

Ville Tuovinen

Pyöräntuennan tilatarkastelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinööriytyö

4.9.2014

Tekijä(t) Otsikko	Ville Tuovinen Pyöräntuennan tilatarkastelu
Sivumäärä Aika	19 sivua + 11 liitettä 4.9.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotetekniikka
Ohjaaja(t)	Tuntiopettaja Pasi Oikarinen Tuotekehityspäällikkö Juha Pääskyvuori, Patria Land Systems
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa Patria Land Systemsin AMV-miehistönkuljetusvaunun pyöräntuennan kuvaava malli ja tutkia erilaisten pyöräntuennan muutosten vaikutusta pyöräntuennan vaatimaan tilaan ja vaunun ajettavuuteen. Näin pyritään löytämään ratkaisu, joka pienentää pyöräntuennan vaatimaa tilaa ja mahdollistaa sisätilojen laajentamisen, etenkin jousielementtien yläpäiden kiinnitysten kohdalta.</p> <p>AMV:n pyöräntuennasta luotiinonnistuneesti helppokäyttöinen ja hyvin pyöräntuennan kuvaava malli ja siihen tehtiin muutoksia, joiden vaikutukset pyöräntuennan kinematiikkaankirjattiin taulukoihin. Taulukoistaladittiin piirustukset ja muutosten vaikutusta vaunun ajettavuuteen analysoitiin.</p> <p>Mahdollisista muutoksista ja niiden vaikutuksista on esitetty taulukot työntilaaajalle ja niistä on keskusteltu. Muutosten vaikutuksia tarkastellessa tuli ilmi, että pelkällä ylätukivarren venyttämällä saadaan halutun kaltaisia vaikutuksia pyöräntuennan tilavaatimukseen, mutta vaunun ajettavuus kärsii, joten ylätukivarren pidentäminen ja sen korin puoleisen laakeroinnin siirtäminen sisäänpäinsaman verran, kuin sitä on pidennetty on parempi vaihtoehto.</p>	
Avainsanat	pyöräntuenta, 3D-mallintaminen

Author(s) Title	Ville Tuovinen Chassis space requirement analysis
Number of Pages Date	19 pages + 11 appendices 4.9.2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Desing
Instructor(s)	Pasi Oikarinen, Lecturer Juha Pääskyvuori, Product Development Manager
<p>Intention of this thesis is to create a model of Patria Land Systems AMV-croup transportation vehicles chassis. And to study the effect of changes in dimensions in the drivability of the vehicle and the space requirements of the chassis. Ways to increase the space needed by the chassis and to allow increasing the space inside the vehicle, especially from where the upper mounting point of the spring element is, were searched by changing the dimensions of the chassis.</p> <p>A useful model of the AMV's chassis was successfully created. Changes in dimensions were made to the model. Effects of those changes in the kinematics of the vehicle were tabled and then analyzed.</p> <p>Possible changes in the geometry of the chassis were presented to the subscriber of this thesis. When analyzing the effect of the changes in the chassis geometry it came clear, that by only increasing the length of the upper wishbone it is possible to get better results in the need of the space for the chassis, but those will affect the drivability of the vehicle dramatically. So better way to do this is to move the inner bearing of the upper wishbone inwards and at the same time increase the length of the wishbone.</p>	
Keywords	

Sisälllys

Lyhenteet

1	Johdanto	2
2	Tehtävä	2
2.1	Tukivarsien nivelpisteiden muuttaminen leveyssuunnassa	2
2.2	Suurempi rengaskoko	4
2.3	Muut nivelpisteiden muutokset	4
3	Tehtävien käsittely	4
3.1	Menetelmät	4
3.2	Työn kulku	4
3.3	Tulokset ja tulosten tarkastelu	9
4	Yhteenveto	20
	Lähteet	22

Liitteet

- Liite 1. D041101-0 kokoonpanopiirros (vain työn tilaajan käyttöön)
- Liite 2. Liitteen nimi (vain työn tilaajan käyttöön)
- Liite 3. Vaunun rungon mittapiirroksset (vain työn tilaajan käyttöön)
- Liite 4. Ohjausvarren mittapiirros (vain työn tilaajan käyttöön)
- Liite 5. Pyörännavan mittapiirros (vain työn tilaajan käyttöön)
- Liite 6. Vanteen mittapiirros (vain työn tilaajan käyttöön)
- Liite 7. Renkaan mittapiirros (vain työn tilaajan käyttöön)
- Liite 8. Raidetangon mittapiirros (vain työn tilaajan käyttöön)
- Liite 9. Ohjausvivun mittapiirros (vain työn tilaajan käyttöön)
- Liite 10. Ohjausvivun laakeroinnin mittapiirros (vain työn tilaajan käyttöön)
- Liite 11. Mittapiirros kääntövivusta (vain työn tilaajan käyttöön)
- Liite 12. Mittapiirros jousielementistä (vain työn tilaajan käyttöön)

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Patria Land Systemsin kanssa. Patria Land Systems keskittyy ajoneuvojen ja asejärjestelmien markkinointiin, myyntiin, projektinjohtoon, strategiseen hankintatoimintaan ja tuotekehitykseen. Asiakkaita ovat puolustusvoimat Suomessa ja ulkomailla. Patria on keskiraskaiden panssaroitujen pyöräajoneuvojen (Patria AMV) johtava toimittaja Euroopassa. Land Systems - liiketoiminnan toimipaikkoja ovat Hämeenlinna, Sastamala ja Tampere. [1]

Työn tarkoituksena on tarkastella panssaroidun pyöräajoneuvon Patria AMV (Armoured modular vehicle) pyöräntuennan vaatimaa tilaa. Pyöräntuennan jousto- ja ohjausliikkeiden aikana vaatima tila määrittää ajoneuvon korille ja pyörälle sekä muulle varustelulle käytettävissä olevan tilan. Edelleen korin ulkomitat pyörän ympäristössä määrittävät ajoneuvon sisätilavuutta.

Tilantarkastelun pyrkimyksenä on löytää rakenteen mitoitusta muuttamalla tilankäytön kannalta edullisempi ratkaisu jo tuotannossa olevan ajoneuvonpyöräntuennan lujuuutta tai toimintaa heikentämättä ja näin saada aikaan enemmän tilaa ajoneuvon sisustaan. Työhön on kuulunut vain työntilaajan käyttöön tarkoitettua materiaalia, mitä ei ole opinnäytetyön tässä versiossa.

2 Tehtävä

Pyöräntuennalle pyrittiin löytämään vähemmän tilaa vievä mitoitus tutkimalla jo olemassa olevan pyöräntuennan tilan tarpeen muutosta muuttamalla sitä seuraavien kappaleiden kuvaamalla tavoilla.

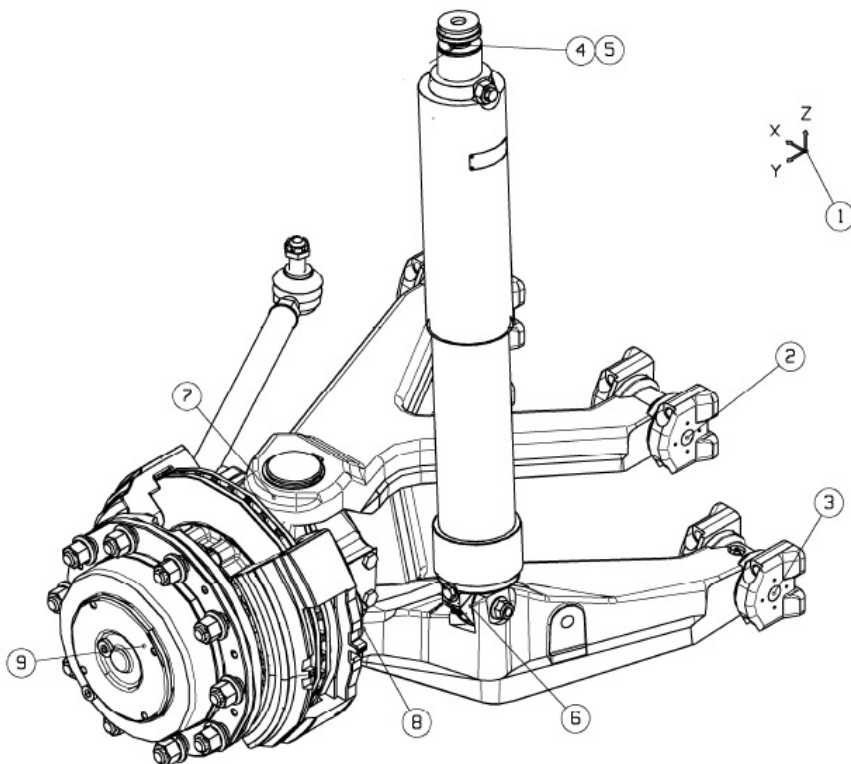
2.1 Tukivarsien nivelpisteiden muuttaminen leveyssuunnassa

Tehtävänä oli tukivarsien mitoitusta muuttamalla hakea ratkaisu korin sisätilan leveyden kasvattamiseksi jousielementin kohdalla. Myös ns. lokasuojien keskinäisen sisäleveyden muutosmahdollisuus, erityisesti ohjaavilla akseleilla tuli määrittää. Tukivarsien mitoitusta voitiin muuttaa kuvassa 1 esitetyissä pisteissä 2 ja 3 niin, että nivel siirtyy Y-koordinaatin suunnassa, eli ajoneuvon leveyssuunnassa. Tämä tuli tehdä käytössä olevalla rengaskoolla 14R20.

Sisäleveyden lisäksi muutosten vaikutusta seuraaviin tekijöihin tuli analysoida:

- muutosten vaikutus tukivarsien kuormitukseen
- muutosten vaikutus raideleveyteen jousituksen eri asennoissa pyörän ja maan kosketuskohdassa
- muutosten vaikutus pyörän asentoon suhteessa koriin ja pyörän lyhin etäisyys jousielementin pintaan, poikkeama pystytasosta olettaen, että kori on vaakasuorassa
- muutosten vaikutus pyörän asentoon suhteessa maan pintaan, poikkeama pystytasosta olettaen, että kori on vaakasuorassa
- ääriasentoon käännetyn pyörän vaatima tila

Edellämainittujen muutosten pohjalta tuli arvioida ajokäytöksen muutosta eri ajotilanteissa tiellä ja maastossa.



Kuva 1. Patrian toimittama kuva pyöräntuennasta

2.2 Suurempi rengaskoko

Edellämainitut tarkastelut tuli tehdä myös vaihtoehtoisella rengaskoolla 16R20. Tälle rengaskoole tuli määrittää optimivanteen offset. 14R20-renkaalla on käytössä 90 mm:n offset. Rengaskoon kasvattamiseen liittyen tuli määrittää vähintään tarvittava akselivälin muutos nykyiseen rakenteeseen verrattuna.

2.3 Muut nivelpisteiden muutokset

Muut mahdolliset nivelpisteiden muutokset sisätilavuuden kasvattamiseksi tuli selvittää ja arvioida niiden toteutettavuutta.

3 Tehtävien käsittely

Tehtävien käsittely suoritettiin itsenäisenä työskentelynä kotona ja ammattikorkeakoulu Metropolian tiloissa, lisäksi työn etenemistä seurattiin muutaman kuukauden välein pidetyissä palavereissa ja siitä raportoitiiin suoraan Patrian tuotekehityspäällikölle Juha Pääskyvuorelle.

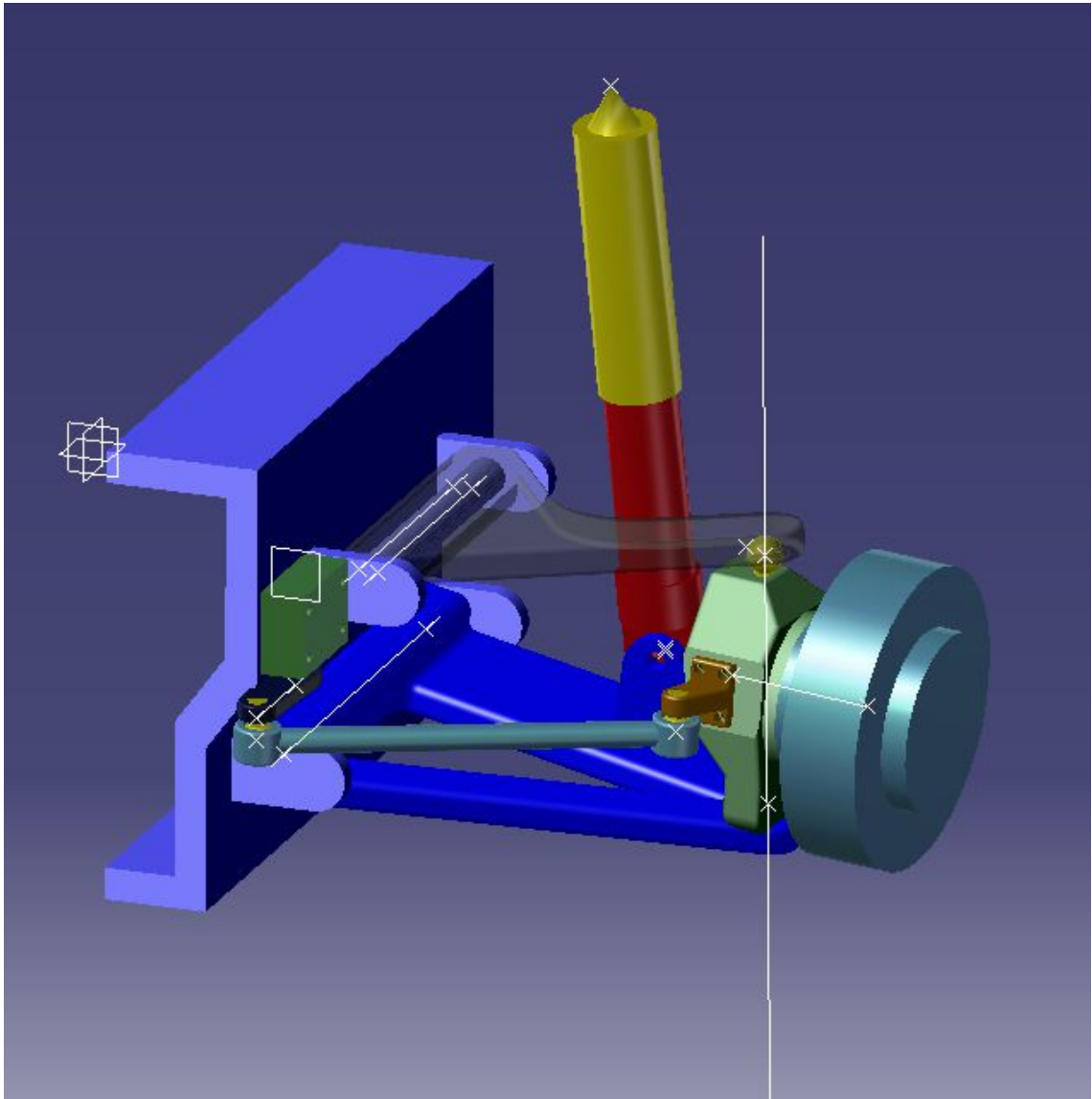
3.1 Menetelmät

Työn toteutusmenetelminä käytettiin erilaisia 3D-mallinnuksen keinoja. Käytettäviä ohjelmistoja olivat Adams ja Catia. Lisäksi tulosten taulukointiin ja tarkasteluun käytettiin Excel-tilukkolaskentaohjelmaa.

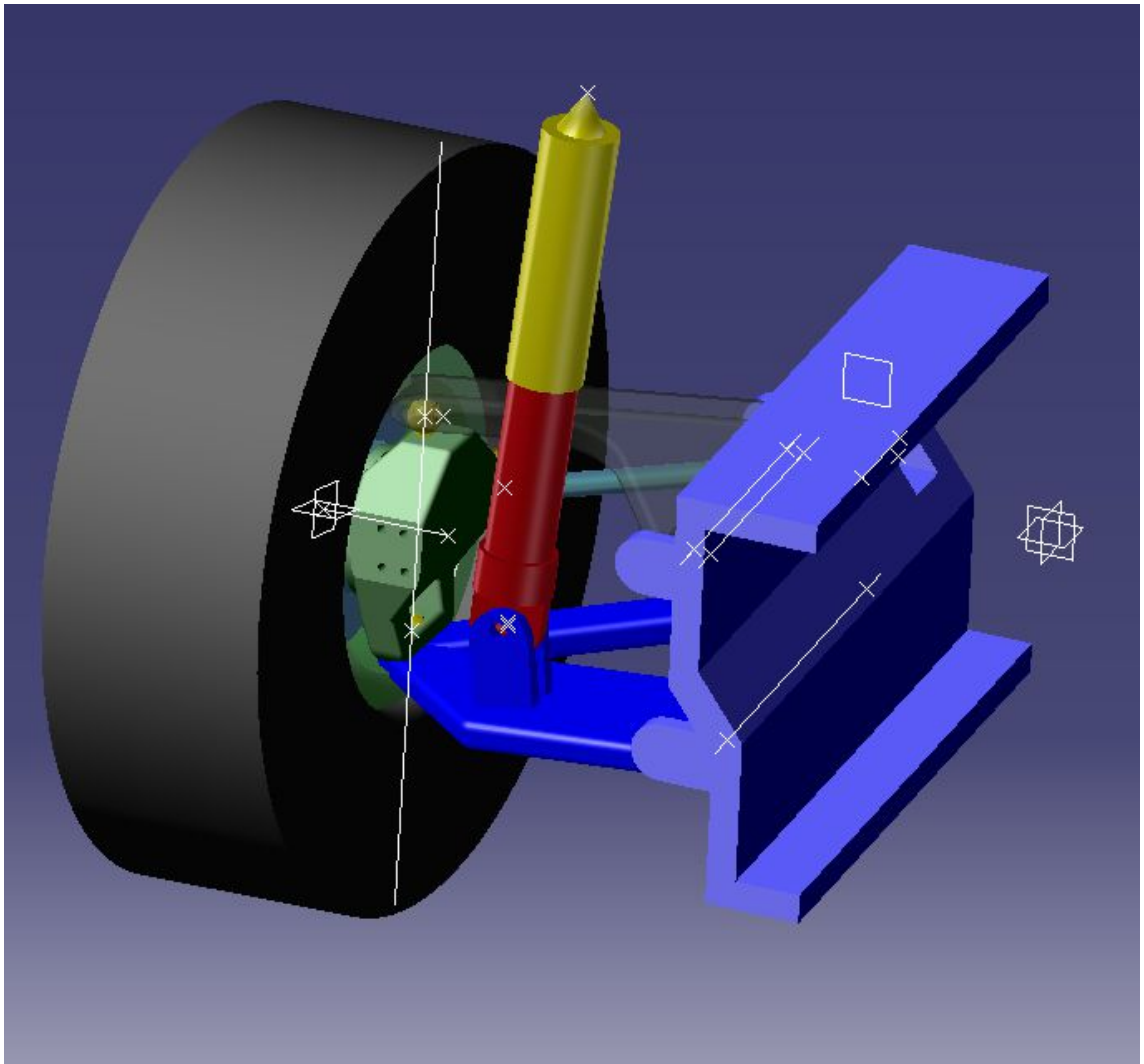
3.2 Työn kulku

Insinööriyön aloituskokous pidettiin Patrian tehtaalla Hämeenlinnassa 29.11.2013. Tällöin sovittiin alustan mallintamiseen ja simuloimiseen käytettävän Adams-simulointiohjelmaa, koska sen on Patrialla yleisessä käytössä. Koska edellä mainitun ohjelmiston käytöstä ei ollut juurikaan kokemusta, todettiin sen käytön opetteleminen käytettävissä olevan ajan puitteissa liian työlääksi. 26.3.2014 Patrian tehtaalla Hämeenlinnassa pidetyssä kokouksessa päädyttiin käyttämään insinööriyön tekijälle tutumpaa Catia 3D-mallinnusohjelmaa.

Itse mallinnus tehtiin Patrian vaunusta toimittamien teknisten piirrosten perusteella. Itse malli, joka on esitetty kuvissa 2 ja 3, ei vastaa ulkonäöltään ja muotoilultaan täysin vaunun alkuperäistä mitoitusta, mutta kaikki nivel- ja kiinnityspisteet on mallinnettu tarkasti alkuperäisten kuvien mitoitusta noudattaen.



Kuva 2. 3D-malli pyöräntuennasta ilman rengasta ja vannetta.



Kuva 3. Pyöräntuenta kuvattuna takaapäin.

Kokoonpanon luonnissa oli erityisen tärkeää, että malli on liikuteltavissa jäljitellen oikean pyörän joustoliikettä. Muutettavia mittoja luodussa mallissa on jousielementin pituus ja pyörän kääntökulma. Lisäksi malli kertoo kullakin jouston määrällä pyörän camber-kulman, olka-akselilinjan kulman koriin nähden ja pyörän lyhimmän etäisyyden jousielementtiin. Mallista on myös mitattavissa pyörän keskipisteen etäisyys koriin Y- ja Z-akseleiden suhteen. Näistä mitoista pystyttiin määrittämään pyörän keskipisteenliikettä jouston aikana vertaamalla mallista eri joustomäärillä mitattuja arvoja suurimman ulosjouston arvoon. Malli on myös luotu niin, että ylä- ja alatukivarsien kiinnityspisteitä on helppo muuttaa Y-akselin suunnassa, myös tukivarsien mallinnuksessa otettiin huomioon, että niiden pituutta on helppo muuttaa

tarvittaessa. Näin päästään helposti vertailemaan tukivarsien kiinnityspisteiden ja tukivarsien pituuden muutosten vaikutusta pyörän liikkeeseen jouston aikana.

Pyöräntuennan mallintaminen aloitettiin sijoittamalla Patrian toimittamasta kokoonpanopiirroksista pisteet jousielementin ylä- ja alakiinnityspiste etu- ja taka-akseleilla, alatukivarren pallonivelen keskipiste, ylätukivarren pallonivelen keskipiste ja pyörän keskipiste sekä ylä- ja alatukivarren korinpuoleisen nivellinjan sijainnista viivat avaruuteen. Näin saatiin 3D-mallille pohja, johon lopullisen kokoonpanon osat pystyttiin sitomaan.

Tukivarsista ei ollut saatavilla konepiirroksia, joten niiden mitoitus jouduttiin pääättelemään edellä mainitusta kokoonpanopiirroksista ja työntilaajan toimittamista vaunun rungon mittapiirroksista. Tämä oli mahdollista koska tiedossa oli tukivarsien ulkopäiden osalta pallonivelen keskipiste ja runkoa kuvaavista piirroksista kiinnityspisteiden leveys, sekä kokoonpanopiirroksista laakeroinninsijainti avaruudessa. Tukivarret mallinnettiin niin, että niiden pituutta olisi mahdollisimman helppo muuttaa. Tämä saatiin aikaan sitomalla tukivarsien mallien kaikki elementit tukivarren pituusmittaan.

Runkoa mallinnettiin käyttämällä Catian osan mallinnustyökaluja tarvittavan mittainen osio niin, että yhden pyöräntuennan mahtui siihen kiinnittämään. Rungon malliin tehtiin reikiä oikeata runkoa vastaaviin pisteisiin. Tämä helpotti osien kohdistamista toisiinsa lopullisessa pyöräntuennan mallissa. Runkoon mallinnettiin myös akselit joiden ympäri tukivarret on laakeroitu.

Olkavarresta oli saatavilla tarkka piirros, mistä käy ilmi ohjausvarren kiinnityspiste, palloniveliä kiinnityspisteet ja pyörän navan kiinnityspisteet. Edellämainittujen osien mitoitusta ei tarvinnut muuttaa pyöräntuennan tutkimisen aikana, joten niistä luotiin vain yksinkertaiset kiinteät mallit. Pyörän navasta, vanteesta ja renkaasta tehtiin yksinkertaiset pyörähdyskappaleet alkuperäisten mittojen mukaan. Näiden osien lisäksi tarvittiin vielä mallit raidetangosta, ohjausvivusta, sen laakeroinnista runkoon, pallonivelistä ja kääntövivusta. Pallonivelistä ei ollut saatavilla piirrosta, joten niitä kuvaamaan luotiin mielivaltaisesti mitoitettu pyörähdyskappale, jossa on toisessa päässä pallo jonka kylkeen on kiinnitetty lieriö kuvaamaan kierrettä.

Viimeisenä osana kokoonpanoon luotiin malli jousielementistä. Jousielementin mallin oli oltava sellainen, että sen pituutta pystyy muuttamaan. Tämä toteutettiin mallintamalla kaksi sylinterin mallista kappaletta, jotka mahtuvat liikkumaan sisäkkäin

ja joiden kummankin päässä on kiinnityspisteet kuvaamassa jousielementin ylä- ja alakiinnityspisteitä. Näiden mallien mitoitus tehtiin jousielementistä saadun mittapiirroksen perusteella. Jousielementin sisäkkäiset osat on korostettu kuvassa 2 keltaisella ja punaisella värillä.

Kun tarvittavat osat oli mallinnettu, tehtiin niistä kokoonpano. Kokoonpanon luominen aloitettiin laakeroimallatukivarret runkoon, niille tarkoitetuille paikoille. Tämän jälkeen tukivarret liitettiin pallonivelillä olkavarteen niin, että ne pääsevät liikkumaan, kuin oikeat pallonivelet. Pyörän napa, vanne ja rengas kiinnitettiin olkavarteen kiinteästi, koska niiden on liikuttava olkavarren mukana mallia liikuttaessa. Myös kääntövipu kiinnitettiin olkavarteen kiinteästi. Kääntövipu saatiin kohdistettua ja sidottua paikalleen siihen ja olkavarteen mallinnettujen mittapiirroksista kopioitujen reikien avulla. Raidetanko kiinnitettiin ulkopäästään kääntövipuun ja sisäpäästään ohjausvipuun pallonivelillä. Ohjausvipu kiinnitettiin kääntöakselistaan runkoon kiinnitettyyn laakerointiinsa.

Kaikkien osien löydettyään paikkansa mallista luotiin siihen vielä muutama sidos, joita mallin käyttäjä pystyi itse muuttamaan. Näitä olivat jousielementin pituuden ja ohjauskulman säätö. Jousielementin pituuden määrittäminen toteutettiin käyttäjän säädettävissä olevalla jousielementin sisemmän osan yläpäähän ja ulomman osan sisäpinnan ylälaidan etäisyydellä. Ohjauskulman säätö toteutettiin sitomalla ohjausvipu runkoon mallin käyttäjän määritettävissä olevalla kulmalla.

Mallin oltua valmis niin, että sitä pystyi liikuttelemaan sitä käyttävän henkilön haluamaan asentoon, luotiin siihen vielä muutama mallin mukana muuttuva mitta taulukointia varten.

Mallin luomisen jälkeen aloitettiin pyörän joustoliikkeen tarkastelu pyöräntuennan vakiomitoituksella vertailukohdan saamiseksi alustan muutosten vaikutukseen. Taulukointi aloitettiin jousielementin suurimmasta ulosjoustosta ja arvot kirjattiin ylös 15mm:n sisäänjouston välein. Etu- ja taka-akseleille tehtiin kummallekin omat taulukot, koska niiden mitoitus eroaa jousielementin yläpäähän kiinnityksen osalta hieman toisistaan.

Kun edellämainitut taulukot oli tehty, tutkittiin tilannetta, jossa ylätukivarren korin puoleista laakerointiaon siirretty 15mm ulospäin niin, että tukivarren pituus pysyy samanaja tulokset koottiin taulukkoon. Myös tämä tehtiin etu- ja taka-akseleiden malleille erikseen. Nyt tosin tarkasteltavien sisäänjoustojen väli oli 30mm, koska

jouston aikana pyörän liikkeessä ei havaittu tapahtuvan merkittäviä muutoksia, mitkä vaikuttaisivat taulukoista piirrettyjen kuvaajien tarkkuuteen. Seuraava mittaus tehtiin, kun ylätukivarren korinpuoleista laakerointia oli siirretty 30mm ulospäin ja mitta-arvot taulukoitiin 30mm:n sisäänjouston välein. Myöhemmin työn tilaaja ilmoitti suunnitelleensa tukivarsien laakeroinninnuudelleen niin, että ylätukivarren korin puoleista laakerointiapystytään siirtämään 25mm sisäänpäin. Myös tämä vaihtoehto tutkittiin samalla kasvattaen ylätukivarren pituutta 25mm. Lisäksi tutkittiin vaihtoehtoa, missä ylätukivarren pituutta on kasvatettu 30 mm ja ylätukivarren korinpuoleista laakerointia on siirretty 25 mm sisäänpäin. Alatukivarren mitoituksen muuttamista pyörän liikkeeseen jouston aikana ei tutkittu. Myöskään etupyörien vaatimaa tilaa ääriasetoihinsa käännettyinä ei tutkittu, koska tietoa etupyörien kääntökulmista ei ollut saatavilla.

Mallista tutkittiin siis seuraavat tapaukset:

- Tapaus missä ylätukivarren korinpuoleista laakerointia on siirretty 15 mm ulospäin, kasvattamatta ylätukivarren pituutta.
- Tapaus missä ylätukivarren korinpuoleista laakerointia on siirretty 30 mm ulospäin, kasvattamatta ylätukivarren pituutta.
- Tapaus missä ylätukivarren korinpuoleista laakerointia on siirretty 25 mm sisäänpäin ja ylätukivarren pituutta on kasvatettu 25 mm.
- Tapaus missä ylätukivarren korinpuoleista laakerointia on siirretty 25 mm sisäänpäin ja ylätukivarren pituutta on kasvatettu 30 mm.

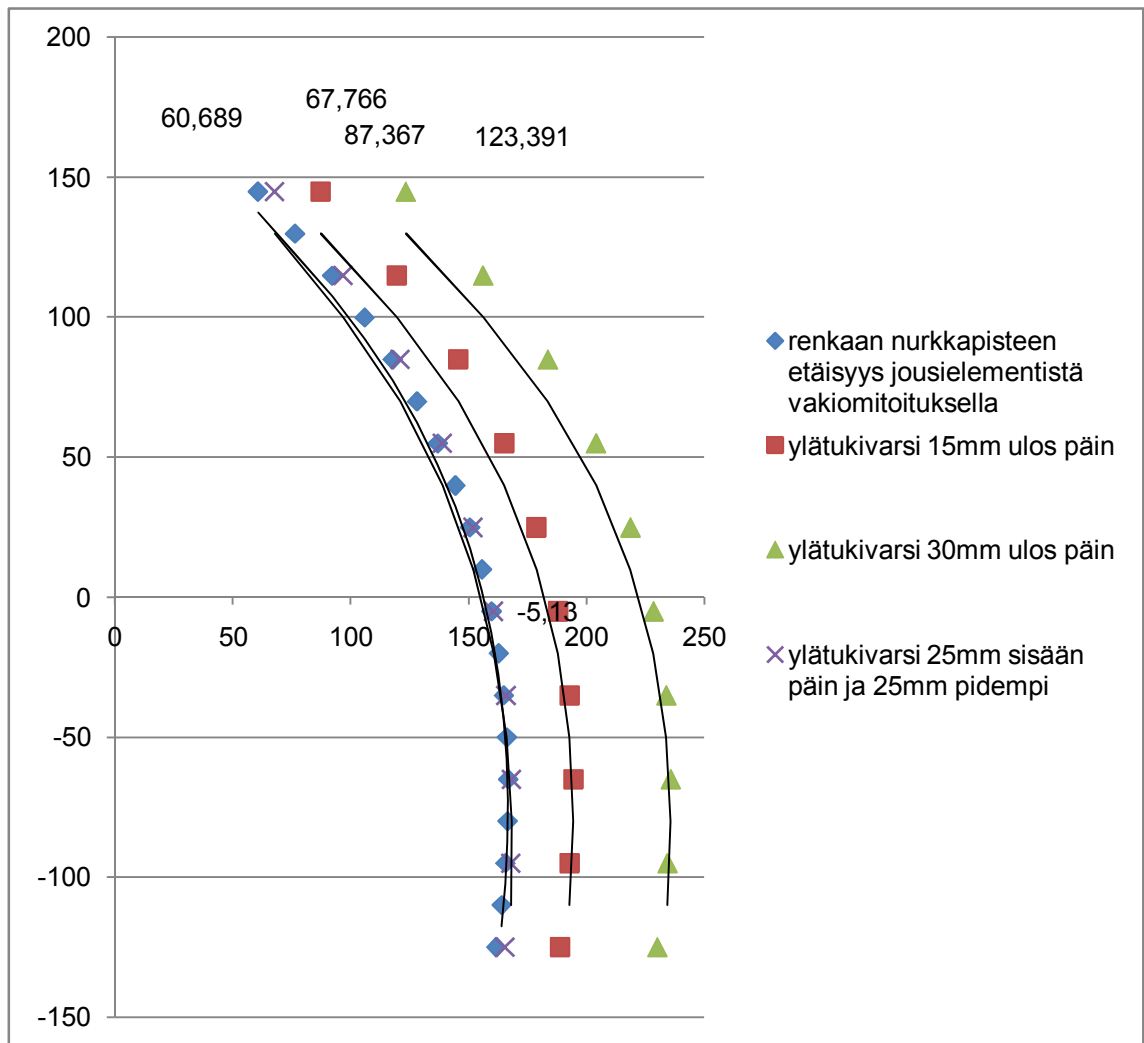
Luvussa 2.2 mainitun isomman pyörän vaatima tila selvitettiin yksinkertaisesti laskemalla, kuinka paljon 16R20-kokoinen rengas on 14R20-kokoista rengasta suurempi.

3.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

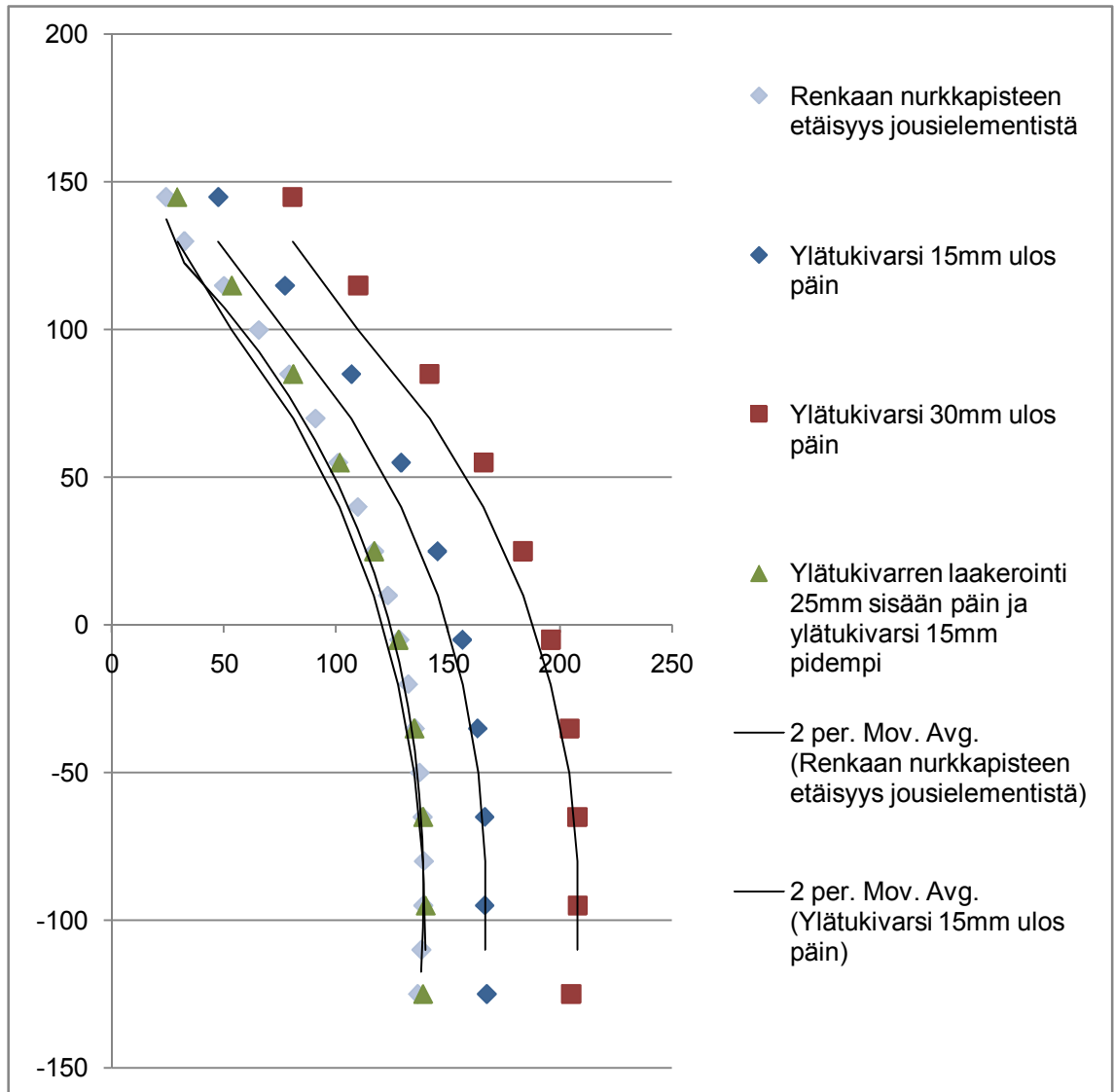
Alustamallista saadut tulokset koottiin taulukkoon ja niistä piirrettiin taulukkolaskentaohjelmalla seuraavat kuvat. Kuvat on järjestetty alle niin, että ensimmäiset kuvat kuvaavat pyörän nurkkapisteen lyhintä etäisyyttä jousielementtiin. Toiset kuvat kuvaavat olka-akseliilinjan muutosta jouston suhteen. Kolmannet kuvat kuvaavat camber-kulman muutosta jouston aikana ja neljännet kuvat esittävät kahden lupaavimman tapaukseen mittauksia verrattuna pyöräntuennan alkuperäiseen mitoitukseen, eli tapauksia joissa ylätukivarren korinpuoleista laakerointia on siirretty 25 mm sisäänpäin ja ylätukivarren pituutta kasvatettu 25 mm ja 30 mm. Kuvissa Y-

akselilla nolla tarkoittaa jousituksen nimellisasettoa, positiiviset arvot sisäänjoustoja ja negatiiviset arvot ulosjoustoja. X-akselilla kuvataan kulloinkin tarkasteltavan arvон muutosta. Taulukoista saatujen kuvien perusteella pystyttiin päättämään kulloisenkin muutoksen vaikutusta vaunun ajokäyttäytymiseen ja muutosten järkevyyttä. Joustoliikkeen pituudessa ei ole otettu huomioon pohjaanlyöntikumien vaikutusta jouston loppuun vaan kaikki mittaukset ja kuvat on tehty niin, että jousielementti pääsee liikkumaan suurimmasta pituudestaan pienimpään pituuteensa vapaasti.

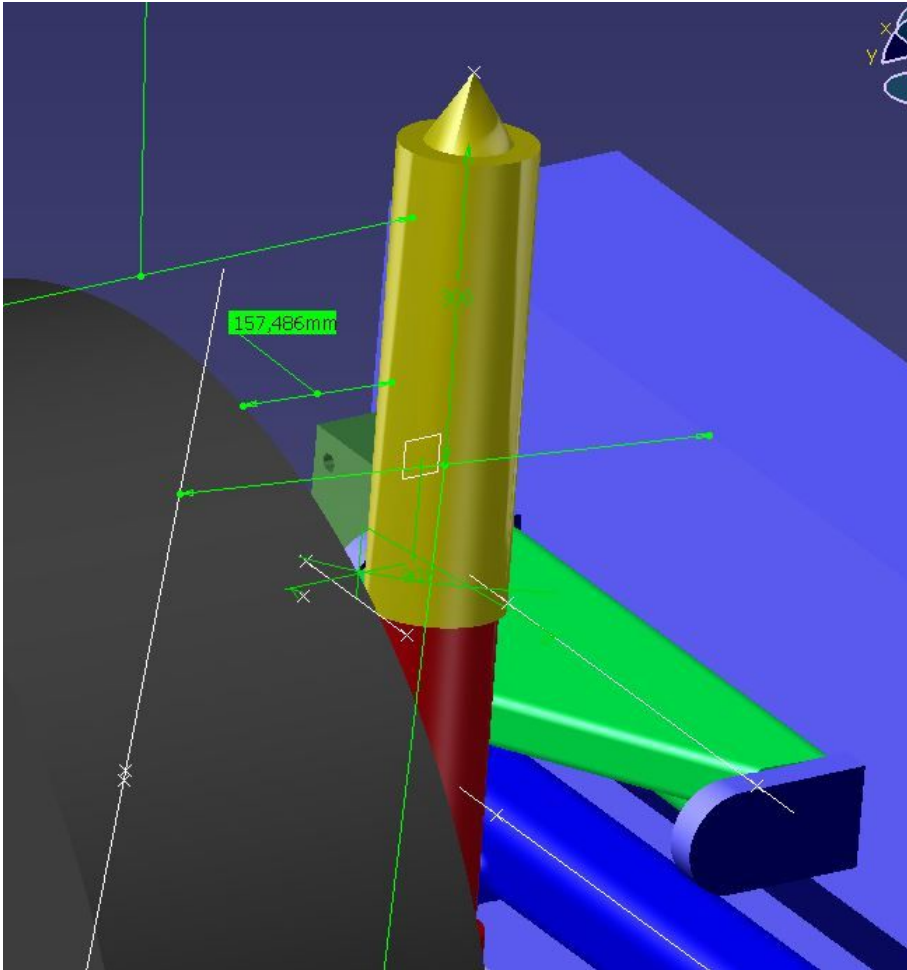
Tarkastellaan tuloksia yksi alustasta mitattu arvo kerrallaan. Etu- ja taka-akseliston tapauksessa kuvista 4 ja 5 huomataan, että pelkkä ylätukivarren siirtäminen ulospäin kasvattaa renkaan nurkkapisteen ja jousielementin välistä etäisyyttä huomattavasti. Tämä mahdollistaisi jousielementin yläpäähän kiinnityspisteen siirtämisen ulospäin, mikä parantaisi vaunun sisätilojen käytettävyyttä ja mukavuutta merkittävästi. Kun ylätukivarren korinpuoleista laakerointia siirretään sisäänpäin 25mm ja ylätukivarren pituutta kasvatetaan 25mm, ei kasvu pyörän nurkkapisteen ja jousielementin välisessä matkassa ole kovinkaan merkittävä, vain 5mm etu- ja 7mm taka-akselilla. Muissa tapauksissa se on etuakselilla 23mm tai 55mm ja taka-akselilla 27mm tai 63mm riippuen siitä, onko ylätukivartta siirretty ulospäin 15mm vai 30mm. Kuva 6 havainnollistaa pyörän nurkkapisteen ja jousielementin välisen etäisyyden mittausta.



Kuva 4. Renkaan nurkkapisteen etäisyys jousielementistä jouston aikana etuakseleilla



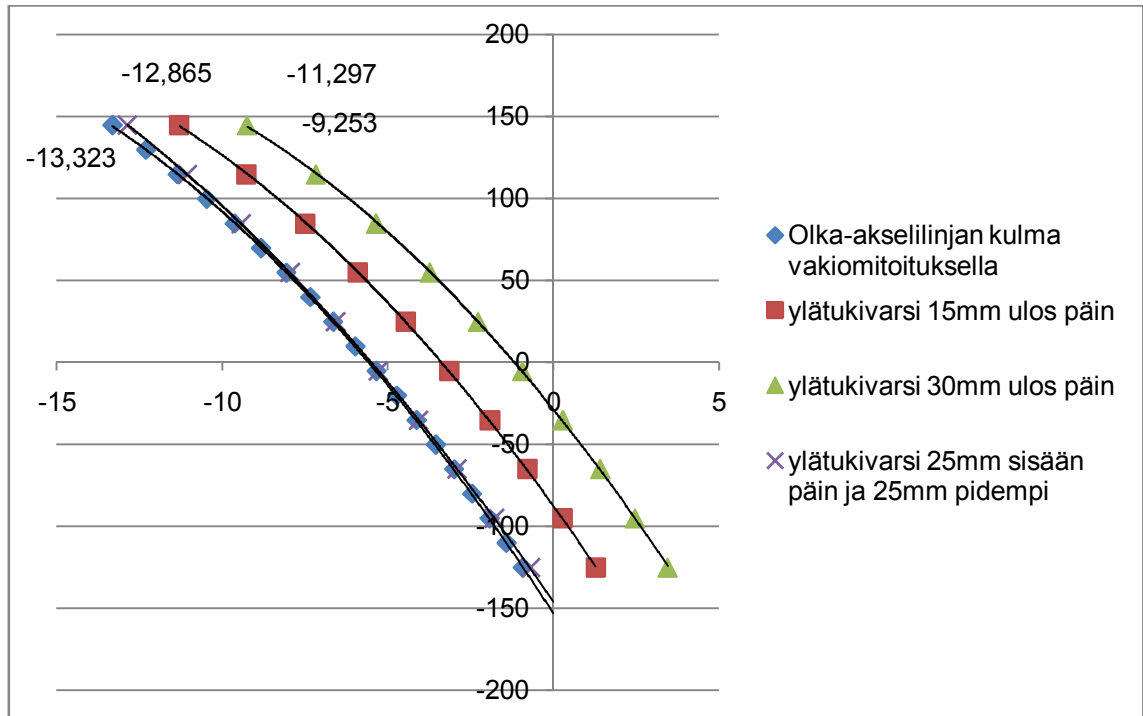
Kuva 5. Renkaan nurkkapisteen etäisyys jousielementistä taka-akseleilla



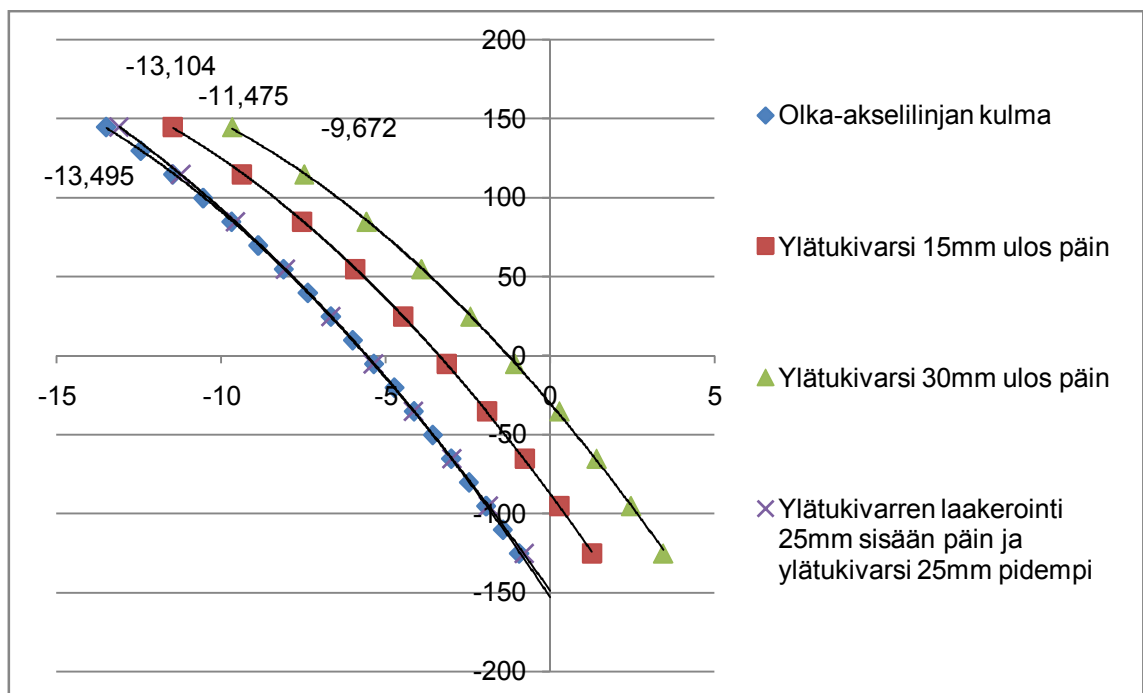
Kuva 6. Vihreällä pohjalla mitattuna renkaan nurkkapisteen ja jousielementin etäisyys.

Tarkasteltaessa olka-akselikulman muutosta koriin nähden kuvista 7 ja 8 huomataan, että olka-akselilinjan kulma tapauksissa, joissa ylätukivarren korinpuoleista laakerointia on siirretty ulospäin, on ulosjouston suurimman arvon kohdalla positiivinen ja muuttuu negatiiviseksi vasta, kun pyörän on sisäänjoustoa on kulunut jo jonkin matkaa. Alkuperäisellä mitoituksella ja tapauksessa, jossa ylätukivartta on siirretty 25mm sisäänpäin ja pidennetty 25mm, on olka-akselilinjan kulma koriin nähden koko ajan negatiivinen. Tapauksissa joissa olka-akselilinjan kulma muuttuu positiivisen ja negatiivisen välillä saattaa ajoneuvon käytöksessä ilmetä kuljettajalle arvaamattomia piirteitä. Olka-akselilinjan kulma koriin nähden aiheuttaa ohjauksen palautumisen keskelle ohjausliikkeen jälkeen, jos linjan yläpää on lähempänä koria, kuin sen alapää. Se myös auttaa ajoneuvon pyöriä pysymään suorassa niihin kohdistuvan iskun jälkeen. Tämä ilmiö aiheutuu siitä, että pyörän napa on korkeimmassa kohdassaan suhteessa akseliin, jonka ympäri se kiertyy silloin, kun pyörät ovat suorassa. Painovoima siis

pyrkii painamaan koria maata kohti ja pyöriin kohdistuva tukivoima kiertää pyörien navat ylimpään mahdolliseen pisteeseen olka-akseliinin ympärillä, ja koska kyseinen piste on olka-akseliinin ollessa kallistuneena yläpäästään koria kohti piste, jossa pyörät ovat suorassa, keskittyy ohjaus itsestään.



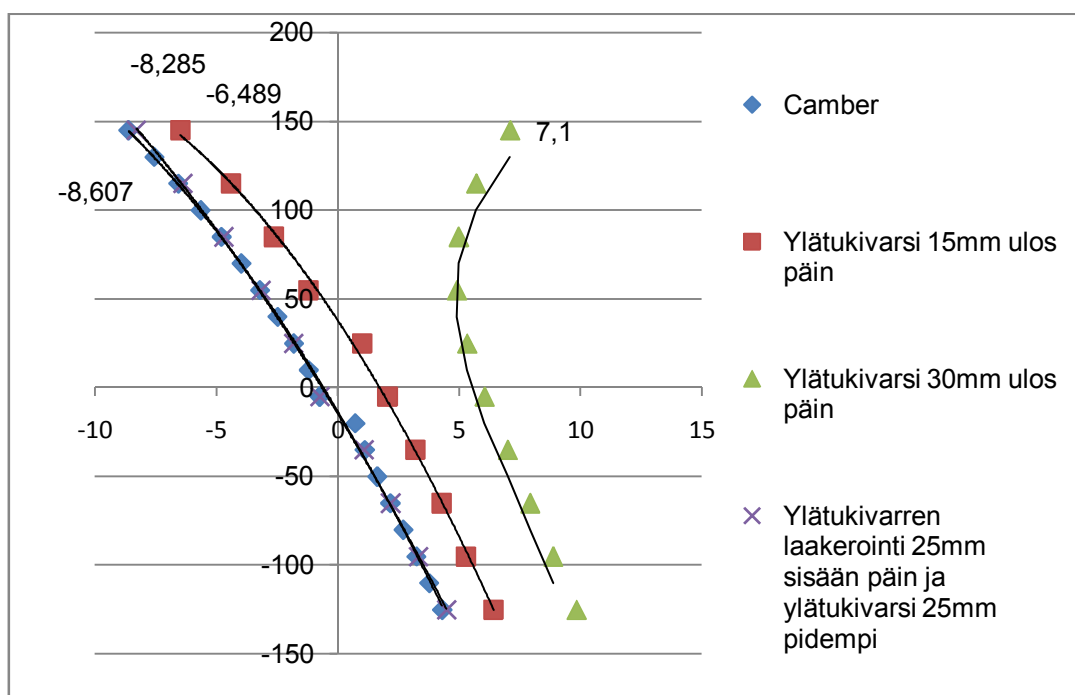
Kuva 7. Olka-akseliinin kulma koriin nähden jouston aikana etuakseleilla



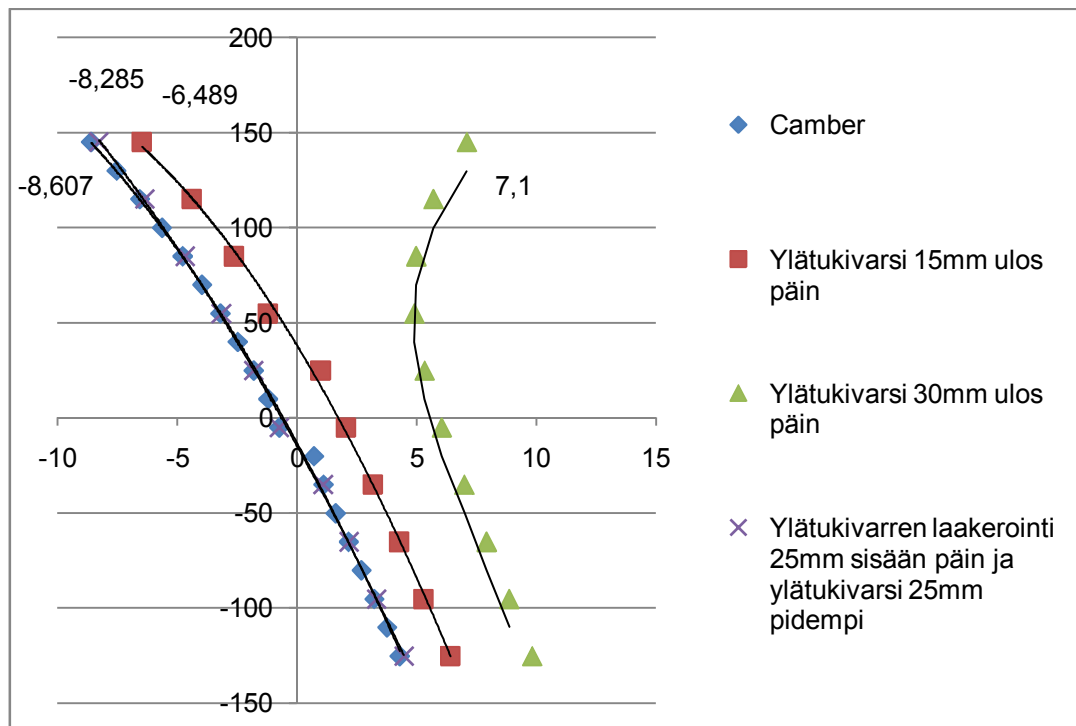
Kuva 8. Olka-akseliinin kulma koriin nähden taka-akseleilla

Tämä aiheuttaa myös sen, että pyöriä käännettäessä ne pyrkivät painumaan alaspäin maan sisään, mutta koska pyörät eivät pääse maasta läpi nousee ajoneuvon kori. Kun kuljettaja kääntää ohjauspyörää, häneen pelkästään käännä ohjaavia pyöriä, vaan nostaa samalla myös auton koria. Heti ohjausliikkeen jälkeen ajoneuvon kori pyrkii painumaan takaisin niin lähelle maata kuin mahdollista, jolloin pyörien on käännettävä suoraan johtuen olka-akseliilinjan kallistuksesta. Tämän seurauksena ajoneuvon paino ja olka-akseliilinjan kulma vaikuttavat siihen, kuinka raskas auton ohjaus on. Mitä painavampi auto on, sitä raskaampi sen ohjaus on verrattuna kevyempään autoon samalla olka-akseliilinjan kulmalla. Ja mitä jyrkempi olka-akseliilinja on, sitä jäykempi ohjaus on ja päin vastoin.[2] Tällä perusteella voidaan päätellä, että pelkkä ylätukivarren siirtäminen ulospäin ei ole toimiva ratkaisu, koska ohjauksen keskittymisen aiheuttava ilmiö poistuu joillakin jouston tasoilla ja tekee ajoneuvon ohjauksesta arvaamattoman

Kuvissa 9 ja 10 on kuvattu camber-kulman muutos jouston aikana erilaisilla alustan mitoituksilla. Taulukoista huomataan taas, että vakiomitoituksen ja tapauksen, jossa ylätukivartta on venytetty 25mm ja siirretty 25mm sisäänpäin, ovat kulmien muutokset jouston aikana hyvin lähellä toisiaan. Ylätukivarren siirtäminen ulospäin 15mm aiheuttaa camber-kulman muutoksen positiivisemmaksi koko jouston matkalta. Ylätukivarren siirtäminen ulospäin 30mm aiheuttaa taas sen, että jouston aikana camber-kulma ensin pienenee, mutta alkaa kasvamaan kesken jouston, eikä muutu negatiiviseksi missään vaiheessa.



Kuva 9. Camber-kulman muutos jouston aikana etu-akseleilla

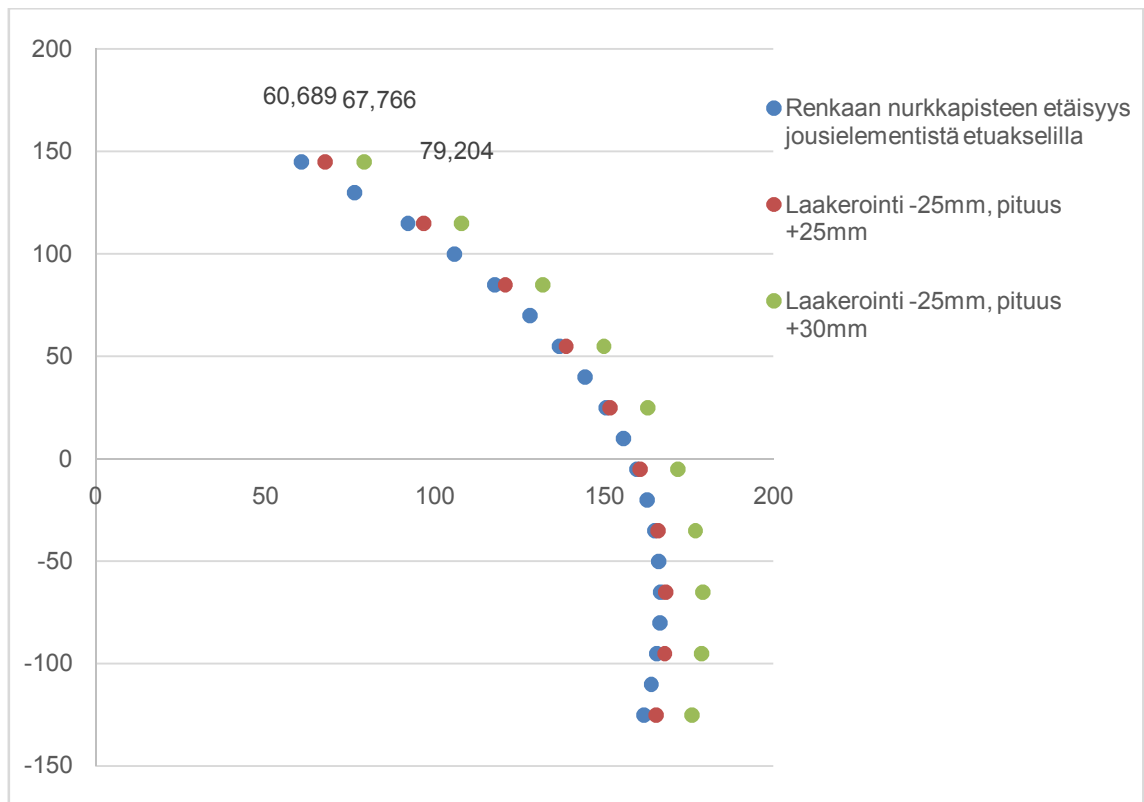


Kuva 10. Camber-kulman muutos jouston aikana taka-akseleilla

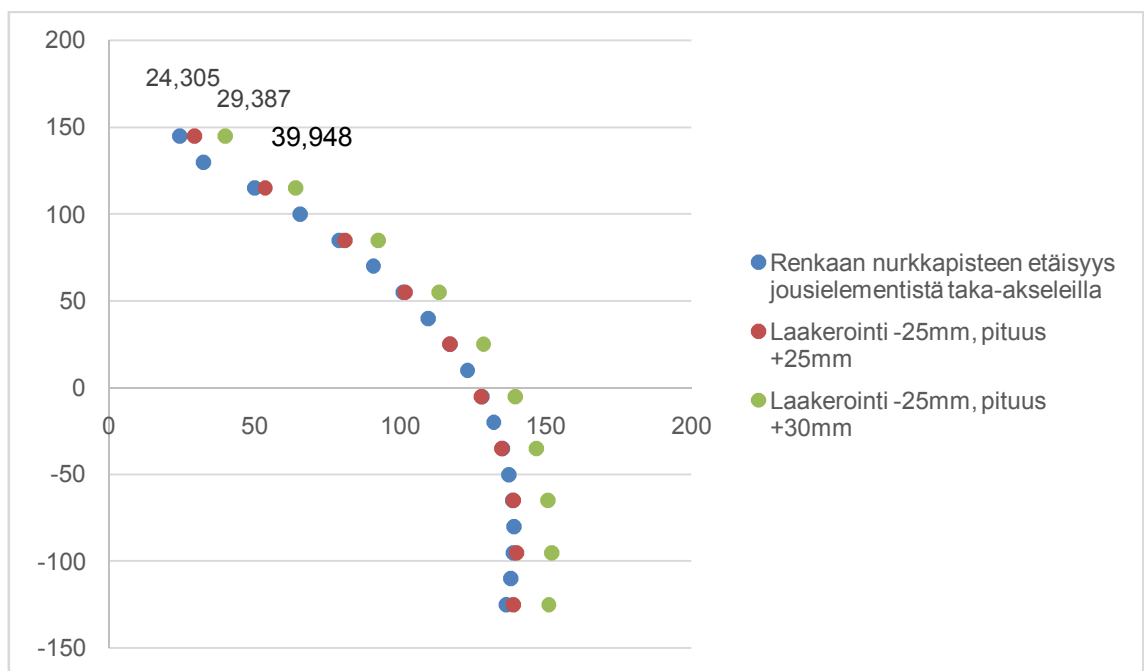
Kun camber on negatiivinen, pyrkii pyörä hakeutumaan lähemmän ajoneuvon koria, ja camberin ollessa positiivinen pyrkii pyörä hakeutumaan vastakkaiseen suuntaan, mikä johtuu pyörän esijännityksestä. Tämän takia olisi hyvä, että ajoneuvon pyörissä olisi negatiivista camberia ulkokaarten puoleisissa pyörissä tehostamassa kääntymistä. Myös sisäkaarten puolen pyörässä oleva positiivinen camber auttaa ajoneuvoa kääntymään mahdollisimman hyvin, koska pyörä jossa on positiivista camberia, pyrkii vetämään ajoneuvoa sisäkaarten suuntaan. Tapauksessa, jossa vaunun ylätukivartta oli siirretty 30mm ulospäin, eivät negatiivisen camberin aiheuttamat hyvät puolet ajoneuvon ohjauksen kannalta toteudu. Ylätukivarren ollessa siirrettynä 15mm ulospäin toteutuu camberin ohjausta tehostava vaikutus heikommin kuin alustan vakio mitoituksella tai kun ylätukivarsi on 25mm vakiota pidempi ja sen laakerointia on siirretty 25mm sisäänpäin. [2;3]. Camber-kulmaa muutettaessa on hyvä ottaa huomioon myös suuren camber-kulman aiheuttama epätasainen renkaan kuluminen.

Kuviin 11-16 koottiin vertailua varten tulokset lupaavimmilta vaikuttavista tapauksista eli niistä, joissa tukivarren korinpuoleista laakerointia on siirretty 25 mm sisäänpäin ja tukivarren pituutta on kasvatettu 25 mm tai 30 mm, koska aiempien kuvien perusteella

uskottiin mahdollisen ratkaisun jousielementin ja renkaan välisen tilan kasvattamiselle löytyvän näistä tapauksista.

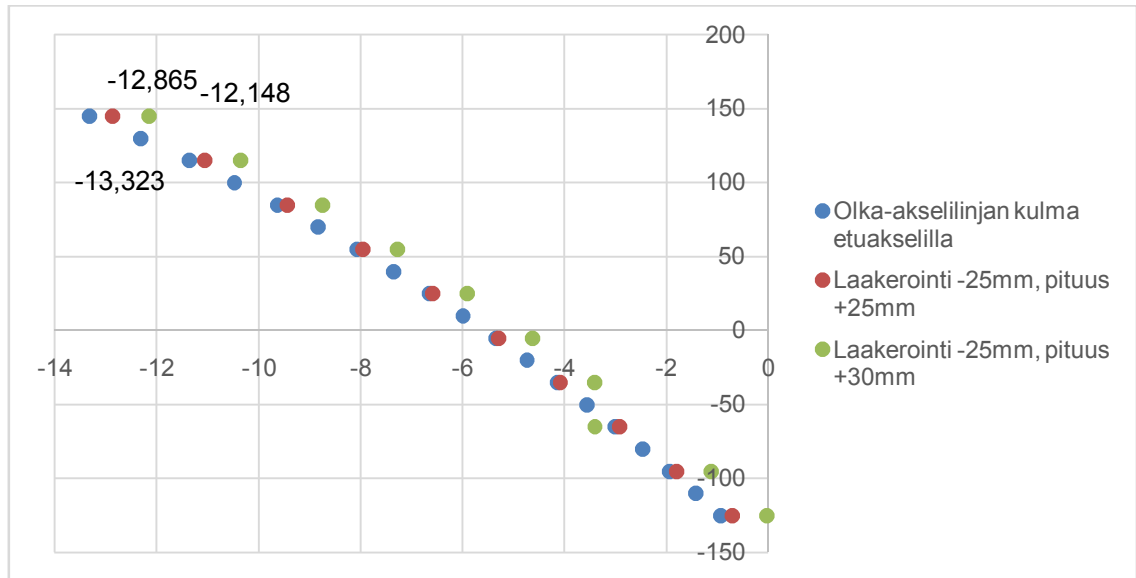


Kuva 11. Renkaan nurkkapisteen etäisyys jousielementistä etuakseleilla

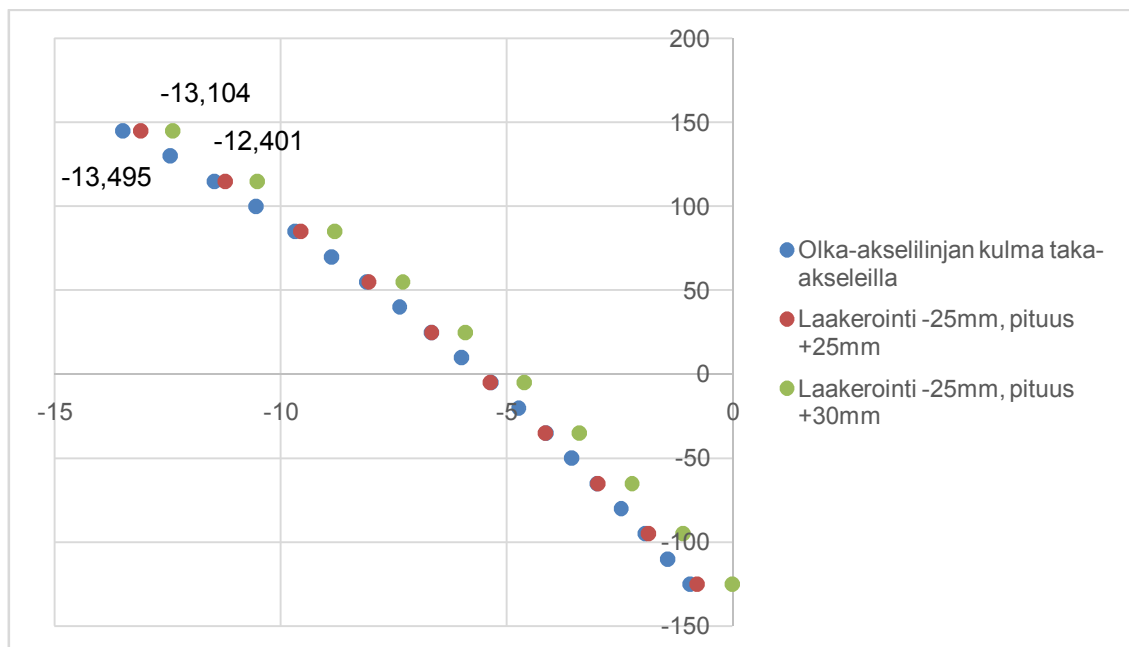


Kuva 12. Renkaan nurkkapisteen etäisyys jousielementistä taka-akseleilla

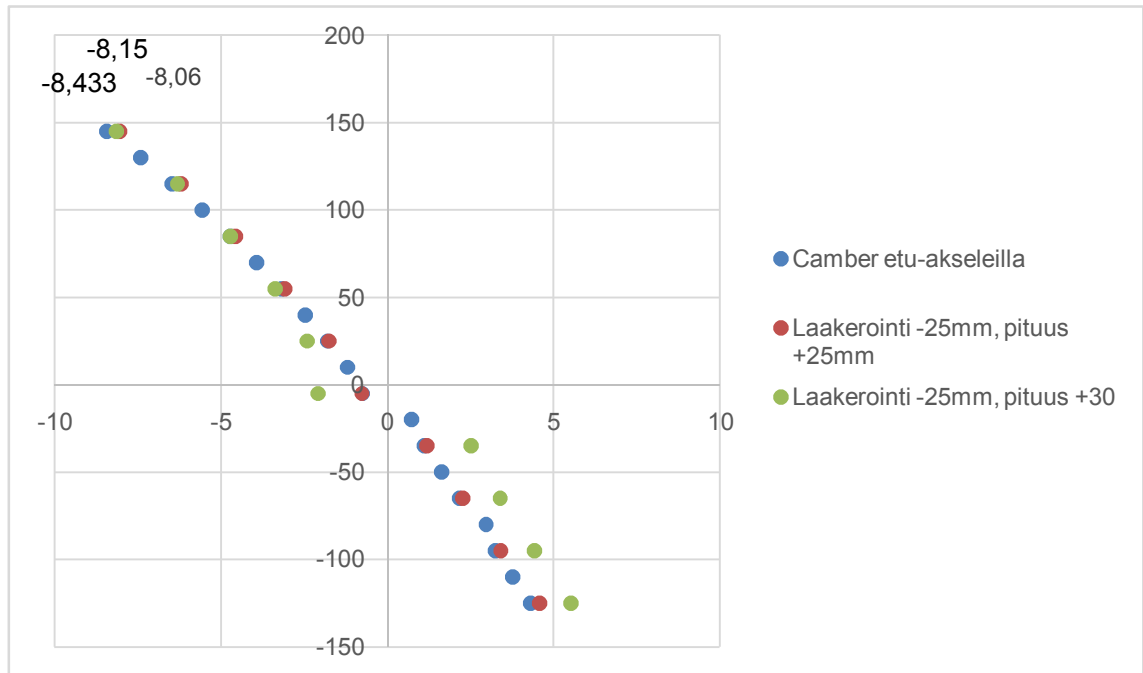
Kuvista 11 ja 12 huomataan, että renkaan nurkkapisteen ja jousielementin välistä etäisyyttä on mahdollista kasvattaa etuakseleilla jopa 19 mm ja taka-akseleilla 15 mm jouston ollessa pohjassa, kun ylätukivarren laakerointia siirretään koriin päin 25 mm ja ylätukivarren pituutta kasvatetaan 30 mm.



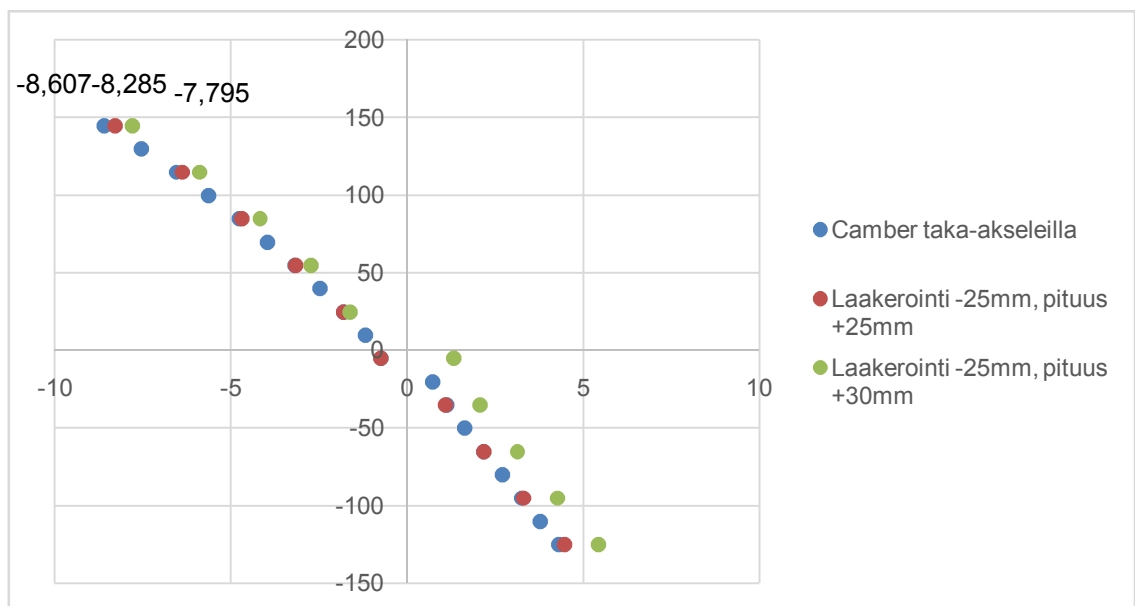
Kuva 13. Olka-akseliinjän kulma koriin nähden etu-akseleilla



Kuva 14. Olka-akseliinjän kulma koriin nähden taka-akseleilla



Kuva 15. Camber etu-akseleilla



Kuva 16. Camber taka-akseleilla

Vakiomitoituksella mallista mitattu camber-kulma jousituksen ollessa nimellinsasennossaan on $-0,871$ astetta. Tapauksessa, jossa ylätukivarren korinpuoleista laakerointia on siirretty koriin päin 25 mm ja ylätukivarren pituutta kasvatettu saman verran on mallista mitattu camber-kulma $-0,874$ astetta. Eli eroa näiden kulmien välillä ei käytännössä ole. Kun ylätukivarren korinpuoleista laakerointia

on siirretty 25 mm koriin päin ja sen pituutta on kasvatettu 30 mm, saatiin mallista mitattua camber-kulmaksi $-2,075$ astetta jousituksen ollessa nimellisasennossaan. Paras ratkaisu pyörän nurkkapisteen ja jousielementin välisen etäisyyden kasvattamiseksi saattaisi löytyä kahden edellä mainitun tapauksen väliltä, koska vakiomitoituksen pyörän kallistumassa on pieni vara muutoksille ennen, kuin kulma alkaa vaikuttamaan pyörän kulumiseen epäsuotuisalla tavalla.

Kun pyörän keskipisteen liikkeestä piirrettiin kuvaajat ja niitä alettiin tarkastelemaan, havaittiin mittauksen epäonnistuneen, joten kyseiset mittaukset hylättiin.

Vaihtoehtoisen rengaskoon 16R20 vaatima vanteen offset pääteltiin seuraavasti. Suuremman rengaskoon vanne on kaksi tuumaa leveämpi, kuin 14R20-kokoisen renkaan. Vanne siis leventyy tuuman verran kummaltakin puolelta vanteen kiinnityslaippaa. Offsetiä on siis pienennettävä yhden tuuman verran alkuperäisestä 90mm:n offsetistä, jotta renkaan sisäreuna pysyisi samalla tasalla käytettäessä vaihtoehtoista rengaskokoa. Yksi tuuma on noin 25,4mm, joten vaihtoehtoista rengaskokoa käytettäessä tulisi vanteen offsetin olla enimmillään $90\text{mm}-26\text{mm}=64\text{mm}$.

Vaihtoehtoisen rengaskoon vaatimat akselivälit laskettiin lisäämällä nykyisiin akseliväleihin suuremman rengaskoon halkaisijan ja pienemmän rengaskoon halkaisijan erotus. Renkaan 14R20 halkaisija on 1258mm ja renkaan 16R20 halkaisija 1343 mm, jolloin renkaan halkaisija kasvaa 85mm; näin ollen jokaista akseliväliä on kasvatettava 85mm. Akselivälien ollessa rengaskoolla 14R20 1-2-akseli 1400mm, 2-3-akseli 1700mm ja 3-4-akseli 1450mm on akselivälien oltava suuremmalla rengaskoolla 1-2- akseli 1485mm, 2-3-akseli 1785mm ja 3-4-akseli 1535mm. Suuremman renkaan kääntyessään vaatimaa tilaa ei ole otettu huomioon näissä laskelmissa.

4 Yhteenveto

Tehtävänä oli tutkia Patrian AMV-miehistönkuljetusajoneuvon pyöräntuennan vaatimaa tilaa ja sen mahdollisia muutoksia. Pyöräntuennasta saatiin luotua hyvin sen kinematiikkaa kuvaava malli, josta saatiin tarkasti taulukoitua tarvittavat mitat ja kulmat jousituksen eri asennoissa. Näistä taulukoista saatiin luotua kuvaajat, joista käy ilmi hyvin selvästi, miten pyöräntuenta käyttäytyy eri joustomäärillä erilaisten pyöräntuentaan tehtyjen muutosten jälkeen. Pyöräntuennan muutosten vaikutusta kääntyviin pyöriin ei päästy tosin käsittelemään, koska tietoa kahden ensimmäisen

kääntyvän akselin kääntökulmista ei ollut saatavilla. Tästä syystä etupyörien tilantarvetta ääriasentoihinsa käännettyinä ei päästy tarkastelemaan.

Tuloksista pystytään toteamaan, että pyörän tuennan mitoitusta muuttamalla on mahdollista lisätä pyörän ja jousielementin etäisyyttä merkittävästi, mutta se vaikuttaa vaunun ajettavuuteen epäsuotuisalla tavalla.

Työn tilaajan toimittamista vaihtoehtoisen renkaan mitoista pystyttiin laskemaan sen vaatima vanteen offset ja akseliväljen muutos.

Lähteet

- 1 Patria työpaikkana. 2015. Verkkodokumentti. Patria.
<<http://www.patria.fi/FI/Rekrytointi/Patria+tyopaikkana/Land+Systems/index.html>>. Luettu 12.2.2015.
- 2 Technical theory. 2015. Verkkodokumentti. Wheels-Inmotion.
<<http://www.wheels-inmotion.co.uk>>. Luettu 23.3.2015.
- 3 Oikarinen, Pasi. 2012. Pyöräntuennat ja käsiteltävyys. Opetusmateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.