



Juha Kaipainen

Kuljettajaa avustavien järjestelmien kalibrointi monimerkkikorjaamolla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

27.4.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Juha Kaipainen
Otsikko:	Kuljettajaa avustavien järjestelmien kalibrointi monimerkkikorjaamolla
Sivumäärä:	31 sivua
Aika:	27.4.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Ajoneuvojen jälkimarkkinointi
Ohjaaja:	Lehtori Juho Vallivaara

Opinnäytetyössä on syvennytty edistyneisiin kuljettajaa avustaviin järjestelmiin eli ADAS-järjestelmiin sekä niiden kalibrointiin erityisesti monimerkkikorjaamon näkökulmasta. Työssä tarkastellaan sitä, onko monimerkkikorjaamon kannattavaa hankkia kalibrointilaitteistoja ja mitä seikkoja korjaamon tulisi huomioida laitteistoa hankittaessa.

ADAS-järjestelmien tarkoitus on estää kuljettajasta johtuvia virhetilanteita ja lisätä liikenneturvallisuutta. Opinnäytetyön alkuosassa tarkastellaan järjestelmien kehitystä vuosien varrella sekä todennäköistä kehityssuuntaa tulevaisuudessa. Useimmat ADAS-järjestelmät vaativat kalibrointia ja säätämistä, jotta ne toimisivat oikein. Kalibrointia tarvitaan useissa ajoneuvon korjaamiseen ja huoltamiseen liittyvissä tilanteissa, jotka eivät suoranaisesti edes liity kyseiseen järjestelmään.

Autovalmistajien ADAS-järjestelmät eivät ole identtisiä eivätkä samaakaan teknologiaa hyödyntävissä järjestelmissä käytettävät komponentit ole samoja. Monimerkkikorjaamoille tämä tuo haasteen, mihin kalibrointilaitteistoihin kannattaa investoida. Työssä esitellään lyhyesti edistyneiden kuljettajaa avustavien järjestelmien kalibrointilaitteistoja sekä niiden toimintaa ja soveltuvuutta monimerkkikorjaamolle.

Opinnäytetyössä on esitelty ADAS-järjestelmien yleisiä kalibrointivaatimuksia, joita ovat esimerkiksi kalibroijan riittävä osaaminen sekä kalibrointitilan sopivuus. Monimerkkikorjaamon on investoitava kalibrointilaitteistojen lisäksi myös kalibrointitiloihin, joiden tulee täyttää eri laitteistojen vaatimat ohjearovot. Työssä tarkastellaan myös kalibroinnin ongelmakohtia sekä kustannustehokkuutta.

Opinnäytetyön johtopäätös on, että vaikka kalibrointilaitteistot voivat olla kalliita investointeja monimerkkikorjaamolle, ne maksavat itsensä usein nopeasti takaisin säästetyissä kuluissa ja ajassa. Koska ajoneuvoissa on yhä enemmän kalibroitavia järjestelmiä, on monimerkkikorjaamolle yhä kannattavampaa hankkia kalibrointilaitteistoja.

Avainsanat: ADAS, monimerkkikorjaamo, kalibrointi, kuljettajaa avustavat järjestelmät

Abstract

Author: Juha Kaipainen
Title: Calibration of Driver Assistance Systems at a Multi-Brand Repair Shop
Number of Pages: 31 pages
Date: April 27th, 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Automotive Engineering
Professional Major: After Sales Auto Engineering
Supervisor: Juho Vallivaara, Senior Lecturer

The thesis delves into advanced driver assistance systems (ADAS) and their calibration, especially from the standpoint of a multi-brand repair shop. The thesis examines whether it is profitable for a multi-brand repair shop to acquire equipment for calibration and what other aspects a repair shop should consider while acquiring the equipment.

The purpose of ADAS is to prevent errors caused by the driver and to increase traffic safety. The beginning of the thesis examines the development of ADAS over the years, as well as the likely future direction of the development. Most ADAS require calibration and adjustment to function properly. Calibration is needed in several situations related to vehicle repair and maintenance, which are not necessarily related to the system in question.

Car manufacturers' ADAS are not identical, neither are the components used even in systems utilizing the same technology. For a multi-brand repair shop, this presents a challenge of whether calibration equipment is worth investing in. The thesis briefly presents the calibration equipment of advanced driver assistance systems, as well as their operation and suitability for a multi-brand repair shop.

The thesis presents the general calibration requirements of ADAS systems, which include, for example, the calibrator's sufficient expertise and the suitability of the calibration space. A multi-brand repair shop must invest not only in calibration equipment, but also in calibration facilities, which must meet the different reference values required by the equipment. The work also reviews the problem areas and the cost effectiveness of calibration.

The conclusion of the thesis is that although calibration equipment can be expensive investments for a multi-brand repair shop, they often pay for themselves quickly in saved costs and time. Since there are more and more systems that should be calibrated in vehicles, it is more and more profitable for a multi-brand repair shop to acquire calibration devices.

Keywords: ADAS, multi-brand repair shop, calibration, advanced driver assistance systems

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kuljettajaa avustavat järjestelmät	2
2.1	Kuljettajaa avustavien järjestelmien tarkoitus	2
2.2	Kuljettajaa avustavien järjestelmien vaatimukset	4
2.3	Kuljettajaa avustavien järjestelmien tulevaisuus	5
2.4	Järjestelmät	7
2.4.1	ABS	7
2.4.2	ACC	10
2.4.3	AEB	12
2.4.4	AFL	13
2.4.5	BSD tai BSM	14
3	Kuljettajaa avustavien järjestelmien kalibrointi	17
3.1	Kalibroinnin tarve	17
3.2	Kalibrointivaatimukset	19
3.3	Komponentti- ja laitevalmistajat	21
3.4	Kalibroinnin ongelmakohdat	23
3.5	Kalibroinnin kustannustehokkuus	24
4	Yhteenveto	26
	Lähteet	28

Lyhenteet

- ABS: *Anti-lock braking system*. Lukkiutumaton jarrujärjestelmä.
- ACC: *Adaptive cruise control*. Mukautuva vakionopeudensäädin.
- ADAS: *Advanced Driver Assistance System*. Edistynyt kuljettajan avustinjärjestelmä.
- AEB: *Automatic Emergency Braking*. Automaattinen hätäjarrutus.
- AFL: *Adaptive Front light*. Mukautuvat ajovalot.
- BSD: *Blind Spot Detection*. Katveavustin.

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoitus on syventyä kuljettajaa avustaviin järjestelmiin sekä niiden kalibrointiin erityisesti monimerkkikorjaamon näkökulmasta. Kuljettajaa avustavien järjestelmien tarkoitus on estää kuljettajan huolimattomuudesta johtuvia virhetilanteita ja näin lisätä liikenneturvallisuutta. Autoissa on yhä enemmän kuljettajaa avustavia järjestelmiä, joiden kalibrointi on välttämätöntä yhä pienemmissä toimenpiteissä, joissain tapauksissa jopa renkaidenvaihdossa. (What Does ADAS Calibration Mean On My Auto Body Repair Estimate? 2019.) Tässä opinnäytetyössä perehdytään erityisesti edistyneisiin avustinjärjestelmiin, jotka hyödyntävät erilaisia sensortechnologioita.

Autovalmistajien järjestelmät eivät ole identtisiä, eivätkä samaakaan teknologiaa hyödyntävissä järjestelmissä käytettävät komponentit ole samoja. Tämä tuo kompastuskiven korjaamoille, jotka operoivat useiden automerkkien ajoneuvoja. Valmistajilla on käytössä merkkikohtaisia laitteita ajoneuvojensa kalibroimiseen. Korjaamoilla ei usein ole tiloja eikä myöskään halukkuutta investoida useaan toisiaan toiminnallisuudeltaan vastaavaan järjestelmään. Useimmat kuljettajaa avustavat järjestelmät vaativat kuitenkin korjaustoimenpiteiden yhteydessä kalibrointia, jotta ne toimisivat oikein, minkä vuoksi kalibrointilaitteistot ovat yhä tärkeämpiä korjaamojen toiminnalle.

Tämän työn tavoitteena on lisätä tietoa ADAS- (*Advanced Driver Assistance System*) -järjestelmistä ja niiden kalibroinnista erityisesti monimerkkikorjaamon näkökulmasta. Työssä tarkastellaan sitä, onko monimerkkikorjaamon kannattavaa hankkia kalibrointilaitteistoja ja mitä seikkoja korjaamon tulisi huomioida laitteistoa hankittaessa. Työhön tarvittava tieto on kerätty kirjallisuuslähteistä. Työssä on hyödynnetty myös vauriokorjaamolla olevia laitteistoja Bosch KTS560, Das3000 sekä Hella Gutmann Mega Macs X, CSC-digital sekä opinnäytetyön laatijan omakohtaista kokemusta niiden käyttämisestä. Työssä on tarkasteltu myös kalibrointiin tarvittavien laitteiden hankinnan kustannustehokkuutta sekä ongelmakohtia.

2 Kuljettajaa avustavat järjestelmät

Kuljettajaa avustavien järjestelmien tarkoitus on lisätä liikenneturvallisuutta es-tämällä virhetilanteita, jotka johtuvat kuljettajan huolimattomuudesta tai ympäris-tön olosuhteista. Kuljettajaa avustavia järjestelmiä ovat kaikki ajoneuvon aja-mista helpottavat laitteet. (Rudhart 2019: 5.) Tässä luvussa esitellään kuljettajaa avustavia järjestelmiä sekä niiden taustaa, tarkoitusta ja vaatimuksia.

2.1 Kuljettajaa avustavien järjestelmien tarkoitus

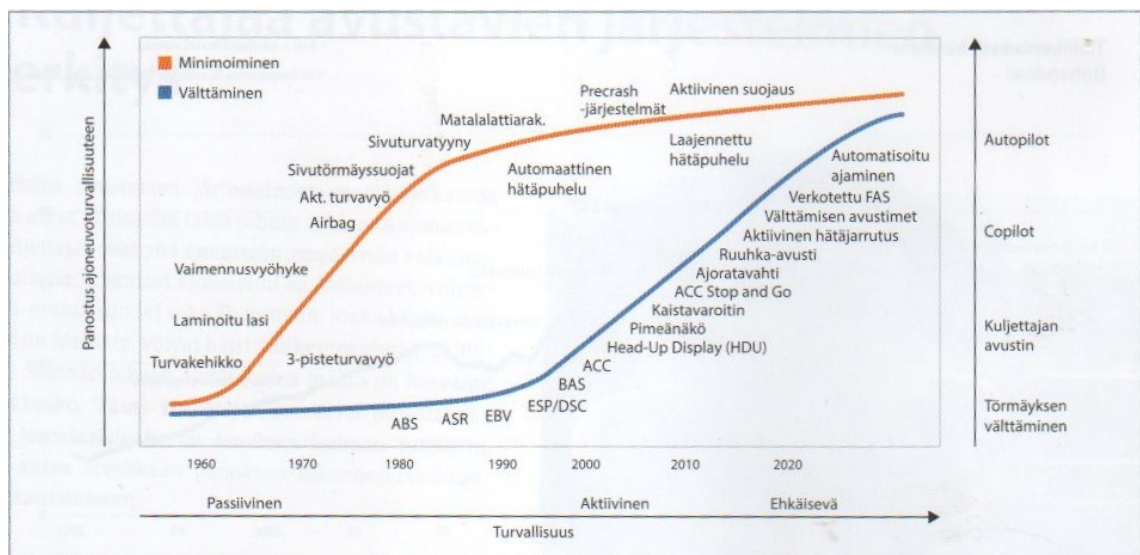
Kuljettajaa avustavat järjestelmät tai kuljettajan avustinjärjestelmät tarkoittavat kaikkia ajoneuvojen järjestelmiä, jotka auttavat kuljettajaa ajamaan turvallisem-min tai mukavoittavat ajokokemusta. ADAS eli *Advanced Driver Assistance System* tarkoittaa edistyneempiä kuljettajan avustinjärjestelmiä, jotka hyödyntä-vät erilaisia sensoreita ympäristön havainnointiin. ADAS-järjestelmiä on passiivi-sia ja aktiivisia. Passiivissa järjestelmissä sensorit tunnistavat vaaran ja varoitta-vat kuljettajaa. Aktiivisissa järjestelmissä ajoneuvo pyrkii välttämään itse vaa-ran. (Smith 2023.) Tässä opinnäytetyössä kuljettajan avustinjärjestelmillä tarkoi-tetaan edistyneitä avustinjärjestelmiä, ellei toisin mainita.

Vuonna 1912 autoihin tuli ensimmäinen sähkökäynnistin, joka korvasi kammen, jolla autot aiemmin veivattiin käyntiin. Muiksi varhaisiksi kuljettajaa avustaviksi järjestelmiksi voidaan katsoa esimerkiksi polttoainemittari ja tuulilasinpyyhkijät. Varhaiset kuljettajaa avustavat järjestelmät perustuivat usein mukavuuden li-säämiseen ennemmin kuin turvallisuuden lisäämiseen. 1930-luvulla markkinoille alkoi tulla enemmän turvallisuutta lisääviä avustinjärjestelmiä. Tällaisesta esi-merkki on Chryslerin käyttöönottama jarrutehostin vuonna 1932. (Rudhart 2019: 5.)

Edistynyt kuljettajan avustinjärjestelmä havainnoi ja analysoi ympäristöä ja au-ton sisätiloja monella eri sensoreita hyödyntävällä järjestelmällä. Avustinjärjes-telmät varoittavat kuljettajaa potentiaalisista vaaratilanteista ja tarvittaessa akti-voivat avustintoimintoja, kuten ajoa vakauttavia tai jarruttavia toimintoja. Yksi

esimerkki edistyneistä avustinjärjestelmistä on kuljettajan vireystilaa seuraava järjestelmä, jonka kamera tunnistaa väsymyksen aiheuttamia eleitä ja pyytää kuljettajaa pitämään virkistystauon. Liikennemerkkejä tarkkaileva kamera huomioi nopeuskyltit ja järjestelmä tuo ne kuljettajan nähtäville mittaristoon. Ajonopeutta suhteessa nopeuskyltteihin tarkkaileva järjestelmä ei toimiessaan anna kuljettajan ajaa epähuomiossa ylinopeutta. Hätäjarrutusjärjestelmä varoittaa, kun edessä oleva este alkaa lähenemään, kiristäen turvavyön ja pysäyttämällä ajoneuvon ennen esteen kohtaamista. Oncall- tai eCall-järjestelmä taas auttaa kuljettajaa kolarin jälkeisessä tilanteessa, kertoen valmistajan ohjelmoinnin perusteella joko valmistajan palveluun tai suoraan hätäviranomaisille sattuneesta kolarista antaen paikannus- ja kolaritiedot. Järjestelmään voi olla synkronoitu myös istuinanturit, jotka tunnistavat matkustajien määrän ja ilmoittavat tiedon hätäviranomaisille. (Rudhart 2019: 5, 13, 15, 16, 25.)

Kuvassa 1 on esitetty yleisimpiä kuljettajaa avustavia järjestelmiä sekä niiden kehitystä vuosien saatossa. Kuvassa on myös luokiteltu kuljettajaa avustavat järjestelmät sen perusteella, minimoivatko ne vahinkoa vai pyrkivätkö ne välttämään sen kokonaan.



Kuva 1. Kuljettajaa avustavien järjestelmien kehitys (Rudhart 2019: 8).

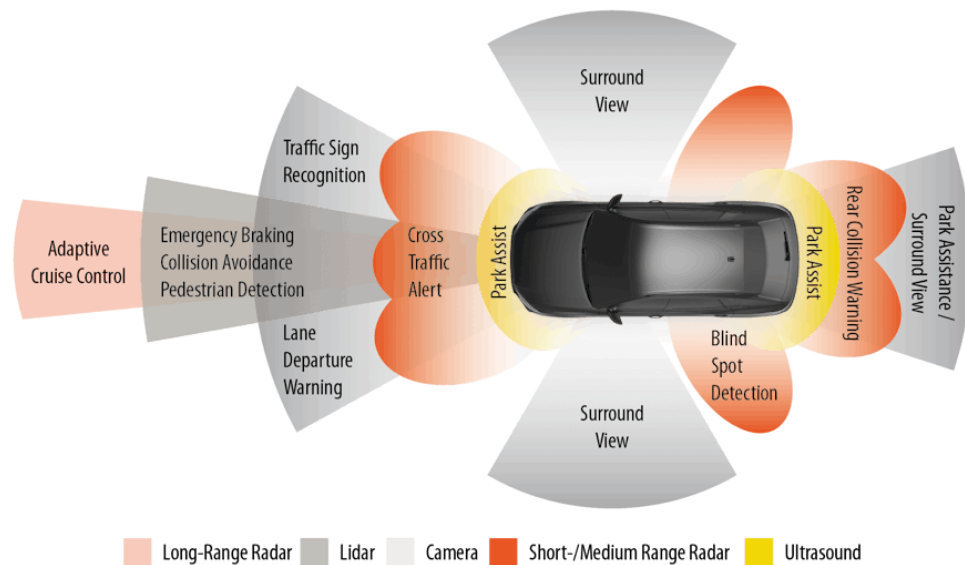
Kuljettajaa avustavan järjestelmän varoitus jo muutama sekunti ennen mahdollista kolaritilannetta saattaa auttaa estämään mahdollisen kolarin. Järjestelmien merkitys kasvaa kaiken aikaa, koska ajoneuvojen kuljettajat kohtaavat ympäristössään yhä enemmän häiriötekijöitä ja muita tienkäyttäjiä. Ajoneuvoissa ovat lisääntyneet erilaiset data- ja viihdeominaisuudet, jotka voivat viedä kuljettajan huomion. Lisäksi älypuhelimet häiritsevät yhä enemmän kuljettajan keskittymistä. Viime vuosina ajoneuvojen ja liikenteen määrä ovat nousseet tasaisesti monissa maissa, mikä lisää kuljettajaa avustavien järjestelmien merkitystä. (Rudhart 2019: 6.)

2.2 Kuljettajaa avustavien järjestelmien vaatimukset

Jotta edistyneet kuljettajaa avustavat järjestelmät voivat toimia, on niiden yleensä voitava havainnoida ympäristöään, havaita esimerkiksi kaistaviivat, liikennemerkkiä ja muut tienkäyttäjät. Autot käyttävät erilaisia sensoreita ympäristön havainnoimiseen. Sensorit jaotellaan akustisiin, optisiin ja sähkömagneettisiin. Akustiset toimivat ultraääniperusteisesti, ja niitä ovat esimerkiksi pysäköintitutkat. Optiset sensorit toimivat joko infrapunalla, kameroilla, laserilla tai lidarilla. Esimerkki optisesta sensorista on pimeänäköavustin. Sähkömagneettisten sensoreiden toiminta perustuu erilaisiin tutkiin, jotka toimivat joko lähi-, keski- tai kaukoalueella. Näitä käytäviä avustinlaitteita autossa ovat esimerkiksi mukautuva vakionopeudensäädin ja kaistavahti. (Rudhart 2019: 18, 19.)

Se minkälaisia sensoreita kussakin avustinjärjestelmässä käytetään, riippuu järjestelmän vaatimuksista. Sensoreissa on eroja siinä, millaisella etäisyydellä, tarkkuudella ja herkkyydellä ne tekevät havaintoja. Myös hinnoissa on eroja. Useiden kuljettajaa avustavien järjestelmien toiminta vaatii usean eri sensorin yhteistoimintaa. (Rudhart 2019: 18.)

Kuvassa 2 on esitetty modernissa autossa olevia ADAS-järjestelmiin liittyviä sensoreita ja sitä, millä teknologialla ne toimivat.



Kuva 2. Avustinjärjestelmien hyödyntämät sensorit ja niiden toiminta-alueet (Smith 2023).

Avustinjärjestelmien kehitykseen on saatu apua yllättävällä tavalla. Ihmiset tuntevat Internetissä niin sanotuissa ”CAPTCHA”-kyselyissä esimerkiksi liikennemerkkejä, suojateitä, liikennevaloja ja ajoneuvotyyppjä varmentakseen, että he eivät ole robotteja. Näistä on saatu suurta kehitysapua kuljettajaa avustaviin järjestelmiin ja autonomisiin ajoneuvoihin, kun kyselyistä saatujen pohjatietojen perusteella ajoneuvo tunnistaa liikennemerkkit eikä esimerkiksi anna kuljettajan ajaa ylinopeutta. (McCabe 2020.) Näin toimii esimerkiksi Fordin ylinopeuden estävä järjestelmä *automatic anti-speeding technology* eli automaattinen ylinopeudenestintä (Wilson 2022).

2.3 Kuljettajaa avustavien järjestelmien tulevaisuus

Kuljettajaa avustavat järjestelmät ovat yleistyneet vuosien saatossa huomattavasti, ja tavallisessa modernissa autossa onkin jo lukematon määrä erilaisia avustinjärjestelmiä. On mielenkiintoinen kysymys, kuinka pitkään kuljettajaa avustavat järjestelmät tulevat yleistymään autoissa. Tulevaisuudessa täysin automatisoitu ajaminen tulee todennäköisesti olemaan yleisempää kuin nykyään.

Automatisoidun ajamisen kannalta liikennetilanteen kokonaisarviointi on erittäin tärkeää. (Rudhart 2019: 5; What is ADAS (Advanced Driver Assistance Systems)? 2018.)

On mielenkiintoista nähdä, miten ajoneuvojen autonominen ajaminen tulee lisääntymään ja millainen siirtymävaihe tulee olemaan. Jo nyt on pystytty toteamaan, että avustinjärjestelmät reagoivat nopeammin ja paremmalla onnistumisprosentilla vaaratilanteisiin kuin kuljettajat. Monet kuljettajat saattavat yli- tai ali-reagoida vaaratilanteisiin avustinjärjestelmien pystyessä reagoimaan oikealla voimakkuudella ja oikeaan aikaan. Tästä seuraa haaste autonomisen ajamisen siirtymävaiheessa, jossa on vaikea määrittää, missä tilanteissa kuljettajan aktiivinen toiminta ja puuttuminen auton ajamiseen sallitaan. (Rudhart 2019: 39, ADAS: Everything You Need to Know 2024.)

Eräs mielenkiintoinen kehityssuunta avustinjärjestelmissä on Car-to-X-kommunikaatio. Tämä voi tarkoittaa sitä, että ajoneuvo kommunikoi toisten ajoneuvojen tai esimerkiksi ympäröivän infrastruktuurin kanssa. On kehitetty myös järjestelmiä, jotka kommunikoivat liikennevalojen tai jopa jalankulkijoiden kanssa. Ajoneuvot voisivat olla myös etähallittavia. Kommunikointi toisten autojen kanssa mahdollistaisi sen, että järjestelmä pystyisi ennakoimaan ruuhkia, onnettomuuksia tai vaaratilanteita, joista muut ajoneuvot ilmoittavat. Car-to-X-kommunikaatio parantaa muiden avustinjärjestelmien toimintaa, kun ajoneuvo pystyy reagoimaan nopeammin odottamattomiin liikennetilanteisiin tai muiden liikkujien epätavalliseen käyttäytymiseen. Eräs haaste Car-to-X-kommunikaation kehittymiselle on yhteisen viestintäalustan puuttuminen sekä viestintään liittyvät ja sen mahdollistamat uudet tietoturvaohjelmat. (Rudhart 2019: 38.)

Kuljettajaa avustavien järjestelmien kehittyminen aiheuttaa myös oikeudellisia kysymyksiä sekä tuo muutoksia kaikkiin autoalan toimintoihin. Erityisesti järjestelmien kalibroinnin tärkeys korostuu, kun järjestelmien varassa on yhä suurempi osa ajotoiminnoista. Avustinjärjestelmien kehitys tulee todennäköisesti vaikuttamaan myös tieliikennelakiin sekä muuhun lainsäädäntöön erityisesti

vastuukysymysten osalta. Myös katsastuksen merkitys korostuu, jotta järjestelmien toimintaa ja niiden kalibrointia voidaan valvoa. (Rudhart 2019: 42, 43.)

2.4 Järjestelmät

Kuljettajaa avustavia järjestelmiä on markkinoilla lukuisia. Eri autovalmistajilla on samantyyppisiä järjestelmiä, jotka toimivat samalla peruseriaatteella ja hyödyntävät samaa teknologiaa. ADAS-järjestelmien tuotekehitys on usein eri toimijoiden yhteistyön tulosta, eli se eroaa perinteisestä ajoneuvojen tuotekehityksestä, jossa autovalmistajat toimivat pääasiassa yksin. Monet kuluttajateknologiaa tuottavat yritykset, kuten Bosch ja Texas Instruments, ovat osallistuneet autonvalmistajien kanssa avustinjärjestelmien kehitykseen. Myös autonvalmistajat ovat yhdistäneet voimiaan ADAS-järjestelmien kehittämiseksi. ADAS-järjestelmien kehityksessä on tärkeää myös ohjelmistokehitys, jotta järjestelmä toimisi moitteettomasti. Esimerkiksi Microsoft on osallistunut ADAS-järjestelmien ohjelmistokehitykseen. (Efthyvoulidis 2024.)

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyön kannalta merkittävimmät järjestelmät. Järjestelmiä ei ole järjestetty merkittävyyden mukaan, vaan aakkosjärjestykseen. On myös huomioitava, että tietyt modernimmat järjestelmät pitävät sisällään useampia perinteisiä järjestelmiä.

2.4.1 ABS

ABS eli *Anti locking break system* (lukkiutumattomat jarrut) estää pyöriä lukkiutumasta jarrutuksen aikana lyhentäen jarrutusmatkaa ja parantaen ohjattavuutta. ABS-yksikkö saa pyörien nopeussignaalin ja pyrkii antamaan mahdollisimman suuren hidastuvuuden pyöriä lukkiuttamatta. Lukkiutumattomat jarrut pitävät ajoneuvon ohjattavuuden parempana äärimmäisissä jarrutus olosuhteissa. (Antilock braking system 2024.)

Ensimmäinen patentti lukkiutumattomista jarruista on Karl Wässelillä vuodelta 1928. Tuohon aikaan teknologia ei vielä riittänyt laitteistojen valmistamiseen

eikä se siitä syystä päätenyt koskaan tuotantoon. Myös Bosch patentoi vuonna 1936 “mekanismin estämään moottoriajoneuvon pyörien lukkiutumista” [vapaa suomennos], mutta myös sille kävi samalla tavalla kuin Karl Wässelin patentille eikä se päätenyt koskaan tuotantoon. ABS-järjestelmä tuli ensimmäisen kerran laajempaan käyttöön, kun Dunlopin kehittämää Maxaret-ABS-järjestelmää alettiin käyttää 1950-luvulla raide- ja ilmailuliikenteessä. Autoihin ja moottoripyöriin Maxaret-ABS-järjestelmä jäi lähinnä kokeiluasteelle, eikä järjestelmä ollut käytössä kuin Jensen FF -autossa vuosina 1965–1971. (History – Safe Braking 2024; Dunlop Maxaret Anti-Lock Braking Explained 2024.)

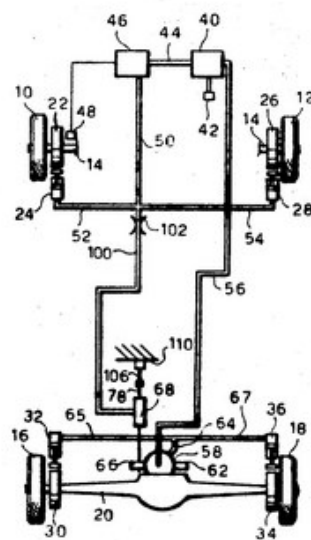
Nykyaikaisen ABS-järjestelmän keksijänä voidaan pitää Mario Palazzettia. Hän työskenteli Fiatin kehityskeskuksessa ja kehitti järjestelmän nimeltä *Anti-skid braking systems*, joka hyödynsi elektronista pyörän kierrosnopeutta mittaavaa mittaria sovittaen maksimaalista painetta hydraulipumpun avulla. Patentti myytiin Boschille 1973 ja nimi muutettiin Antiskidistä ABS: ksi. (Dunlop Maxaret Anti-Lock Braking Explained 2024.) Kuvassa 3 näkyy patentissa oleva havainnekuva sensoreista.

PATENTED DEC 26 1972

3.707.313

SHEET 1 OF 3

Fig. 1



INVENTORS
 GIANCARLO MICHELLONE
 MARIO PALAZZETTI
 GIOVANNI TABASSO

BY Sughrue, Rothwell, Mier,
 Zinn & Macpeak
 ATTORNEYS

Kuva 3. Palazzettin patentti. Kohdassa 48 näkyy renkaan nopeussensori.
 (Michellone ym. 1971.)

Kuvassa 4 on havinnollistettu ABS-järjestelmän toimintaa. Kuvassa on kahdet
 renkaanjäljet liukkaassa kurvissa. Oikeat jäljet ovat autosta, jossa on ABS-

järjestelmä ja vasemmat autosta, jossa ei ole ABS-järjestelmää. Kuva osoittaa, että auto, jossa ei ole ABS-järjestelmää on ajautunut ulos kurvista.



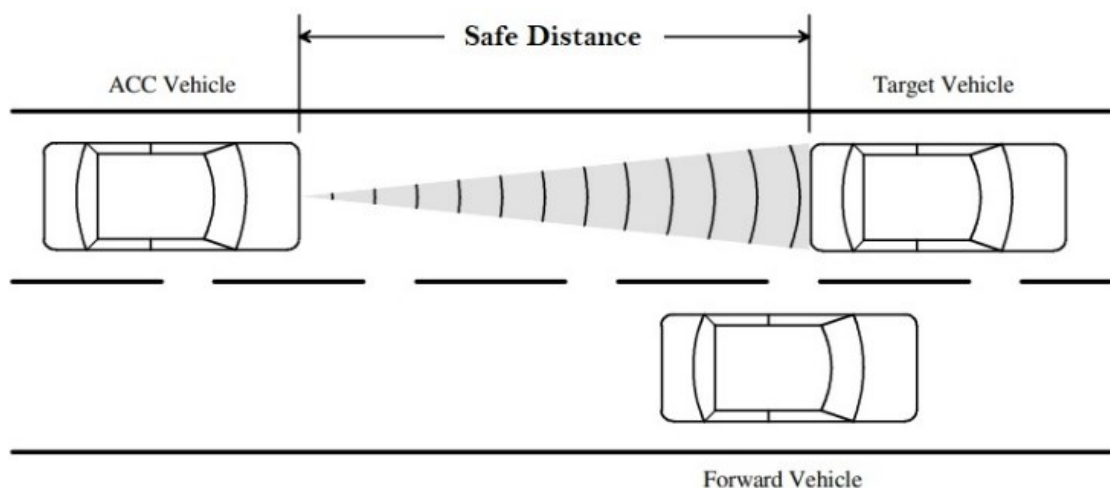
Kuva 4. ABS-jarrujen toiminta hätäjarrutuksessa (History – Safe Braking 2024).

2.4.2 ACC

ACC eli *Adaptive cruise control* (mukautuva vakionopeudensäädin) pitää turvallisen välimatkan edellä ajavaan autoon vakiona. Älykkäämmät versiot mukautuvasta vakionopeudensäätimestä osaavat myös jarruttaa ja tarvittaessa pysäyttää ajoneuvon esimerkiksi ruuhkassa ajaessa. (Rudhart 2019: 11.)

Vakionopeudensäätimen toiminta perustuu yleensä yhteen tai useampaan sensoriin. Käytettävä sensori riippuu valmistajan käyttämistä ratkaisuksista eli esimerkiksi kauempana olevat ajoneuvot havaitaan pitkän kantaman tutkilla ja lähempänä olevat lyhyen kantaman tutkilla. Jos sensoreita on ajoneuvossa useampi, etäisyys havainnoitavaan objektiin määrittää pääsääntöisessä käytettävän sensorin. Mukautuva vakionopeudensäädin ei välttämättä toimi haastavissa sääolosuhteissa, esimerkiksi sumussa, tai jos sensorit ovat lian tai lumen peitossa.

Mukautuvan vakionopeuden käyttö saattaa myös aiheuttaa mahdollisia vaaratilanteita liukkaalla, koska osa ajoneuvovalmistajien järjestelmistä kytkeytyy pois käytöstä järjestelmän havaitessa esimerkiksi pyörien nopeuden vaihtuvan liiallisesti. (Adaptive Cruise Control 2024.) Kuvassa 5 on havainnekuva ACC-järjestelmän käytöstä.



Kuva 5. Havainnekuva ACC-järjestelmän käytöstä (Al Salmani 2020).

Mitsubishin esitteli vuonna 1992 järjestelmän, joka perustui lidariin (*Light Detection and Ranging*) eli optiseen tutkaan. Mitsubishin esittelemää järjestelmää voidaan pitää ACC:n esiasteena. Järjestelmään ei ollut integroitu jarruja tai vaihteita, vaan järjestelmä pelkästään ilmoitti kuljettajalle mahdollisen esteen olevan edessä. Vaihteen vaihdon Mitsubishi toi järjestelmään kolme vuotta myöhemmin nimellä *Preview Distance Control* (etäisyshälytin). Mercedes-Benz toi oman ACC-järjestelmän S-sarjan automalleihin vuonna 1999. Mercedesen järjestelmä perustui tutkan lähettämään ja vastaanottavaan radioaaltoon. Toyota toi vuonna 2000 ensimmäisenä sarjavalmistetun nykyaikaisemman lidariin perustuvan ACC-järjestelmän markkinoille. Toyotan järjestelmä perustui laserpulsseihin ja niiden takaisin heijastumiseen. Toyotan järjestelmään oli integroitu myös jarrut. (What Is Adaptive Cruise Control? 2024; Al Salmani 2020.)

2.4.3 AEB

AEB eli *Autonomous Emergency Braking* (automaattinen hätäjarrutus) havainnoi tutkien ja kameroiden avulla mahdollisia objekteja, joihin auto voisi potentiaalisesti törmätä. Järjestelmä pystyy huomioimaan myös risteävästä liikenteestä potentiaaliset riskiobjektit sekä lisäksi peruuttaessa aiheutuvat mahdolliset osumat. Järjestelmä pyrkii ensin herättämään kuljettajan huomion valoilla, äänillä ja värinällä. Jos kuljettaja ei ryhdy törmäystä estäviin toimiin, järjestelmä alkaa kiristämään turvavyötä valmistautuen hätäjarrutukseen. Vyön kiristyksen jälkeen ajoneuvo suorittaa viimeisenä toimenpiteenä hätäjarrutuksen. (The automatic emergency braking 2024; Autonomous Emergency Braking (AEB): What is it and how does it work? 2024; Barry 2022.) Kuvassa 6 on havainnollistettu AEB-järjestelmän käyttöä.



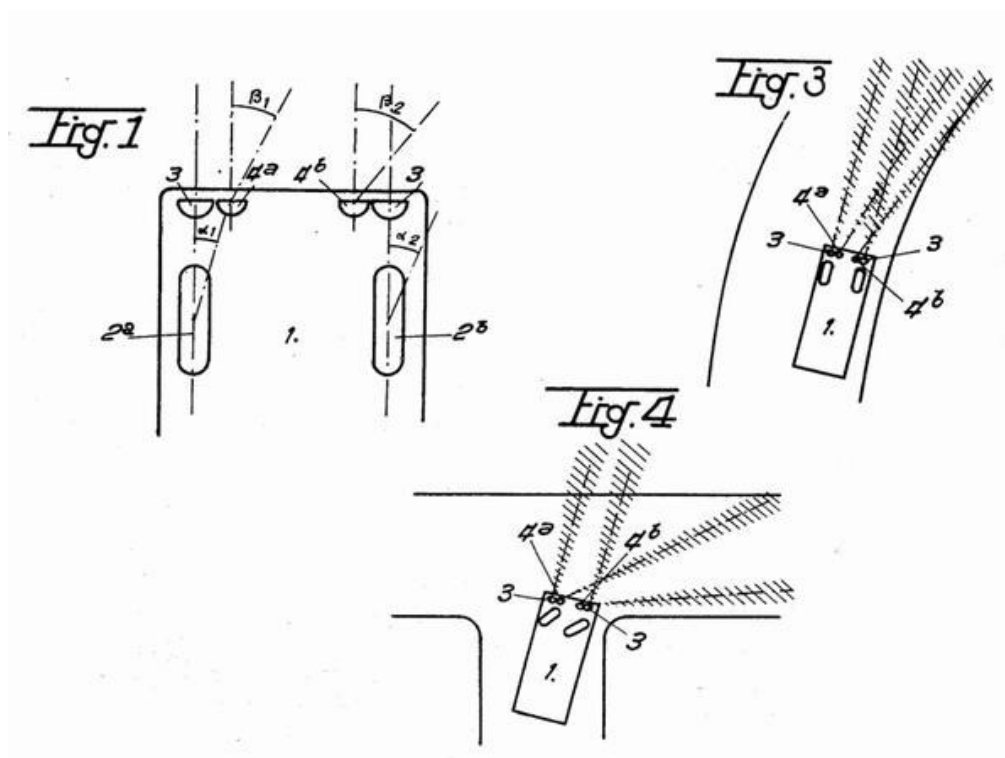
Kuva 6. Havainnekuva AEB-järjestelmän toiminnasta (The automatic emergency braking 2024).

Boschin teetti vuonna 2009 Saksassa tutkimuksen, jonka mukaan AEB-järjestelmä voisi estää jopa kaksikolmasosaa vahinkoihin ja henkilövahinkoihin johtavista alle 30 km/h -nopeudessa tapahtuvista peräänajoista. Bosch teetti toisen tutkimuksen Saksassa vuonna 2015, ja sen mukaan tämänhetkisin AEB-järjestelmillä estetään jopa 72 % peräänajoista. (The automatic emergency braking 2024.)

2.4.4 AFL

AFL eli *Adaptive Front Lights* (adaptiiviset etuvalot) mukautuvat tien suunnan muutoksiin. Pimeällä turvallisuuden lisäämisessä on ensiarvoisen tärkeää valaistuksen määrä. AFL optimoi valon jakautumisen ajoneuvon nopeuden ja ratin liikkeiden mukaan ohjaten valot siihen suuntaan, johon auto on liikkumassa. (AFS (Adaptive Front-Lighting System) 2024.) Adaptiivisissa etuvaloissa on tuottajakohtaisia lyhenne-eroavaisuuksia esimerkiksi Mazdalla *VAG AFS*, GM:llä (Opel) *AFL*, Tucker 48:lla *Cyclops Eye* ja Citroenilla *Directional headlamps*. Toimintaidea on näissä sama eli ajovalot mukautuvat tiensuuntaisesti. (Kingston 2018; AFS (Adaptive Front-Lighting System) 2024.)

Oletettavasti ensimmäinen patentti kääntyviin ajovaloihin on vuodelta 1913. Patentin toimintakuvaukseen on kirjattu soveltuviksi käyttökohteiksi esimerkiksi hevoskärryt, veneet, junat ja autot. Kuvassa 7 on vuoden 1913 patenttihakemuksessa mukana ollut kuva, joka kaikessa yksinkertaisuudessaan kuvaa perusperiaatteen kääntyvistä ajovaloista. Ensimmäisenä sarjatuotantoauto, joka käytti kääntyviä valoja, oli Citroen DS 19 ja se esiteltiin suurelle yleisölle vuonna 1955. (Kingston 2018.)



Kuva 7. Havainnekuva AFL-järjestelmän toiminnasta ensimmäisessä patentti-hakemuksessa vuodelta 1913 (Kingston 2018).

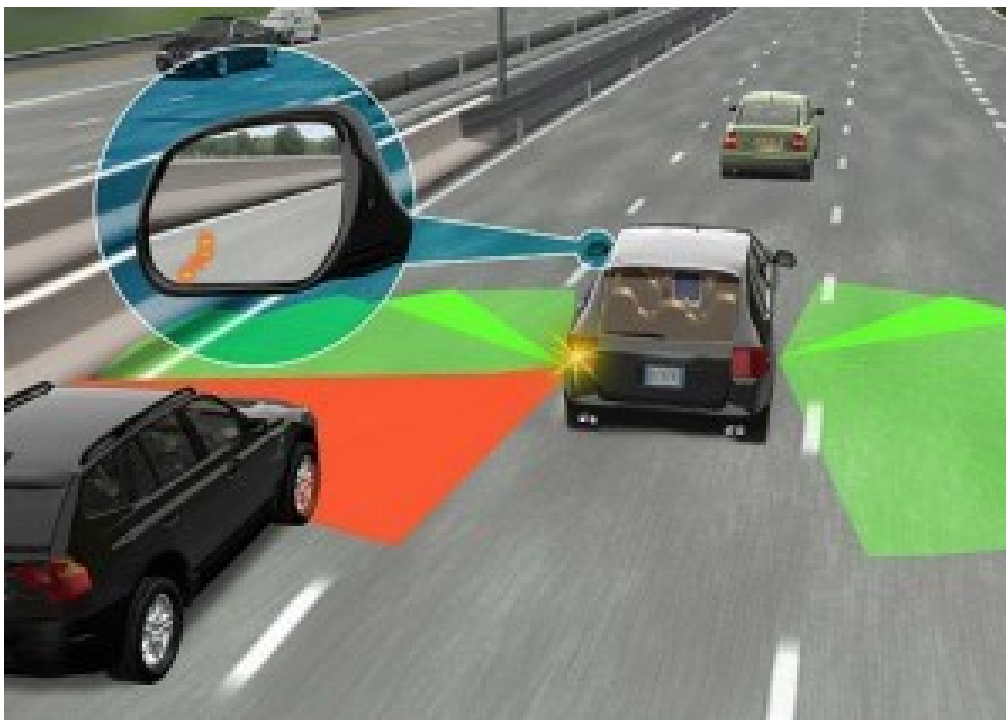
2.4.5 BSD tai BSM

BSD eli *Blind Spot Detection* tai BSM eli *Blind Spot Monitoring* (katveavustin) toiminta perustuu ultraääniantureihin, tutkiin tai kameroihin. Samankaltaisia järjestelmiä on tuottajilla erilaisia ja niitä kutsutaan eri nimillä. (Taylor 2016.) Järjestelmissä on pieniä eroavaisuuksia ja ne käyttävät erilaisia antureita, tutkia ja kameroita toiminnassaan (Blind spot detection 2024). Sensoreiden tarkoitus on havaita liikkuvat objektit ajoneuvon kuolleissa kulmissa eli alueilla, joihin ei voi nähdä ikkunoista tai peileistä kääntämättä päätä. Järjestelmä varoittaa, mikäli kaistanvaihto ei ole turvallista esimerkiksi näyttäen valomerkkiä mittaristossa ja sen puolen peilissä, missä lähestyvä piilossa oleva objekti on. Valomerkin jälkeen järjestelmä yleensä varoittaa äänimerkillä kuljettajaa piilossa olevasta objektista. Äänimerkin jälkeen ajoneuvo saattaa täräyttää rattia tai istuinta sekä

pyrkiä estämään ajoneuvon sivuttaisen siirtymisen toiselle kaistalle korjaamalla ohjausta ja jarruttamalla. Jotkin järjestelmät saattavat näyttää mittaristossa videokuvaa kuolleesta kulmasta. (ADAS – Katveavustin eli kuolleen kulman varoittin 2023.)

Kuljettajan tulee muistaa, että katveavustin ei korvaa ympäristön havainnointia päätä kääntämällä. Katveavustimet ovat yleensä optimoitu moottoritieajoon ja -nopeuksiin eivätkä ne välttämättä toimi hyvin hitaisiin tai todella nopeisiin ajoneuvoihin. Jotkut katveavustimet eivät välttämättä osaa varoittaa moottoripyöristä, jalankulkijoista tai polkupyöristä. Kuljettajan tulee myös muistaa, että auton puhtaanapito on erittäin tärkeää katveavustimen toiminnalle, sillä lika saattaa häiritä tai estää kokonaan kameroiden, tutkien ja antureiden toiminnan. (Blind Spot Warning 2024.)

Ensimmäisenä järjestelmän markkinoille toi Volvo vuonna 2003 XC90-mallissaan. Järjestelmän nimi oli BLIS eli *Blind Spot Information System*, joka havaitsi tutkin ja kameroin muut ajoneuvot kuolleissa kulmissa. (A heritage of safety innovations 2024.) Nykyään katveavustin on yleinen lähes kaikissa automalleissa. Kuolleiden kulmien havaitsemisesta tulee yhä tärkeämpää, koska autot ovat viime vuosina kehittyneet yhä suuremmiksi ja niissä on yhä laajempia kuolleita kulmia. (Taylor 2016.) Kuvassa 8 on esitetty katveavustimen havainnoimat alueet.



Kuva 8. Havainnekuva Valeon BSD-järjestelmän toiminnasta (Taylor 2016).

3 Kuljettajaa avustavien järjestelmien kalibrointi

Useimmat kuljettajaa avustavat järjestelmät vaativat kalibrointia ja säätämistä, koska järjestelmien toiminnallisuuden varmistamiseksi tunnistimien on oltava suunnitelluilla paikoilla ja oikein suunnattuina. Kalibroinnilla tarkoitetaan sensoreille suoritettavaa tarkkaa järjestelmäkorkausta, joka suoritetaan ohjelmistollisesti. Säätämällä tarkoitetaan tunnistimen asennon muuttamista manuaalisesti. (Rudhart 2019: 26.) Tässä luvussa tarkastellaan sitä, milloin ajoneuvon ADAS-järjestelmiä on uudelleenkalibroitava ja mitä niiden kalibroinnissa on otettava huomioon sekä yleisesti kalibrointilaitteistoja ja niiden kustannustehokkuutta. Aiheita tarkastellaan erityisesti monimerkkikorjaamon näkökulmasta.

3.1 Kalibroinnin tarve

Pääsääntöisesti uudelleenkalibrointi suoritetaan, kun korinosia irrotetaan ja maalataan, antureita tai niiden kiinnikkeitä vaihdetaan tai jos ajoneuvon alustaa säädetään. Järjestelmät opetetaan uudestaan toimimaan uusilla, valmistajan virhemarginaalin sisällä olevilla, arvoilla. (Rudhart 2019: 26.) Mikäli kalibrointia ei tehdä, sensorit ovat vanhalla kalibraatiolla väärin kohdistettuja, mikä voi aiheuttaa hyvin vaarallisia tilanteita. Esimerkiksi kaistavahti saattaa luulla ajoneuvon kulkevan kaistaviivojen päällä ja siksi pyrkiä ohjaamaan ajoneuvoa takaisin ajoradalle, vaikka ajoneuvo todellisuudessa jo olisi kaistallaan. Tutkilla, jotka ovat kohdistettuna pidemmälle matkalle, jo pieni heitto tutkan kohdistuksessa aiheuttaa useiden metrien heiton tutkan kantaman päässä.

Kalibrointi on erityisen tärkeää silloin, kun ajoneuvo on joutunut tilanteeseen, jossa se on vaurioitunut. Esimerkiksi jos ajoneuvon kiinnitetään uusia osia, kuten tuulilasi, avustinjärjestelmälle on opetettava vaihtuneet kulmat ja muut säätöparametrit, jotta se toimisi oikein. Avustinjärjestelmät on yleensä kalibroitava myös uudelleen, jos järjestelmään kuuluvia osia irrotetaan, korille suoritetaan oikeutöitä tai alustan arvoja säädetään. Näitä ovat esimerkiksi pyörien suuntaukset ja paneelien maalaukset. Lisäksi jotkut järjestelmät ilmoittavat itse, mi-

käli ne täytyy kalibroida uudelleen. Osalla merkeistä on myös osittain itseoppivia avustinjärjestelmiä, jotka kalibroituivat uudelleen ajo tapahtumien aikana. Kalibroitua saatetaan tarvita myös silloin, kun autolle ei ole aiheutunut varsinaisia kolhuja, mutta se on osunut esimerkiksi kanttikiveen tai sen ohjauspyörää on käännetty kanttikiveä vasten. Kanttikiveen ajaminen voi muuttaa geometrisen ajoakselin suuntausta, mikä vaikuttaa esimerkiksi tutkan tai lidar-anturin skannaamaan alueeseen. (Rudhart 2019: 26, 27.)

Osalle ajoneuvomerkeistä tulee suorittaa staattisen kalibroinnin sijaan tai lisäksi dynaaminen kalibrointi. Dynaamisella kalibroinnilla tarkoitetaan ajoneuvolla ajamista liikenteessä kalibrointityökalu kiinnitettynä ajoneuvoon. Dynaaminen kalibrointi vaatii selkeän sään ja näkyvät kaistaviivat. Näiden olosuhteiden löytäminen saattaa olla erityisesti Suomen talvessa haastavaa. Staattinen kalibrointi on paikallaan suoritettu niin sanottu taulukalibrointi. Laajemmilla ja tarkemmilla lisävarustepaketeilla olevissa ajoneuvoissa saatetaan joutua käyttämään molempia kalibrointitapoja. (Coverage list V70 2024.)

Kuvassa 9 on esitetty VAG-konsernin takatutkien kalibrointia. Kalibrointi suoritettu HGS Hella Gutmann Solutionsin Mega Macs X:llä. Auton takarenkaassa näkyy Control-pyöräkiinnitin, jota käytetään ajoakseleiden pikatarkastukseen (Radaufnehmer Control 2024).



Kuva 9. Kalibrointilaitteisto toiminnassa kesäkuussa 2023.

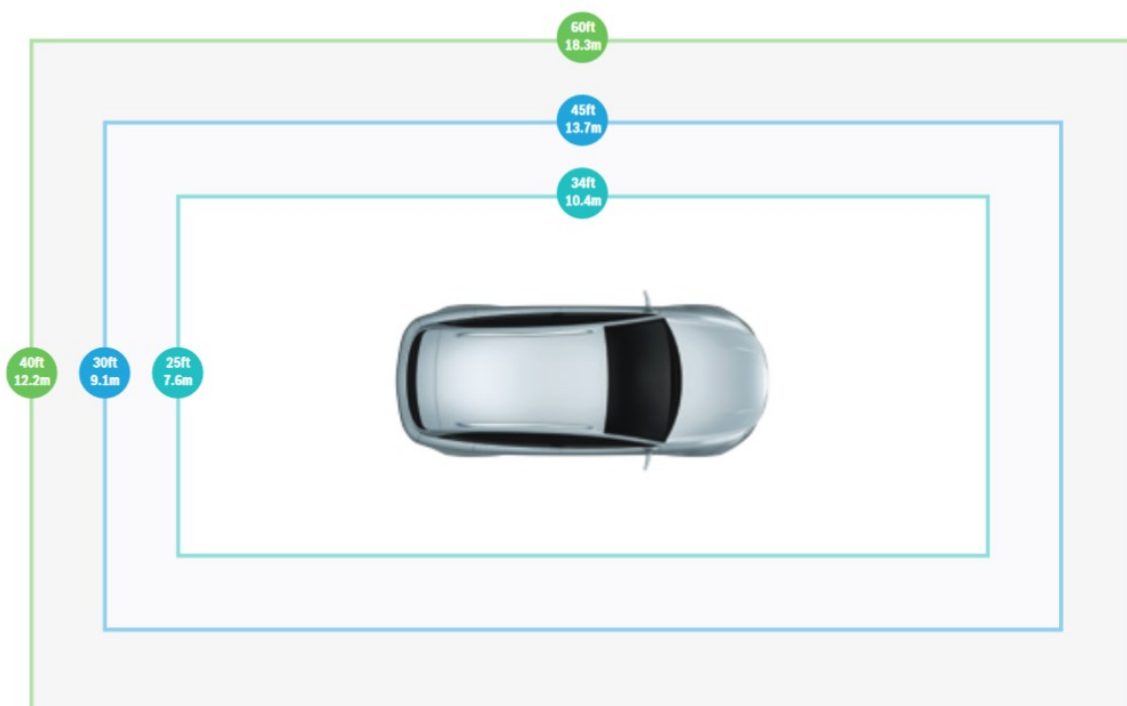
3.2 Kalibrointivaatimukset

Onnistuneen kalibroinnin kannalta ensiarvoisen tärkeää on se, että kalibroijalla on riittävä osaaminen ja että hän ymmärtää kokonaisvaltaisesti ajoneuvon eri avustinjärjestelmien toiminnallisuudet sekä niiden kalibrointiin vaaditut olosuhteet (Rudhart 2019: 26). Vauriokorjaamolle tämä tarkoittaa sitä, että kalibrointia varten on järjestettävä asianmukaiset laitteet ja tilat osaavan sekä koulutetun henkilöstön lisäksi.

Kalibroinnissa on ensinnäkin huomioitava perusasiat. Tila, jossa kalibrointi tehdään, tulisi olla tasainen, tasaisesti valaistu ja siellä ei saisi olla ylimääräisiä heijastuksia. Laittevalmistajat määrittävät ohjeissaan tietyn toleranssin lattiapinnan tasaisuudelle. Esimerkiksi Bosch suosittelee korkeintaan 10 millimetriä vaihtelua lattiapinnassa auton leveys- ja pituussunnassa. (DAS 3000 ADAS Recalibration System 2024: 17.) Laitteistoissa on yleensä säädettävät jalat, jotta lattiapinnan mahdolliset epätasaisuudet voidaan minimoida. Kalibrointitilan ikkunat voidaan peittää esimerkiksi kalvotuksilla, jotta voitaisiin vähentää kalibrointia

häiritseviltä ylimääräisiltä heijastuksilta. Myös muut mahdollisesti toisista ajoneuvoista tai ovista tulevat heijastukset tulee minimoida kalibrointitilanteessa.

Kalibrointiin tarvitaan riittävästi tilaa. Tilantarpeissa on laite- ja ajoneuvovalmistajakohtaisia eroja. Kuvassa 10 on esitetty esimerkkinä Bosch DAS 3000 -kalibrointilaitteen tilavaatimus. Alueen on oltava vähintään 7,6 metriä leveä ja 10,4 metriä pitkä. Optimitilanteessa tilaa tulisi olla lähes kaksinkertainen määrä vähimmäisvaatimukseen verrattuna: 12,2 metriä leveyttä ja 18,3 metriä pituutta. (DAS 3000 ADAS Recalibration System 2024: 16.)



Kuva 10. Bosch DAS 3000:n vaatima tila (DAS 3000 ADAS Recalibration System 2024: 16).

Tilantarpeen ja ympäristön olosuhteiden arvioinnissa auttavat diagnostiikkatyökalut. Diagnostiikkatyökalu antaa minimietäisyydet ajoneuvon oikealle asemoin-

nille kalibroinnin onnistumiseksi. Diagnostiikkatyökalu voi antaa myös muita ohjeita. Se voi esimerkiksi ilmoittaa, että alueella on esteitä, varjoja tai heijastuksia. (CSC-Kit Radar III 2024.)

Ympäristön lisäksi kalibrointiin vaikuttaa myös ajoneuvon olosuhteet. Laitevalmistajilla on ajoneuvokohtaisia varmistuslistoja, jotka tulee olla tehty kalibroinnin onnistumiseksi. On tärkeää myös huomioida, että ajoneuvojärjestelmän tulee toimia normaalisti eikä ajoneuvossa saa olla vikakoodeja, jotta se voidaan kalibroida normaalisti. (CSC-Kit Radar III 2024.) Ajoneuvon tulee olla lastattu soveltuvasti, jotta kalibrointi onnistuisi. Ajoneuvossa tulee olla oikeamäärä polttonestettä ja sen tulee olla muutoin kuormaamaton. Myös rengaspaineiden tulee olla laitevalmistajan ohjeistamissa raja-arvoissa ja ilmajousituksen ohjeistetulla tasolla. Lisäksi auton tulee olla ajanut viimeiset viisi metriä suoraan eteenpäin ja eturenkaiden sekä takarenkaiden on oltava suoraan eteenpäin. (Radaufnehmer Control 2024.)

Lisäksi jälkiasenteiset ajoneuvon väyläjärjestelmiin liitetyt varusteet, esimerkiksi vetokoukut, ja alustageometriaan vaikuttavat muutokset, esimerkiksi alustasarjat, saattavat häiritä kalibrointia. Sähköiset jälkiasenteiset varusteet voidaan jossain tapauksissa sovittaa koodaamalla auton järjestelmään. Tällöin myös alustageometriaan vaikuttavat tiedot voidaan syöttää järjestelmään erillisinä tietoina. (CSC-Kit Radar III 2024.) Kaikissa tapauksissa tämä ei kuitenkaan onnistu eikä ajoneuvon kalibrointia saada suoritettua.

3.3 Komponentti- ja laitevalmistajat

Kuljettajaa avustavien järjestelmien komponentteja valmistaa yli kaksikymmentä valmistajaa maailmanlaajuisesti, joista kolme suurinta ovat Robert Bosch, Continental ja Denso. Muita suurempia valmistajia ovat ZF Friedrichafen, Aptiv PLC, Valeo ja Magna International.

Monimerkkikorjaamoilla on usein käytössään komponenttivalmistajien tekemiä kalibrointi- ja diagnostiikkatyökaluja. Esimerkiksi Hella Gutmann Solutions Mega

Macs, Boschin KTS, Aptiv ADAS, Mahle DigitalPRO tai muita vastaavia laitteistoja. Uusimmat laitteistot hyödyntävät digitaaliprojektoreita, jotka heijastavat kalibrointiin tarvittavan kalibroitikuvan valkotaululle. Tämäntyyllisessä kalibrointilaitteistossa voidaan hyödyntää digitaalisia kuvia aikaisempien fyysisten kalibrointitaulujen sijaan, jolloin taulujen säilytys helpottuu, kun korjaamolla ei tarvitse olla arkullista fyysisiä tauluja. Digitaalisen median hyödyntäminen myös nopeuttaa taulujen saamista kalibrointitilanteeseen, jos laitevalmistaja on tarvittavat taulut lisännyt järjestelmäänsä ladattaviksi. (Hella Gutmann Solutions Mega Macs 66 Introduction Video 2012; Mega Macs 66 2024; Mega Macs 66 – User Manual 2024.) Kuvassa 11 on esitetty tällainen valkotaulu, johon voidaan taulun yläpuolella olevalla projektorilla heijastaa digitaalisia kalibrointitauluja.



Kuva 11. Hellan kalibrintilaite kesäkuussa 2023.

3.4 Kalibroinnin ongelmakohtat

Kalibroinnissa aiheutuvat ongelmat johtuvat usein ympäristön tai ajoneuvon olosuhteista tai osaamattomista kalibroijista. Ympäristöstä johtuvia ongelmakohtia voivat olla vääränlainen valaistus, vaihtuvat sääolosuhteet, liian vähäinen tila, tila ei ole tyhjä ja siisti tai epätasaisuudet lattiapinnassa. Ajoneuvosta johtuvat kalibrointiongelmat voivat johtua siitä, että auto on kuormattu tai sen rengaspaineet eivät ole normaalilla tasolla.

Vauriokorjaamon voisi olla hyödyllistä ohjeistaa asiakkaita poistamaan autosta mahdolliset häiriöitä aiheuttavat tekijät, kuten ylimääräinen kuorma, ja tankkaamaan auto ennen kalibrointia, jotta saavutettaisiin mahdollisimman tarkka kalibrointitulos.

Korjaamon tulee selvittää etukäteen, mille ajoneuvomerkeille kukin kalibrointilaitteisto soveltuu ja mikä laitteisto on korjaamolle kannattavin investointi. Digitaalisia kalibrointilaitteistoja käytettäessä voi joskus olla ongelmana, että laitevalmistajan sivuilla ei ole kyseisille ajoneuvoille sopivia digitaalisia tauluja ladattavaksi. Laitevalmistajien sivuissa ja niiden palvelutasoissa on eroja. Monimerkkikorjaamon on hyvä varautua myös kustannuksiin, joita laitevalmistajat perivät digitaalisista kalibrointitauluista.

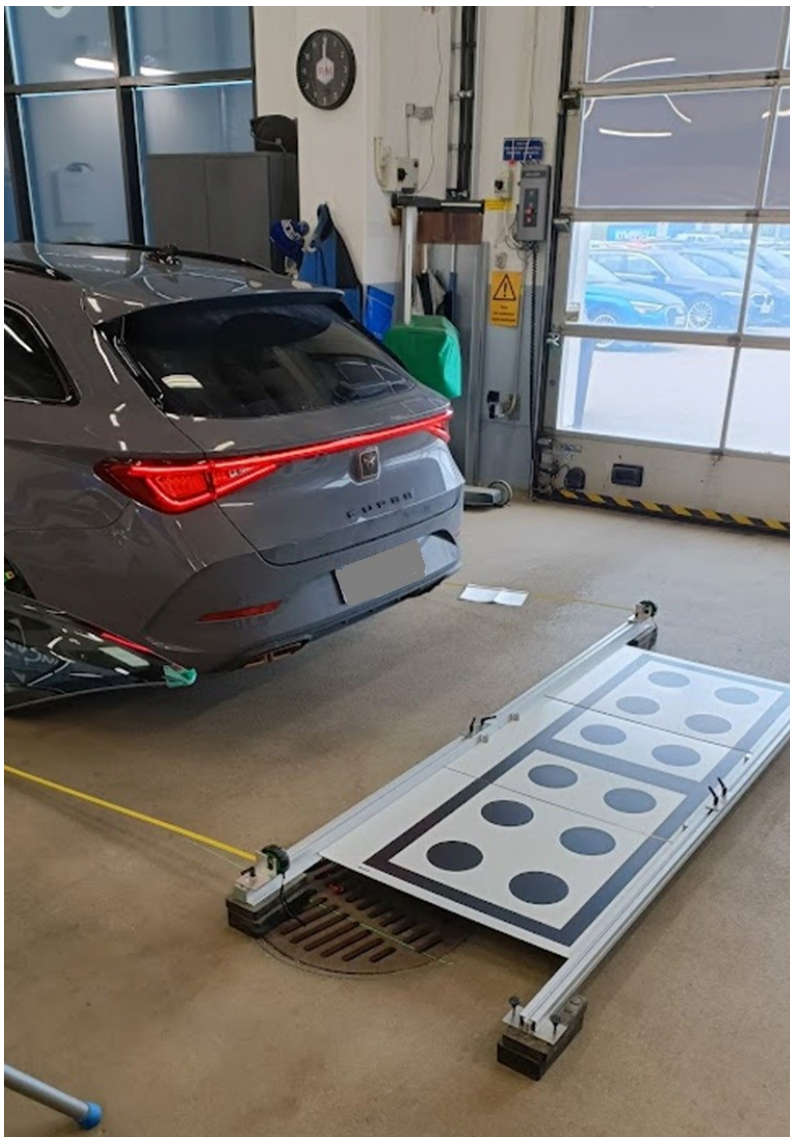
3.5 Kalibroinnin kustannustehokkuus

Monimerkkikorjaamolle kalibrointilaitteiden hankinta voi olla suurikin investointi. Investointiin ei kuulu pelkästään kalliiden laitteiden hankinta, vaan korjaamon tulee myös investoida kalibrointitilaan, jotta siinä kalibrointi olisi mahdollista ja häiriötekijät voitaisiin eliminoida. Korjaamon tulee myös panostaa henkilöstön kouluttamiseen ja jatkuvaan kehittymiseen, jotta kalibroijat pysyvät kalibrointilaitteiden kehityksen tahdissa. Kalibrointilaitteet ovat suuria ja vievät huomattavan määrän tilaa korjaamolla. Monimerkkikorjaamon on hankittava myös tehokas laturi, johon ajoneuvot voidaan kiinnittää kalibroinnin ajaksi. Kalibrointilaitteistojen saatavuudessa voi olla myös ongelmia.

On hyvä kuitenkin huomioida, että nykyään korjaamoille kertyy helposti kuluja myös silloin, jos kalibrointilaitteistoa ei hankita. Jos kalibrointilaitteistoa ei ole, korjaamolta joudutaan usein siirtämään ajoneuvot kalibraation takia toisiin toimipisteisiin tai yritetään saada aikaa merkkikorjaamolta. Useilla korjaamoilla on jo valmiiksi kalenterit täynnä viikkoja eteenpäin, joten muutaman tunnin kalibraatioajan saaminen pitäisi tietää hyvissä ajoin. Ajoneuvon siirtäminen kalibrointiin toiselle toimipisteelle vie rahaa ja henkilöstön aikaa. Muutaman tunnin kalibroinnin takia ajoneuvon siirtäminen kalibrointiin ja takaisin vie suuren osan työntekijän päivästä. Tästä syystä kalibrointilaitteisto maksaa itsensä takaisin nopeasti, jos kalibroitavaa on riittävästi.

Lisäksi omassa kalibrointilaitteistossa on myös se etu, että esisäätoärvot on katsottu todennäköisimmin oikein kiinnikkeisiin ja kalibroitavaan komponentteihin.

Myös esimerkiksi liitinten kiinnitys on tarkkaa puuhaa ja omassa laitteessa niiden kiinnittymisestä oikein voi olla varma. Kuvassa 12 on esitetty oikein valittu fyysinen kalibrintitaulu kalibroitavalle ajoneuvolle.



Kuva 12. Kalibrintilaitteisto toiminnassa kesäkuussa 2023.

4 Yhteenveto

Kuljettajaa avustavat järjestelmät ovat lisääntyneet hyvin nopeasti ajoneuvoissa viimeisinä vuosikymmeninä. Järjestelmien kalibrointi on hyvin tärkeää, jotta järjestelmät toimivat oikein eivätkä aiheuta vaaratilanteita. Kalibrointi on tarpeen hyvin monissa erilaisissa tilanteissa, kun autoa korjataan tai pienissä muutostöissä, kuten maalauksissa. Tästä syystä monimerkkikorjaamolle olisi hyödyllistä hankkia kalibrointilaitteistoja, jotta avustinjärjestelmät saataisiin kalibroitua tehokkaasti omassa toimipisteessä.

Kalibrointilaitteistot ovat kalliita hankintoja korjaamoille. Kalibrointilaitteistot vaativat myös tarkat olosuhteet toimiakseen oikein sekä koulutetun henkilökunnan. Monimerkkikorjaamoille voi kuitenkin osoittautua kannattavaksi hankkia kalibrointilaitteistoja, koska ajoneuvojen siirto toiselle toimipisteelle tai kokonaan ulkoiselle toimijalle vie aikaa ja rahaa. Ajoneuvon siirto toiseen paikkaan kalibrointia varten vie pahimmillaan jopa päivän, kun omassa toimipisteessä kalibrointi onnistuisi muutamassa tunnissa. Myös ajan saaminen toisen toimipisteen tai toimijan kalibrointilaitteistolle voi osoittautua mahdottomaksi. Koska ajoneuvoissa kalibroitavat järjestelmät lisääntyvät jatkuvasti, on monimerkkikorjaamon lähes mahdotonta välttyä kalibrointitarpeelta. Tulevaisuudessa kalibrointi tulee todennäköisesti tarpeeseen yhä pienemmissä perustasoissa toimenpiteissä, joita ajoneuvoille suoritetaan.

Opinnäytetyön johtopäätös on, että monimerkkikorjaamon kannattaa hankkia kalibrointilaitteisto, mikäli kalibroitavaa on runsaasti. Tässä työssä kalibrointilaitteistoja on tarkasteltu vain yleisellä tasolla, ja monimerkkikorjaamon tulisikin perehtyä tarkasti sen kalibrointilaitteiston vaatimukseen, jota se on hankkimassa. Monimerkkikorjaamon tulisi selvittää, mikä kalibrointilaitteisto on sille tarkoituksenmukaisin sen perusteella, mitä ajoneuvoja se kalibroi, ja sen jälkeen olla yhteydessä suoraan laitevalmistajaan.

Jatkotutkimuksessa voisi olla hyödyllistä tehdä tarkat laskelmat siitä, kuinka paljon kalibroitavaa tarvitaan, jotta kalibrointilaitteisto maksaisi itsensä takaisin.

Jatkotutkimuksessa voisi myös perehtyä tarkemmin johonkin tiettyyn yksittäiseen kalibrointilaitteistoon, sen vaatimuksiin ja siihen millaiselle korjaamolle se olisi soveltuvin.

Lähteet

Adaptive Cruise Control. Verkkoaineisto. My Car Does What? <<https://my-cardoeswhat.org/safety-features/adaptive-cruise-control/>>. Luettu 8.4.2024.

ADAS: Everything You Need to Know. Verkkoaineisto. Car and Driver. <<https://www.caranddriver.com/research/a31880412/adas/>>. Luettu 8.4.2024.

ADAS – Katveavustin eli kuolleen kulman varoitin. Verkkoaineisto. Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/autoilijalle/adas-katveavustin-eli-kuolleen-kulman-varoitin>>. Päivitetty 13.9.2024. Luettu 13.4.2024.

AFS (Adaptive Front-Lighting System). Verkkoaineisto. Mazda. <https://www.mazda.com/en/archives/safety2/active_safety/afs/>. Luettu 8.4.2024.

A heritage of safety innovations. Verkkoaineisto. Volvo. <<https://www.volvocars.com/intl/v/car-safety/safety-heritage>>. Luettu 13.4.2024.

Al Salmani, Abdullah Mohammed. 2020. Adaptive Cruise Control Systems. Verkkoaineisto. Medium. <<https://medium.com/@laith20002022/adaptive-cruise-control-systems-f65a4b65e839>>. 29.8.2020. Luettu 7.4.2024.

Antilock braking system. Verkkoaineisto. Bosch. <<https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/driving-safety/antilock-braking-system/>>. Luettu 23.4.2024.

Autonomous Emergency Braking (AEB): What is it and how does it work? Verkkoaineisto. Road Safety Facts. <<https://roadsafetyfacts.eu/autonomous-emergency-braking-aeb-what-is-it-and-how-does-it-work/>>. Luettu 7.4.2024.

Barry, Keith. 2022. Guide to Forward Collision Warning. Verkkoaineisto. Consumer Reports. <<https://www.consumerreports.org/cars/car-safety/guide-to-forward-collision-warning-a8423384882/>>. Päivitetty 9.5.2022. Luettu 8.4.2024.

Blind spot detection. Verkkoaineisto. Bosch. <<https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/assistance-systems/blind-spot-detection/>>. Luettu 13.4.2024.

Blind Spot Warning. Verkkoaineisto. My Car Does What? <<https://my-cardoeswhat.org/safety-features/blind-spot-warning/>>. Luettu 13.4.2024.

Coverage list V70. Verkkoaineisto. Hella Gutmann. <https://www.checkpoint-hella-gutmann.com/pdfs/CSC%20Abdeckung%20EN/Coverage-list_ADAS_V70_EN.pdf>. Luettu 22.4.2024.

CSC-Kit Radar III. Verkkoaineisto. Hella Gutmann. <https://www.hella-gutmann.com/fileadmin/user_upload/Download-Dateien/Manuals/01_Multilingual/operating_instructions/BD0123_CSC-Kit_Radar_III_OperInstr_ml.pdf>. Luettu 23.4.2024.

DAS 3000 ADAS Recalibration System. Verkkoaineisto. Bosch. <https://www.boschdiagnostics.com/sites/default/files/documents/2009_1374_Bosch_DAS%25203000_Brochure_v2_ADA_0.pdf>. Luettu 17.4.2024.

Dunlop Maxaret Anti-Lock Braking Explained. Verkkoaineisto. The Jensen FF Museum. <<https://www.jensenmuseum.org/dunlop-maxaret/>>. Luettu 7.4.2024.

Efthyvoulidis, Angelo. 2024. Precision & Complexity: Manufacturing ADAS. Verkkoaineisto. Jabil. <<https://www.jabil.com/blog/advanced-driver-assistance-systems-adas-the-bridge-to-autonomous-vehicles.html>>. Luettu 1.5.2024.

Hella Gutmann Solutions Mega Macs 66 Introduction Video. Verkkoaineisto. Celtaonline. <<https://www.youtube.com/watch?v=RGno5ah00CY>>. Luettu 8.4.2024.

History – Safe Braking. Verkkoaineisto. Bosch. <<https://www.bosch.com/stories/beginnings-of-abs/>>. Luettu 7.4.2024.

Kingston, Lewis. 2018. PH Origins: Directional headlights. Verkkoaineisto. Pistonheads. <<https://www.pistonheads.com/news/ph-origins/ph-origins-directional-headlights/39160>>. 19.11.2018. Luettu 7.4.2024.

Mccabe, Alec. 2020. How CAPTCHAs are Powering the Future's Cars... and Drones. Verkkoaineisto. Medium. <<https://medium.com/@alec.mccabe93/how-captchas-are-powering-your-next-car-9ecb15d62994>>. 24.8.2020. Luettu 15.4.2024.

Michellone, G., Palazzetti, M. & Michellone, G. 1971. Anti-skid braking systems. Patenttinumero US3707313A. <<https://patents.google.com/patent/US3707313A/en>>. Luettu 23.4.2024.

Mega Macs 66. Verkkoaineisto. Hella Gutmann. <https://www.hella.com/techworld/assets/documents/mm66_QuickStart_en.pdf>. Luettu 8.4.2024.

Mega Macs 66 – User Manual. Verkkoaineisto. Hella Gutmann. <https://www.hella.com/techworld/assets/documents/mm66_manual_en.pdf>. Luettu 8.4.2024.

Radaufnehmer Control. Verkkoaineisto. Hella Gutmann. <https://www.hella-gutmann.com/fileadmin/user_upload/Download-Dateien/Manuals/01_Multilingual/operating_instructions/BD067_Radaufnehmer_Control_OperInstr_ml.pdf>. Luettu 23.4.2024.

Rudhart, Manfred. 2019. Kuljettajaa avustavat järjestelmät (ADAS). 1. painos. Helsinki: Suomen autoteknillinen liitto ry.

Smith, Grant Maloy. 2023. What is ADAS? Verkkoaineisto. Dewesoft. <<https://dewesoft.com/blog/what-is-adas>>. 14.2.2023. Luettu 1.5.2024.

Taylor, Jeff. 2016. Knowledge Centre: Blind Spot Detection. Verkkoaineisto. Auto Service World. <<https://www.autoserviceworld.com/features/watching-cant-see/>>. 12.8.2016. Luettu 13.4.2024.

The automatic emergency braking. Verkkoaineisto. Bosch. <<https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/assistance-systems/automatic-emergency-braking/>>. Luettu 7.4.2024.

What Does ADAS Calibration Mean On My Auto Body Repair Estimate? 2019. Verkkoaineisto. 3D Collision Centers. <<https://3ddyworks.com/2019/09/06/adas-calibration-mean-auto-body-repair-estimate/>>. 6.9.2019. Luettu 8.4.2024.

What Is Adaptive Cruise Control? Verkkoaineisto. Car and Driver. <<https://www.caranddriver.com/research/a32813983/adaptive-cruise-control/>>. Luettu 8.4.2024.

What is ADAS (Advanced Driver Assistance Systems)? 2018. Verkkoaineisto. AGD Now. <<https://agdnw.com/what-is-adas-advanced-driver-assistance-systems/>>. 13.8.2018. Luettu 8.4.2024.

Wilson, Kea. 2022. Ford's Geofenced 'Speed Limiters' Might Not Cut Road Deaths As Much As You Think. Verkkoaineisto. Streetsblog USA. <<https://usa.streetsblog.org/2022/06/02/fords-geofenced-speed-limiters-might-not-cut-road-deaths-as-much-as-you-think>>. 2.6.2022. Luettu 15.4.2024.