



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

RASKAAN AJONEUVON OHJAUSKULMIEN SÄÄTÖLAITTEISTON PÄIVITYS

Mika Marttila

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Ajoneuvotekniikan koulutus
Auto- ja korjaamotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ajoneuvotekniikan koulutus
Auto- ja korjaamotekniikka

MARTTILA, MIKA:

Raskaan ajoneuvon ohjauksulmien säätölaitteiston päivitys

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Huhtikuu 2018

Opinnäytetyön aihe muodostui Patria Land Systems Oy:n tarpeesta kartoittaa päivitettyä tuotetta nykyiselle ohjauksulmien säätölaitteistolle. Säätölaitteisto on hankittu yritykseen 2000-luvun alussa ja nykyään sen valmistus on jo lopetettu. Tämän vuoksi yrityksen on hankittava tulevaisuutta varten markkinoilla oleva tuote, johon on olemassa nykyaikainen tuotetuki sekä mahdolliset varaosat saatavilla. Haasteen korvaavan laitteiston löytämisessä aiheuttaa Patrian valmistamien ajoneuvojen rakenteellinen ainutlaatuisuus. Näihin tarpeisiin uuden laitteiston on vastattava.

Ajoneuvon ohjauksulmien merkitys on suuri sen ajokäyttäytymisen kannalta. Mikäli ohjauksulmia ei ajoneuvoista säädettäisi, vaikeuttaisi se ajoneuvon hallintaa sekä suoralla tiellä että myöskin vaikeissa maasto-olosuhteissa ajettaessa. Säätämättä jätetyt ohjauksulmat johtavat myös suuriin komponenttivaurioihin, ja tämä puolestaan voi pysäyttää ajoneuvon etenemisen. Opinnäytetyössä käsiteltävien ajoneuvojen kohdalla toimintavarmuus on suuressa roolissa, ja sen takia ei voida ottaa riskiä ajoneuvon hallinnan menetyksestä tai komponenttien vaurioitumisista.

Ohjauksulmien tarkastamista ja säätämistä varten tulee ymmärtää, mitä ohjauksulmat ovat ja kuinka ne vaikuttavat toisiinsa, sillä tietämättömyydellä voi olla vakavat seuraukset ajoneuvon toiminnan kannalta. Opinnäytetyössä tarkastellaan kohdeyrityksen nykyisen AMV:n ja vanhemman miehistönkuljetusajoneuvo PASI:n ohjauslaitteiden rakenteita sekä niiden nykyisiä säätöprosesseja käytössä olevalla laitteistolla. Tämän työn aikana avautui myös mahdollisuus pohtia koko säätöprosessin kehittämistä sekä toimintavarmuuden parantamista tulevaisuutta varten. Tutkimuksessa valittiin kolme raskaan kaluston ohjauksulmien säätölaitteistoa, joiden välillä käytiin vertailu nykyistä mallia kohtaan. Näistä vertailuista syntyi ratkaisu, joka toimii yritykselle ehdotuksena korvaavasta laitteistosta.

Opinnäytetyössä saadaan kattava kuvaus ajoneuvojen ohjauksulmien merkityksestä sekä niiden vaikutuksista toisiinsa. Tätä tietoa voidaan jatkossa mahdollisesti hyödyntää teorian materiaalina säätöprosesseja käsiteltäessä. Tavoitteena oli rakentaa kattava kokonaisuus Patrian ajoneuvojen ohjauslaitteiden rakenteista sekä niiden ohjauksulmien tarkastus- ja säätöprosesseista ja löytää näitä kriteereitä vastaava ohjauksulmien säätölaitteisto mahdollisesti seuraavaksi vuosikymmeneksi.

Opinnäytetyössä salattua materiaalia ovat Patrian AMV ja PASI-ajoneuvojen ohjauslaitteiden rakenne sekä niiden säätöprosessit.

Asiasanat: ohjauksulmat, patria amv, ohjauslaitteisto, pyöränsuuntaus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Bachelor degree of Automotive Engineering

MARTTILA, MIKA:
Updating of Wheel Alignment System for Heavy Vehicle

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 0 pages
April 2018

The purpose of this thesis was determined a new wheel alignment system for Patria Land Systems Oy to replace an obsolete one. Challenge in this research was to come up with an alignment system that meets the standards of Patria's vehicles.

Importance of wheel alignments are major for vehicle. If they don't do alignments right, vehicle comes very tricky to handling on straight road and in terrain condition. This will also result for major damages in steering system components and damages will stop vehicle moving. For these vehicles the operational reliability is on very big role, and that's why they can't take risks with losing vehicle control or get damages.

Before you are inspecting or adjusting steering angels you must understand what those are and how they affect to each other. In this thesis examined Patria AMV ja Patria PASI vehicle steering systems and those alignments with current system. This thesis also gives the ability to research ideas for optimizing hole alignment process and make it more reliability. Three different companies which manufacture wheel alignment systems for heavy vehicle were selected and compared. One of those companies was chosen to manufacture the new alignment system for Patria.

This thesis presents extensive description of important steering angels and wheel alignments and how different angels will affect the functionality of the vehicle. In the future Patria could use this material to teach new workers about wheel alignment system. The idea was to make a comprehensive thesis about Patrias vehicles steering systems and adjusting processes and found the best wheel alignment system to meet criteria for AMV and PASI for the next decade.

In the thesis, chapters about Patria AMV and PASI -vehicles steering system and alignment process are classified material.

Key words: steering angles, patria amv, steering systems, wheel alignment

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Tutkimusmenetelmät ja lähdekriittisyys.....	6
1.2	Työn tavoitteet.....	7
2	AJONEUVON OHJAUSKULMAT	8
2.1	Aurauskulma.....	8
2.2	Camber-kulma	10
2.3	Caster-kulma.....	12
2.4	KPI.....	13
2.5	Ohjauskulmien keskinäinen vaikutus	14
2.6	Ackermann-ohjaus	14
2.7	Raskaan kaluston ohjauskulmat.....	15
3	AMV:n OHJAUSLAITTEISTON RAKENNE	17
4	AMV:n OHJAUSKULMIEN SÄÄTÖPROSESSI	18
5	PASI:n OHJAUSLAITTEISTON RAKENNE	19
6	OHJAUSKULMIEN SÄÄTÖLAITTEISTOT.....	20
6.1	Nykyinen laitteisto.....	21
6.2	1. vaihtoehto: Josam i-track.....	24
6.3	2. vaihtoehto: Hunter WinAling HD.....	26
6.4	3. vaihtoehto: Koch HD-30 Easy Touch.....	29
7	YHTEENVETO	33
8	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET.....	39

ERITYISSANASTO

AMV	Armoured modular vehicle (8x8 miehistönkuljetusajoneuvo 2000-luvulta)
PASI	Panssari Sisu (vanha 6x6 miehistönkuljetusajoneuvo 80- ja 90-luvulta)
RAS	Rear axle steering (takapyöraohjaus / ohjaava 4. akseli AMV:ssä)
MLU	Mid Life Upgrade (ajoneuvolle tehtävä perusteellinen huolto / kunnostus käyttöiän kasvattamiseksi)
ECU	Electronic control unit (ajoneuvon jonkun järjestelmän ohjainlaite, ”aivot”)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on ammattikorkeakoulututkinnon osasuoritus, yleensä opiskelujen lopussa tehtävä laajamittainen raportti tai tutkielma. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda opiskelijan koulutuksensa aikana saamia tietoja ja taitoja esille. Opinnäytetyötä tehtäessä opiskelija hyödyntää oppimiaan asioita ja ratkaisee näiden avulla mahdollisia ongelmatilanteita. Opinnäytetyö tehdään yleensä yritykselle, jolloin aihe tulee yrityksen tarpeista selvittää tai ratkaista jokin asia. On myös mahdollista kirjoittaa opinnäytetyö omasta aiheestaan, jolloin kirjoittaja itse keksii haluamansa tutkimuksen tai raportoinnin kohteen.

Tämä opinnäytetyö tehtiin tilauksesta Patria Land Systems Oy:lle. Kohdeyritys antoi opinnäytetyön aiheeksi raskaan ajoneuvon ohjauskuulmien säätölaitteiston päivitysmahdollisuuksien selvittämisen. Aihe valikoitui yritykselle ajankohtaiseksi, koska käytössä oleva säätölaitteisto on vanha, eikä sitä enää valmisteta. Näin ollen sen tilalle olisi pitänyt kehittää nykyaikaisempi säätölaitteisto. Uuden säätölaitteiston etsimisen myötä antoi yritys mahdollisuuden myös itse säätöprosessin kehittämiseen ja sen mahdolliseen tehostamiseen.

1.1 Tutkimusmenetelmät ja lähdekriittisyys

Opinnäytetyössä käytettiin empiiristä ja vertailevaa tutkimusstrategiaa. Tutkimusaineisto toimi lähtökohtana uuden laitteiston hankinnalle, ja dokumenttien ja havainnointien perusteella tehtiin vertailu vaihtoehtoisten kohteiden välillä. Tutkimuskohteena toimi nykyinen ohjauskuulmien säätölaitteisto, ja vertaileva tutkimus oli mahdollista suorittaa nykyisen ja uusien vaihtoehtoisten laitteistojen välillä. Tutkimusaineisto oli erittäin keskeisessä osassa empiiristä strategiaa, koska Patrian ajoneuvojen tekniikka loi tarkat kriteerit uuden laitteiston valinnassa.

Aineistonhankintamenetelminä työssä käytettiin valmiita dokumentteja sekä haastatteluja. Ohjauskuulmien teoriaosuudessa aineistona toimi ajoneuvotekniikkaa sekä erityisesti ajoneuvojen alustatekniikkaa käsittelevä kirjallisuus. Kirjat olivat peräisin eri kirjoittajilta ja eri vuosiluvuilta, mutta tekstin sisällöt käsittelivät ajoneuvojen ohjauskuulmia monipuolisesti. Tekstejä voidaan pitää lähdekritiikin näkökulmasta luotettavina, koska ne olivat

tekniikan alalle koulutettujen henkilöiden kirjoittamia ja ne käsittelivät vain ajoneuvoalan tekniikkaa. Työssä käytettiin sekä suomen- että englanninkielistä kirjallisuutta.

Patrian tuotteita koskevissa teksteissä lähteinä on toiminut asiantuntijahaastattelut sekä Patrialta saadut valmiit dokumentit, jotka käsittelevät vain näitä ajoneuvoja sekä niiden rakenteita. Patrian lähteiden luotettavuus on tässä tutkimuksessa paras mahdollinen, koska dokumentit ovat yrityksen asiantuntijoiden ja suunnittelijoiden tuottamia. Samoin haastattelun kautta saatava materiaali on erittäin luotettavaa, koska haastateltava toimii näiden ajoneuvojen alustatekniikan asiantuntijana. Tutkimuksessa käytettiin myös havainnointia yhtenä aineistonhankintamenetelmänä, koska tutkimuksen tekijä pääsi seuraamaan prosessien toimintaa paikan päällä kohdeyrityksessä.

Tutkimuksessa tehtävän laitteistovertailun lähdemateriaalina käytettiin laitteistovalmistajien omia verkkosivuja sekä niiltä löytyviä dokumentteja. Lähteenä toimi myös sähköpostilla käyty haastattelu. Valmistajien omia sivuja sekä maahantuojan haastatteluja voidaan lähtökohtaisesti pitää luotettavana tietona laitteistoja koskien, koska sivustot pidetään ajan tasalla markkinointia varten ja niihin kootaan oleelliset tiedot tuotteista myynnin edistämisen vuoksi. Samoin maahantuojan antamat lausunnot ovat luotettavia, koska he toimivat laitteistovalmistajan edustajana kuluttajan suuntaan.

1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyössä käsitellään ensin ohjauskuilmien teoriaa yleisellä tasolla, jotta ymmärretään säätöprosessin merkitys. Tämän jälkeen esitellään AMV- ja PASI-ajoneuvojen ohjauslaitteistojen rakenteita sekä näiden nykyisiä säätöprosesseja. Lopuksi esitellään käytössä olevan säätölaitteiston ominaisuudet, sekä tutkimuksen tuloksena löydetty mahdolliset uudet vaihtoehdot nykyiselle järjestelmälle. Suuria haasteita tutkimustyöhön loi kohteiden ainutlaatuisuus ja erityiset tarpeet, joihin tulevan laitteiston on kyettävä vastaamaan.

Tavoitteena oli löytää yritys, jonka laitteisto voisi vastata Patrian valmistamien ajoneuvojen vaatimuksiin mahdollisimman tehokkaasti. Tavoitteeksi asetettiin myös laadukaana kokonaisuuden luonti, josta on hyötyä kohdeyritykselle, esimerkiksi koulutusmateriaalina tai informatiivisena dokumenttina.

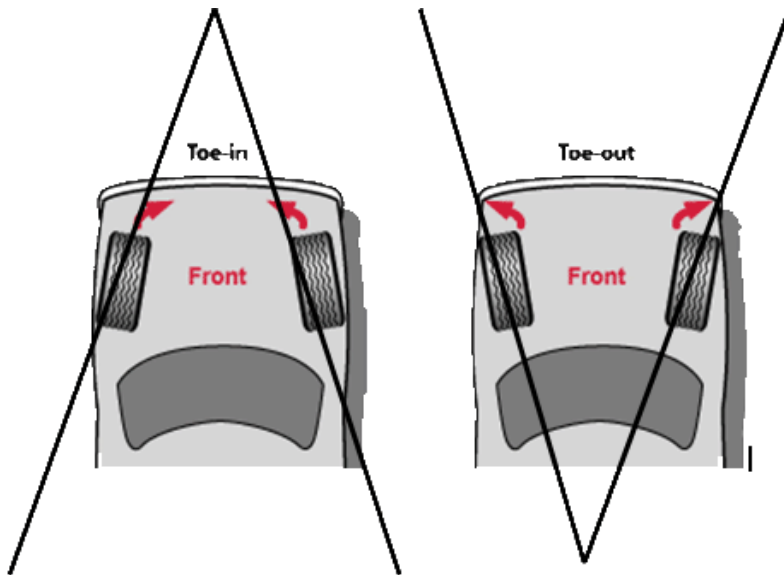
2 AJONEUVON OHJAUSKULMAT

Ajoneuvon ohjauskulmista puhuttaessa tarkoitetaan ajoneuvon renkaiden suuntaa sen pitkittäiseen keskilinjaan nähden. Ajoneuvosta riippuen ohjauskulmia voidaan säätää joko kaikilta akselilta tai vain akselilta, jossa renkaat ovat yhteydessä ohjauslaitteistoon. Oikeilla ohjauskulmilla on suuri vaikutus ajoneuvon etenemiseen, kuljettajalle välittyvään tuntumaan sekä ajoneuvon renkaiden liialliseen kulumiseen. Ajoneuvoihin säädetään oikeat ohjauskulmien arvot sen tehtaalta lähtiessä, mutta pitkän ajan kuluessa nämä arvot saattavat muuttua esimerkiksi ajoneuvon alustan osien kulumisen johdosta. (Halderman 2010, 356.)

Seuraavien kappaleiden aikana käsitellään ajoneuvossa esiintyviä ohjauskulmia sekä niiden vaikutuksia ajoneuvon ohjautumiseen. Tässä työssä tutkitaan uudenlaista vaihtoehtoa nykyiselle ohjauskulmien säätölaitteistolle. Kyseinen laitteisto on käytössä erikoisvalmisteisten pyöräajoneuvojen säätöprosesseissa, mutta seuraavien kappaleiden aikana esitellään ajoneuvojen ohjauskulmia yleisellä tasolla. Tämä tieto auttaa ymmärtämään myöhemmin esiteltävän prosessin tarkoitusta.

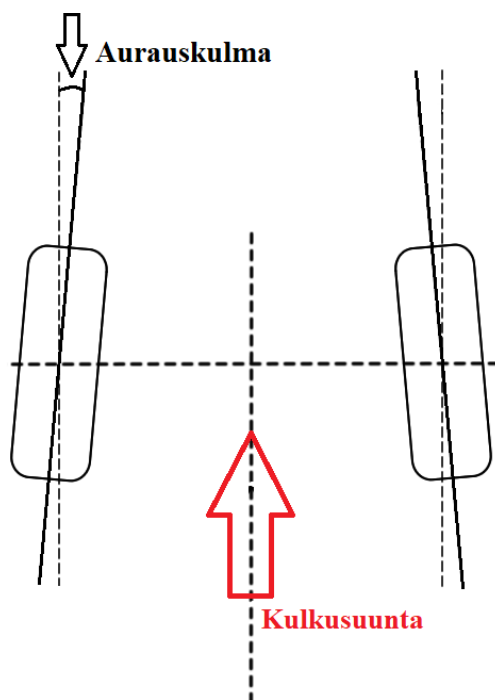
2.1 Aurauskulma

Aurauskulma on ajoneuvon samalla akselilla olevien pyörien etu- ja takareunan välisien pituuksien ero ajoneuvon yläpuolelta katsottaessa. Mikäli akselin aurauskulman arvo on 0, tarkoittaa se sitä, että renkaan etu- ja takareunasta on yhtä pitkä matka vastakkaisen renkaan etu- ja takareunaan. Tämä tarkoittaa myös sitä, että ajoneuvon renkaiden keskilinjat kulkevat samaan suuntaan kuin ajoneuvon pitkittäinen keskilinja. Positiivinen aurauskulma muodostuu, kun renkaan etureuna on lähempänä ajoneuvon pitkittäistä keskilinjaa kuin takareuna. Negatiivinen aurauskulma on tilanne, jolloin renkaan takareuna on lähempänä keskilinjaa. Tätä tilannetta kutsutaan myös haritukseksi (Halderman 2010, 364.). Kuvassa 2.1 on esimerkki aurauskulmista (Primož Resman 2015).



KUVA 2.1. Positiivinen (Toe-in) ja negatiivinen (Toe-out) aurauskulma

Ajoneuvon aurauskulmien mittayksikkönä käytetään yleensä joko millimetrejä tai asteita ($^{\circ}$). Jossain tapauksissa mittayksikkönä käytetään myös tuumia (Halderman 2010, 364.). Aurauskulma mitataan pyöräkohtaisena ja tulos saadaan, kun verrataan pyörän todellista pitkittäissuuntaista keskilinjaa ajoneuvon suuntaiseen pyörän keskilinjaan. Näiden linjojen välinen kulma on joko positiivista tai negatiivista aurausta. Aurauksen mittaamisesta on esimerkki kuvassa 2.2, jossa katkoviivat kuvaavat ajoneuvon suuntaista pitkittäistä linjaa ja yhtenäiset viivat kuvaavat renkaiden suuntaista keskilinjaa.



KUVA 2.2. Positiivisen aurauksen mittaaminen

Aurauskulman tehtävänä on parantaa ajoneuvon ajettavuutta, sillä oikein säädetty positiivinen aurauskulma vakauttaa ajoneuvoa. Ajoneuvolla ajettaessa suoraan, liikkeestä johdettu vierintävastus ja pyöriin säädetty camber-kulma (selitetty luvussa 2.2) aiheuttavat ilmiön, jossa ajoneuvon pyörät kaartuvat ulospäin ajoneuvon alta. Positiivinen aurauskulma puolestaan pyrkii ohjaamaan näitä vastakkaiseen suuntaan, ja lopputuloksena pyörät ajautuvat suoraan eteenpäin. (Hyvärinen, Mattila, Mylläri & Sirola 1993, 125.)

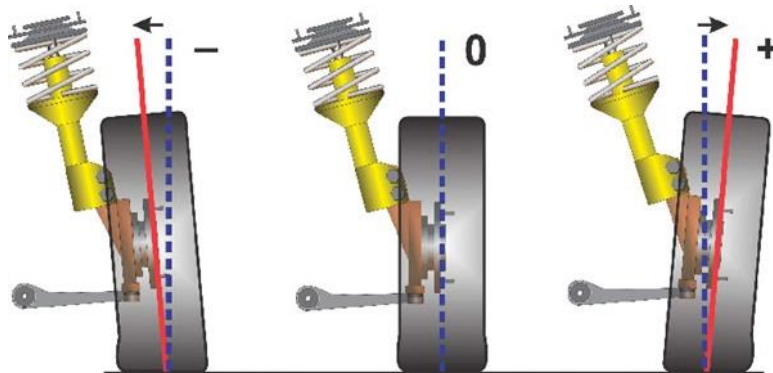
Negatiivisella aurauksella, eli harituksella, voidaan parantaa ajoneuvon kaarreominaisuuksia. Harittaessa pyörät pyrkivät automaattisesti ulospäin ajoneuvosta ja tämä helpottaa ajoneuvon kääntymistä jyrkissä kaarteissa. Liiallinen haritus kuitenkin heikentää ajoneuvon suuntavakautta ja voi aiheuttaa jatkuva vaeltelua suoraan ajettaessa. (Nieminen 2013, 12, Maunon 1991, 20–23 mukaan.)

Liian suuri tai väärin säädetty aurauskulma aiheuttaa ennen aikaista renkaiden kulumista. Rengas kuluu toisesta reunastaan (positiivisessa ulkoreunasta ja negatiivisessa sisäreunasta) muodostaen reunaosaan joko sileän pinnan tai aiheuttaen renkaan kuvioon sahalaitaisen muodon, joka kulkee kuvion yli poikittaisessa suunnassa. Aurauskulmien on tärkeää olla saman suuruiset samalla akselilla, jotta niiden vaikutus on halutun kaltainen. Mikäli kääntyvällä akselilla aurauskulmat säädetään erisuuruiseksi, kääntyy ajoneuvon ohjauspyörä vinoon ajoneuvon kulkiessa suoraan. Puolestaan ohjauspyörän ollessa suorassa ajoneuvo ohjautuu vinoon. (Halderman 2010, 365–367.)

2.2 Camber-kulma

Camber-kulma on pyörän pystysuuntainen kallistuma, jossa pyörän todellista pystysuuntaista keskilinjaa verrataan sen kohtisuoraan keskilinjaan. Camber-kulman arvo ilmoitetaan yleensä asteina (°). Positiivisessa camber-kulmassa pyörän yläosa on kallistuneena ajoneuvosta pois päin, ja puolestaan negatiivisessa camber-kulmassa yläosa on kallistuneena sisään päin. Mikäli camber-kulman arvo on 0, kulkee pyörän pystysuuntainen keskilinja kohtisuorassa sen alla olevaan tasoon nähden. (Halderman 2010, 358.)

Camber-kulmista on havainnollistava esimerkki kuvassa 2.3. Kuvassa sininen katkoviiva osoittaa tasoon nähden olevaa kohtisuoraa linjaa ja punainen yhtenäinen viiva osoittaa pyörän todellista pystysuuntaista keskilinjaa. Näiden viivojen välinen asteluku on camber-kulma.



KUVA 2.3. Camber-kulmat (Mavrigian 2012)

Negatiivista camber-kulmaa käytetään yleensä parantamaan ajoneuvon sivuttaispitoa, esimerkiksi suuria kaarrenopeuksia ajettaessa. Negatiivisen camber-kulman ansiosta renkaan ja tien välinen kosketuspinta-ala on suurempi kaarteiden ulommalla pyörällä. Liian suuri negatiivinen camber-kulma voi kuitenkin aiheuttaa pyöränlaakereiden ennenaikaisen vaurioitumisen, koska paino kohdistuu vain laakerin ulko-osaan. (Halderman 2010, 360–361.)

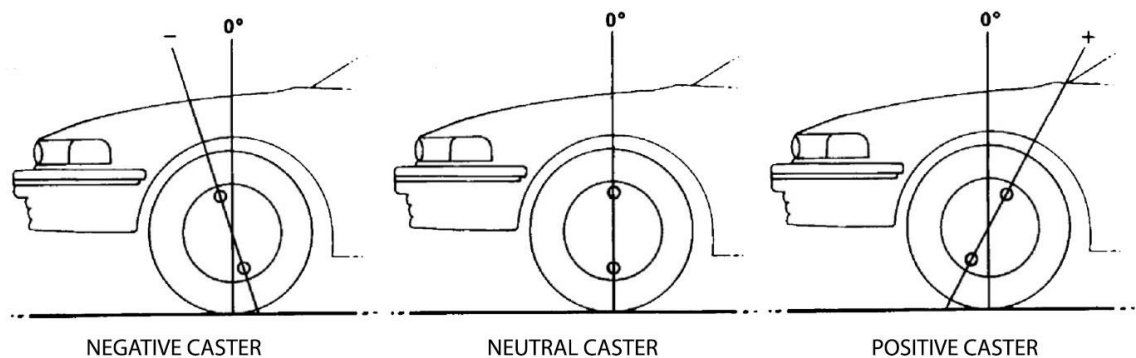
Positiivista camber-kulmaa voidaan hyödyntää ajoneuvoissa, joissa kuljetetaan raskaita kuormia. Kun ajoneuvon camber-kulmat säädetään kuormaamattomana positiiviseksi, käy kuormattaessa niin, että jousitus hieman laskee ja kääntää pyörät suurempaan. Tällöin camber-kulma kallistuu lähemmäksi arvoa 0, jolloin myös renkaiden epätasainen kuluminen on kaikista vähäisintä. Positiivinen camber-kulma puolestaan heikentää renkaiden sivuttaispitoa, jolloin se ei sovellu käytettäväksi nopeassa kaarreajossa. (Hyvärinen 1993, 122.)

Liian suuret camber-kulmat kuluttavat myös renkaiden ulkoreunoja väärin säädettyjen aurasikulmien tavoin, koska paino kohdistuu suurimman osan ajasta toiselle reunalle. Camber-kulmien on tärkeää olla säädettyinä tasavertaisiksi samalla akselilla, sillä jo puolen asteen ($^{\circ}$) ero voi aiheuttaa ajoneuvon ohjautumista toiseen suuntaan. (Halderman 2010, 359–360.)

2.3 Caster-kulma

Caster-kulma on ajoneuvon olkatapin takakallistumaa kuvaava arvo, ja se ilmoitetaan asteina ($^{\circ}$). Caster-kulma muodostuu pyörän läpäisevän pystysuoran linjan ja pyörän kääntöpisteiden välisen kuvitteellisen linjan väliin. Mikäli kääntöpisteiden läpi kulkeva linja on yläpäin kiinnityspisteen osalta pystysuoran linjan takapuolella (ajoneuvoa sivusta päin katsottuna) on kyse positiivisesta caster-kulmasta. Negatiivinen caster-kulma muodostuu silloin, kun pyörän kääntöpisteet läpäisevä linja kulkee yläpäin kiinnityspisteen osalta pystysuoran linjan etupuolella. (Hyvärinen 1993, 123.)

Kuvassa 2.4 on havainnollistettuna erisuuntaiset caster-kulmat. Siinä pystysuoraan kulkeva viiva kuvastaa maasta kohtisuoraan kulkevaa linjaa ja oikealle yläviistoon kulkeva linja kuvastaa pyörän kääntöpisteiden läpi kulkevaa linjaa (kyseessä positiivinen caster-kulma).

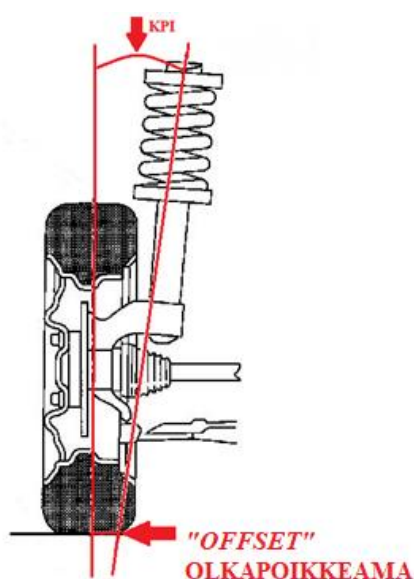


KUVA 2.4. Negatiivinen ja positiivinen caster-kulma (SuperPro Europe 2017)

Positiivinen caster-kulma muodostaa ajossa olkatappiin voimavaikutuksen, joka pyrkii kääntämään pyörät suoraan. Tämän takia ajoneuvon etupyörät ajautuvat takaisin korin suuntaiseksi kuljettajan irrottaessa ohjauspyörästä. Sama ominaisuus lisää myös ajoneuvon suuntavakautta suoraan ajettaessa (Hyvärinen 1993, 123). Positiivisen caster-kulman kasvaessa ohjaus muuttuu raskaammaksi ja tämän vuoksi henkilöautoissa onkin nykyään ohjaustehostimet. Negatiivinen caster-kulma tekee ajoneuvon ohjauksesta epävakaan ja kevyen ohjata, ja sitä käytettiinkin vain vanhoissa ajoneuvoissa, joista ohjaustehostin puuttui. (Halderman 2010, 361-362.)

2.4 KPI

KPI-kulma (Kingpin Inclination) on olkatapin sisäkallistumaa kuvaava arvo, joka ilmoitetaan asteina ($^{\circ}$). Samasta arvosta voidaan käyttää myös nimeä SAI (Steering Axis Inclination). KPI-kulma mitataan olkatapin läpi kulkevan kuvitteellisen viivan ja pyörän keskeltä kulkevan kohtisuoran viivan väliltä, kun ajoneuvoa katsotaan edestäpäin. Kun ajoneuvolla käännytään, KPI-kulman vaikutuksesta ajoneuvon kori nousee ylöspäin. Ohjauspyörästä irrotettaessa ajoneuvon massa painaa koria alaspäin ja pyörät kääntyvät suoraan eteenpäin. KPI-kulmaa ei voi säätää erikseen, vaan se on sidottu olkavarsien asentoon vakituisesti (Hyvärinen 1993, 124).



KUVA 2.5. KPI-kulma ja olkapoikkeama (Workshop Manuals 2017)

Kuvassa 2.5 näkyvä olkapoikkeama (Offset) on etäisyys maanpinnassa, joka mitataan pyörän keskilinjan ja olkatapin (kuvassa heilahduksenvaimentimen yläpään ja alapalloonivelen) keskilinjan väliltä. Olkapoikkeama on positiivinen, kun olkatapin lävistävä viiva on ajoneuvon pyörän keskilinjan sisäpuolella. Positiivinen poikkeama on yleisempi käytössä olevissa alustaratkaisuissa. Olkapoikkeaman ollessa vähän positiivinen tai negatiivinen, on paikallaan olevan ajoneuvon ohjaaminen helpompaa, koska ohjauspyörän kääntämiseen vaadittava voima on vähäisempi poikkeaman ansiosta. Tämä helpottaa esimerkiksi henkilöauton parkkeerausta. Olkapoikkeama itsessään on kiinteä määre, joka muodostuu käytettyjen komponenttien perusteella. (Bastow, Howard & Whitehead 2004, 10-11.)

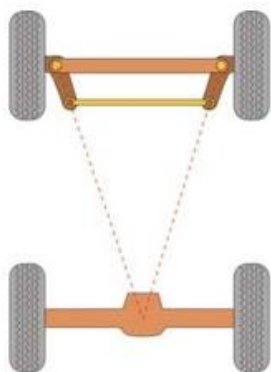
2.5 Ohjaukulmien keskinäinen vaikutus

Ajoneuvon ohjaukulmat ovat mitattavissa erikseen, mutta niiden säätämällä ja itsenäisellä muuttumisella on keskinäinen vaikutus toisiinsa nähden. Pyöriä käännettäessä alkavat camber-kulmat muuttua KPI:n vaikutuksesta siten, että sisemmän pyörän positiivinen camber-kulma ja ulomman pyörän negatiivinen camber-kulma kasvavat. Mikäli ajoneuvossa on säädettyinä positiiviset caster-kulmat, muuttuvat ne ulommassa pyörässä pienemmäksi ja sisemmässä pyörässä suuremmaksi ajoneuvolla käännyttäessä. Ajossa tapahtuvat kulmien muutokset riippuvat pyöräntuennan ratkaisuista. Jäykissä akseleissa muutokset eivät ole niin suuria (esimerkiksi taka-akseli lehtijousituksella) kuin erillisjousitetuissa pyöräyksiköissä. (Hyvärinen 1993, 127.)

Säädettäessä ajoneuvon ohjaukulmia tulee huomioida niiden keskinäinen vaikutus. Esimerkiksi camber-kulman muuttaminen vaikuttaa myös aurauskulman ja KPI-kulman suuruuteen. Puolestaan caster-kulman säätäminen voi muuttaa camber-, KPI- ja aurauskulman määrää (Hyvärinen 1993, 128). Esimerkiksi henkilöautoissa ohjaukulmien säätö tulee aloittaa jäykiltä akseleilta joissa ei ole kääntyviä pyöriä, ja tämän jälkeen siirtyä vasta ohjaaville akseleille. Viimeisenä kohteena on parasta säätää aurauskulmat, jolloin saadaan keskitettyä myös ohjauspyörä suoraan ja ohjausvaihte keskikohtaansa.

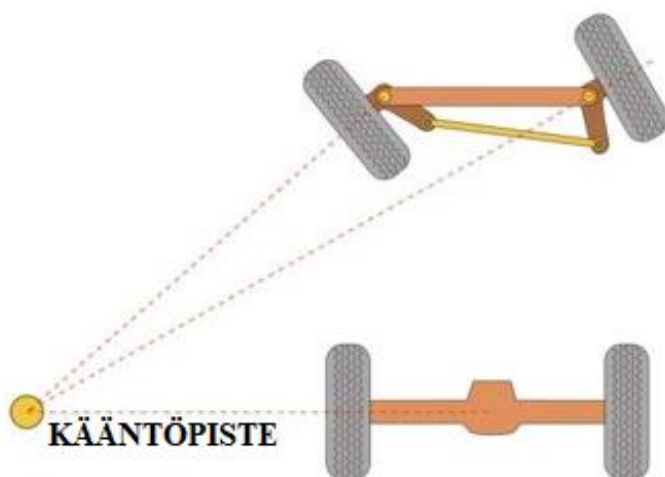
2.6 Ackermann-ohjaus

Ackermann-ohjaus on teoreettinen ohjausgeometria, jossa ohjausvarsien asento on toteutettu niin, että niiden suuntaiset kuvitteelliset linjat kohtaavat ajoneuvon taka-akselin keskellä silloin, kun ajoneuvon pyörät ovat suorassa.



KUVA 2.6. Ackermann-ehto (Mechanical Engineering 2012)

Kuvassa 2.6 näkyvät katkoviivat kuvastavat ohjausvarsien suuntaisia linjoja, jotka kohtaavat ajoneuvon taka-akselilla. Ackermann-ohjauksen mukainen ratkaisu mahdollistaa ajoneuvolle kääntymisen tietyn kääntöpisteen ympäri. Ackermann-ohjauksessa etupyörien keskeltä vedettävät kohtisuorat linjat kohtaavat taka-akselin suuntaisella linjalla samassa pisteessä, kääntökulmasta riippumatta. Tämä periaate toimii ajoneuvolla kääntyessä pienillä nopeuksilla. (Bastow 2004, 13.)



KUVA 2.7. Ackermann-ohjauksen mukainen kääntöpiste (Mechanical Engineering 2012)

Kuva 2.7 havainnollistaa Ackermann-ohjauksen periaatteen. Sisemmän pyörän on kääntyttävä ulompaa pyörää enemmän, jotta periaate toimii, koska sisempi pyörä kulkee säteeltään pienempää ympyrää. Tätä kutsutaan myös kaartoharituksiksi (toe-out on turns). Mikäli pyörät kääntyisivät saman verran, joutuisi sisempi pyörä sortamaan kaarretta ajettaessa. Sisemmän pyörän suurempi kääntökulma saadaan aikaiseksi juurikin ohjausvarsien oikeanlaisella asennolla. Jos kaartoharitus ei ajoneuvossa toteudukaan ja sortamista tapahtuu, aiheutuu renkaista kiljuvaa ääntä ympyrää ajettaessa. (Halderman 2010, 371.)

2.7 Raskaan kaluston ohjauskulmat

Raskaasta kalustosta puhuttaessa käsitellään yleisesti kuorma-autoja, puoliperävaunu- ja täysperävaunuyhdistelmiä sekä linja-autoja. Raskaan kaluston mittaukset perustuvat aina ”rolling compensation” suoritukseen, jossa ajoneuvoa työnnetään suoraan eteenpäin niin,

että pyörät liikkuvat neljännes tai puoli kierroksen. Mitattavien ajoneuvojen pyöräkohtaiset massat ovat niin suuria, että mittaajan olisi niitä hankala nostaa, sekä se olisi työturvallisuuden kannalta riskitekijä. Tämän takia ohjauskulmien säätölaitteistoja kehittävät yritykset ovat luoneet toimintamalleja, joissa ajoneuvon ohjauskulmat voidaan mitata lyhyen työntömatkan aikana ja ohjauspyörää paikallaan kääntelemällä.

Esimerkiksi kuorma-auton ohjauskulmien tarkastuksessa jokaiseen ajoneuvon vantteeseen kiinnitetään pyöräkiinnike ja tämän jälkeen siirrettävällä mittapäällä ajoneuvon jokaisen pyörän sen hetkinen asento luetaan muistiin. Mittapäitä on yksi kummallakin puolella ajoneuvoa ja kulma-arvojen talletus voidaan aloittaa esimerkiksi taka-akselilta. Kuvassa 2.8 on kuorma-auto, johon on kiinnitetty pyöräkiinnikkeet mittausta varten.



KUVA 2.8. Kuorma-auton ohjauskulmien mittausta (Josam n.d.)

Kun jokaisen akselin asento on luettu mittalaitteen muistiin, jätetään mittapäät etuakselin kiinnikkeisiin ja ajoneuvolla ajetaan eteenpäin, kunnes pyöräkiinnikkeet ovat kääntyneet puoli kierrosta. Tämän jälkeen jokainen akseli käydään vastaavasti mittaamassa samalla mittapäällä ja näiden asentojen muutoksesta mittalaite laskee ajoneuvon camber- ja aurauskulman. Mittapää lähettää lasersädettä ajoneuvon kulmissa oleviin mittatauluihin, ja näiden taulujen takaisiheijastumasta laite laskee kulmien muutokset. (Josam n.d.)

Työntämällä tehtävä mittausta on nopea ja se on mahdollista suorittaa esimerkiksi korjaamohallin lattialla. Tällainen mittaustapa edellyttää useiden pyöräkiinnikkeiden hankintaa, raskaalle kalustolle riittävän suurta liikkumatilaa, sekä varmasti vaakasuoraa lattiapintaa. Kaltevalla lattialla tehtävä mittausta tuottaa virheellisen tiedon keskilinjan ja pyörän välistä suhteesta ja tämä voi johtaa väriin toimenpiteisiin ajoneuvon kanssa.

3 AMV:n OHJAUSLAITTEISTON RAKENNE

AMV on Patria Land Systems Oy:n kehittämä panssaroitu pyöräajoneuvo. AMV kehitettiin 2000-luvun alussa ja ensimmäinen ajoneuvo on vuodelta 2004. AMV:n erikoisuus on sen muuntautumiskyky (modulaarisuus) eri tehtävätarkoituksiin; miehistönkuljetusajoneuvoksi, jalkaväen taisteluajoneuvoksi, komento- tai tiedusteluajoneuvoksi, ambulanssiksi sekä korjaus- ja evakuointiajoneuvoksi. AMV:tä voidaan käyttää myös esimerkiksi raskasasealustana erilaisille panssarintorjuntaohjusjärjestelmille. (Patria 2017.)

AMV:stä on myös nykyään saatavilla AMV^{XP}-malli, jonka etuina ovat parempi suojaus, parempi suorituskyky sekä suurempi kantokyky vanhemmanmalliseen versioon nähden. Kaikkia AMV-malleja on mahdollista saada kahdella pituudella (vakiomalli tai 400 mm pidennetty) (Patria 2017). Nämä modulaarisuuden tuomat vaihtoehdot vaikuttavat lähtökohtaisesti alusta- ja ohjausjärjestelmäratkaisuihin, joita käsitellään seuraavissa alaluvuissa. Ohjauslaitteistojen rakenteiden kuvaukset luvussa 3 ovat luokiteltuina salaiseksi materiaaliksi, ja tämän takia ne ovat työssä piilotettuina. Rakenteiden kuvaukset sisältävät tekstimateriaalia, jotka vaikuttavat uuden laitteiston hankintaan, ja sisällön merkitys on huomioituna tutkimuksessa.

4 AMV:n OHJAUSKULMIEN SÄÄTÖPROSESSI

AMV:n ohjauskulmien säätöprosessi sisältää yrityksen toimesta salaiseksi luokiteltua materiaalia, joten sitä koskevat tekstiosuudet ovat piilotettuina tässä työssä. Nämä piilotetut tekstiosuudet sisältävät kuitenkin uuden laitteiston hankintaan vaikuttavaa materiaalia, ja sisältö on huomioituna tutkimuksessa.

5 PASI:n OHJAUSLAITTEISTON RAKENNE

Toinen tarkasteltava ajoneuvo on PASI, joka on Patrian jo 80-luvulla alun perin valmistama kuusipyöräinen panssaroitu miehistönkuljetusajoneuvo. PASI:a on valmistettu useammalla eri korityypillä ja voimapakettiratkaisulla, mutta tässä työssä tarkastellaan PASI XA-180M -mallia. Tätä mallia valmistettiin alun perin Suomen Puolustusvoimille 80- ja 90-luvulla nimellä XA-180, mutta tällä hetkellä Patria suorittaa näille ajoneuvoille MLU-päivitystä, joten nämä tuotteet ovat Patrian kannalta ajankohtaisessa asemassa nyt ja tulevina vuosina. Tässä luvussa salattua tietoa ovat PASI-ajoneuvon ohjauslaitteiston rakenne sekä ohjauskulmien säätöprosessi, ja tämän vuoksi tekstiosuudet ovat piilotettuja. Nämä piilotetut tekstiosuudet sisältävät myöskin materiaalia, jotka vaikuttavat uuden laitteiston hankintaan, ja materiaalien sisältö on huomioituna tutkimuksessa.

6 OHJAUSKULMIEN SÄÄTÖLAITTEISTOT

Tässä luvussa käsitellään nykyisellään käytössä olevan mittaus- ja säätölaitteiston ominaisuuksia sekä tutustutaan mahdollisiin uusiin vaihtoehtoihin nykyisille laitteille. Syynä tähän tutkimukseen on nykyisen mittauslaitteen myynnin lopettaminen markkinoilla sekä vanhako ohjelmisto, joka on otettu käyttöön jo 2004. Tämän kappaleen alle on ensin koottu ajoneuvojen aiheuttamia kriteereitä, joita ohjauskulmien säätölaitteen tulisi täyttää.

AMV:tä on nykypäivänä saatavilla suurimmillaan jopa 32 t kilon painoisena, joten kääntölevyjen kantavuuden tulee riittää tähän fyysiseen tarpeeseen, sekä levyjen tulee kestää kääntyvien pyörien aiheuttamat voimat. PASI:n suurin kokonaismassa jää huomattavasti tämän alle, joten se ei ole merkitsevä kriteeri. AMV:ssä kääntölevyjä vaaditaan kahdeksan kappaletta ja PASI:ssa neljä kappaletta. Pyöräkiinnikkeet ovat mittatilauksena tehty sopimaan AMV:ssä pyörännapoihin ja PASI:ssa peltivanteeseen. AMV:ssä toimiva ratkaisu on saatu yhteistyössä akseleiden valmistajan kanssa, joka koneistaa pyörännapaan suorapintaisen uran kiinnikkeen magneetteja varten. Kiinnikkeet eivät voi olla ajoneuvon vanteen reunoihin kiinnitettäviä, koska tällöin jouduttaisiin suorittamaan pyöräkiinnikkeen kalibrointi, joka edellyttää ajoneuvon ilmaan nostamista tai eteenpäin työntämistä. Nämä toimet puolestaan muuttavat pyöräaseman ohjauskulmia.

Mittapäiden laserin leveys pitää olla riittävän laaja, jotta maksimikäntökulmia on mahdollista mitata ilman yhteyskatkoksia ja muutostöitä. Mittausprosessiin kuuluvan ohjelmiston tulee ymmärtää kuusi- ja kahdeksanpyöräisiä alustarakenteita, sekä ohjelmiston parametrien pystyä näyttämään sekä millimetrejä että myöskin asteita. Tärkeimpänä ohjelmiston toiminnan kannalta on kuitenkin prosessin suorittaminen ilman ajoneuvon liikkuttamista. Mittataulut ja niiden ripustimet ovat poikkeavia kiinnityksiltään verrattuna tavallisiin raskaisiin ajoneuvoihin.

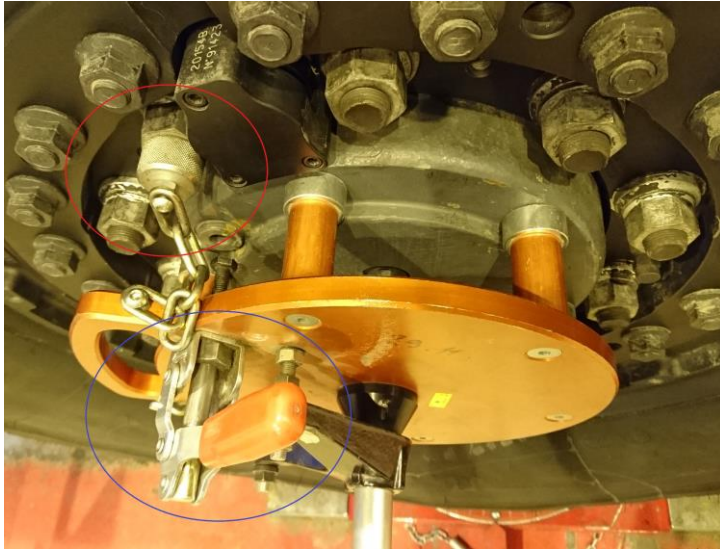
6.1 Nykyinen laitteisto

Mittalaitteistona käytetään Josam Truckaligner 2 -mallia, joka kehitettiin vuonna 2003. Mittapää toimii langattomana ja lähettää saadun tuloksen radioaaltojen välityksellä mittauslaitteelle. Mittauslaitteelle saatavat tulokset voidaan tulostaa paperiversioksi JTCommunicator-ohjelmistolla, joka tapahtuu kytkemällä mittauslaite kaapelilla tietokoneeseen, johon kyseinen ohjelmisto on asennettu. Mittauslaitteessa oleva ohjelmisto on Josamin Patrialle räätälöimä (oma ohjelma 8x8- ja 6x6-ajoneuvolle), koska tavallisiin kuorma-autoihin suunniteltu mittausohjelma ei vastaa Patrian mittauksia. Kuvassa 6.1 on mittauslaite ja pyöräasemien mittapäät, joiden valmistus on nykyään lopetettu yrityksen toimesta.



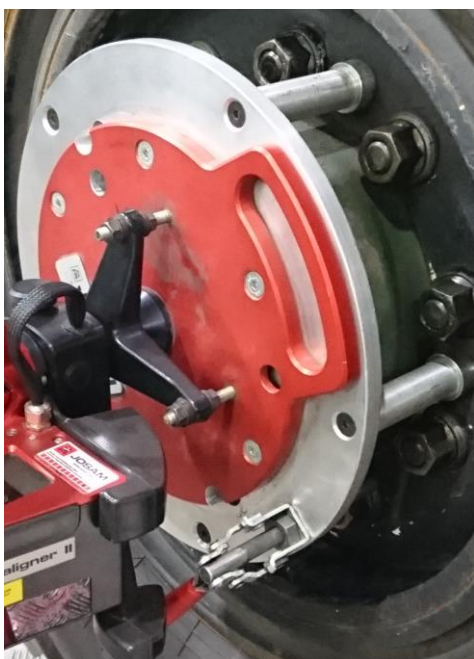
KUVA 6.1. Truckaligner 2 mittauslaite ja mittapäät

AMV:ssä mittapäiden kiinnitystä varten pyöräasemiin on suunniteltu pyöräkiinnikkeet, jotka kiinnittyvät magneetein pyörännapaan. Kiinnikkeitä tarvitaan kerralla vain kaksi kappaletta, koska akselistot mitataan yksi kerrallaan ja kiinnikkeet on aina mahdollista siirtää mittapäitä siirrettäessä. Kuitenkin pyöräkiinnikkeitä on yksi pari varastossa mahdollisen vaurioitumisen varalle. Kuvassa 6.2 on AMV:n pyöräkiinnike paikallaan pyöräasemassa.



KUVA 6.2. Pyöräkiinnike

Pyöräkiinnikkeen varmistuksena toimii kaksi mutteria, jotka ovat ketjulla yhdistettynä kiinnikkeeseen ja sopivat suoraan pyörännavan pinnapultteihin. Kiinnikkeen irrottamista varten siihen on integroitu taittokahva, joka työntää kiinnikettä navasta ulospäin ja näin keventää magneettien aiheuttamaa vastusta. Pyöräkiinnikkeet kalibroidaan mittauslaitteen avulla säännöllisesti, jolloin niistä saadaan varmasti yhdensuuntaisia pyörännavan kanssa. Pyöräkiinnikkeisiin on myös akselien jatkopalat, joiden avulla mittapäitä voidaan siirtää kauemmas pyöräasemasta. PASI:ssa pyöräkiinnikkeen halkaisijaa on kasvatettu niin, että se sopii pyörännavan sijasta ajoneuvon peltivanteeseen, mutta kiinnitystapa on vastaavasti myös magneetein (KUVA 6.3).



KUVA 6.3. PASI-ajoneuvon sopiva pyöräkiinnike

Mittataulut, -varret ja niiden ripustimet ovat Josamin suunnittelemat. Ainoastaan ripustimien kiinnityskohdat ovat Patrian toimesta räätälöityjä sopimaan AMV:n apurunkoon. Ripustimien kiinnityksiä varten on myös valmistettu erikoissovitteita (M16), joiden avulla apurungossa oleva kierteitetty reikä voidaan muuttaa ripustimen halkaisijalle sopivaksi. Haastetta uusien laitteistojen valintaan saattaa tuoda mittapäiden toiminta-aste. Maksimikäänkökulmat ovat etuakselilla melko suuria ja mittapäät ovat paikoin lähellä mittatauluja (etäisyys < 1 m). Myös taka-akselilla olevat mittapäät ovat lähellä takaosan mittatauluja, kun tehdään esimerkiksi kalibrointia (RAS). PASI:ssa käytetään samoja mittatauluja sekä ripustimia, mutta niiden kiinnitys ei ole tällä hetkellä yhtä vakaa kuin AMV:ssä.

Nykyinen säätölaitteisto on malliltaan kompakti ja sitä on helppo liikutella varastointipaikan ja työpisteen välillä. Mittapäät ja mittauslaite ovat akkukäyttöisiä, ja niitä ladataan verkkovirralla tarpeen vaatiessa. Kuvassa 6.4 on nykyinen säätölaitteisto kuljetustelineessään pois lukien mittauslaite ja mittapäät (KUVA 6.1). Taulukkoon 1 on koottu yhteenvedona nykyisen säätölaitteiston tiedot.



KUVA 6.4. Nykyinen ohjauskulmien säätölaitteisto

TAULUKKO 1. Nykyisen säätölaitteiston tiedot (Josam n.d.)

Valmistaja / Malli Josam / Truckaligner 2 / JTCommunicator (ohjelmisto)		
Komponentit	Määrä (kpl)	Lisätiedot
Mittauslaite	1	Langaton laite, sisältää räätälöidyn ohjelmiston. Mittaustulokset voidaan tulostaa kytkemällä mittauslaite tietokoneeseen (vaatii ohjelmiston) tai suoraan tulostimeen.
Pyöräkiinnike	4	Kaksi käytössä, kaksi varalla. Erikoiskiinnitys pyörännapaan (AMV)
Pyöräkiinnike	4	Kaksi käytössä, kaksi varalla. Erikoiskiinnitys peltivanteeseen (PASI)
Mittapäät	2	Langattomat, lasermittaus, lähettävät tiedot radioaalloilla mittauslaitteelle.
Mittataulut	4	Mahdollisuus siirtää sivuttais- ja korkeussuunnassa.
Mittavarret	4	Yhteensopivat mittataulujen kanssa, kiinnittyvät vaakasuoraan.
Ripustimet	4	Kannattelevat mittavarsia, erikoiskiinnityspiste AMV:n apurunkoon tai PASI:in
Jatkopalat	2	Sopivat pyöräkiinnikkeen akselille, pituus n. 40 cm.
Kuljetusteline	1	Pyörillä kulkeva. Mahdollisuus siirtää kaikki komponentit kerralla.
Kääntölevyt	8	Kantama pitää olla n. 5 t / levy.
Tekniset tiedot		
Käyttöaika		> 8 h
Latausaika		8 h
Aurauskulma		±25°
Camber		-5 - +10°
Caster		±20°
KPI		±20°
Maksimikäant.		60°
Toimintaväli		> 15 m (ajoneuvon maksimipituus)

6.2 1. vaihtoehto: Josam i-track

Ensimmäinen vaihtoehto on Josamin valmistama i-track -laitteisto vuodelta 2011. I-track on toiminnaltaan lähes nykyistä vastaava. Mittapäät ovat pienemmät ja kevyemmät, ja ne lähettävät saamansa mittaustiedon bluetoothin välityksellä mittauslaitteelle. Tämä sarja ei sisällä kannettavaa mittauslaitetta, vaan mukana on tietokoneelle suoraan asennettava ohjelmisto ja tietokoneeseen kytkettävä bluetooth-lähetin.

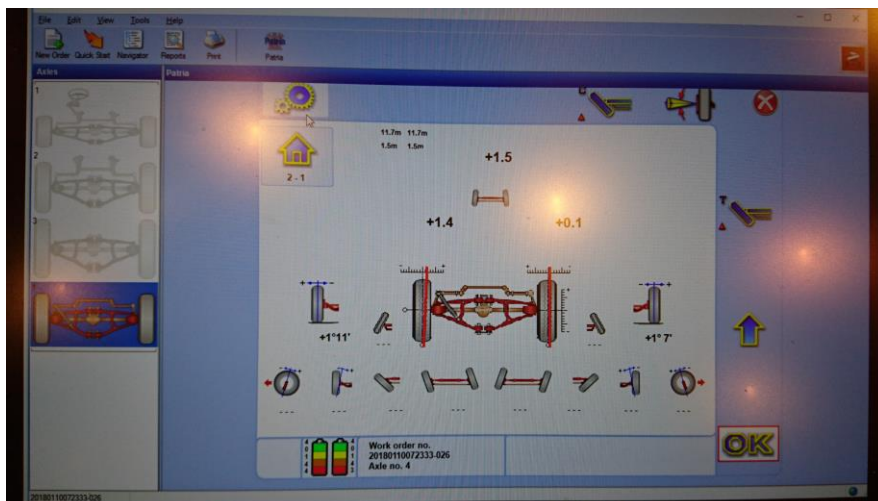
Sarjaan itsessään kuuluisi vanteen reunoihin kiinnittyvät pyöräkiinnikkeet (kts. esim. kuvasta 2.8), mutta tämän sarjan etuja ovat mittapäiden yhteensopivuus nykyisten pyöräkiinnikkeiden ja mittataulujen kanssa. Valmistaja lupaa i-track:n käytön olevan mahdollista niin, että mittataulut sijaitsevat ajoneuvosta kauempana, esimerkiksi korjaamon seinällä tai lattialla (Josam n.d.). Tämä ei kuitenkaan toimi Patrialla, koska ajoneuvot tulee mitata aina ajoneuvon keskilinjan suhteen, joka edellyttää ajoneuvossa kiinni roikkuvia

mittatauluja. Josamin mukaan uudet mittapääät toimivat maksimikäntökulmien tarkastuksessa ilman jatkovarsia, joita nykyisten mittapäiden kanssa on jouduttu käyttämään. Samoin Josam tarjoaa kapeampia mittatauluja nykyisten tilalle, jotka ovat kompaktimmat kuljettaa ja kevyemmät käyttää. Näiden käyttö on mahdollista mittapään laajentuneen lasersädekeilan ansiosta.

Josamin on myös mahdollista räätälöidä uudempi ohjelmisto, joka sopii AMV:n ja PASI:n tarkastus- ja säätöprosesseihin näillä mittapäillä ja nykyisillä pyöräkiinnikkeillä. Räätälöity ohjelmisto sallii pyöräasemien mittaukset ajoneuvon ollessa paikallaan, mikä on yksi pääkriteereistä tässä tapauksessa. Kuvassa 6.5 on i-track -mittapää, kuvassa 6.6 on otos Josamin tarjoamasta ohjelmistosta ja taulukkoon 2 on koottuna i-track -laitteiston tiedot. Kokonaisuutta varten Josamilta on mahdollista hankkia pyörillä liikutettavia telineitä, jossa laitteiston osia säilytettäisiin ja kuljetettaisiin.



KUVA 6.5. Josam i-track -mittapää (Josam n.d.)



KUVA 6.6. Tietokoneelle asennettava Josam Homebase 3 -ohjelmisto

TAULUKKO 2. Josam i-track

Valmistaja / Malli Josam / i-track / Homebase 3 (ohjelmisto)		
Komponentit	Määrä (kpl)	Lisätiedot
Mittauslaite	0	ei mukana erillistä laitetta, ostajan tulee hankkia oma tietokone ohjelmistoa varten.
Pyöräkiinnikkeet	8	Mahdollisuus käyttää nykyisiä pyöräkiinnikkeitä (sekä AMV että PASI)
Mittapääät	2	Langattomat, lasermittaus, bluetooth-yhteys. Sarjan mukana saa bluetooth-lähttimen.
Mittataulut	4	Mahdollisuus käyttää nykyisiä mittatauluja. Tarjolla myös kompaktimmat mittataulut.
Mittavarret	4	Mahdollisuus käyttää nykyisiä mittavarsia.
Ripustimet	4	Mahdollisuus käyttää nykyisiä ripustimia.
Kuljetusteline	1	Saatavilla esimerkiksi pyörillä kulkeva kaappi, jossa lisäksi verkkoseinä kiinnityskoukuille.
Kääntölevyt	8	Mahdollisuus käyttää nykyisiä levyjä.
Tekniset tiedot		
Käyttöaika		12 h
Latausaika		5 h
Aurauskulma		±25°
Camber		-5 - +10°
Caster		±20°
KPI		±20°
Maksimikänt.		60°
Toimintaväli		22 m (ajoneuvon maksimipituus)

6.3 2. vaihtoehto: Hunter WinAling HD

Hunter on amerikkalainen ajoneuvoalan tuotteita valmistava yritys. Heidän valmistamiin tuotteisiinsa kuuluvat esimerkiksi ohjauskulmien säätölaitteet, rengastyökoneet ja ajoneuvonostimet. Tähän tutkimukseen valittiin Hunterin tuotteista Winalign HD -ohjauskulmien säätölaitteisto, joka on kehitetty juurikin raskaan kaluston käyttöön. (Hunter 2018.)

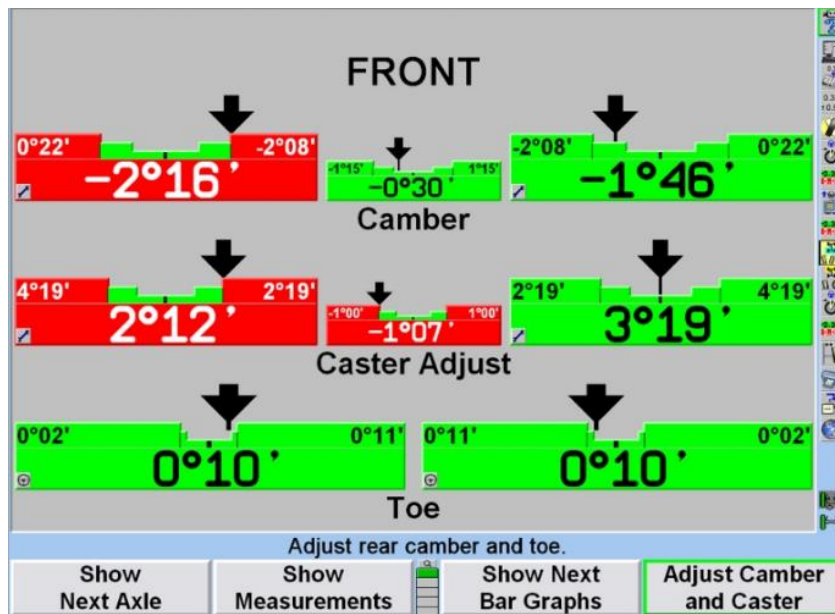
Hunter Winalign HD -laitteisto sisältää langattomat mittapääät kahdelle tai kolmelle akselille laitteiston hintatasosta riippuen sekä tietokoneen, joka on integroituna joko pyörillä kulkevaan kaappiin tai kiinteään seinätelineeseen. Mittapäiden säilytystä varten on olemassa erillinen pyörillä kulkeva teline. Alkuperäiset pyöräkiinnikkeet ovat suunniteltu kiinnittymään kynsien avulla vanteen reunoihin ja mittapää sijoitetaan kiinnikkeen keskelle vapaasti roikkumaan. Kuvassa 6.7 on Winalign HD:een pyöräkiinnike ja mittapää.



KUVA 6.7. Hunter Winalign HD -laitteiston pyöräkiinnike ja mittapää (Hunter 2018)

Pyöräkiinnikkeitä on mahdollista saada kahden mallisina. Toinen vaihtoehtoista on van-
teen ulkoreunaan kiinnitettävä malli (KUVA 6.7), ja toinen vaihtoehto on niin kutsuttu
”wheel off” -malli, joka kiinnitetään pyörännapaan pinnapulttien varaan. Tällöin ajoneu-
von pyörä tulee olla pois paikaltaan ja ajoneuvon kevennettynä. Mittausmenetelmä pe-
rustuu Hunterilla yleisesti akseleiden kulkulinjaan, mutta mahdollisuutena on myös käyt-
tää runkolinjaan perustuvaa mittausmenetelmää, jolloin ajoneuvon etu- ja takapäähän asennetaan
kameramittapäät (Kiviranta 2018). Akseleiden kulkulinjan kautta mitattaessa ajoneuvon
mittapäät lähettävät toisilleen sädettä, jolloin ne vertaavat keskinäistä muutostaan ajoneu-
voa työnnettäessä (rolling compensation). Kääntökulmia mitattaessa etuna on nykyisten
kääntölevyjen hyödyntäminen, jolloin uusia ei tarvitsisi hankkia.

Ohjauskulmien säätöprosessissa mittapäille joudutaan suorittamaan kompensointi joko
työntämällä ajoneuvoa eteenpäin tai pyörittämällä kyseistä pyörää ilmassa. Hunterin oh-
jelmistot sisältävät lähes kaikkien siviililiikenteen ajoneuvojen alkuperäiset raja-arvot ja
niitä on Hunterin maahantuojan mukaan mahdollista muokata erikseen myös yrityksen
tarpeisiin (Kiviranta 2018). Kuvassa 6.8 on esimerkki Hunterin käyttämästä ohjelmis-
tosta. Taulukkoon 3 on koottu tiedot Hunter WinAlign HD -laitteistosta.



KUVA 6.8. Esimerkki Hunterin tarjoamasta ohjelmistosta (Pro-Align 2018)

TAULUKKO 3. Hunter WinAlign HD -laitteiston tiedot (Kiviranta 2018)

Valmistaja / Malli		
Hunter / WinAlign HD		
Komponentit	Määrä (kpl)	Lisätiedot
Mittauslaite	1	Sarjassa mukana tietokone, jossa mittausohjelmisto asennettuna.
Pyöräkiinnikkeet	4-6	Sarjaan saa 4 tai 6 kappaletta pyöräkiinnikkeitä. Joko vanteeseen tai napaan kiinnittyviä.
Mittapääät	4-6	Sarjaan saa 4-6 mittapäättä riippuen hintatasosta.
Mittataulut	4	Ei varsinaisia mittatauluja. Kameramittapääät saatavilla mittavarsia käytettäessä.
Mittavarret	4	Mittavarret saatavilla, jos halutaan mitata runkolinjaa referenssinä käyttäen.
Ripustimet	4	Mittavarsiin joutuisi rakentamaan ajoneuvoihin sopivat kiinnikkeet.
Kuljetusteline	1	Tietokone integroituna kaappiin, pyöräkiinnikkeille saatavilla oma kuljetusteline.
Kääntölevyt	8	Mahdollisuus käyttää nykyisiä levyjä.
Tekniset tiedot		
Käyttöaika		unk. (Valmistajalta ei ole tietoja saatavilla)
Latausaika		unk.
Aurauskulma		unk.
Camber		unk.
Caster		unk.
KPI		unk.
Maksimikäänt.		unk.
Toimintaväli		unk.

6.4 3. vaihtoehto: Koch HD-30 Easy Touch

Koch-Achsmessanlagen (myöh. Koch) on saksalainen yritys vuodelta 1950, jonka päätuotteita ovat henkilö- ja kuorma-autojen sekä traktoreiden ja lentokoneiden ohjauskulmien säätölaitteistot. Yritys on kehittänyt ensimmäisen mekaanisen ohjauskulmien tarkastuslaitteensa jo vuonna 1952. Koch on perheyritys, jonka perustajana toimi Herwart Koch. (Koch-Achsmessanlagen n.d.)

Koch HD-30 Easy Touch on raskaan kaluston käyttöön suunniteltu lasertoiminen ohjauskulmien mittauslaitteisto, joka on kehitetty vuonna 2007. Laitteisto ei ole kovinkaan uusi, mutta se on vaihtoehtona erittäin mielenkiintoinen ja edelleen markkinoilla oleva tuote. Laitteisto ei sisällä varsinaista mittauslaitetta, vaan ohjauskulmien arvot tarkastetaan mittatauluista sekä elektronisella kaltevuusmittarilta mittapäiden yhteydessä. Laitteisto on komponenttiensa osalta melko yksinkertainen ja tämän vuoksi mahdollisesti myös varmatoiminen. Laitteiston käyttäminen ei vaadi nostinta, eikä säätöprosessissa tarvitse suorittaa ”rolling compensation” toimenpidettä.

Laitteiston mittapää sisältää laserosoittimen ja vesivaa’an, jonka avulla mittapää on helppo kohdistaa pystysuoraan asentoon. Laserosoittimen avulla mitta-arvot ilmestyvät mittatauluille, jotka ovat sijoitettuna ajoneuvon alle tai kiinni ajoneuvon runkoon. Mittapää on integroituna laitteiston pyöräkiinnikkeeseen (KUVA 6.9), ja sitä on mahdollista pyörittää kiinnikkeen akselilla vapaasti. Pyöräkiinnike asetetaan vapaasti pyörän päälle, ja mittapää säädetään keskelle pyörännapaa muuttamalla sen korkeutta kiinnikkeen pystyakselilla.



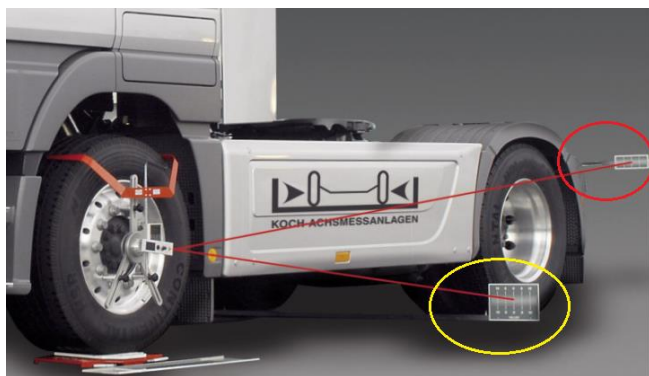
KUVA 6.9. HD-30 Easy Touch -laitteiston pyöräkiinnike, mittapää ja kaltevuusmittari (Koch-Achsmessanlagen n.d.)

Pyöräkiinnike kohdistetaan vanteen pintaan kolmella säätöpalalla, joiden keskinäistä etäisyyttä on mahdollista muuttaa sekä sivuttais- että pituussuunnassa. Säätöpalat kiristetään vanteen suoralle pinnalle pyöräpulttien väliin. Kosketuspintojen tulee olla täysin puhtaat, jottei pyöräkiinnike asetu vinoon. Sarjaan kuuluva kaltevuusmittari on irrotettava, ja se voidaan siirtää pyöräkiinnikkeestä toiseen. Kaltevuusmittari ilmoittaa käyttäjälle mittaamansa camber-kulman arvon ilman erillisiä toimenpiteitä (KUVA 6.10), kun se on asetettu oikein pyöräkiinnikkeen akselille.



KUVA 6.10. HD-30 -laitteiston kaltevuusmittari (Koch-Achsmessanlagen n.d.)

Laitteisto sisältää mittataulut ohjauksen linjaukseen, aurasikulmien säätöä ja kääntökulmien tarkastusta varten. Linjaukseen tarkoitetut taulut (2 kpl) kiinnittyvät magneetein ajoneuvon runkoon, jolloin ohjaus voidaan asettaa kulkemaan ajoneuvon rungon suuntaisesti. Aurasikulmien säätöä varten ajoneuvon ohjaavan akselin etu ja takapuolelle asetetaan mittataulut, joista käyttäjä voi lukea laserosoittimen avulla akselin aurauksen. Aurausta säädettäessä laserosoitin liikkuu ja mittataulussa näkyvä arvo muuttuu. Kuvassa 6.11 on esimerkki linjauksen ja aurasikulmien tarkastuksen mittatauluista.



KUVA 6.11. Ohjauksen linjauksen (pun.) ja aurasikulmien (kelt.) mittataulut (Koch-Achsmessanlagen n.d.)

Mittataulujen etäisyys lasketaan suhteena ajoneuvon vanteen halkaisijaan. Vanteen halkaisija (cm) kerrotaan kymmenellä ja tämä tulos jaetaan kahdella, jolloin saadaan metri-määrä, jonka verran taulujen etäisyys tulisi olla mitattavan pyörän keskeltä. Valmistajan mukaan tärkeintä on kuitenkin mittataulujen välinen kokonaisetäisyys, mutta taulukoh-tainen etäisyys pyörän keskeltä voi olla eri. (Koch HD-30 Easy Touch n.d.)

Kääntökulmien tarkastamista varten laitteistoon kuuluu maahan asetettavat mittataulut. Taulut sijoitetaan ajoneuvon suuntaisesti ja pyöriä käännettäessä laserosoitimen avulla nähdään pyörän sen hetkinen kääntökulma. Tässä toimenpiteessä kaltevuusmittarin avulla voidaan myös tarkistaa pyöräkohtainen Caster- ja KPI-arvo halutussa kääntökul-massa. Kuvassa 6.12 on laitteiston avulla tehtävä pyörän kääntökulman mittausta. Laitteis-toa on mahdollista kuljettaa sille valmistetussa pyörillä kulkevassa laatikossa (KUVA 6.13). Taulukkoon 4 on lopuksi koottuna HD-30 Easy Touch -laitteiston tiedot.



KUVA 6.12. Kääntökulma-arvon mittaaminen HD-30 -laitteistolla (Koch-Achsmessan-lagen n.d.)



KUVA 6.13. HD-30 -laitteiston kuljetuslaatikko (Koch-Achsmessanlagen n.d.)

TAULUKKO 4. Koch HD-30 Easy Touch -laitteiston tiedot (HD-30 Easy Touch n.d.)

Valmistaja / Malli Koch-Achsmessanlagen / HD-30 Easy Touch /		
Komponentit	Määrä (kpl)	Lisätiedot
Mittauslaite	0	Mitta-arvot luetaan mittatauluilta tai pyöräkiinnikkeen kaltevuusmittarilta.
Pyöräkiinnikkeet	2	Pyörän päällä roikkuva kiinnike, jossa on kiinteä mittapää.
Mittapää	2	Laserosoittimella varustetut mittapää, jotka ovat integroitu pyöräkiinnikkeisiin. Laitteistossa on myös elektroninen kaltevuusmittari, jota siirretään kiinnikkeiden välillä.
Mittataulut	6	2 kpl aurasukulmien mittaukseen, 2 kpl ohjauksen linjaukseen ja 2 kpl kääntökulmien mittaamiseen.
Mittavarret	4	Teleskooppivarret mittataulujen yhteydessä.
Ripustimet	2	Ei varsinaisia ripustimia, linjauksen tauluissa kuitenkin magneettikiinnikkeet.
Kuljetusteline	1	Pyörillä kulkeva säilytylaatikko
Kääntölevyt	2-4	Sarjassa 2 kpl, tai 4 kpl, jos tarkastellaan ajoneuvoja, joissa on 2 ohjaavaa akselia. Mahdollisuus käyttää myös nykyisiä kääntölevyjä.
Tekniset tiedot		
Käyttöaika		Kaltevuusmittari ja laserosoitin paristolla
Latausaika		-
Aurasukulma		±15 mm
Camber		unk.
Caster		unk.
KPI		unk.
Maksimikänt.		90° (mittataulun max. arvo)
Toimintaväli		Laserosoittimen kantama 20 m. Mittataulujen väli suhteessa vanteen halkaisijaan.

7 YHTEENVETO

Tässä luvussa käsitellään AMV:n ja PASI:n ohjauskulmien säätöprosessien pohjalta tehtyä vertailua käytössä olevan ja markkinoilla olevien suuntauslaitteistojen välillä. Luvun lopussa tuodaan ajatuksia prosessien mahdolliseen kehittämiseen. Vertailukohtana tutkimuksessa käytettiin Josam Truckaligner 2 -suuntauslaitteistoa vuodelta 2004. Luvussa 6 on nähtävissä tutkimuksessa löytyneet vaihtoehdot nykymarkkinoilta.

Tutkimuksen tuloksena tehokkaimmaksi ratkaisuksi osoittautui Josam i-track, joka on vuonna 2011 suunniteltu langaton ohjauskulmien mittausjärjestelmä. Josam pystyy tarjoamaan Homepage 3 -ohjelmistonsa pohjalta AMV- ja PASI-ajoneuvoihin räätälöidyn mittausohjelman, joka on asennettavissa esimerkiksi kannettavalle tietokoneelle. Tämä etu ei velvoita asiakasta ostamaan suurta kokonaisuutta, johon kuuluisi integroitu tietokoneyksikkö ja näyttö, vaan mittauksessa käytettävää tietokonetta voi kantaa mukanaan muissa tehtävissä myös säätöprosessien ulkopuolella. Näin kustannusrakennetta saadaan käyttäjällä alemmaksi, koska henkilö voi tarvittaessa käyttää omaa tietokonettaan alustana ohjelmistolle. Tietysti suositeltavaa on hankkia oma tietokone prosessia varten, mutta tarvittaessa konetta on mahdollista hyödyntää muissakin tehtävissä.

Hunterin tarjoamassa laitteistossa tietokone kuuluu kiinteästi asennettuna pyörillä kulkevaan kaappiin tai kiinteään seinätelineeseen, ja se sisältää ainoastaan ohjauskulmien mitausta ja säätöä varten suunnitellun ohjelmiston. Tällöin tietokonetta ei käytetä kuin vain säätöprosessin aikana ja tämä laskee sen hyödynnettävyyttä. Koch HD-30 -laitteisto ei sisällä lainkaan mittausohjelmistoa, joka toisaalta lisää sen käyttövarmuutta, mutta samalla ”livetilassa” tehtävät säädöt ovat ajoneuvolle hankalia toteuttaa. Tietokoneohjelman avulla käyttäjä näkee jatkuvasti ja tarkasti muuttuvan ohjauskulma-arvon säätöjä tehdessään.

Josam tarjoaa 8x8 ja 6x6 -ajoneuvoille luotua ohjelmistoa, joka ei perustu mihinkään julkisen markkinan ajoneuvoon. AMV:tä ja PASI:a säädettäessä on tärkeää, että ohjelmisto toimii jatkuvassa tilassa, jolloin työtä suorittava mekaanikko voi tarkkailla muutoksia omaan työtahtiinsa, eikä ohjelmisto siirry automaattisesti eteenpäin arvojen ollessa toleranssissaan. Räätälöidyssä Homepage 3 -ohjelmistossa on myös mahdollista erikseen kalibroida RAS-ajoneuvon taka-akselin kääntökulmat. Tärkeimpänä laitteiston etuna on sen

älkykyys, sillä se tunnistaa ohjauskulmat ajoneuvon ollessa paikallaan, eikä työntömitausta tarvitse suorittaa. Hunterin maahantuojaan mukaan heidän ohjelmistoaan on mahdollista muokata yrityksen erityistarpeisiin, mutta verrattaessa lähtökohtaisesti Josamin ja Hunterin ohjelmistojen esimerkkikuvia (KUVA 6.6 ja 6.8), on Josamin tuottama ohjelmisto huomattavasti selkeämpi ja helposti ymmärrettävämpi. Josam on myös pystynyt hyödyntämään Truckaligner 2 -ohjelmistonsa kehittämiä AMV:n ja PASI:n mitta-arvoja Homepage 3 -ohjelmistossa, joka on nopeuttanut heidän ohjelmistonsa kehitystyötä.

I-track järjestelmä ei sisällä lainkaan liikuteltavia johtoja, sillä mittapäät toimivat jopa 12 tuntia ilman uudelleenlatausta ja tehokas bluetooth-yhteys on helppo muodostaa tietokoneeseen liitettävällä bluetooth-lähettimellä. Langaton toiminta on nykypäivänä merkittävä etu, koska se vähentää vaurioituvien osien määrää (johdot lattialla), sekä se parantaa työntekijöiden turvallisuutta vähentämällä kompastumisriskiä.

PASI:n ja AMV:n erikoisvalmisteiset pyöräkiinnikkeet sopivat yhteen i-track mittapäiden kanssa, jolloin kiinnikkeitä ei tarvitse suunnitella uudelleen. I-track mittapäät ovat huomattavasti pienemmät ja kevyemmät kuin nykyisessä järjestelmässä, joka helpottaa niiden siirtämistä ja varastoimista. Esimerkiksi Hunterin käyttämät mittapäät ovat huomattavasti haastavamman muotoiset kuljettaa ja säilyttää verrattuna Josamin tuotteisiin. Hunterin mittapäiden kiinnittämistä varten täytyisi kehittää uudet pyöräkiinnikkeet, jotka sopisivat AMV:n ja PASI:n pyöriin. Hunterin alkuperäiset kiinnikkeet vaativat joko työntämällä tehtävän kalibroinnin tai pyörän irrottamisen, joka ei ole näissä ajoneuvoissa mahdollista. I-track -laitteistossa on myös nykyistä vastaavat mittavarret ja -taulut käytössä, joka onkin yksi toimintaehdoista, sillä AMV:n ja PASI:n mittausta perustuu korin linjaan verrattaviin ohjauskulmiin. Koch'in laitteistossa mittapäinä toimivat laserosoitimet, joiden avulla peilataan lattialla oleviin mitta-asteikkoihin. Näitä osoittimia varten tulisi myös kehittää Patrian ajoneuvoihin sopivat pyöräkiinnikkeet, jonka lisäksi osoittimien kanssa tehtävä säätö olisi silti huomattavasti muita vaihtoehtoja hitaampaa mitta-asteikkojen manuaalisen siirtelyn vuoksi.

Hunterin tarjoama laitteisto mittaa ajoneuvossa akselilinjan muutosta ajoneuvoa eteenpäin työnnettäessä. Tämä käytäntö toimii siviililiikenteeseen suunnitelluilla kuorma-autoilla, koska ne ovat yleensä varustettu ns. jäykällä akseleilla. Myös Koch HD-30 -laitteistolla mittausta perustuu hyvin paljon jäykän akselin mittaamiseen, sillä erolla, että ajoneuvoa ei tarvitse työntää eteenpäin. Tällainen jäykän akselin mittaumenetelmä voisi

toimi PASI:n kohdalla, mutta AMV:ssä jokainen pyöräasema on itsenäinen osakokonaisuus ja niiden säätäminen on mahdollista ilman toisen pyöräaseman muutosta. Tämän vuoksi i-track toimii AMV:ssä parhaiten, koska mittapäät osoittavat pyöräkohtaista muutosta runkoon nähden. Josamin kehittyneen mittausohjelmiston ja uusien mittapäiden ansiosta säätöprosesseissa voidaan käyttää kapeampia mittatauluja sekä nykyisellään käytetyt maksimikäntökulmien jatkovarret voidaan jättää pois käytöstä. Tämä vähentää i-track laitteiston kokonaiskustannuksia sekä yksittäisten komponenttien määriä, jolloin laitteistosta tulee helpommin siirreltävä.

Koska kyseessä on näin ainutlaatuiset ajoneuvot, joiden rakenne ei perustu tieliikenne-markkinoilla oleviin ajoneuvoihin, on hyvän suuntauslaitteiston kehittäminen erittäin haasteellista. Josam on kuitenkin pystynyt vastaamaan asiakkaan kysyntään tässä tapauksessa erittäin hyvin, ja yritys on pystynyt kehittämään ohjelmiston ja laitteiston vastaamaan Patrian tarpeita.

Nykyisiä säätöprosesseja tarkkaillessani tein myöskin havaintoja mahdollisista kehityskohteista omasta näkökulmastani. Yhtenä ongelmana oli mittapäiden lähettämän ja vastaanottaman lasersäteen herkkyys. Lasersäde otti virheellisiä heijastumia lähes kaikesta kiiltävästä mittaustaikasta ympärillä. Tämän vuoksi mittaustuloksesta hävisi hetimitämittattavan lukuarvon tieto, joka hidastaa prosessia sekä luo työhön epävarmuutta. Säätöprosessille tulisi luoda oma sille tarkoitettu tila, jossa ei ole suuria ikkunoita, peilejä, tai muita ajoneuvoja, joista säde heijastaa takaisin. Tilasta tulisi poistaa myös kirkkaat metalliset sekä muut kiiltävät ja sileät pinnat. Säätöprosessia varten olisi hyvä valita oma nelipilarinostin, jota ei käytetä muihin toimiin. Huolto- ja korjaustöissä käytettävä nelipilarinostin kuluu enemmän, sekä se on alttiina ulkopuolisille osumille. Nämä vähentävät nostimen tarkkuutta ja nostinta joudutaankin kalibroimaan useammin, jotta se on varmasti vaakatasossa, sillä vinossa oleva nostin heijastaa virheellisiin mittaustuloksiin. Yksi vaihtoehto olisi suorittaa säätöprosessin kokonaan lattiatasossa, mutta tämä hankaloittaa ohjauskulmien säätämistä ajoneuvon alla ja hidastaa työn suoritusaikaa.

Toinen laitteiston kehityskohteista on kääntölevyjen kuulamateriaali. Kuulien tehtävänä on varmistaa kääntölevyn sujuva liikkuminen pyöriä käänneltäessä, mutta nykyisissä kääntölevyissä on käytössä kovamuovikuulat, jotka muuttuvat soikeiksi raskaan kuorman alla. Soikeus aiheuttaa levyn epätasaista liikkuvuutta ja tämä luo haastetta esimerkiksi kääntökulmien tarkassa mittauksessa, koska pyörä saattaa liikkua portaittain. Mahdollinen materiaalin vaihto loisi toimintaan varmuutta sekä pidentäisi kääntölevyjen käyttöikä.

AMV:ssa mittataulujen ripustimien paikat ovat erittäin tarkat, ja ne vastaavat suoraan apurungon linjaan. PASI:ssa näin ei kuitenkaan ole, vaan ripustimet asetetaan lehtijousien kiinnityspisteiden päälle roikkumaan. Tämä ei ole täysin luotettava menetelmä, sillä ripustimet voivat pudota kiinnityspisteiden päältä tai valua alaspäin pitkin lehtijousen pintaa. PASI:ssa kiinnitystä hankaloittaa varsinainen apurungon puuttuminen, mutta koriin voisi mahdollisesti kehittää AMV:n kaltaiset kiinnityspisteet, joita hyödynnettäisiin vain suuntausprosessissa. Ohjauskulmien säännöllinen tarkastaminen on kuitenkin ajoneuvon ohjattavuuden kannalta tärkeä toimenpide, koska kyseessä on suuri, painava ja moniakselinen ajoneuvo.

Säännöllistä huoltotoimintaa tehtäessä ajoneuvoille voisi suorittaa säätöprosessin ympärillä koeajot. Ajoneuvolla ajettaisiin tarkastusajo ennen ohjauskulmien tarkastamista, koska koeajo voi paljastaa selkeitä ongelmia ohjauslaitteistossa, esimerkiksi viallisia komponentteja tai ajoneuvon puoltamista. Nostimelle ajettaessa mekaanikon olisi helpompaa tarkastaa mahdolliset ongelmakohdat ennen suuntalaitteiston kiinnittämistä. Samoin prosessin lopuksi suoritettava koeajo antaisi hyvää vertailutietoa lähtökohtaan nähden. Koeajo ei välttämättä ole mahdollinen esimerkiksi uuden ajoneuvon kohdalla, mutta se voisi toimia juurikin huoltoon tulevilla käytetyillä ajoneuvoilla.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia mahdollisia ratkaisuja vanhan ohjauskulmien säätölaitteiston tilalle. Työn tilaajana toimi Patria Land Systems Oy, ja työ valikoitui tällä hetkellä ajankohtaiseksi nykyisen laitteiston valmistuksen päätyttyä. Tutkimuksen tavoitteena oli löytää mahdollinen korvaava ratkaisu laitteistolle sekä samalla tarkastella itse säätöprosessin kehittämistä. Työni tein yrityksen ulkopuolella, mutta kävin tutkimuksen aikana muutamia kertoja yrityksessä tekemässä haastatteluja sekä tutustumassa prosesseihin.

Lähtökohtaisesti olin hyvässä asemassa, koska sain työskennellä Patrialla kahdeksan kuukauden ajan ennen opinnäytetyön aloittamista. Työni keskittyi tuotannon esimiestehtäviin, joten pääsin työskentelemään erittäin lähellä AMV- ja PASI-ajoneuvoja, joihin näitä säätölaitteistoja käytetäänkin. Aiempi työni Patrialla antoi pohjaa yrityksestä ja sen tuotteista, joita siviilipuolella on muuten hankala päästä tutkimaan. Itsessään ohjauskulmien säätöprosessiin en työjaksoni aikana tutustunut, joten sain aloittaa puolueettoman tarkastelun tämän tutkimuksen alkaessa. Halusin tutustua ajoneuvojen ohjauslaitteistoihin ja niiden toimintaan, sekä tämän hetkisiin säätöprosesseihin, ja sainkin yrityksestä erittäin hyvin tukea kysymyksiä esittäessäni.

Uuden laitteiston valintaa tehdessäni vertailin nykyisen tuotteen ominaisuuksia sekä sen tarjoamia etuja muiden yritysten tuotteisiin. Tutkimuksen viimeisenä vaihtoehtona olisi voinut olla myös pysyminen vanhassa laitteistossa, mikäli markkinoilta ei olisi löytynyt sopivaa tuotetta. Tietysti uudempi ja kehittyneempi versio haluttiin löytää, koska vanhan säätölaitteiston valmistus on lopetettu ja samoin varaosien saanti hankaloituu tulevaisuudessa. Valmistuksen päättymisen vuoksi myöskään mahdolliset teknologiansiirtomaat eivät voi hankkia Truckaligner 2 -laitteistoa, joten Patrialla pitää olla tämänkin vuoksi tarjota heille uudempaa vaihtoehtoa. Mielestäni tutkimuksen tuloksena saatiinkin hyvä lopputulos, kun ruotsalaisen Josamin tuotteista löytyi Patrian kriteerit täyttävä ratkaisu. Josam i-track tarjoaa toiminnallaan kompaktin ratkaisun säätöprosessiin sekä sen suurena etuna on myös yhteensopivuus nykyisten komponenttien kanssa.

Laitteiston päivityksen yhteydessä avautui mahdollisuus tarkastella myös koko prosessin läpikäyntiä ja pohtia ulkopuolisen näkökulmasta sen epäkohtia. Löysinkin mielestäni muutamia asioita, joita työssä voisi muuttaa tai siihen voisi lisätä. Tarkastelin prosessia avoimin mielin ja pohdin samalla mahdollisia muutoksia henkilöautopuolen vastaaviin säätöprosesseihin verraten. Kehitysideoita luodessani yritin pohtia suorituksen optimointia, ja sitä kuinka prosessia voisi nopeuttaa tai sen toimintavarmuutta kasvattaa. Omat ideani rakentuivat enimmäkseen toimintavarmuuden ja lopputuloksen parantamiseen ajansäästämisen sijaan.

Jatkossa ohjauskulmien säätöprosesseja voisi tarkastella ajankäytön ja tuloksen osalta, jolloin nähtäisiin nykyisen ja mahdollisen uuden laitteiston ero. Tutkimuksessa verrattaisiin nykyistä prosessia käytössä olevilla laitteilla ja mahdollisesti kehitettyä prosessia uusilla laitteilla. Tällaisessa tutkimuksessa voitaisiin seurata kustannuksien syntyä sekä lopputuloksen tehokasta saavuttamista. Päivitetty säätölaitteisto ja prosessi voivat olla kustannustehokkaampia, vaikka prosessi kestäisi ajallisesti hieman kauemmin, koska jos haluttu lopputulos saavutettaisiin kerralla eikä virheiden syntymiselle tai toistojen tekemiselle olisi mahdollisuutta, säästäisi tämä syntyvän työkustannuksen osuutta.

Tämä työ oli melko haastava ja kokonaisuuden ymmärtäminen vaatii todellista paneutumista asiaan. Ohjauskulmien teoria on itsessään erittäin laaja kokonaisuus, ja niiden ymmärtäminen on kuitenkin pakollista, jotta on kykeneväinen tarkastelemaan ohjauskulmien säätöprosesseja. Erityisen haasteen työssä loi Patrian ajoneuvojen rakenteiden ja niiden säätämisen ymmärtäminen, koska ajoneuvojen toiminta ei perustu siviililiikenteen kalustoon. Ohjauskulmien säätölaitteistojen tietoja oli valmistajien toimesta melko vähän saatavilla, ja se teki laitteistojen vertailusta huomattavasti hankalampaa. Työssä olisi voinut tutkia useampiakin vaihtoehtoja, mutta mielestäni löysin kolme toisistaan poikkeavaa laitteistoa, jonka myötä on mahdollista saada käsitys markkinoilla olevasta tarjonnasta.

LÄHTEET

Bastow, D., Howard, G. & Whitehead, J. P. 2004. Car suspension and handling. 4. painos. Warrendale, Pennsylvania: Professional Engineering; SAE International.

Halderman, J. D. 2010. Automotive steering, suspension and alignment. 5. painos. Boston: Prentice Hall

HD-30 Easy Touch. n.d. Laser Wheel Aligner. Operating Instructions. PDF-tiedosto. Luettu 20.3.2018.

Hunter. 2016. Hunter WinAlign HD. Luettu 8.3.2018. <https://www.hunter.com/about-hunter/news/press/2016/winalign-hd-now-capable-of-twin-steer-alignment>

Hunter. 2018. Hunter. Engineering company. Luettu 8.3.2018. <https://www.hunter.com/>

Hyvärinen, V., Mattila, P., Mylläri, A. & Sirola, J. 1993. Auto- ja kuljetusalan erikoistumisoppi; Alusta- ja hallintalaitteet 1. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Josam. n.d. Josam i-track. Luettu 24.01.2018. <http://www.josam.se/products/wheel-alignment/josam-i-track/>

Josam. n.d. Truckaligner 2. Elektroninen pyöränsuuntausjärjestelmä raskaan kaluston ajoneuvoille. PDF-tiedosto. Luettu 24.01.2018. <http://www.josam.se/wp-content/uploads/2013/08/josam-wheel-alignment-truckaligner-II-fi.pdf>

Kiviranta, J. Osastopäällikkö. Hunter Winalign HD. sähköpostiviesti. jouni.kiviranta@wihuri.fi. Luettu 6.3.2018.

Koch-Achsmessanlagen. n.d. HD-30 Easy Touch. Luettu 20.3.2018. <https://kochachsmessanlagen.de/en/products/truck-hd30-easytouch.html>

Mavrigian, M. 2012. Wheel alignment tech. Julkaistu 20.4.2012. Luettu 21.10.2017. <http://www.autoserviceprofessional.com/article/92261/Wheel-alignment-tech?Page=2>

Mechanical Engineering. 2012. Ackerman Principle for centre of turning radius. Blogikirjoitus. Luettu 30.12.2017. <http://mechanicalgalaxy.blogspot.fi/2012/11/ackerman-principle-for-centre-of.html>

Nieminen, I. 2013. Crosskart-ajoneuvon etujousitusgeometrian tutkiminen. Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma. Turun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Patria. 2017. Tuotteet ja palvelut. Panssaroidut pyöräajoneuvot. Luettu 23.1.2018. <https://www.patria.fi/fi/tuotteet-ja-palvelut/panssaroidut-pyoraajoneuvot/patria-amv-tuoteperhe>

Primož Resman. 2015. How is toe in toe out useful in automobiles. Julkaistu 6.2.2015. Luettu 21.10.2017. <https://www.quora.com/How-is-toe-in-toe-out-useful-in-automobiles>

Pro-Align. 2018. Products. Imaging Alignment. Luettu 8.3.2018. <https://www.pro-align.co.uk/proalignproducts/imagingwa/>

SuperPro Europe. 2017. Understanding steering and wheel alignment angles. Luettu 21.10.2017. <https://www.superproeurope.com/technical-steering.and.wheel.alignment.angles.cfm>

Tecalemit. n.d. Toimittajat. Josam. Luettu 23.01.2018. <http://www.tecalemit.fi/toimittajat/josam/>

Workshop Manuals. nd. Vauxhall Workshop Manuals. Kingpin Inclination. Luettu 26.12.2017.http://workshop-manuals.com/vauxhall/astra-h/f_rear_axle_and_rear_wheel_suspension/repair_instructions/kingpin_inclination/