Istuimen vivun liikekäyrä mitoitettuna.

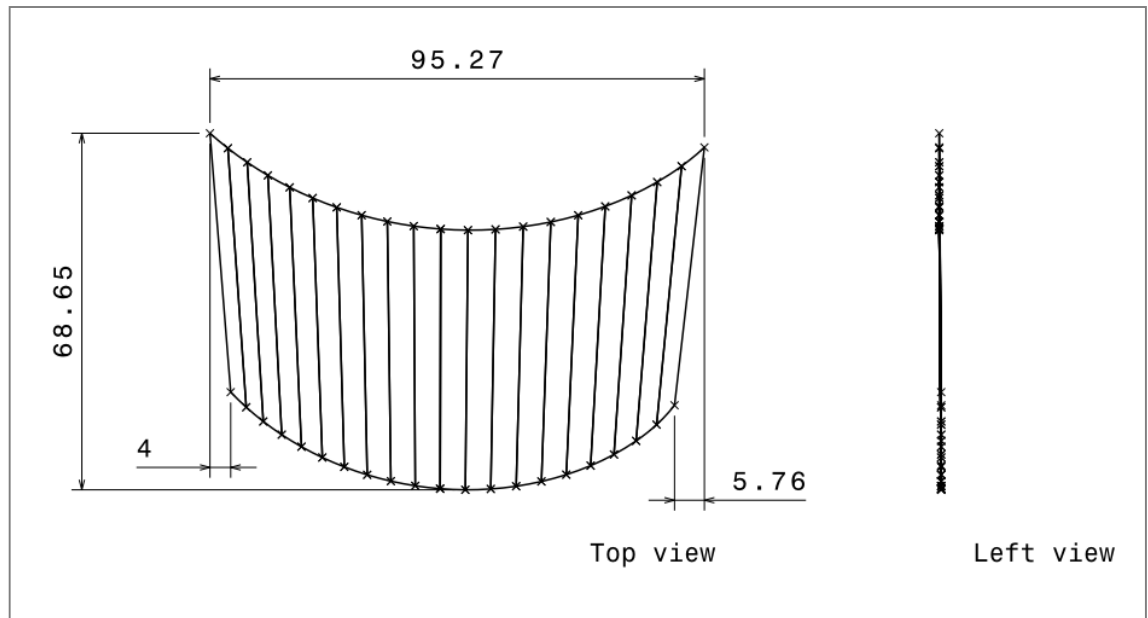
Käyrän mitoituksen jälkeen huomattiin, että istuimessa kiinni olevan vipuvarren liike tapahtuu kolmessa dimensiossa. Tämä hankaloitti ohjauksen suunnittelua, koska hahlostasta olisi pitänyt tehdä noin 3 millimetriä väljä, jotta tappi mahtuisi edelleen liikkumaan hahlossa. Ohjauksesta haluttiin kuitenkin tehdä mahdollisimman välyksetön ja vaarana oli tapin kiillautumisvaara hahlossa. Jos hahlostasta olisi tehnyt väljän, se olisi aiheuttanut myös sen, että mekanismia ei olisi enää pystynyt simuloimaan Catian avulla. Mekanismissa olisi tällöin ollut liikaa vapausasteita ja liikkeiden tarkastelu olisi hankaloitunut.

Myös Ackermann-ohjauksen vipuvarren liikkeestä piirrettiin kuvaaja (kuva 11), ja siinä ilmeni uusi ongelma. Ohjausakselin tulisi sijaita Ackermann-ohjauksen keskellä, jotta renkaat kääntyvät yhtä paljon istuinta kallistettaessa. Jos ohjausakseli sijaitsee muualla kuin keskellä, kääntyvät renkaat oikealle käännettäessä enemmän kuin käännettäessä vasemmalle.



Kuva 11. Ackermann-ohjauksen vivun liikekäyrä.

Kuvassa 12 on Ackermann-ohjauksen vivun liikekäyrä mitoitettuna. Liikekäyrästä nähdään, että liike tapahtuu vain kahdessa dimensiossa, mutta ohjausakselin vivun olisi silti tarvinnut olla 6 mm väljä, johtuen Ackermann-ohjauksen liikkeestä.



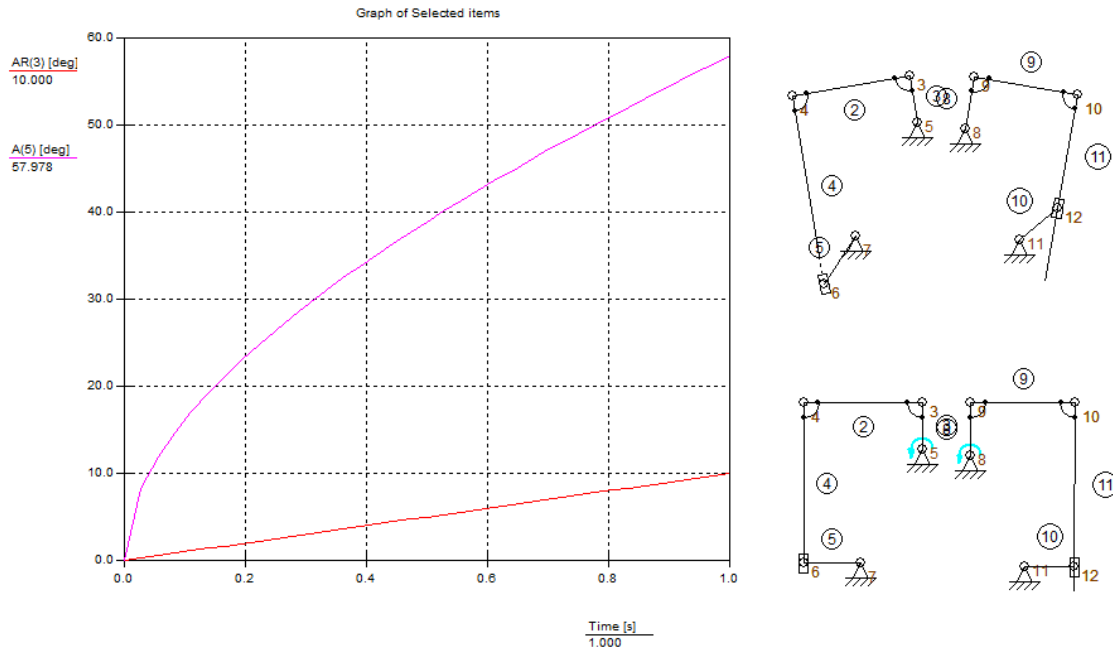
Kuva 12. Ackermann-ohjauksen vivun liikekäyrä mitoitettuna.

5.4 Ohjausmekanismin toinen versio

Koska ensimmäinen versio ei toiminut halutulla tavalla, alettiin kehittää toisenlaista järjestelmää. Ohjauksessa oli kaksi ongelmaa ratkaistavana. Ensimmäinen oli mekaniisin kehittäminen, joka sallisi liikkeen kolmessa dimensiossa välyksettömästi. Toinen ongelma oli sopivan välityssuhteen saaminen. Renkaat haluttiin kääntymään vähintään 40 astetta, mutta ensimmäisessä versiossa ne kääntyivät vain 18 astetta.

Ohjausmekanismin toimintaa lähdettiin miettimään uudesta näkökulmasta ilman 3D-mallin käyttöä. Suunnittelu aloitettiin kehittämällä erilaisia ratkaisumalleja SAM-ohjelman avulla.

Liikettä yritettiin edelleen ratkaista erilaisilla vipuvarilla. Erääksi ratkaisuksi muodostui kuvan 13 mukainen mekanismi. Mekanismissa olisi penkin rungossa molemmilla puolilla samanlaiset vipuvarret. Kuvasta nähdään, että penkin kallistuessa 10 astetta kääntyy ohjausakseli 58 astetta. Tämä riittäisi kääntämään eturenkaita riittävän paljon. Mekanismin ongelmana oli se, että rakenteesta tulisi liian monimutkainen ja rakenteen suunnittelu olisi vienyt liian paljon aikaa.



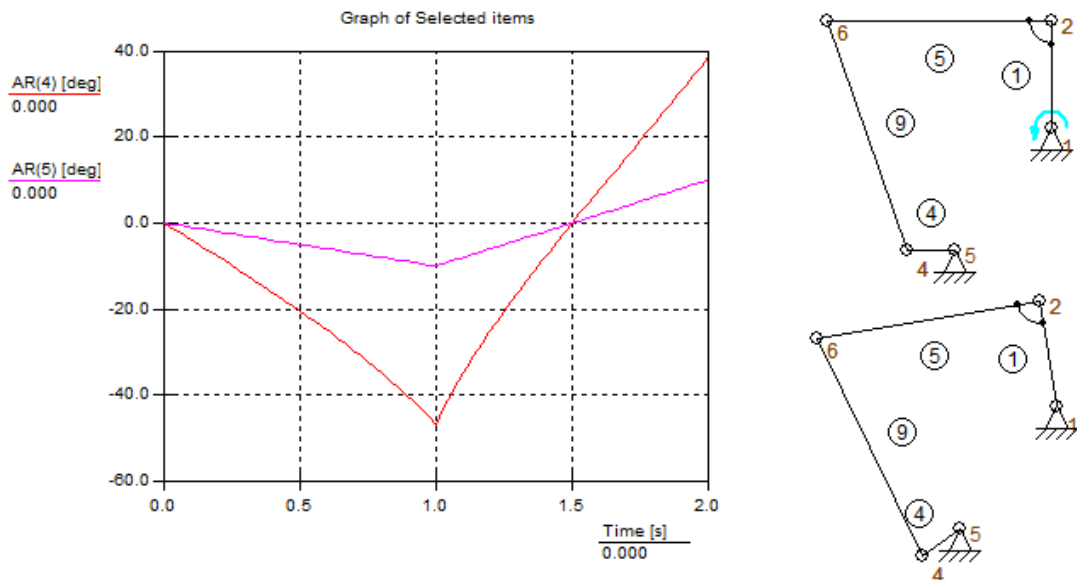
Kuva 13. Vipumekanismi, jolla olisi saanut tarvittavan välityssuhteen eturenkaiden liikkeeseen. Ongelmana oli konstruktion monimutkaisuus ja vipujen kuolokohta.

Rakenteen olisi voinut yrittää valmistaa käyttämällä vain toista puolta kuvan 13 mukaisesta mekanismista, mutta siihen olisi pitänyt tehdä erillinen vipu, joka olisi auttanut ohjausakselin vivun kuolokohdan yli. Mekanismi vaikutti liian epävarmalta ja työläältä, joten päätettiin jatkaa eri ratkaisuvaihtoehtojen etsimistä.

5.5 Ohjausmekanismin kolmas versio

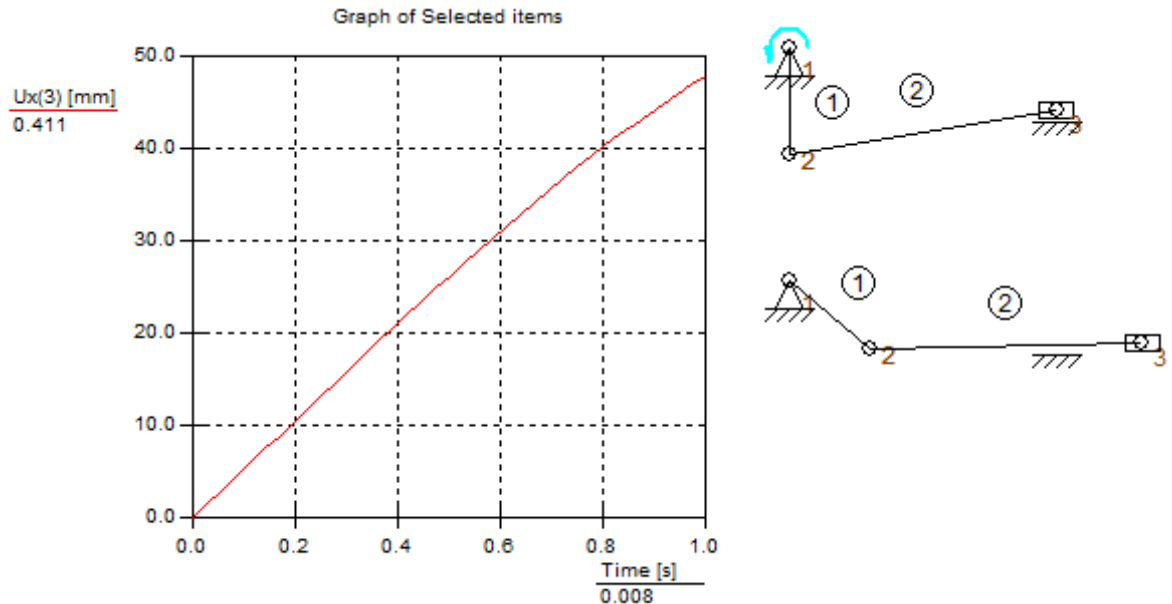
Sopiva välityssuhde saatiin aikaiseksi toisessa ohjausmekanismin versiossa, joten sitä ideaa pyrittiin kehittämään eteenpäin. Ongelmana oli edelleen penkin liike kolmessa dimensiassa.

Ratkaisuksi löytyi pallonivelten käyttö vipuvarsiensa päissä. Ne sallivat nivelelle mahdollisuuden taipua lähes mihin tahansa suuntaan, mutta silti pystyisivät välittämään istuimen liikkeen eturenkaille. SAMilla mallinnettiin sopivan pituiset varret ja testattiin, onko liikettä mahdollista toteuttaa kulmanivelten avulla (kuva 14). Ohjausakseli ei ole asetettu Ackermann-ohjauksen keskelle, koska istuinta tukeva nivel tulisi ohjausakselin tielle. SAMilla saatujen tulosten perusteella ohjausakseli kääntyy 45 astetta toiseen suuntaan ja toiseen vain 40 astetta.



Kuva 14. Istuimen vivun liike mekanismissa, jossa nivelissä on pallonivelet. Punaisella värillä merkitty käyrä on ohjausakselin kääntökulma, kun istuin kääntyy 10 astetta.

Sen jälkeen tarkastettiin Ackermann-ohjauksen vipuvarren liikettä, kun ohjausakseli kääntyy 45 ja 40 astetta. Kuvan 15 mukaisella mekanismilla oli mahdollista säätää välityssuhdetta muuttamalla vipujen pituuksia. Se helpotti huomattavasti suunnittelua, koska yksi suurimmista ongelmista oli sopivan välityssuhteen saaminen. SAMin tulokset olivat lupaavia ja niiden pohjalta päätettiin jatkaa idean kehitystä.

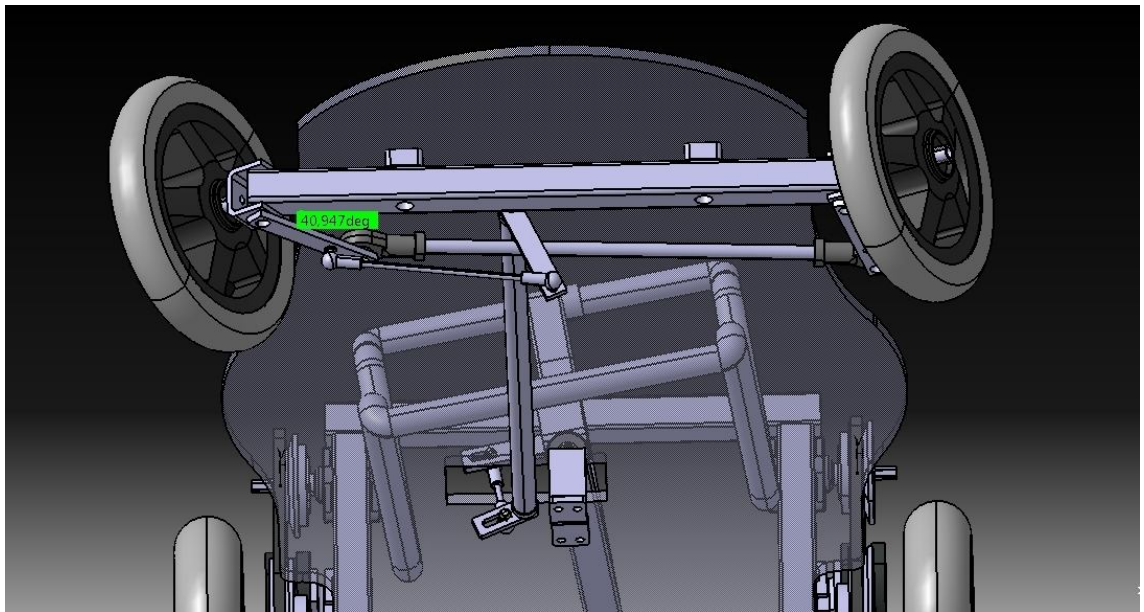


Kuva 15. Ackermann-ohjauksen vivun liike, kun ohjausakseli kääntyy 50 astetta.

Koska kyseessä oli avaruusmekanismi, ei SAMin avulla pystynyt ratkaisemaan rakenteen liikettä graafisesti. SAMilla pystyy vain mallintamaan mekanismeja, jotka toimivat kahdessa dimensiossa. Rakenteen kulmanivelet piti mallintaa 3D-malliin ja simuloida liike Catiassa. Enää ei pystytty käyttämään Catian DMU Kinematics -sovellusta, koska mekanismilla oli liikaa vapausasteita. 3D-mallissa pystyttiin kuitenkin siirtämään aksleita ja vipuja haluttuun asentoon manuaalisesti ja tarkastamaan tapahtuva liike vipujen ollessa ääriasennoissa.

SAMista saatuja tuloksia käytettiin kuitenkin suuntaa antavina arvoina ohjauksen tarkistamiseen ja niiden avulla siirrettiin vivut oikeisiin asentoihin (kuva 16). Renkaat kääntyivät oikeaan suuntaan 40 astetta ja vasemmalle 50 astetta. Koska saatiin sopiva kääntökulma renkaille, päätettiin kyseinen mekanismi toteuttaa prototyyppiin.

Parhaimpana etuna pallonivelten käyttämisessä on rakenteen yksinkertaisuus. Rakenne on helppo valmistaa ja se on luotettava. Pallonivelten käytössä on kuitenkin oltava tarkkana, ettei vipuvarsi pääse ääriasentoon. Vaarana on, että vipuvarsi menee ääriasennon ohi ja joutuu linkkuun.

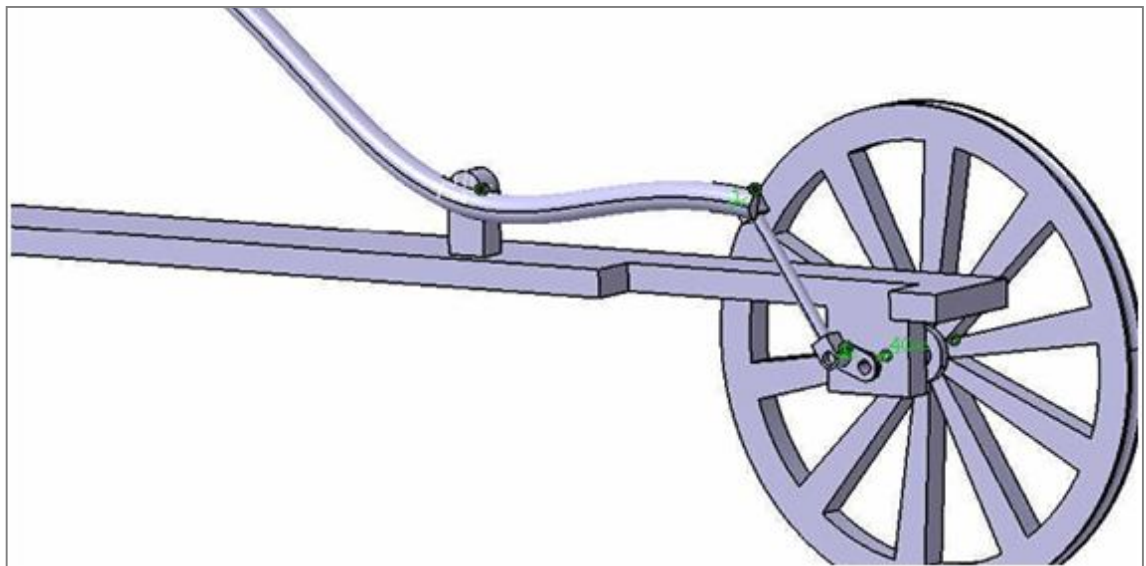


Kuva 16. 3D-malli laitteen ohjausmekanismista.

6 Voimansiirron suunnittelu

6.1 Kampimekanismi

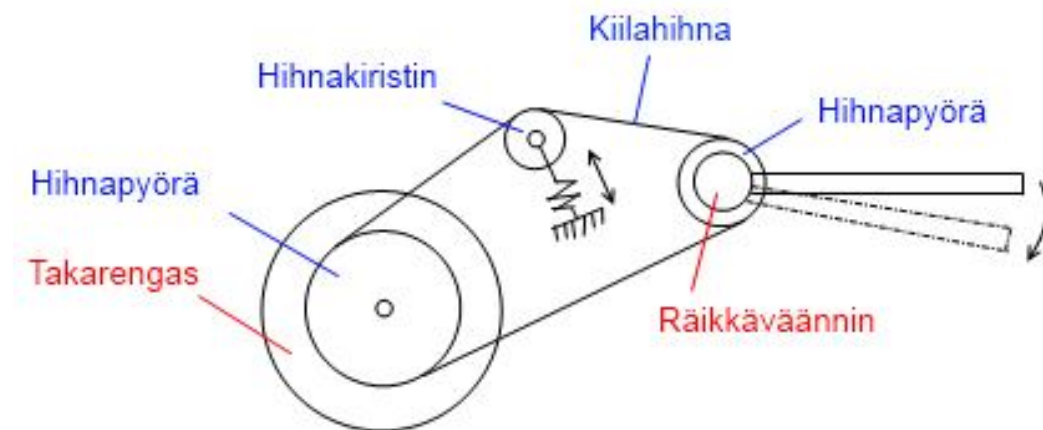
Alkuperäisessä versiossa liikkeen toteuttamiseksi oli ehdotettu kuvan 17 mukaista vipumekanismin käyttöä voiman välityksessä renkaille. Ongelmana kuitenkin oli vipumekanismin kuolokohta ja myös se, että kahvat liikkuisivat renkaiden liikkeen mukana. Kuolokohdassa kammien momentti häviää, mikä voisi hankaloittaa kammien liikettä. Rakenne haluttiin myös toteuttaa niin, että kahvojen ja renkaiden välityssuhdetta pystyisi säätämään ensimmäisessä prototyypissä. Pumpausliikkeen tulisi myös olla mahdollisimman helppo ja turvallinen käyttää. Ongelmia voimansiirron suunnittelussa olivat sopivan välityssuhteen valitseminen ja peruutusliikkeen toteuttaminen.



Kuva 17. Antti Berghemin tekemä malli kampimekanismin käytöstä voimansiirrossa [8, s. 23].

6.2 Kiilahihnavälitys

Voimansiirto päätettiin toteuttaa kiilahihnavälityksen avulla. Hihnavälityksen rakennetta on havainnollistettu kuvassa 18. Kahvojen paikalle tulisi räikkävääntimet, joilla pystyttäisiin tekemään pumppaavaa liikettä yhteen suuntaan. Hihnapyörien väliin tulee myös pistää hihnakiristin, jotta hihna voitaisiin säätää sopivaan kireyteen.



Kuva 18. Hihnavälityksen suunniteltu rakenne.

Kiilahihan käytöstä olisi monia etuja vipumekanismiin verrattuna. Mm. hihnapyörien kokoa vaihtamalla saadaan muutettua välitysuhdetta kätevästi. Prototyypin valmistaminen vie myös vähemmän aikaa, koska ei tarvitse tehdä erillisiä vipuvarsia, vaan hihnapyörät pystyisi ostamaan valmiina. Kiilahihnan käytöstä syntyi myös monia erilaisia rakenteellisia ratkaisuja, joita pystyttiin vertailemaan toisiinsa.

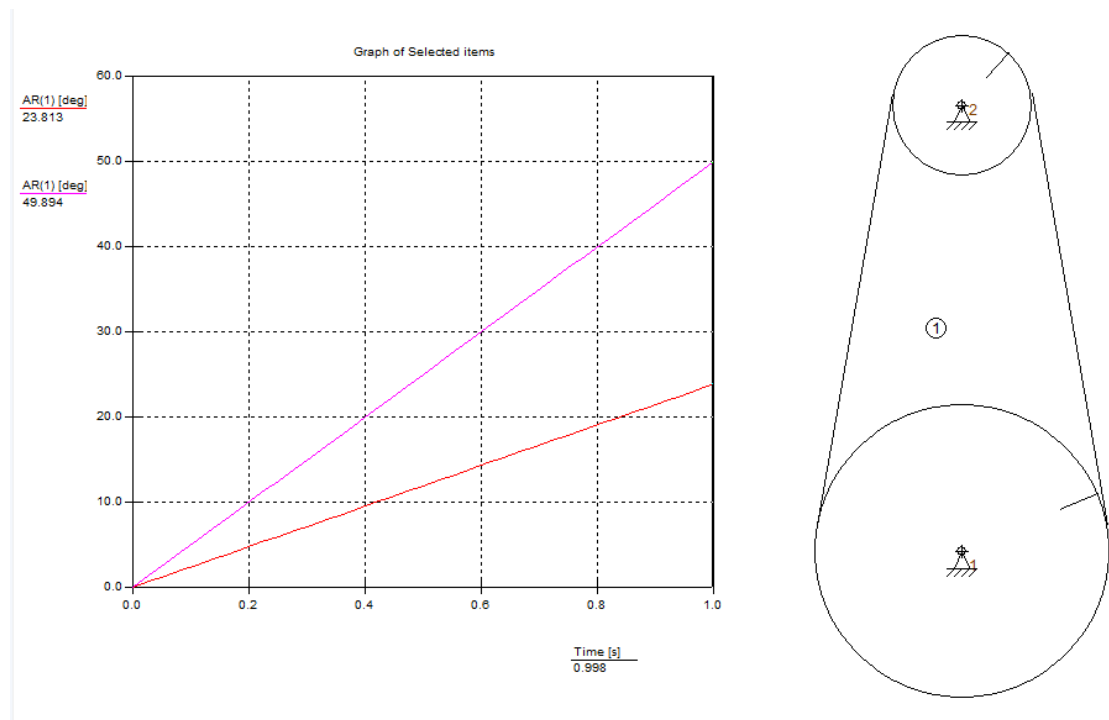
Ensimmäisessä versiossa hihnakiristimeen mietittiin mekanismia, joka mahdollistaisi hihnakiristimen löysäämisen, jolloin hihna pääsisi liukumaan hihnapyörien pinnalla ja laitetta voisi vetää taaksepäin. Peruutus olisi toteutunut tällöin käsin takarenkaita pyörittämällä samalla tavalla kuin pyörätuoleissa. Mekanismin toteuttaminen osoittautui kuitenkin hankalaksi, eikä osattu täydellä varmuudella sanoa, liukuisiko hihna hihnapyörien ohi vaikka hihnaa löysäisi.

Rakenteeseen ruvettiin hahmottelemaan vapaaratasta takarengaaseen. Vapaaratas mahdollistaisi laitteen vetämisen taaksepäin. Vapaarattaasta syntyi kuitenkin se haitta, että laitteella ei olisi pystynyt peruuttamaan kahvojen avulla taaksepäin, koska vapaaratas ei välittäisi hihnan liikettä kuin yhteen suuntaan. Peruutus haluttiin kuitenkin saada toimimaan kahvojen avulla, jolloin se olisi paljon helpompaa.

Prototyypin tulevassa versiossa vapaaratas unohdettiin ja hihnakiristin toimisi vain kiristääkseen hihnaa. Peruutus päätettiin toteuttaa räikkävääntimessä olevan suunnanvaihtajan avulla. Näin kahvojen avulla olisi myös mahdollista peruuttaa.

6.2.1 Välityssuhteen valinta

3D-mallin avulla oli saatu määritettyä sopiva kahvojen liike, joka oli 50 astetta. Sen avulla pystyi laskemaan renkaan liikkeen yhdellä kahvan painalluksella (liite 3), kun hihnapyörien koot olivat 132 mm ja 63 mm, takapyörät liikkuisivat 45,815 mm. Tulos tarkastettiin vielä SAMin avulla ja se antoi saman tuloksen (kuva 19). Oli kuitenkin epävarmaa olisiko liike sopiva, mutta hihnapyörien kokoa vaihtamalla prototyypin on mahdollista muuttaa välityssuhdetta, jos huomataan liike liian hitaaksi.

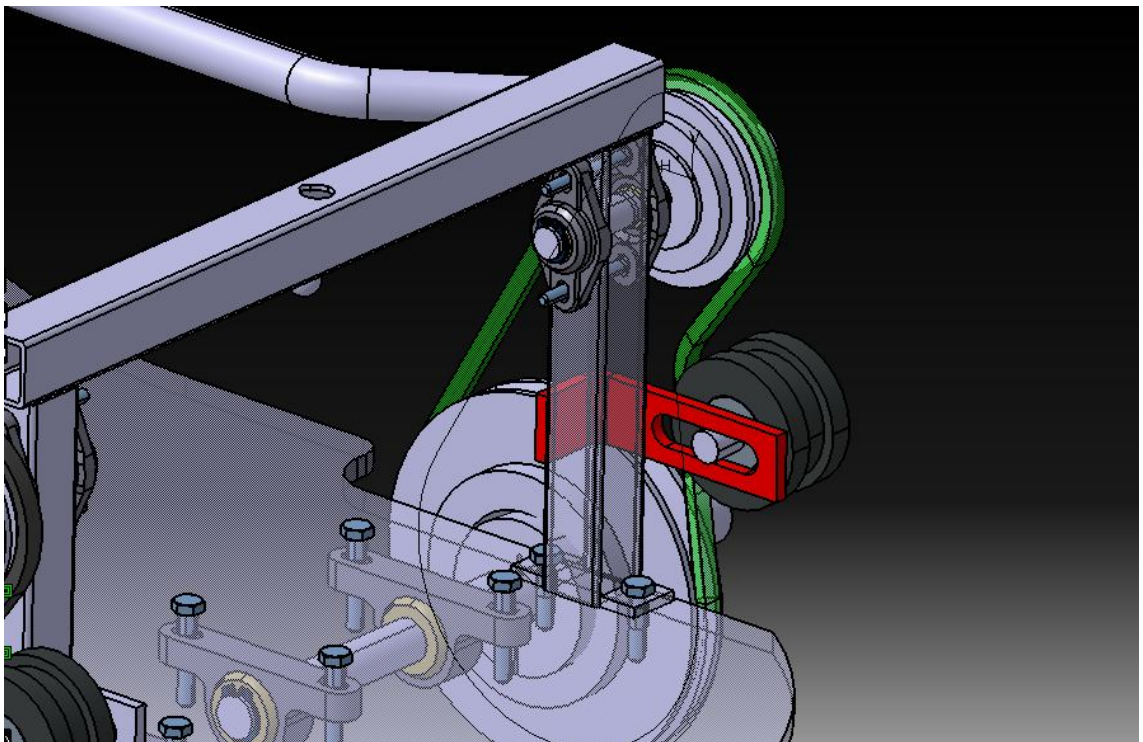


Kuva 19. Hihnapyörien välityssuhteen määrittäminen SAM-ohjelmassa.

6.2.2 Hihnakiristin

Hihnakiristimelle pyrittiin kehittämään mekanismi, joka mahdollistaisi sen löysäämisen kahvojen liikkeen seurauksena. Hihna pääsisi tällöin liukumaan hihanpyörien ohi ja mahdollistaisi liikkeen taaksepäin. Ajanpuutteen vuoksi päädyttiin kuitenkin yksinkertaisempaan ratkaisuun.

Kuvassa 20 on esitetty voimansiirron rakenne 3D-mallissa. Hihnakiristin on merkitty kuvaan punaisella värillä ja kiilahihna vihreällä. Se muodostuu taivutetusta lattatangosta, jossa keskellä on hahlo. Hahloon tulee hihnapyörä, joka kiristää kiilahihnaa. Hihnapyörän saa lukittua haluttuun asentoon hahlossa ruuvien avulla.



Kuva 20. Voimansiirron konstruktio.

7 Prototyypin valmistus

Prototyyppiä lähdettiin valmistamaan suunnittelussa syntyneestä 3D-mallista (kuva 21). Malliin oli lisätty kaikki prototyypissä käytettävät valmiit komponentit oikeilla mitoilla. Penkin, ohjauksen ja voimansiirron räjäytyskuvat löytyvät liitteestä 4. Koneistettavista osista tehtiin kaikista työpiirustukset, jotka valmistettiin Metropolian konepajatekniikan laboratoriossa. Osat olivat suurimmaksi osaksi helposti valmistettavia, koska suunnittelussa oli jätetty niiden valmistukseen sopivat toleranssit.

Pääasiassa osien valmistuksessa tarvittiin vain materiaalin sahausta ja reikien poraamista. Monimutkaisimmat osat piti koneistaa NC-sorvilla, kuten kahvojen ja takarenkaiden akselit. Osien valmistuksessa käytettiin myös manuaalisorvia ja jyrsinkonetta. Jotkin osat hitsattiin kiinni toisiinsa.



Kuva 21. Täydellinen 3D-malli apuvälineen prototyypin rakenteesta.

7.1 Valmistusmateriaalit

Osien materiaalina pyrittiin käyttämään alumiinia mahdollisimman paljon. Sitä on helppo koneistaa, se on kevyttä ja rakenteellisesti kestävä. Teräksestä valmistettiin vain takarenkaiden ja kahvojen akselit. Materiaalit oli pyritty valitsemaan niin, että niitä tarvitsee koneistaa mahdollisimman vähän. Kaikki koneistettavien osien materiaalit olivat siis kaupasta saatavaa valmista profiilia. Rakenteessa käytettiin paljon alumiinista putkea, lattatankoa ja neliöputkea.

Aluksi pohjalevy oli tarkoitus tehdä alumiinikennolevystä, johtuen sen keveydestä ja rakenteellisesta kestävydestä. Prototyyppiä varten pohjalevy tehtiin kuitenkin vanerista. Se oli parempi vaihtoehto ensimmäistä prototyyppiä varten, koska tarvittavia muutoksia olisi helpompi tehdä. Pohjalevyn valmisti Metropolian teollisen muotoilun yksikkö.

Istuimen päällyste valmistettiin Metropolian apuvälinetekniikan yksikössä Toni Nisulan avustuksella. Istuin tehtiin nahkasta, joka pintakäsiteltiin sitruunahapolla (kuva 22). Nahkaan tehtiin reikämeistillä reikiä, joiden avulla on tarkoitus kiinnittää nahka istuimeen niittien tai ruuvien avulla.



Kuva 22. Istuimen päälle tuleva nahka.

7.2 Osat

Kaikki laitteen osat pyrittiin kehittämään valmiista tuotteista, koska yksittäinen osien valmistus veisi enemmän aikaa ja se tulisi kalliimmaksi. Osat saatiin pääosin SKS Group Oy:ltä lahjoituksena ja renkaat Apuväline Lähdemäki Oy:ltä. Osien valmistajien sivuilta oli mahdollista ladata osista 3D-mallit, joita sitten käytettiin laitteen 3D-kokoonpanossa. Osat, joista ei voinut ladata 3D-mallia, mallinnettiin itse. Osaluettelo löytyy liitteestä 5.

Ohjauksesta pyrittiin tekemään mahdollisimman sujuva käyttämällä laakereita nivelissä. Kaikki käytetyt laakerit ovat liukulaakereita niiden keveyden ja halvan hinnan vuoksi. Pystynivellaakereita käytettiin ohjausakselin ja takarenkaiden akseleiden kiinnityksessä. Pystynivellaakereita oli helppo kiinnittää pohjalevyyn niiden muodon vuoksi. Laippanivellaakereita käytettiin kahvoissa ja tankonivellaakereita istuimessa ja Ackermann-ohjauksessa.

Hihnapyöriä oli kahta eri kokoa. Ne oli valmistettu valuraudasta ja niissä oli kartioholkkikiinnitys akseleita varten. Kiilahihnan pituus laskettiin internetistä löytyneen laskurin avulla (liite 6).

8 Valmis prototyyppi

Prototyypin mekaaninen rakenne ehti valmistua aikataulussa ja siitä saatiin paljon tietoa suunnittelun onnistumisesta ja mahdollisista virheistä (kuvat 23 ja 24).



Kuva 23. Apuvälineen prototyyppi.



Kuva 24. Laitteen ohjausmekanismi.

9 Kehitysehdotuksia

Istuimien yläosassa oleva pallonivel on suunniteltu väärinpäin tukemaan istuimen runkoa. Nykyisessä kokoonpanossa palloniveleen kohdistuva voima pyrkii irrottamaan pallonivelen osat toisistaan. Pallonivel kestää valmistajan mukaan staattista vetoa 371 N [9]. Istuimessa on kuitenkin vielä toinen nivel alhaalla, joten koko lapsen paino ei ole pelkästään pallonivelen varassa. Jos runkoa ei halua muuttaa niin, että pallonivelen asentaa toisinpäin, voi myös asentaa rakenteeseen isomman pallonivelen, joka kestää suurempia rasituksia.

Käytön turvallisuutta voisi parantaa lisäämällä istuimeen turvavyön, jotta istuimelta ei pääse putoamaan istuimen kallistuessa. Laitteeseen voisi myös suunnitella jarrut, jotka toimisivat esimerkiksi kahvojen avulla.

Takarenkaiden akseleille voisi asentaa kuulalaakerit paremman liikkeen saamiseksi. Hihnan ollessa kireällä, liukulaakerit eivät vierä täysin vapaasti ja se hidastaa laitteen liikettä.

Muotoilijat ehdottivat, että hihnapyörät olisi hyvä siirtää istuimen taakse, jolloin katteelle jäisi enemmän tilaa. Tämä oli hyvä ehdotus, koska muutos olisi yksinkertainen ja se ei häiritse istuimen liikettä. Hihnapyörät saisi siirrettyä istuimen taakse esimerkiksi pidentämällä kahvojen ja takarenkaiden akseleita.

Etupyörien vipuvarren eteen tulisi tehdä suoja, koska se iskun seurauksesta voi vääntyä. Vipu on kuitenkin mahdollista irrottaa ohjausakselistasta ja vaihtaa uuteen.

Hihnapyörät olisi syytä valmistaa jostain muusta materiaalista, koska ne ovat valurautaa. Yksi taka-akselin hihnapyörä painaa 1,78 kg. Hihnapyörät voisi tehdä esimerkiksi muovista tai alumiinista.

10 Yhteenveto

Insinööriytyöni aihe oli kuntouttavan apuvälineen tuotekehitys. Työni kattoi laitteen mekaanisen toiminnan suunnittelun ja 3D-mallinnuksen, työpiirustukset ja laitteen prototyypin valmistuksen. Prototyypin mekaaninen rakenne ehti valmistua aikataulussa. Sen avulla saatiin paljon tietoa laitteen toimivuudesta ja suunnittelun onnistumisesta. Laitteen katteet eivät ehtineet valmistua, mutta Metropolian teollisen muotoilun yksikkö suunnittelee ja valmistaa sen laitteelle myöhemmin.

Vaikka projektisuunnitelman aikataulu piti, oli projektissa omat viivästymisensä. Materiaalipula ja valmistuksessa syntyneet valmistusvirheet veivät ylimääräistä aikaa. Projekti kärsi myös aikoinaan tiedonvälityksen puutteesta eri koulutusalojen välillä. Projektin etuja oli kuitenkin tutustuminen eri koulutusalojen työskentelyyn ja toimintatapoihin.

Suunnittelu ja laitteen valmistus molemmat onnistuivat hyvin. Ohjaus toimi halutulla tavalla suunnittelussa jätetyn säätövaran ansiosta. Voimansiirrossa hihanpyörien kokoa jouduttiin muuttamaan, koska liike oli liian hidasta. Laitteella peruuttaminen ei ole tällä hetkellä mahdollista hihnakiristimen takia, koska se kiristää hihnaa vain toisesta suunnasta. Voimansiirrossa hihnapyörien kokoa saattaa joutua vaihtamaan löytääkseen sopivan nopeuden laitteelle, mutta aluksi kannattaa testata nykyistä välityssuhdetta ja kuunnella käyttäjien palautetta. Laitte voi hyvinkin toimia uutena markkinoitavana tuotteena. Se on lapsille uudenlainen liikuntaväline, jollaista ei vielä ole markkinoilla.

Lähteet

- 1 Rakennerahastotietopalvelu. Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) rahoittaman projektin kuvaus [verkkotiedote, viitattu 10.2.2011]. Saatavissa: <https://www.eura2007.fi/rrtiepa/projekti.php?projektkoodi=A31052>
- 2 Metropolia Ammattikorkeakoulu. Metrocket [verkkotiedote, viitattu 14.4.2011]. Saatavissa: <http://www.metropolia.fi/tutkimus-ja-kehitys/hankkeet/teollinen-tuotanto/metrocket/>
- 3 Metropolia AMK. Metrocket wiki-sivut. [salattu verkkotietokanta, viitattu 10.5.2011].
- 4 Suomen CP-liitto ry. Vammaryhmät > MMC. [verkkojulkaisu, viitattu 11.3.2011]. Saatavissa: <http://www.cp-liitto.fi/vammaryhmat/mmc>
- 5 Kaipainen, Heini, Ravitsemusalan kuormitettavuuden hallinta ja ergonomiset ratkaisut työhyvinvoinnin lisäämiseksi. Opinnäytetyö. Pirkanmaan ammattikorkeakoulu, Palvelujen tuottamisen ja johtamisen koulutusohjelma. 2009.
- 6 Open Ergonomics. PeopleSize 2008. [verkkojulkaisu, viitattu 15.4.2011]. Saatavissa: <http://www.openerg.com/psz/>
- 7 Kenneth, Waldron - Gary, Kinzel, Kinematics, Dynamics, and Design of Machinery. John Wiley & Sons, Inc. 1999.
- 8 Berghem, Antti, Lasten lääkinällisen apuvälineen tuotekehitys. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikka. Helsinki 2010.
- 9 Mädler GmbH. Angle Joints DIN 71802, Stainless Steel [verkkodokumentti, viitattu 10.5.2011]. Saatavissa: <http://www.maedler.de/Product/1643/1126/1705/1294.aspx>

Alustava projektisuunnitelma



Added by [Juho Mikkola](#), last edited by [Aaro Jalakanen](#) on 15.12.2010

Projektisuunnitelma

Proton valmistus

- Missä?
- Valmiit osat
- Valmistettavat osat

Suunnittelu

- 3D-mallinnus ja työpiirustukset
- Kokoonpantavuus
- Materiaalit
- Sponsorit/rahoitus
- Hintatiedot valmiista osista/materiaaleista
- Mekaniikka
 - Ohjaus
 - Renkaat
 - Ohjausliikkeen välitys
 - Istuin
 - Erillinen kehikko - L-putki keskellä istuinta
 - Kallistus / etureunan nosto
 - Caster 5 deg
 - Voimansiirto
 - Kahvat
 - Liikkeen rajoitus
 - ~50 deg
 - Kiilahiinnavälitys takapyörälle
 - Peruutusmahdollisuus löysäämällä kiilahiinaa
 - Jarrut???
 - Pohjalevy alumiinikennolevystä
 - Katteet
 - Kiinnitys pohjalevyyn?
 - Jalkatuki
 - Kisko
 - Kahva ohjaajalle
 - Yksinkertainen putki? T-putki? Lastenkärrymäinen aisa?
 - Kiinnitys taakse alustan alle
 - Irroitettava

Aikataulu

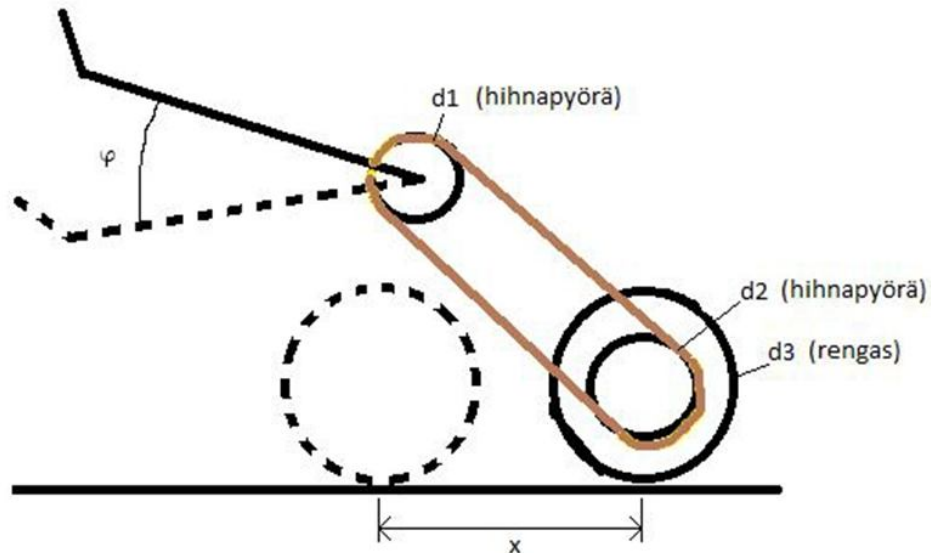
	vko	
Marraskuu	46	Mekaniikka / Materiaalit
	47	
	48	
Joulukuu	49	
	50	
	51	
	52	
Tammikuu	1	3D-mallinnus / Työpiirustukset
	2	Sponsorit / Rahoitus
	3	
	4	
Helmikuu	5	
	6	
	7	
	8	
Maaliskuu	9	Proton valmistus
	10	
	11	
	12	
	13	
Huhtikuu	14	
	15	
	16	
	17	
Toukokuu	18	deadline
	19	
	20	

Lasten mittatiedot

OpenErg-ohjelmiston mittatiedot

	Lyhin 2-vuotias	Keskiarvo 2-vuotias	Pisin 2-vuotias
		0	
Koko pituus	805	880	955
Jalan pituus suora (British boy)	435	495	555
Reiden pituus	234	261,5	289
Säären pituus	150	194	238
Selkäranka (olka istuinkyhmy)	289	322	355
Istumaleveys	162	181,5	201
Jalkapohja	122	137	152
Käden pituus (horizontaalinen otepituus, USA boy 3y, 5y))	348	408	468
Olkavarsi	184	210	236
Kyynärvarsi (USA boy 3y, 5y)	164	198	232
Peukalo-etusormi ympäröite (USA boy 2y, 5y)	17	21	25
Selkäranka miinus olkavarsi	105	112	119
Kämmenen leveys ????	46	52	58
Kämmenen pituus????	87	99	111
	Lyhin 5-vuotias	Keskiarvo 5-vuotias	Pisin 5-vuotias
		0	
Koko pituus	1000	1105	1210
Jalan pituus suora (British boy)	536	649	762
Reiden pituus	303	345	387
Säären pituus	232	269	306
Selkäranka (olka istuinkyhmy)	327	378	429
Istumaleveys	181	211,5	242
Jalkapohja	152	174	196
Käden pituus (horizontaalinen otepituus, USA boy 3y, 5y))	398	468,5	539
Olkavarsi	211	249	287
Kyynärvarsi (USA boy 3y, 5y)	187	219,5	252
Peukalo-etusormi ympäröite (USA boy 2y, 5y)	20	25,5	31
Selkäranka miinus olkavarsi	116	129	142
Kämmenen leveys ????	52	60	68
Kämmenen pituus????	106	124	142

Renkaan liikematkan laskeminen



$$d_1 := 63\text{mm} \quad d_2 := 132\text{mm} \quad d_3 := 200\text{mm}$$

$$i := \frac{d_2}{d_1} = 2.095 \quad \varphi := 50\text{-deg} = 0.873$$

$$\beta := \frac{\varphi}{i} = 23.864\text{-deg} \quad \text{kulma, jonka rengas pyörähtää yhdellä painalluksella kun } d_1 \text{ ja } d_2$$

$$x := \frac{\varphi}{i} \cdot \frac{d_3}{2} = 41.65\text{-mm}$$

matka, jonka rengas siirtyy eteenpäin yhdellä kahvan painalluksella hihnapyörien halkaisijoilla d_1 ja d_2

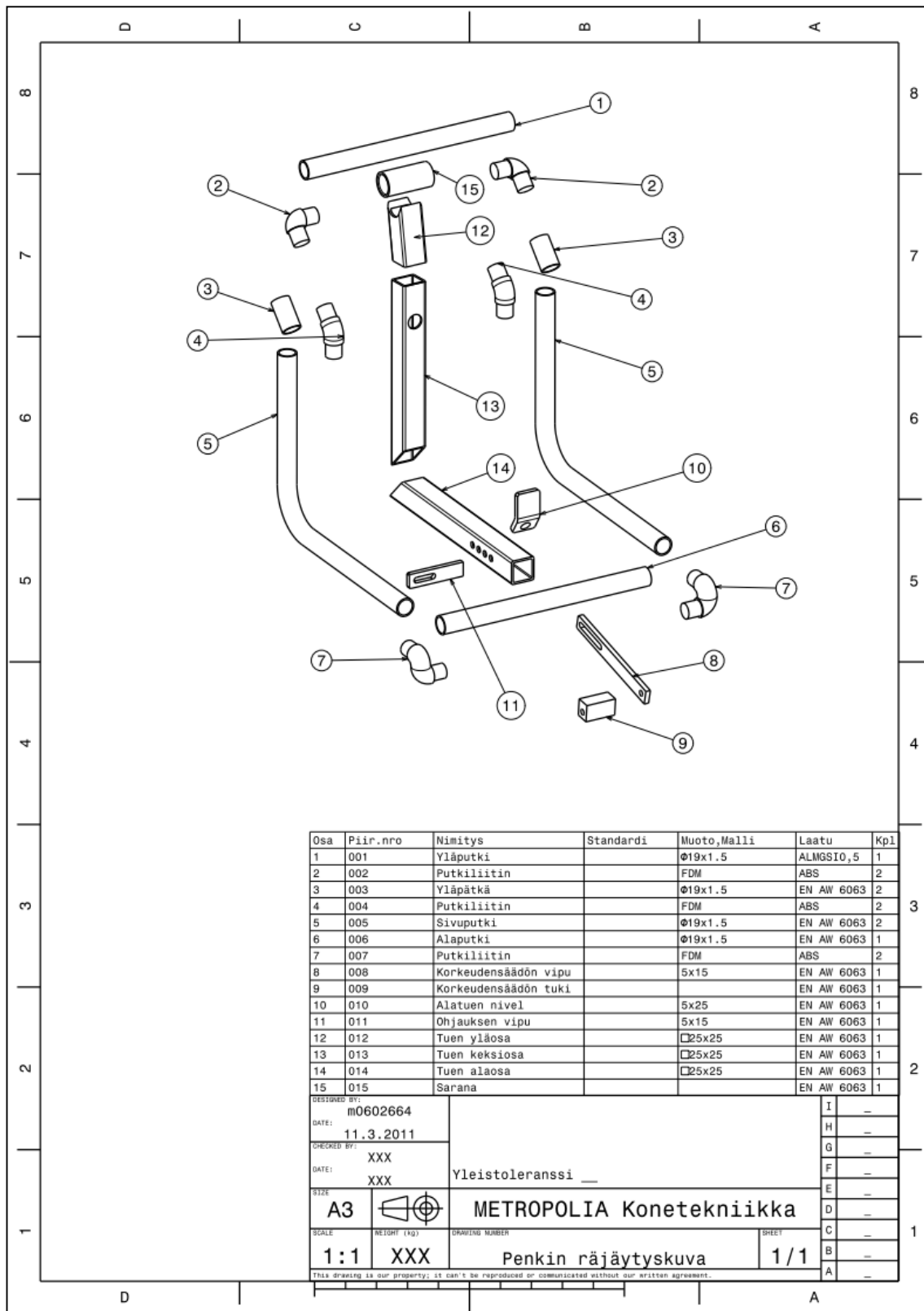
$$d_2 := 63\text{mm} \quad x := \frac{\varphi}{\frac{d_2}{d_1}} \cdot \frac{d_3}{2} = 87.266\text{-mm} \quad \frac{\varphi}{\frac{d_2}{d_1}} = 50\text{-deg}$$

$$d_2 := 90\text{mm} \quad x := \frac{\varphi}{\frac{d_2}{d_1}} \cdot \frac{d_3}{2} = 61.087\text{-mm} \quad \frac{\varphi}{\frac{d_2}{d_1}} = 35\text{-deg}$$

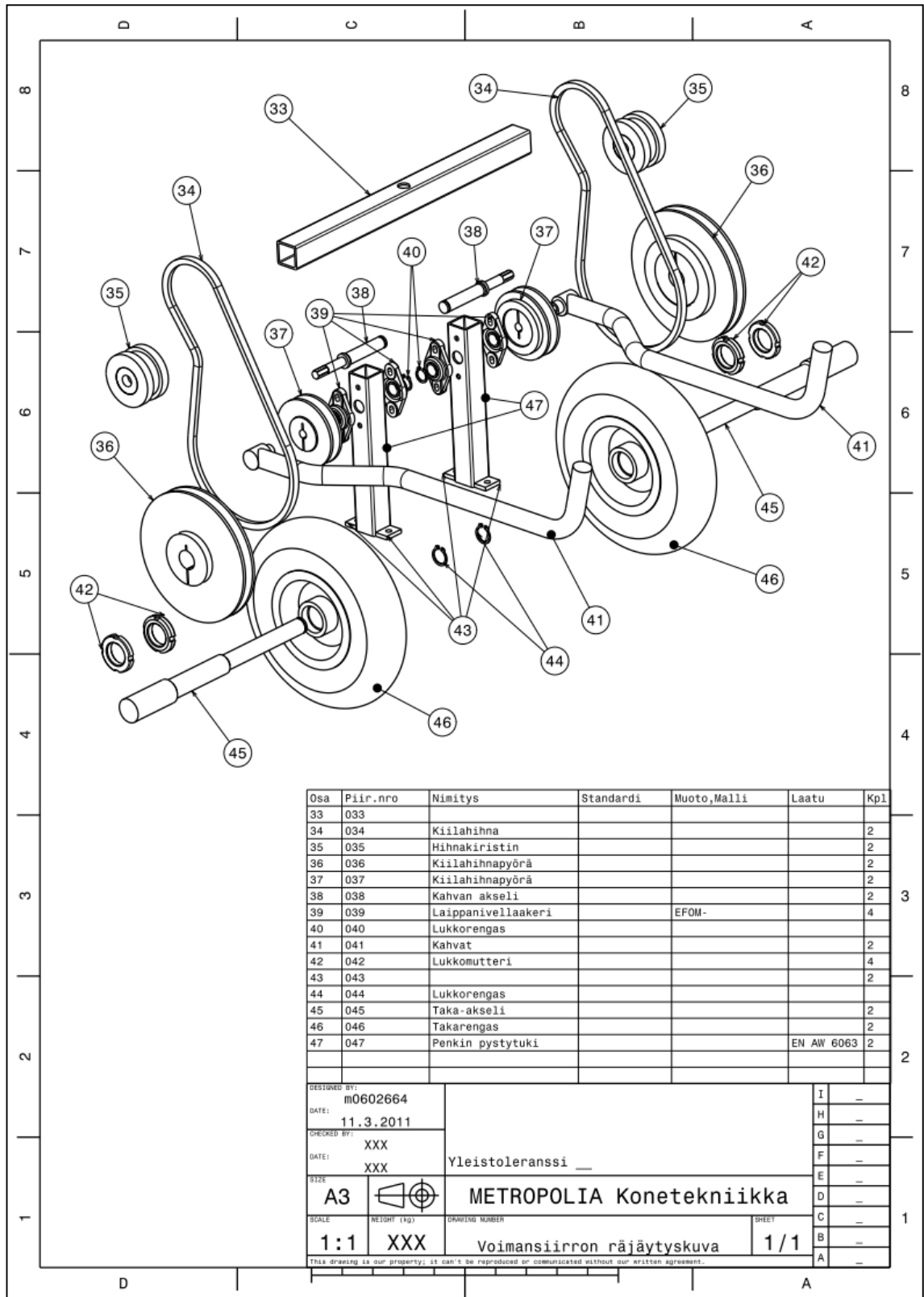
$$d_2 := 100\text{mm} \quad x := \frac{\varphi}{\frac{d_2}{d_1}} \cdot \frac{d_3}{2} = 54.978\text{-mm} \quad \frac{\varphi}{\frac{d_2}{d_1}} = 31.5\text{-deg}$$

$$d_2 := 120\text{mm} \quad x := \frac{\varphi}{\frac{d_2}{d_1}} \cdot \frac{d_3}{2} = 45.815\text{-mm} \quad \frac{\varphi}{\frac{d_2}{d_1}} = 26.25\text{-deg}$$

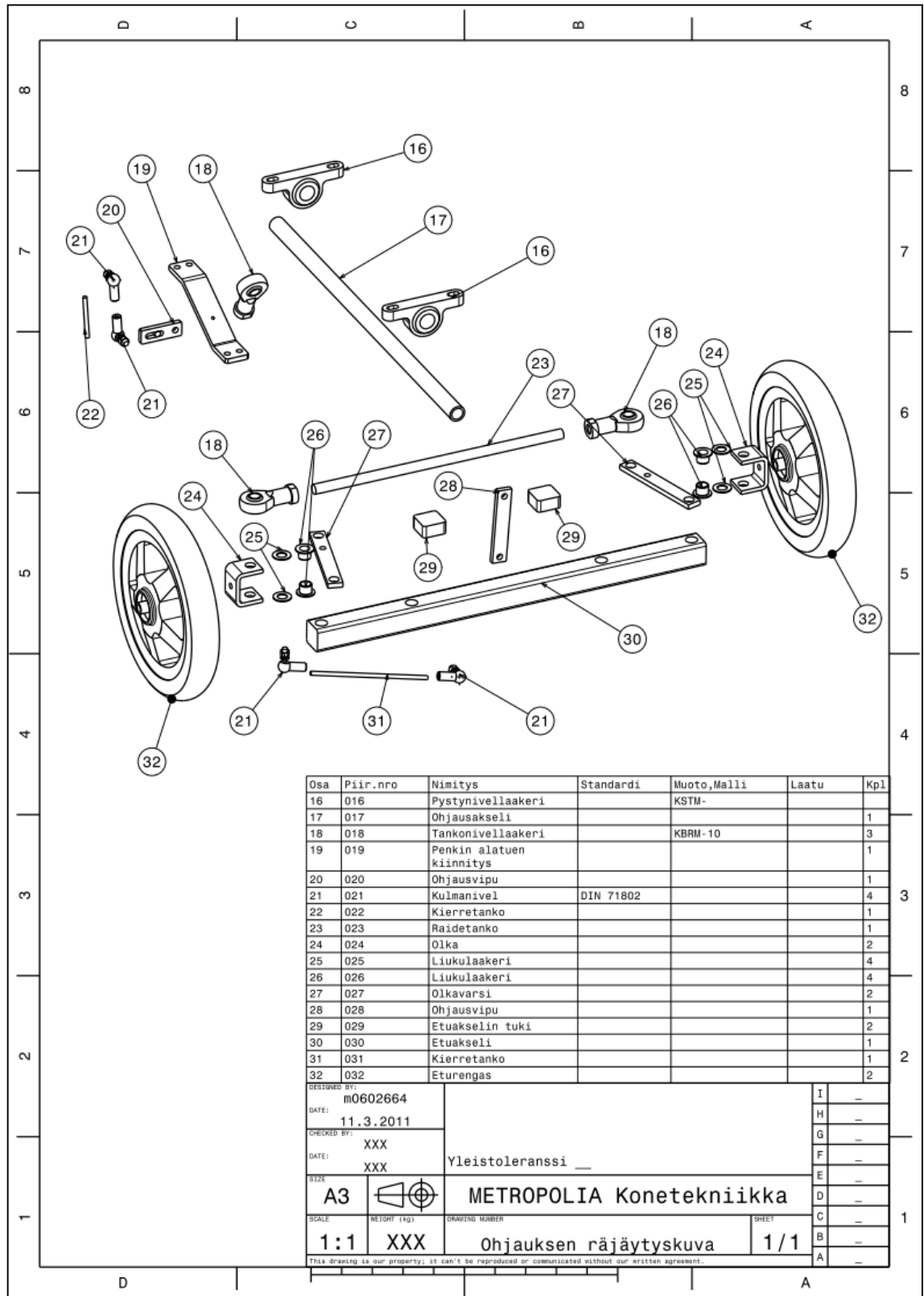
Istuimen räjäytyskuva



Voimansiirron räjäytyskuva



Ohjauksen räjäytyskuva



Ruuviluettelo

Osa		kpl	mihin
ISO 4017 M8x70	Kuusioruuvi	2	Etupyörien kiinnitys
ISO 4017 M10x30	Kuusioruuvi	2	Raidetangon kiinnitys
ISO 4017 M10x30	Kuusioruuvi	1	Penkin akselin etupään kiinnitys
ISO 4017 M10x55	Kuusioruuvi	2	Olkanivelen kiinnitys
ISO 4017 M10x55	Kuusioruuvi	2	Etuakselin kiinnitys
ISO 4017 M6x25	Kuusioruuvi	4	Tukirakenteen kiinnitys
ISO 4017 M6x25	Kuusioruuvi	2	Penkin akselin etupään kiinnityksen lattatuen kiinnitys
ISO 4017 M6x35	Kuusioruuvi	12	Pystynivellaakerien kiinnitys
ISO 4017 M6x40	Kuusioruuvi	4	Hihnakiristimen kiinnitys
ISO 4017 M6x60	Kuusioruuvi	2	Penkin akselin etupään kiinnityksen lattatuen kiinnitys
ISO 4017 M5x50	Kuusioruuvi	4	Laippanivellaakerien kiinnitys
DIN 981 KM5	Lukkomutteri	4	Takapyörien kiinnitys
DIN 471 A12	Lukitusrengas	2	Kahvojen akselien kiinnitys
DIN 471 A16	Lukitusrengas	2	Taka-akselien kiinnitys
DIN 71802	Kulmanivel	5	
Kierretanko M5		300mm	
Kierretanko M10		300mm	

		mm	
Alumiini	Neliöputki 25x25x2	1841	etuakseli, penkin tukirakenteet
S355	Pyörötanko 25mm	500	taka-akselit
S355	Pyörötanko 15mm	200	kahvojen akselit
Alumiini	Pyöröputki 19x1,5	1330	istuimen runko
Alumiini	lattatanko 15x5	1000	ohjauksen osat
Alumiini	lattatanko 25x5	1000	ohjauksen osat, hihnakiristin
S355	Pyörötanko 5mm	165	ohjaus
S355	Pyörötanko 10mm	268	raidetanko
Alumiini	Pyörötanko 16mm	600	ohjausakseli

Osaluettelo

Osa	Muoto / Malli	Määrä	Materiaali	Tila
Pohjalevy	?		Vaneri	Muotoilupuoletta
Etukotelo	?			Muotoilupuoletta
Takakotelo	?			Muotoilupuoletta
Penkin tukiranka	Neliöputki 25x2	501 mm	Alumiini	Valmistettava
Pallonivel				Ostettava
Penkin pystytuki	Neliöputki 25x2	170 mm	Alumiini	Valmistettava
Penkin pystytuki	Neliöputki 25x2	170 mm	Alumiini	Valmistettava
Penkin alatuki	Neliöputki 25x2	240 mm	Alumiini	Valmistettava
Hihnapyörä	132 mm SPZ, 1-ura	2 kpl	DU	Ostettava
Hihnapyörä	63 mm SPZ, 1-ura	2 kpl	DU	Ostettava
Kiilahihna	SPZ 662, 687	2 kpl		Ostettava
Takarenkaan akseli	Tanko 25mm	250 mm		Valmistettava
Takarenkaan akseli	Tanko 25mm	250 mm		Valmistettava
Renkaat	200mm	4 kpl		Ostettava
Kahvojen akseli	Tanko 15mm	100mm		Valmistettava
Kahvojen akseli	Tanko 15mm	100mm		Valmistettava
Kahvat				Vielä epävarma
Räikkäävaimet				Ostettava
Ohjausakseli	Putki 16mm			Valmistettava
Etuakseli	Neliöputki 25 mm	420 mm	Alumiini	Valmistettava
Oika				Valmistettava
Oika				Valmistettava
Eturenkaan akseli	Kuusioruuvi ISO4017 M8*7	2		Ostettava
Olkavarsi				Valmistettava
Olkavarsi				Valmistettava
Raidetanko	Tanko 10 mm			Valmistettava
Ohjaustanko ???				Valmistettava
Penkin alatuen kiinnitys	Lattarauta			Valmistettava
Penkin sarana	putki 24x2	50mm	Alumiini	Valmistettava
Penkin ohjausvipu				Valmistettava
Penkin ohjausvipu				Valmistettava
Pala				Valmistettava
Etuakselin tuki				Valmistettava
Etuakselin tuki				Valmistettava
Liukulaakeri 4 kpl	GTM-0918-015	4		Ostettava
Liukulaakeri 4 kpl	WFM-1012-10	4		Ostettava
Tankonivellaakeri	KBRM-10	3-4 kpl		Ostettava
Penkin korkeuden säätö				Valmistettava
Penkin korkeus tuki				Valmistettava
Penkin osat ???	Putki 20x2	1330 mm	Alumiini	Valmistettava
Penkin kulmapalat	FDM		ABS	Valmistettava
Hihnakiristin 2 kpl	Spann-box			Ostettava
Laippanivellaakeri	EFOM-12	4		Ostettava
Pystynivellaakeri	KSTM-16	6		Ostettava
Kiilahihna 2 kpl	SPZ 750			Ostettava
Lukkorengas	DIN471 A12	2		Ostettava
Lukkorengas	DIN471 A16	2		Ostettava
Lukkomutteri	DIN981 KM5	4		Ostettava
Jarrut				Vielä epävarma
Turvavyö				Vielä epävarma
Penkin kangas				Vielä epävarma
Jalkatuki				Vielä epävarma

Kiilahihnan pituuden mitoitus

Kentso Oy Laakerit ja osat -valmistus ja -asennus | Suomalainen

http://www.kentso.fi/index.php/Hihnalaskuri.html

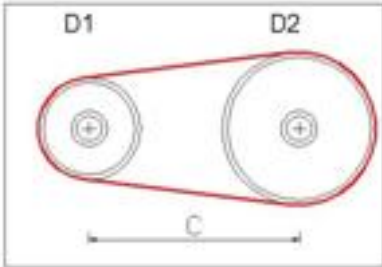
Most Valued | Getting Started | Latest Headlines

This site is SAFE | NoPopUp

Muokkaa - ohje - Määrittäminen - Kentso Oy Laakerit ja osat - valmistus ja -asennus

Kentso Hihnalaskuri

Hihnalaskuri



Hihnan pituus = 525,8

Oike