



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville Havinen

---

## **ADAS-kalibroinnit korjaamotoiminnassa**

Opinnäytetyö

Kevät 2022

Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Ville Havinen

Työn nimi: ADAS-kalibroinnit korjaamotoiminnassa

Ohjaaja: Ari Saunamäki

Vuosi: 2022

Sivumäärä: 40

Liitteiden lukumäärä: 0

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Seinäjoella sijaitseva autokorjaamo Sami Akkala Oy. Työn tavoitteena oli suunnitella korjaamon toimitiloihin kuljettajaa avustavien järjestelmien (ADAS) kalibrointipiste ja siihen sopiva kalibrointilaitteisto. Tavoitteena oli myös tutkia ADAS-järjestelmiä ja niiden kalibrointia yleisesti ja myös niiden vaikutusta korjaamotoimintaan. Työssä käydään myös läpi ADAS-järjestelmien vaikutusta liikenneturvallisuuteen ja millaista tunnistintekniikkaa järjestelmät sisältävät.

Työ toteutettiin selvittämällä, minkälaisia ADAS-järjestelmiä henkilöautoissa on käytössä ja minkälaista tekniikkaa ne sisältävät. Lisäksi selvitettiin minkälainen kalibrointilaitteisto voisi olla sopiva juuri kyseiselle korjaamolle, ja onko korjaamolla jo olevaa kalustoa mahdollista yhdistää kalibrointityökaluihin. Kalibrointipisteistä tehtiin myös havainnollistavat mallinnukset.

Tämän työn tavoitteisiin päästiin. Työn tuloksena saatiin esiteltyä kolme erilaista ratkaisumallia kalibrointipisteelle ja laitteistolle. Työssä saatiin myös luotua hyvä yleiskuva ADAS-järjestelmistä, niiden tekniikasta ja vaikutuksista korjaamotoimintaan ja liikenneturvallisuuteen. ADAS-laitteistoa ei kirjoitushetkellä vielä ehditty hankkimaan, joten suunnitelman vaikutuksia ei nähty käytännössä.

<sup>1</sup> Asiasanat: kalibrointi, korjaamot, autotekniikka

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author/s: Ville Havinen

Title of thesis: ADAS-calibrations in a car repair shop

Supervisor(s): Ari Saunamäki

Year: 2022

Number of pages: 40

Number of appendices: 0

---

Sami Akkala Oy, a car repair shop based in Seinäjoki, commissioned the thesis. The aim of the thesis was to design the calibration point of advanced driver assistance systems (ADAS) and the appropriate calibration equipment for the workshop's premises. The aim was also to study ADAS systems and their calibration in general and their impact on workshop operations. The thesis also studied the impact of ADAS systems on road safety and what kinds of detection technology systems were included.

The thesis studied what types of ADAS systems were in use in passenger cars and what type of technology they contained. In addition, it also studied what type of a calibration device could be suitable for the workshop in question and whether it was possible to combine the equipment already in the workshop with calibration tools. An illustrative modeling of the calibration points was also made.

The goals of the thesis were mainly met. As a result of the thesis, three different solution models for the calibration point and hardware were presented. The thesis also provided a good overview of ADAS systems, their technology and the impact on workshop operations and road safety. ADAS hardware was not yet available at the time of writing the thesis, so the effects of the plan were not seen in practice.

<sup>1</sup> Keywords: calibration, repair shops, automotive engineering

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	1
Thesis abstract .....	2
SISÄLTÖ .....	2
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo .....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO .....	7
1.1 Työn tausta .....	7
1.2 Työn tavoite.....	7
1.3 Työn rakenne .....	8
1.4 Sami Akkala Oy.....	8
2 ADAS-JÄRJESTELMÄT .....	9
2.1 Adaptiiviset ajovalot.....	9
2.2 Adaptiivinen vakionopeudensäädin (ACC) .....	10
2.3 Pysäköintitutka ja pysäköintiavustin .....	11
2.4 Automaattinen hätäjarrujärjestelmä (AEB) .....	12
2.5 Hätäpuhelujärjestelmä (eCall) .....	13
2.6 Kaista-avustin (LKA).....	13
2.7 Kaistanvaihtoavustin / kuolleen kulman varoitin .....	14
2.8 Kuljettajan vireystilan tarkkailu .....	14
2.9 Liikennemerkkiavustin (RSI) ja nopeusrajoitusavustin .....	15
2.10 Pimeänäköavustin .....	15
3 ADAS-JÄRJESTELMIEN VAIKUTUS LIIKENNETURVALLISUUTEEN ...	17
3.1 ADAS-järjestelmien ja kalibroitien vaikutus liikenneturvallisuuteen .....	17
3.2 Tilastoja liikenneonnettomuuksista.....	18
4 TUNNISTIMET .....	19
4.1 Ultraäänitunnistimet.....	19
4.2 Tutkat .....	19
4.3 Laser-tunnistimet (Lidar) .....	20

4.4	Optiset tunnistimet.....	20
5	ADAS-KALIBROINNIT.....	22
5.1	ADAS-kalibrointien vaikutukset korjaamoihin .....	22
5.2	Kalibrointi terminä.....	23
5.3	Dynaaminen kalibrointi .....	23
5.4	Staattinen kalibrointi .....	23
5.5	Kalibrointityökalut .....	24
5.5.1	Autocom ADAS cars kalibrointisarja .....	25
5.5.2	Texa ADAS kalibrointisarja .....	25
5.5.3	Launch X431 ADAS .....	26
5.5.4	Bosch DAS 1000 3D .....	27
5.5.5	Bosch DAS 3000 s20 .....	28
6	KALIBROINTIPISTEEN JA KALIBROINTILAITTEISTON SUUNNITTELU .....	30
6.1	Korjaamon tilat .....	30
6.2	Kalibrointipisteen ja laitteiston vaatimukset .....	31
6.3	Kalibrointipiste nelipilarinostimen yhteyteen .....	32
6.4	Kalibrointipiste nelipilarinostimen vieressä .....	33
6.5	Kalibrointipiste nelipilarinostimen edessä .....	35
7	YHTEENVETO .....	36
8	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET .....	38

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. LED matrix headlights (Volkswagen Newsroom, i.a.) .....	10
Kuva 2. Adaptive cruise control (Audi mediacenter, 1.1.2016a) .....	11
Kuva 3. Parking system plus (Audi mediacenter, 1.1.2016b).....	12
Kuva 4. Kuolleen kulman tunnistin (Suzuki, i.a.) .....	14
Kuva 5. Liikennekuolemat Euroopassa vuosina 2009–2019 (Eurostat, 2019).....	18
Kuva 6. Autocom ADAS Cars kalibrointisarja (Suomen Työkalu Oy, i.a.).....	25
Kuva 7. Texa ADAS kalibrointisarja, (Suomen Työkalu Oy, i.a.).....	26
Kuva 8. X431 ADAS kalibrointilaite, (Elekma, i.a.).....	27
Kuva 9. Bosch DAS 1000, (Bosch Aftermarket in the United Kingdom, i.a.-a).....	28
Kuva 10. Bosch DAS 3000 S20 (Bosch Automotive Aftermarket Suomi, i.a.-b) .....	29
Kuva 11. Korjaamon tilat.....	31
Kuva 12. Korjaamon nelipilarinostin ja suuntauslaitteisto. ....	33
Kuva 13. Bosch FWA4630:n mittapää. ....	33
Kuva 14. Havainnollistava kuva kalibrointipisteestä nelipilarinostimen vierellä. ....	34
Kuva 15. Havainnollistava kuva kalibrointipisteestä nelipilarinostimen edessä.....	35
Taulukko 1. Tunnistimet ja ADAS-järjestelmät.....	21

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>ADAS</b>	Advanced Driver Assistance Systems, kehittyneet kuljettajaa avustavat järjestelmät.
<b>ACC</b>	Adaptive Cruise Control. Adaptiivinen vakionopeudensäädin.
<b>AEB</b>	Automatic Emergency Braking system. Automaattinen hätäjarrujärjestelmä.
<b>eCall</b>	Emergency Call. Hätäpuhelujärjestelmä.
<b>LKA</b>	Line Keeping Aid. Kaistanpitoavustin.
<b>BLIS</b>	Blind Spot Information System. Kuolleen kulman tunnistus.
<b>DAW</b>	Driver Attention Warning. Kuljettajan vireystilan tarkkailu.
<b>RSI</b>	Road Sign Information system. Liikennemerkkien tunnistus.
<b>Night Vision</b>	Pimeänäköavustin.
<b>ESR</b>	En-route Surveillance Radar. Pitkän kantaman tutka.
<b>LIDAR</b>	Light Detection and Ranking. Tunnistimessa käytetty tekniikka, joka toimii näkyvän valon aallonpituuksilla tai ultravioletti- tai infrapunasäteilyalueella.

# 1 JOHDANTO

Ajoneuvotekniikan kehittyminen on tuonut mukanaan paljon mahdollisuuksia erilaisille kuljettajaa avustaville järjestelmille. Nämä järjestelmät lisäävät liikenneturvallisuutta ja luovat ajotapahtumasta kuljettajalle miellyttävämmän. Uudempien ajoneuvojen kuljettajaa avustavat järjestelmät pitävät sisällään suuren määrän teknologiaa, joka myös lisää vaatimuksia korjaus- ja huoltotoimenpiteisiin autokorjaamoilla.

## 1.1 Työn tausta

Autokannan uudistuessa ja sitä myötä tekniikan kehittyessä, ADAS-kalibrointityökalut tulevat välttämättömiksi hankinnoiksi huoltokorjaamoilla. Tämän työn toimeksiantajan, Sami Akkala Oy:n toimitiloihin olisi tarkoituksena hankkia ADAS-kalibrointityökalu. Akkalan Korjaamolla tehdään muun muassa tuulilasien vaihtoja ja esimerkiksi uudempien ajoneuvojen tuulilasikamerat vaativat yleensä kalibroinnin, oikeanlaisen toimivuuden takaamiseksi.

Idea tästä työstä syntyi projektiopintojakson aikana toimeksiantajan ehdotuksesta. Tuolloin tehtiin pienempi projektityö ADAS-kalibrointipisteen suunnittelusta. Aihe on mielenkiintoinen ja myös yritykselle tarpeellinen, joten työstä tehtiin laajempi työ opinnäytetyön muodossa. ADAS-järjestelmät ja kalibroinnit ovat myös hyvin ajankohtaisia korjaamotoiminnassa, ja se lisäsi myös mielenkiintoa aihealuetta kohtaan.

## 1.2 Työn tavoite

Tämän työn tavoitteena oli tuoda esiin erilaisia vaihtoehtoja ADAS-kalibrointipisteille ja laitteiston hankinnalle Sami Akkala Oy autokorjaamolle. Työssä keskityttiin tuomaan esiin sellaisia ratkaisumalleja, jotka ovat erityisesti tämän korjaamon tiloissa toimivia ja tehokkaita.

Työssä pyrittiin käymään myös yleisesti läpi kehittyneitä ADAS-järjestelmiä ja -kalibrointiteja, tunnistintekniikkaa ja ADAS-kalibrointien vaikutusta korjaamon toimintaan. Työssä käytiin myös läpi ADAS-järjestelmien vaikutusta liikenneturvallisuuteen.



### 1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyön alkuosuus koostuu johdannosta, jossa esitellään työn taustat, tavoitteet, rakenne ja yritysesittely. Johdannon jälkeen on teoriaosuus. Teoriaosuus alkaa luvussa 2, jossa käydään läpi yleisimpiä ADAS-järjestelmiä ja niiden toimintaa. Tämän jälkeen luvussa kolme käydään läpi ADAS-järjestelmien vaikutusta liikenneturvallisuuteen. Luvussa neljä perehdytään järjestelmien tunnistintekniikkaan. Tämän jälkeen luvussa viisi käydään läpi ADAS-kalibroitien teoriaa, ja erilaisia saatavilla olevia kalibroitityökaluja.

Teoriaosuuden jälkeen siirrytään työosuuteen, eli korjaamon kalibroitipisteen ja laitteiston suunnitteluun. Työosuudessa esitellään korjaamon tilat, kalibroitipisteen vaatimukset ja kalibroitipistevaihtoehdot ja -laitteistot. Työosuuden jälkeen siirrytään yhteenvetoon ja pohdintaan. Työn viimeisestä osiosta löytyvät työssä käytetyt lähteet.

### 1.4 Sami Akkala Oy

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Sami Akkala Oy. Sami Akkala Oy on 2011 perustettu Seinäjoella sijaitseva monimerkkikorjaamo (S. Akkala, henkilökohtainen tiedonanto 1.2.2022). Korjaamo kuuluu Autoasi-korjaamoketjuun. Korjaamo työllistää kirjoitushetkellä 7 työntekijää.

Korjaamon toimenkuvaan kuuluvat pääasiassa henkilö- ja pakettiautojen korjaukset ja huollot, kuten esimerkiksi ilmastoinnin huollot ja korjaukset, pyöränsuuntaukset, rengastyöt ja rengasmyynti, jakopäähuollot, automaattivaihteistojen öljynvaihdot, tuulilasienvaihdot, AdBlue-tankkaukset sekä Webastomyynti ja -huolto (Sami Akkala Oy. i.a.). Korjaamolla onnistuvat myös Sähkö- ja hybridi ajoneuvojen huollot ja korjaukset. Huollon ajaksi on myös saatavilla sijaisautoja. Korjaamolta löytyy myös oma rengashotelli, joka mahdollistaa asiakkaiden renkaiden kausisäilytyksen. Korjaamolla on suuret tilat, sisältäen 10 nosturipaikkaa, joista 6 kpl on 2-pilarinostimia, 2 kpl saksinostimia ja 2 kpl nelipilarinostimia, joista toinen toimii pyöränsuuntausnostimena.

## 2 ADAS-JÄRJESTELMÄT

ADAS-järjestelmät (Advanced Driver Assistance Systems), eli kuljettajaa avustavat järjestelmät ovat yleistyneet henkilöautoissa viime vuosien ajan kovaa vauhtia (Örum, 2020). ADAS-järjestelmillä pystytään tuomaan kuljettajalle mukavuutta ja lisäämään turvallisuutta erilaisia tutka-, kamera- ja lasertekniikkaa apuna käyttäen. Kuljettajaa avustavat järjestelmät eivät ole nykypäivänä enää ainoastaan premium-luokan henkilöautojen varustelustoilla, vaan niitä esiintyy lähes jokaisessa uudemmassa henkilöautossa.

ADAS-järjestelmiin luokitellaan suuri määrä erilaisia kuljettajaa avustavia järjestelmiä, joilla pyritään minimoimaan liikenteessä kuljettajan inhimillisiä virheitä, jotka voivat johtaa pienistä parkkipaikkakolhuista jopa kuolemaan asti (Koeajolle, 2021). Näitä henkilöautoissa käytettäviä ADAS-järjestelmiä ovat esimerkiksi pysäköintiavustin, automaattinen hätäjarrujärjestelmä ja adaptiivinen vakionopeudensäädin. Vaikka tällä hetkellä ADAS-järjestelmät ovat yleistyneet henkilöautoissa, on liikenteestä vielä paljon autoja missä ei ole kyseisiä kehittyneempiä turvavarusteita. Tulevaisuudessa, kun autokanta uudistuu ja ADAS-järjestelmät yleistyvät entisestään, on varmaa, että liikenteessä sattuvat onnettomuudet vähenevät entisestään.

ADAS-järjestelmien lisääntyminen vaikuttaa suuresti myös korjaamoiden toimintaan. Tällä hetkellä ADAS-kalibrointilaitteita ei ole läheskään jokaisella autokorjaamolla, vaikka kysyntää voisikin olla. Suurin syy tälle voi olla kalibrointilaitteiden korkea hinnoittelu. Tulevaisuudessa ADAS-järjestelmien kalibrointi yleistyy autokannan uudistuessa ja se on yhä suurempi osa korjaamon päivittäistä toimintaa. Tämä tarkoittaa myös korjaamoiden työntekijöiden lisäkoulutustumista ja työnkuvan laajentamista. Seuraavissa alaotsikoissa käydään läpi yleisimpiä henkilöautoihin saatavilla olevia ADAS-järjestelmiä.

### 2.1 Adaptiiviset ajovalot

Adaptiivisilla ajovaloilla tarkoitetaan järjestelmää, joka säätelee ajovaloja ajotilanteen mukaan (Koeajolle, 2021). Toimintatapoja adaptiivisille ajovaloille on erilaisia riippuen autovalmistajasta. Päätehtävänä on kuitenkin hoitaa ajovalojen käyttöä automaattisesti, ettei kuljettajan tarvitse miettiä sopivaa valaistusta vallitsevaan ajotilanteeseen. Yleisin osa

adaptiivista ajovalojärjestelmää on jo hieman vanhemmissakin autoissa käytetty pitkien valojen automaattinen poiskytkeminen vastaantulevan ajoneuvon ajaksi.

Uudemmissa henkilöautoissa ajovaloautomaatiikka säätelee valon kantaman lisäksi sen suuntausta (Leaseplan, 2019). Näin saadaan rajattua esimerkiksi vastaantulevan auton kohdalle varjoinen alue, jolloin vastaantuleva autoilija ei häikäisty, mutta muu tieosuus pysyy täysin valaistuna (kuva 1). Ajovaloautomaatiikan ansiosta kuljettajan tarkkaavaisuus säilyy paremmin kohdatessaan vastaan tulevan auton (mt.).

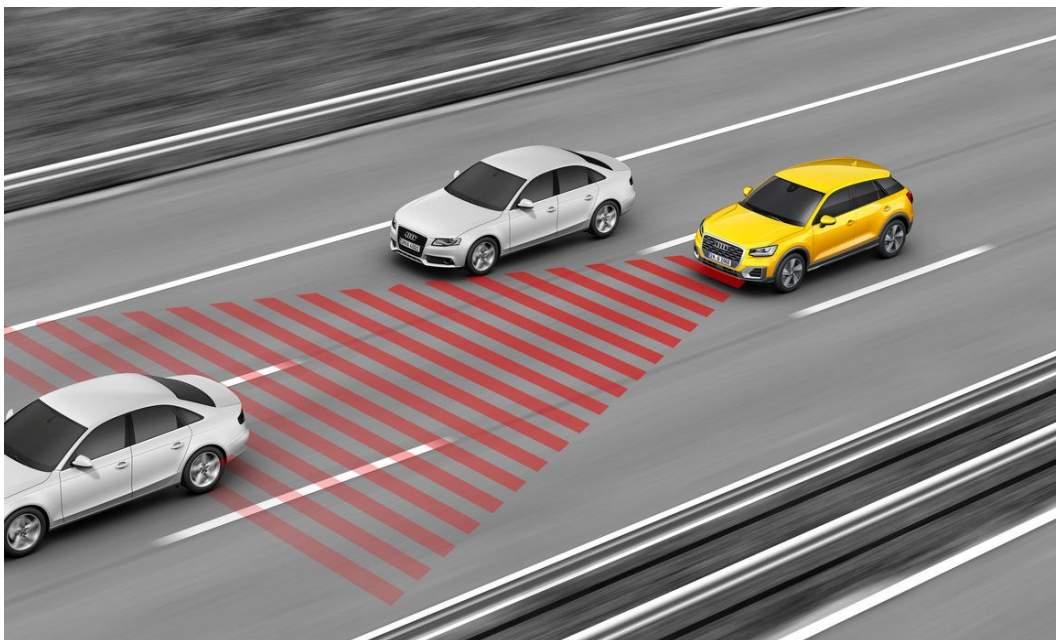


Kuva 1. LED matrix headlights (Volkswagen Newsroom, i.a.).

## 2.2 Adaptiivinen vakionopeudensäädin (ACC)

Adaptiivinen vakionopeudensäätimellä (ACC: Adaptive Cruise Control) tarkoitetaan automaattista etäisyyden säätöä edellä ajavaan kulkuneuvon tutkayksikön avulla (Rudhart, 2019, s. 11). Kun kuljettaja asettaa halutun nopeuden, pitää ACC kyseisen nopeuden ja lisäksi huomioi edellä ajavan ajoneuvon nopeuden ja tarvittaessa kiihdyttää tai jarruttaa pitäen riittävän välimatkan autoon (kuva 2). Tarvittaessa auto voidaan jopa pysäyttää. Myös niin sanottu ruuhka-avustin, perustuu ACC:n toimintaan. Ruuhka-avustin hyödyntää ACC:n etäisyyden tunnistusta ja kaistanpitoavustinta pitämään ruuhkassa sopivaa ajonopeutta ja etäisyyttä seuraavaan autoon. Ruuhka-avustin toimii aina 60 km/h asti, ja tarvittaessa

myös pysäyttää ajoneuvon ja jonon taas liikkeessä lähettää ajoneuvon takaisin liikkeelle (mts. 13).



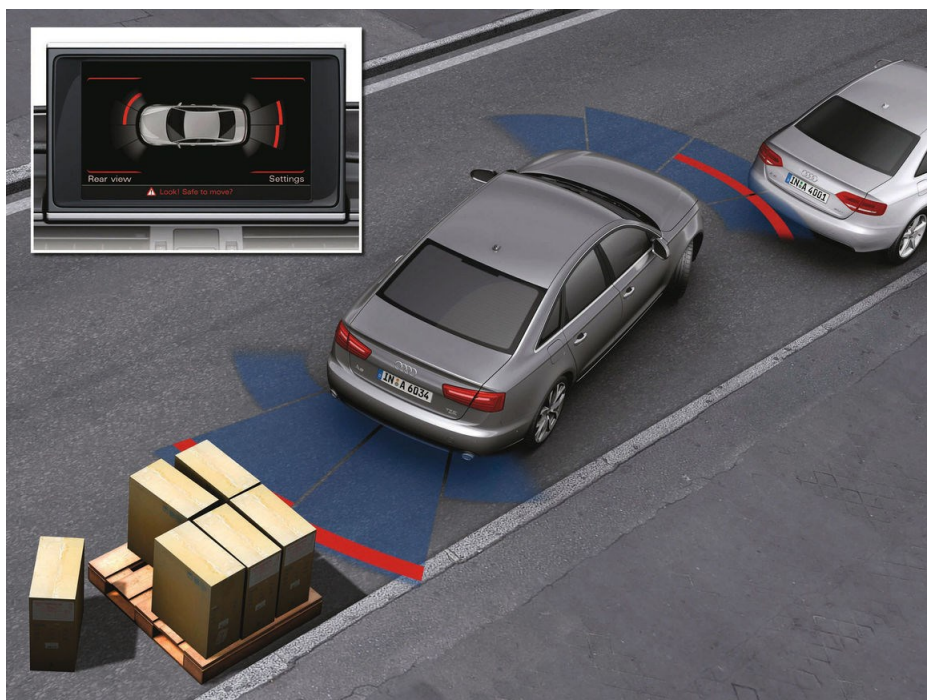
Kuva 2. Adaptive cruise control (Audi mediacenter, 1.1.2016a).

### 2.3 Pysäköintitutka ja pysäköintiavustin

Pysäköintitutkan avulla ilmoitetaan kuljettajalle etäisyydet mahdollisiin esteisiin joko visuaalisesti ja/tai akustisesti (Rudhart, 2019, s. 10). Pysäköintitutka on luultavasti yksi yleisimmistä kuljettajaa avustavista järjestelmistä, ja sen toimintaperiaate perustuu ultraäänitunnistimiin, jotka on kiinnitetty yleensä ajoneuvon etu- ja takapuskureihin. Kuljettajalle havainnoidaan visuaalisesti auton ympärillä olevaa aluetta tutkien avulla, joka näkyy auton ajotietokoneen näytöltä reaaliajassa (kuva 3). Usean kameran yhdistelmällä voidaan mahdollistaa reaaliaikainen 360° kuva myös auton yläpuolelta. Akustinen pysäköintitutka toimii äänimerkkeinä, esimerkiksi äänimerkin tiheydellä havainnollistetaan välimatkaa esteeseen (mt.).

Pysäköintiavustimella tarkoitetaan laajennettua versiota pysäköintitutkasta (Rudhart, 2019, s. 11). Pysäköintiavustinta käyttäessä järjestelmä ottaa ohjauspyörän hallintaansa ja ohjaa auton parkkiruutuun samalla kuljettajan hallitessa kaasun- ja jarrupolkimen käyttöä. Kehittyneimmät pysäköintiavustimet mahdollistavat ajoneuvon parkkeerauksen etäohjauksella

esimerkiksi älypuhelinsovelluksella. Tässä tapauksessa voidaan autoa ohjata ilman että kuljettaja itse istuu autossa.



Kuva 3. Parking system plus (Audi mediacenter, 1.1.2016b).

## 2.4 Automaattinen hätäjarrujärjestelmä (AEB)

Automaattisen hätäjarrujärjestelmän (AEB: Automatic Emergency Braking) tehtävänä on tehdä hätäjarrutus siinä tilanteessa, kun kuljettaja ei itse havaitse tulevaa vaaratilannetta tai ei reagoi siihen tarpeeksi nopeasti (Koeajolle, 2021). Joissakin AEB-järjestelmissä on käytössä myös erilaisia toimintoja, joiden avulla voidaan herättää kuljettajan huomio ennen jarrutusta. Edistyneimmät AEB-järjestelmät pystyvät myös tekemään väistöliikkeen törmäyksen estämiseksi.

Kehittyneen anturitekniikan ansiosta pystytään havainnoimaan paremmin ja selkeämmin mahdolliset vaaratilanteet (Rudhart, 2019, s. 13). Järjestelmässä hyödynnettävät tutka- ja Lidar-tunnistimet, kehittyneet kamerajärjestelmät ja kuvankäsittelyohjelmistot mahdollistavat tarkan tilanteen määrittelyn, kohteiden sijainnit ja etäisyydet. AEB-järjestelmään kuuluu lisäksi myös automaattinen turvavyön kiristin, jolla pyritään ehkäisemään mahdollisia törmäyksen seurauksia.

## 2.5 Häätäpuhelujärjestelmä (eCall)

Hätäpuhelujärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, joka onnettomuustapauksessa, esimerkiksi kolarissa, soittaa automaattisesti hätäpuhelun kansainväliseen hätänumeroon (Koeajolle, 2021). Suurin apu järjestelmästä on juuri silloin, kun kuljettaja tai matkustajat eivät itse kykene soittamaan apua esimerkiksi tajunnan menetyksen vuoksi.

Kun ajoneuvon turvalaite on lauennut, hätäpuhelu käynnistyy automaattisesti (Liikenneturvallisuus, 2019). Hätäpuhelun yhteydessä järjestelmä lähettää ajoneuvosta tietopaketin, joka sisältää auton tyyppitiedot ja sen sijainnin. Hätäpuhelua ei välttämättä soiteta suoraan hätäkeskukseen, vaan aluksi se voidaan yhdistää ulkomaiseen palvelukeskukseen, josta ollaan tarvittaessa yhteydessä paikalliseen hätäkeskukseen. Tämä toimintamalli on esimerkiksi BMW:llä.

Rudhartin (2019, s. 25) mukaan järjestelmän toiminta perustuu eCall-ohjausyksikköön, erilliseen antenniin, GSM- tai Galileo-moduuliin. Näiden lisäksi järjestelmään tarvitaan myös oma SIM-kortti. Jokaisessa uudessa tyyppihyväksytyssä henkilöautossa ja kevyessä hyötyajoneuvossa (ajoneuvoluokat M1 ja N1) oli oltava hätäpuhelujärjestelmä 1.4.2018 alkaen (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2015/758). Vuonna 2022 järjestelmä on tulossa pakolliseksi kaikkiin moottoriajoneuvoihin (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2019/2144).

## 2.6 Kaista-avustin (LKA)

Kaista-avustimen (LKA: Lane Keeping Aid) tehtävänä on pitää ajoneuvo omalla kaistallaan (Koeajolle, 2021). Toiminta perustuu tiemerkinntöjen tunnistamiseen, josta järjestelmä tunnistaa, onko auto omalla kaistallaan vai lipumassa pois omalta kaistaltaan. Yleisimpiä onnettomuuksiin johtavia syitä onkin omalta kaistalta poistuminen. Jos kuljettajan keskittymisen herpaantuu edes hieman, seurauksena voi olla vakava onnettomuus (Rudhart, 2019). Kun järjestelmä huomaa, ettei auto kulje optimaalisinta kohtaa omaa kaistaansa vaan alkaa uhkaavasti olemaan toisella kaistalla, ilmoittaa se vaaratilanteesta akustisella, visuaalisella tai haptisella signaalilla. Haptisella signaalilla tarkoitetaan tässä tapauksessa rattiin kohdistuvaa värähtelyä. Jos vaaratilanteen ilmoittamisesta huolimatta ajoneuvo jatkaa

kulkuaan pois omalta kaistaltaan, voi järjestelmä tehdä kevyen ohjausliikkeen pysyäkseen kaistallaan.

## 2.7 Kaistanvaihtoavustin / kuolleen kulman varoitin

Kaistanvaihtoavustimella tai kuolleen kulman varoittimella (BLIS: Blind Spot Information System) tarkoitetaan järjestelmää, joka varoittaa ajoneuvosta, joka sijaitsee niin sanotussa kuolleessa kulmassa (Rudhart, 2019, s. 14). Kuolleella kulmalla tarkoitetaan tässä tapauksessa auton takakulmaan jäävää aluetta, minne kuljettajan on haastava nähdä (kuva 4). Kun järjestelmä havaitsee ajoneuvon esimerkiksi ohittavan takaa ja havaitsee sen siirtyvän auton takakulmaan sivulle kuolleeseen kulmaan, varoittaa järjestelmä kuljettajaa optisella varoituksella taustapeilissä (kuva 4). Jos tästä huolimatta kuljettaja laittaa vilkun päälle ja alkaa vaihtamaan kaistaa, antaa järjestelmä varoitusaänen ja/tai ravistaa ohjauspyörää mahdollisesta vaaratilanteesta (mt.).



Kuva 4. Kuolleen kulman tunnistin (Suzuki, i.a.).

## 2.8 Kuljettajan vireystilan tarkkailu

Kuljettajan vireystilan tarkkailulla (DAW: Driver Attention Warning) tarkoitetaan järjestelmää, jonka tehtävänä on tarkkailla kuljettajan vireystilaa (Koeajolle, 2021). Kuljettajan vireystilaa ja mahdollisia uupumisen tai väsymyksen merkkejä tarkkaillaan

ajokäyttäytymisestä ja mahdollisista poikkeavista tilanteista liikenteessä. Kun järjestelmä havaitsee poikkeavaa ajokäytöstä, ilmoittaa se tästä visuaalisesti tai akustisesti yleensä ajoneuvon mittaristoon. Järjestelmä myös suosittelee kuljettajalle taukoa, jotta vireystila pysyisi vaadittavalla tasolla. Järjestelmän toiminta perustuu kaistamerkintöjen tunnistukseen, ohjauskulman tunnistukseen ja ohjauspyörän vääntömomentin tunnistukseen (mt.).

## 2.9 Liikennemerkkiavustin (RSI) ja nopeusrajoitusavustin

Liikennemerkkiavustimella (RSI: Road Sign Information) tarkoitetaan apujärjestelmää, joka kertoo kuljettajalle viimeisimmät ohitetut liikennemerkit (Koeajolle, 2021). Useimmat RSI-järjestelmät lukevat liikennemerkit ajoneuvossa olevan kameran avulla ja informoivat siitä kuljettajalle mittaristoon. Tämä toimintamalli on monesti parempi siinä mielessä, että saadaan varmasti oikea nopeusrajoituslukema, toisinkuin esimerkiksi navigaattorin kautta, jolloin nopeusrajoituslukemat eivät välttämättä ole päivittyneet oikeiksi.

Liikennemerkkitunnistus ei ole ainoastaan nopeusrajoituksia varten, vaan se tunnistaa myös muut merkitykselliset liikennemerkit (Rudhart, 2019, s. 16). Mukaan voidaan lukea opaste-, rajoitus-, nopeusmerkit ja ohituskiellon merkit. RSI-järjestelmä voi myös toimia osana vakionopeudensäädintä, jolloin järjestelmä osaa itse säätää sopivan ajonopeuden rajoitusten puitteissa.

## 2.10 Pimeänäköavustin

Pimeänäköavustimella (Night Vision) tarkoitetaan järjestelmää, joka auttaa havaitsemaan pimeydessä olevat hahmot, esimerkiksi ihmiset ja eläimet (Rudhart, 2019, s. 16). Järjestelmän toiminta perustuu infrapunakameraan, joka tunnistaa lämpösäteilyn avulla pimeydessä olevat kohteet ja varoittaa niistä kuljettajalle optisesti ja akustisesti. Joissakin ajoneuvoissa on mahdollista saada lisävarusteena HUD-näyttö, johon ilmoitetaan mahdollisesta havaitusta hahmosta. Pimeänäköavustin voidaan myös yhdistää aikaisemmin mainittuihin adaptiivisiin ajovaloihin ja automaattiseen hätäjarrujärjestelmään. Tässä tapauksessa ajovaloja suunnataan henkilöihin valopulsseilla, joka löytyy esimerkiksi Audin LED Matrix ajovaloista (Audi, i.a.). Jos kuljettaja ei huomaa ja ei reagoi kohteeseen, voi



järjestelmä tehdä automaattisen hätäjarrituksen välttääkseen onnettomuuden (Rudhart, 2019, s. 16).

### **3 ADAS-JÄRJESTELMIEN VAIKUTUS LIKENNETURVALLISUUTEEN**

Liikenteessä esiintyy paljon erilaisia tilanteita ja häiriötekijöitä, joissa kuljettajan tarkkaavaisuus heikkenee. ADAS-järjestelmien tehtävänä on helpottaa kuljettajan havainnointia, estää vaaratilanteita ja vähentää tulevasta vaaratilanteesta mahdollisia seurauksia. ADAS-järjestelmien kehittyessä ja yleistyessä ja myös autokannan uudistuessa, on uskottavaa, että liikenteessä tapahtuvat onnettomuudet vähenevät merkittävästi.

#### **3.1 ADAS-järjestelmien ja kalibrointien vaikutus liikenneturvallisuuteen**

Uuden turvallisuusasetuksen 2019/2144 myötä uusiin ajoneuvoihin tulisi pakolliseksi seuraavat kehittyneet ajoneuvojärjestelmät ja varusteet: älykäs nopeusavustin, alkolukon asennuksen helpottaminen, kuljettajan väsymyksen ja tarkkaavaisuuden tunnistin, kehittynyt kuljettajan tarkkaamattomuuden varoitusjärjestelmä, hätäjarrutuksen merkkivalo, peruutustutka ja onnettomuustietotallennin (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2019/2144).

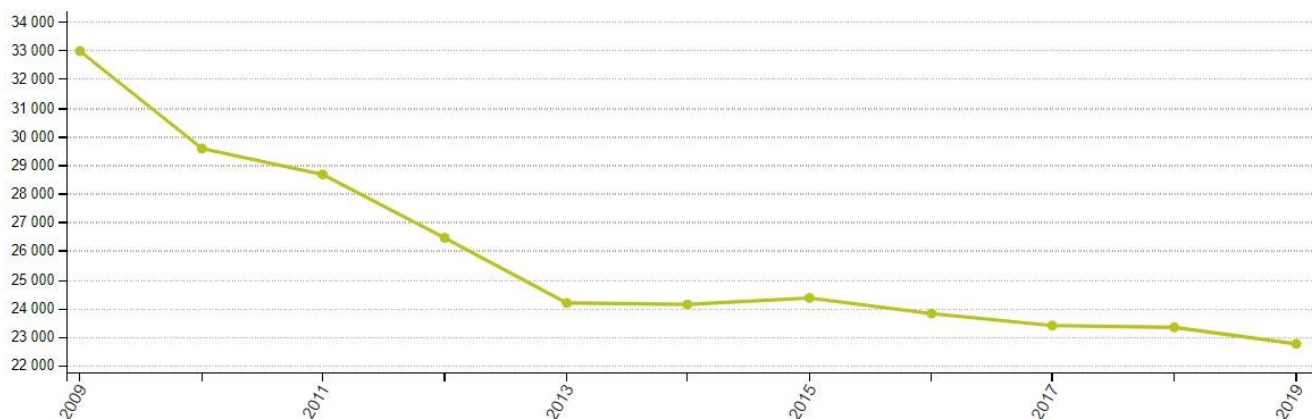
Kalibroinnilla on myös vaikutusta liikenneturvallisuuteen. Oikealla kalibrointilaitteistolla ja kalibrointimenetelmillä saadaan aikaan onnistunut kalibrointi, ja mahdollistetaan ADAS-järjestelmän täydellinen toiminta (Rudhart, 2019 s. 27). Puutteellinen ja väärin tehty kalibrointi johtaa järjestelmän vääränlaiseen toimintaan, tai siihen ettei, järjestelmä toimi ollenkaan. Pahimmassa tapauksessa järjestelmän vääränlainen toiminta voi johtaa pienistä parkkipaikkakolhuista suurempiin onnettomuuksiin.

ADAS-järjestelmien heikkona ominaisuutena on sen riippuvaisuus sääolosuhteista (Automotiveworld, 2021). Järjestelmät saattavat kytkeytyä pois haastavissa sääolosuhteissa, kuten esimerkiksi talvella lumisella tieosuudella, jossa tutkiin ja kameroihin kertyy lunta ja jäätä. Näissä tilanteissa yleensä ADAS-järjestelmistä olisi kaikista suurin apu, kun näkyvyys on heikko, ja kuljettajan keskittyminen painottuu lähinnä tiellä pysymiseen.

### 3.2 Tilastoja liikenneonnettomuuksista

Tällä hetkellä ei ole täysin tarkkaa tietoa saatavilla, kuinka paljon juuri ADAS-järjestelmät ovat vaikuttaneet liikenneturvallisuuteen tai ovat vähentäneet liikennekuolemia Euroopassa. Eurostatin (2019) mukaan liikennekuolemat ovat kuitenkin vähentyneet merkittävästi viimeisen vuosikymmen aikana ja tähän suuri tekijä on ollut ajoneuvotekniikan kehittyminen ja ADAS-järjestelmien lisääntyminen. Liikennekuolemat vuosina 2009–2019 näkyvät kuvassa 5. Viime vuosien tilastoihin on vaikuttanut myös koronaviruspandemia 2019, joka näkyy myös vähentyneenä liikkumisena liikenteessä (mt.). ADAS-järjestelmillä on potentiaalia ehkäistä jopa 62 % kaikista liikennekuolemista (Injury Facts, 2019).

Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen mukaan eniten kolarien vähenemiseen ovat vaikuttaneet automaattinen hätäjarrujärjestelmä (AEB) ja peruutustutka automaattisella jarrutustoiminnolla (The Insurance Institute for Highway Safety, 2020). AEB on vähentänyt noin 50 % peräänajoja ja 56 % peräänajoja, joihin on liittynyt loukkaantumisia. Peruutustutka, jossa on automaattinen jarrutustoiminto, on vähentänyt jopa 78 % peruuttamisessa tapahtuvista kolareista (mt.).



Kuva 5. Liikennekuolemat Euroopassa vuosina 2009–2019 (Eurostat, 2019).

## 4 TUNNISTIMET

ADAS-järjestelmien toiminnan perustana ovat lukuisat erilaiset tunnistimet (Rudhart, 2019, s. 18). ADAS-järjestelmä voi toimia itsessään yhden tunnistimen avulla tai myös useamman, jolloin tarkkuutta saadaan lisättyä huomattavasti. Tunnistimet voidaan jakaa ultraääni-, tutka ja lasertunnistimiin, sekä optisiin tunnistimiin. ADAS-järjestelmät ja tunnistimet on luokiteltu taulukkoon 1. Seuraavissa alaluvuissa kerrotaan tunnistimien toiminnasta (mt.).

### 4.1 Ultraäänitunnistimet

Ultraäänitunnistimia käytetään yleensä ajoneuvojen puskureissa etäisyyden tunnistimina esimerkiksi pysäköintitutkan apuna (Rudhart, 2019, s. 19). Ultraäänitunnistimet ovat fyysiseltä kooltaan pienehköjä, helposti sijoiteltavissa ja kestävät hyvin vettä ja säänvaihteluja. Tunnistin voidaan myös maalata esimerkiksi puskurin kanssa samaan väriin, ilman että se vaikuttaisi tunnistimen toimintaan. Ultraäänitunnistimet ovat ADAS-järjestelmissä käytettävistä tunnistimista yleensä kaikista edullisimpia (mt.).

Ultraäänitunnistimen toiminta perustuu ultraäänikaikuun (Rudhart, 2019, s. 19). Tunnistin lähettää korkeataajuisia ääniaaltoja, jotka heijastuvat takaisin esineistä tai esimerkiksi peruuttaessa lähestyvistä seinästä. Kaiku vastaanotetaan takaisin ja tunnistimen mikrofoniosa määrittelee sen. Lähtevän ja tulevan signaalien ajallisen siirtymän seurauksena etäisyys pystytään havainnoimaan. Ultraäänitunnistimet toimivat ainoastaan lähietäisyyksillä, enimmillään noin 7 metrin etäisyydelle (mt.).

### 4.2 Tutkat

Yleisin etäisyyksien mittaamiseen käytettävä teknologia on tutkatunnistustekniikka (RADAR; Radio Detection and Ranging) (Rudhart, 2019, s. 20). Tutkien toiminta perustuu lähettimen säteilemään sähkömagneettisiin aaltoihin, jotka heijastuvat takaisin kohteeseen kohdistamisen jälkeen. Vastaanotettavat heijastuneet signaalit arvioidaan vastaanottimella samalla tavalla kuin ultraäänitunnistimessa, eli lähtevän ja tulevan signaalin aikaerolla pystytään määrittämään etäisyys kohteeseen. Ajoneuvoissa käytetään yleensä lyhyen,

keskipitkän ja pitkän kantaman ESR-tutkia, jotka monitoroivat ajoneuvon ympäristöä. Lyhyen kantaman tutkia käytetään yleensä auton ympäristön havaitsemiseen ja apuna esimerkiksi kuolleen kulman tunnistimessa. Pitkän kantaman tutkia käytetään muun muassa adaptiivisen vakionopeuden säätimen (ACC) yhteydessä tai yhdessä vastaavien kamerajärjestelmien kanssa. Tutkat ovat sijoitettuina henkilöautoihin yleensä puskureihin tai säleikköihin.

### 4.3 Laser-tunnistimet (Lidar)

Lidar (Light Detection and Ranging) on tunnistimessa käytetty tekniikka, joka toimii näkyvän valon aallonpituuksilla tai ultravioletti- tai infrapunasäteilyalueella (Rudhart, 2019, s. 21). Samalla tavalla kuin tutkissa tapahtuu takaisin heijastuksia, myös lidar-tunnistimissa lähetetyt laserimpulssit heijastuvat kohteista takaisin. Näitä takaisin heijastuneita valoimpulsseja käytetään myös pitempien etäisyyksien laskemiseen. Lidar-tunnistimien käyttö muiden tunnistimien kanssa luo tarkan ympäristön havainnoimisen ja yleensä tunnistimen toimintasäde riittää noin 150 metriin asti. Tunnistin on yleensä asetettu sellaiseen paikkaan, ettei se ole altis likaantumiselle, esimerkiksi tuulilasin taakse taustapeilin kohdille. Lidar-tunnistimen huonoja puolia ovat sen heikko toiminta huonoissa sääolosuhteissa esimerkiksi sumussa. Tunnistimen puhtaanapitoon on kehitelty ratkaisu Valeon toimesta, sillä esimerkiksi Lidar-tunnistinta varten on luotu oma puhdistusjärjestelmä ”EverView”. Puhdistusjärjestelmän lisäksi on olemassa myös sulatustoiminto estämään mahdollista jään tai lumen kertymistä tunnistimen eteen.

### 4.4 Optiset tunnistimet

ADAS-järjestelmissä käytettävät optiset tunnistimet eli kamerajärjestelmät perustuvat joko mono- tai stereokameraan (Rudhart, 2019, s. 22). Näistä edullisempia ovat monokamerat, jotka mahdollistavat esimerkiksi liikennemerkkiavustuksen, kaista-avustimen tai törmäysvaroittimen toiminnan. Stereokamera taas kykenee tarkkaan kolmiulotteiseen kuvaan ja kuvan käsittelyyn sen korkearesoluutioisen kamerayksikön ja infrapunakameran ansiosta. Stereokameralla on mahdollista havaita ajoradan merkintöjä ja muita ajoneuvoja. Infrapunakameran ansiosta se pystyy havainnoimaan ihmiset tai esimerkiksi tien yli pyrkivän eläimen. Kehittyneet stereokamerat pystyvät toimimaan vaikeammassakin olosuhteissa kuten

pimeällä tai sumussa. Stereokameran avulla voidaan toteuttaa monia mukavuuteen ja turvallisuuteen liittyviä toimintoja. Kameran ovat yleensä sijoitettu tuulilasin ylälaitaan Lidar,- valo,- ja sadetunnistimen kanssa samaan kokonaisuuteen (mt.).

Ultraäänitunnistin	Tutkayksikkö	Laser-tunnistin (Lidar)	Optinen tunnistin (mono, stereo ja infrapuna)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pysäköintitutka</li> <li>• Pysäköintiavustin</li> <li>• Ruuhka-avustin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptiivinen vakionopeudensäädin (ACC)</li> <li>• Häätäjarruavustin</li> <li>• Kuolleen kulman tunnistus</li> <li>• Kaistanvaihtoavustin</li> <li>• Pysäköintiavustin</li> <li>• Väistöavustin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptiivinen vakionopeudensäädin (ACC)</li> <li>• Törmäysvaroitin (edessä)</li> <li>• Ruuhka-avustin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptiivinen vakionopeudensäädin (ACC)</li> <li>• Mukautuvat ajovalot</li> <li>• Kaista-avustin</li> <li>• Liikennemerkkiavustin (RSI)</li> <li>• Pimeänäköavustin</li> <li>• Kuolleen kulman varoitin</li> </ul>

Taulukko 1. Tunnistimet ja ADAS-järjestelmät.

## 5 ADAS-KALIBROINNIT

ADAS-järjestelmien kalibrointi on välttämätön toimenpide, koska sillä varmistetaan ADAS-järjestelmän oikeanlainen toiminta (Rudhart, 2019, s. 27–28). ADAS-järjestelmän vääränlainen kalibrointi tai sen kokonaan pois jättäminen saattaa olla jopa vaarallinen puutteellisen toimintansa takia. ADAS-kalibroinnit voidaan jakaa kahteen eri ryhmään, jotka ovat staattinen kalibrointi ja dynaaminen kalibrointi. Suurin osa henkilöautojen ADAS-kalibroinneista tapahtuu staattisella kalibroitimenetelmällä (mt.). Rudhartin (2019, s. 27) mukaan ADAS-järjestelmät tulee kalibroida seuraavissa tilanteissa:

1. Jos tunnistin on irrotettu ja asennettu uudelleen.
2. Tuulilasi on vaihdettu.
3. Koria/runkoa on oikaistu.
4. Alustan muutostyöt, jossa ajoneuvon korkeus on muuttunut.
5. Tunnistimen asennon muuttuessa.
6. Jos tunnistimen ohjainlaite ilmoittaa mittatoleranssien ylittyneen.

### 5.1 ADAS-kalibrointien vaikutukset korjaamoihin

ADAS-järjestelmien kehittymisen ja lisääntymisen myötä vaatimukset ajoneuvojen korjaamisen suhteen kasvavat (Rudhart, 2019, s. 26). Korjaamoiden on panostettava yhä enemmän ajoneuvojen uuden tekniikan vianhakuun, korjaamiseen ja kalibrointiin hankkimalla siihen kuuluvaa kalustoa. ADAS-kalibrointi vaatii omanlaisensa työympäristön, joka mahdollistaa onnistuneen kalibroinnin. Useimmilla pienemmillä korjaamoilla voi olla vaikeuksia löytää jo valmiiksi kompaktista työympäristöstä vaadittavaa tilaa laitteistolle. Uuden korjaamon perustajan kannattaakin huomioida mahdollinen ADAS-kalibrointipiste työtiloja suunnitellessa. Myös korjaamohenkilökunnan osaamisen merkitys korostuu ajoneuvojen ADAS-järjestelmien kehittymisen myötä. Jotta kalibroinnit saadaan tehtyä tehokkaasti ja onnistuneesti, täytyy korjaamon henkilökuntaa perehdyttää ja kouluttaa aiheeseen. Tämä tuo myös omat lisäkustannuksensa. Mekaanikon on ymmärrettävä ADAS-järjestelmien toimintaa, kuinka niitä kalibroidaan ja missä tilanteissa järjestelmä vaatii kalibroinnin (mt.).

## 5.2 Kalibrointi terminä

Kalibroinnilla tarkoitetaan kahden näyttämän vertailua keskenään, esimerkiksi mittalaitteen antaman lukeman vertailua tarkempaan mitta-arvoon kuten mittanormaaliin (Finnish Accreditation Service, 17.2.2016). Näistä vertailuarvoista saadaan tulokseksi mittalaitteen virhe. Virhelukema voidaan säätää kohdalleen eli kalibroida (mt.).

## 5.3 Dynaaminen kalibrointi

Dynaamisella kalibroinnilla tarkoitetaan kalibrointia, joka tapahtuu ajon aikana (Rudhart, 2019, s. 35). Dynaamisen kalibroinnin etuna on, ettei se tarvitse kalibrointia varten suuria määriä erillisiä kalibrointityökaluja, vaan se tehdään yleensä diagnostiikkatesteriä apuna käyttäen. Oikeanlainen diagnostiikkatesteri kertoo kalibroijalle kalibroinnin vaatimukset ja toiminnalliset ohjeet onnistuneeseen kalibrointiin. Tällä toimintamallilla varmistetaan, että ajoneuvossa toimivat esimerkiksi kaistanpitoavustin, liikennemerkkien tunnistus ja kaukvaloassistentti oikealla tavalla, eikä se aiheuta vääränlaisella toiminnallaan vaaratilanteita. Haittapuolina dynaamisessa kalibroinnissa on sen riippuvuus sääolosuhteista. Esimerkiksi kaistanpitoavustimen kalibrointia ei voida suorittaa, jos kamera ei tunnista tiessä olevia kaistaviivoja lumisen tien takia. Tästä saattaa koitua myös ylimääräistä päänvaivaa korjaamoille (mt.).

## 5.4 Staattinen kalibrointi

Staattisella kalibroinnilla tarkoitetaan kalibrointia, joka suoritetaan korjaamolla sille tarkoitetuilla kalibrointityökaluilla ja optimaalisella ympäristöllä (Rudhart, 2019, s. 28). Staattinen kalibrointi vaatii auton merkistä ja mallista riippuen muun muassa merkkikohtaiset kohdenustaulut, heijastimet ja muut kalibrointitarvikkeet ja diagnostiikkatesterit onnistuneeseen kalibrointiin. Suurin osa ADAS-kalibroinneista suoritetaan staattisella menetelmällä (mt.).

Staattinen kalibrointi aloitetaan yleensä tekemällä vaadittavat esivalmistelut kalibrointia varten, nämä toimenpiteet riippuvat kalibroitavasta järjestelmästä (Rudhart, 2019, s. 29). Esivalmisteluita kalibrointia varten ovat esimerkiksi rengaspaineiden mittaaminen, ohjainlaitteiden vikakoodien tarkastus. Pitkän kantaman tutkien kalibrointiin vaikuttaa suuresti



geometrisen ajoakselin poikkeama ajoneuvon symmetria-akselista, jonka täytyy olla valmistajan asettaman toleranssin sisällä. Jos tämä kriteeri ei toteudu, on autoon tehtävä nelipyöräsuuntaus valmistajan ohjearvoihin ennen kalibrointia (mt.).

Esimerkkinä etukameran staattinen kalibrointi Hella Gutmann solutionsin CSC-työkalusarjalla. Kalibrointi aloitetaan yhdistämällä diagnostiikkalaite ajoneuvon OBD-pistokkeeseen (Rudhart, 2019, s. 30). Diagnostiikkaohjelmistosta valitaan järjestelmä, joka halutaan kalibroida, jonka jälkeen ohjelmisto ilmoittaa vaadittavat edellytykset. Edellytyksien täytyttyä mekaanikko asettaa kalibrointilaitteiston merkkikohtaisen kalibrointitaulun kanssa oikealle etäisyydelle auton etupuolelle. Tämän jälkeen kalibrointitaulu kohdennetaan auton keskelle 90 asteen kulmaan geometrisen ajoakseliin verrattuna, johon vaaditaan takapyöriin kiinnitettävät lasermittayksiköt. Lasermittayksiköiden avulla saadaan säädettyä laitteisto suoraan ajoneuvon suhteen. Jotta laitteisto saadaan asetettua 90 asteen kulmaan geometriseen ajoakseliin verrattuna, täytyy lasersäteet suunnata laitteiston peileihin, josta ne johdetaan takaisin lasermittayksiköiden asteikoille. Laitteisto saadaan säädettyä kiertämällä aksiaalisesti siten, että samat arvot saadaan oikealla ja vasemmalla asteikolla. Tämän jälkeen ajoneuvo on suunnattu oikein myös geometrisen ajoakselin kanssa. Viimeisenä mekaanikko säätää laitteiston pysty- ja vaakasuunnassa laitteistossa olevien vesi-vaakojen avulla. Tämän jälkeen kalibrointiprosessi voidaan suorittaa diagnostiikkaohjelmiston avulla (mt.).

## 5.5 Kalibrointityökalut

ADAS-Kalibrointityökaluja on saatavilla usealta eri valmistajalta erilaisiin kalibrointeihin. Jokaisessa kalibrointilaitteessa toimintatapa on hyvin samankaltainen mutta ohjelmistopohjat ovat erilaisia. Osa laitteista voidaan yhdistää korjaamolla jo valmiina oleviin testereihin tai pyöränsuuntauslaitteisiin. Kalibrointityökalujen tarkempaa hinnoittelua ei tähän ole ilmoitettu, koska ne vaihtelevat paljon, johtuen eri valmistajasta, lisävarustemahdollisuuksista ja päivityksistä. Hintaluokka on karkeasti 5000 ja 30000 euron väliltä. Seuraavissa alaluissa on listattuna korjaamoille saatavia erilaisia kalibrointityökaluja.

### 5.5.1 Autocom ADAS cars kalibrintisarja

Autocomilta on saatavilla kalibrintisarja yleiseen ADAS-kalibrointiin (kuva 6), jota voidaan käyttää yhdessä Autocom CDP+ järjestelmätesterin kanssa (Suomen Työkalu Oy. i.a.). Autocomin kalibrintisarja mahdollistaa staattisen kalibroinnin seuraaville automerkeille: VAG, Renault, FCA, Nissan, Mercedes, PSA, Mazda typ 1 ja Alfa. Kalibrintisarja pitää sisällään säädettävän taulutelineen, laserkohdistustaulut, laserkohdistimen, vannekiinnikkeet, varustesalkun. Kalibrintisarjaan on saatavilla myös erikseen tilattavia lisävarusteita kuten Autocom CDP+ järjestelmätesteri 12kk ohjelmistoinen ja merkkikohtaiset kalibrointitaulut (mt.).



Kuva 6. Autocom ADAS Cars kalibrintisarja (Suomen Työkalu Oy, i.a.).

### 5.5.2 Texa ADAS kalibrintisarja

Texa ADAS kalibrintisarja (kuva 7), sisältää tarvittavat laitteistot ja työkalut tutkien ja kamerajärjestelmien kalibrointiin (Suomen Työkalu Oy. i.a.). Kalibrintisarja sisältää merkki- ja mallikohtaiset kalibrointitaulut, taulutelineen, obd-pistokkeeseen kytkettävän testilaitteen ja täydellisen ohjelmiston autokohtaisineen ohjeineen. Käytettävä ohjelmisto on suomenkielinen, joka pitää sisällään myös diagnostiikkaohjelmiston, jota voidaan käyttää esimerkiksi korjaamon toisena diagnostiikkatesterinä. Texan ohjelmisto toimii rajattomasti, eikä siihen ole pakollista hankkia päivityslisenssejä. Päivityslisenssejä on kumminkin saatavilla vuoden mittaisina jaksoina. Lisävarusteena kalibrintisarjaan on saatavilla Hondan

etukamerataulut tyyppi 1 ja 2, Nissanin etukamerataulut, Toyotan etukamerataulut tyyppi 1 ja 2, Mazdan etukamerataulut ja Alfa-Romeon etukamerataulu (mt.).



Kuva 7. Texa ADAS kalibrointisarja, (Suomen Työkalu Oy, i.a.).

### 5.5.3 Launch X431 ADAS

Launch X431 ADAS kalibrointisarja (kuva 8), on yhteensopiva X431 sarjan laitteiden kanssa, joihin kuuluvat X431 Euro TAB, x431 PAD II ja X431 Euro Pro 4 (Elekma, i.a.). Järjestelmä tukee lähes kaikkien merkkien ja mallien ADAS-antureiden ja -kameroiden kalibrointia. Perustason START-paketti sisältää Volkswagenin, Audin, Skodan ja Seatin kohdistustaulut. Lisävarusteena on saatavilla kohdistustaulut muun muassa seuraaviin merkkeihin: Mazda, Nissan, Mercedes, Alfa Romeo, Honda, Toyota, Hyundai, Kia, Fiat ja Jeep (mt.).



Kuva 8. X431 ADAS kalibrintilaite, (Elekma, i.a.).

#### 5.5.4 Bosch DAS 1000 3D

Bosch DAS 1000 3D (kuva 9) poikkeaa muista kalibrointityökaluista siten, että se vaatii toimiakseen Bosch FWA4630, FWA4630Plus tai FWA4650 -pyöränsuuntauslaitteiston ja ESI[tronic] 2.0 ohjelmiston (Bosch Automotive Aftermarket Suomi, i.a.). Kalibroitisarja yhdistetään korjaamolla olevaan FWA-4630, FWA4630Plus tai FWA4650 pyöränsuuntauslaitteistoon, joten erillistä kalibrointipistettä ei tarvita. Laitteistolla onnistuu Adaptiivisen vakionopeudensäätimen (ACC), kaistavahdin ja etukameran säätö ja huolto. Kalibroitisarja sisältää Pylvään lineaarisella yksiköllä ja säätöpalkilla, ACC-lasermoduulin, ACC-heijastuspeilin, kohdetaulun etukameran säätöön, siirrettävän jalustan kannatuspylvään kiinnitystä varten, työkalu tutkien säätöön, 3D-kohdetaulut säätöpalkin kohdistamiseen, ohjelmistopakettin FWA 46x0+ ja BAT 430 -suurtaajuusakkulaturin (mt.).



Kuva 9. Bosch DAS 1000, (Bosch Aftermarket in the United Kingdom, i.a.-a).

#### 5.5.5 Bosch DAS 3000 s20

Bosch DAS 3000 S20 (kuva 10) mahdollistaa etututkan ja kameran tarkan kalibroinnin (Bosch Automotive Aftermarket Suomi, i.a.). Järjestelmä toimii yhdessä ESI[tronic] 2.0 On-line -diagnostiikkaohjelmiston kanssa. Sarja sisältää kalibrointilaitteen, XL-monitoimitaulun VW-kuviolla ja tutkaheijastimella, Etäisyysmittausavustimen, ”Ajoakseli” kameran sarjan, Yleiskiinnikkeet kohdetauluille (sarja) ja ohjelmistopakettin ADAS-aseointiin. Yleiskiinnike integroidulla korkeuspoikkeaman ja kallistuskulman säädöllä mahdollistaa kalibroinnit myös lattian yläpuolisilla nostimilla (mt.).



Kuva 10. Bosch DAS 3000 S20 (Bosch Automotive Aftermarket Suomi, i.a.-b).

## **6 KALIBROINTIPISTEEN JA KALIBROINTILAITTEISTON SUUNNITTELU**

Sami Akkala Oy:n korjaamolle on tarkoituksena hankkia kuluvan vuoden 2022 aikana ADAS-järjestelmien kalibrointilaitte. Kalibrointipisteen ja laitteiston suunnittelulla oli tarkoituksena antaa erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja ADAS-kalibrointien laitteistolle ja sijainnille korjaamon tiloissa. Suunnittelussa pyrittiin tuomaan esiin vain sellaiset ratkaisut, jotka voivat mahdollistaa ADAS-kalibroinnit helposti ja mahdollisimman tehokkaasti haittaamatta muuta työskentelyä. Suunnittelussa pyrittiin myös huomioimaan korjaamolla jo valmiina oleva kalusto ja niiden yhdistettävyyden ADAS-kalibrointiin. Kalibrointipisteestä tehtiin myös pieni 3D-mallinnus, joka toteutettiin Sketch Up -ohjelmalla. Mallinnuksen avulla pystytään hahmottamaan, miten paljon kalibrointityökalut veisivät tilaa korjaamolla kalibrointivaiheessa. Tämän työn tekoa helpotti aikaisempi työskentely kyseisellä korjaamolla, sillä sen avulla pystyi myös arvioimaan, mitkä voisivat olla järkeviä ratkaisuja ADAS-laitteiston ja sijainnin suhteen. Tässä luvussa käydään läpi korjaamon tilat, kalibrointipisteen vaatimukset sekä mahdolliset kalibrointipisteet kalibrointilaitteistoineen.

### **6.1 Korjaamon tilat**

Akkalan korjaamolla on suuret työtilat ja useampi autonostin, jotka mahdollistavat kaikenlaiset korjaustyöt niin henkilöautoihin kuin myös suurempiin pakettiautoihin. Korjaamon työtilat koostuvat kahdesta hallikokonaisuudesta, joista uudemmalle tulee sijoittumaan tuleva ADAS-kalibrointipiste. Uudemman hallin työtilat näkyvät kuvassa 11. Useista nostureista ja mahdollisimman suuresta tilan hyötykäytöstä huolimatta, korjaamon nykyiset tilat mahdollistavat 3 eri vaihtoehtoa kalibrointipisteelle.



Kuva 11. Korjaamon tilat.

## 6.2 Kalibrointipisteen ja laitteiston vaatimukset

Kalibrointipisteen vaatimukset riippuvat valittavasta kalibrointilaitteistosta. Vapaalle lattiialle tarkoitettu ADAS-kalibrointilaitteisto vaatii yleensä auton eteen ja taakse vähintään noin 2 metriä tilaa ja sivuille noin 1–1,5 metriä. Riippuen ADAS-järjestelmän kalibroinnista, voidaan kalibrointi suorittaa pienemmässäkin tilassa. kalibrointipisteen lattiason on oltava tasainen. Minimaaliset lattian korkeuserot eivät haittaa, mutta suuremmat kallistumat ja korkeuserot lattiassa saattavat muuttaa ajoneuvon asentoa ja myös senhetkisiä pyöräkulmia, joka vaikuttaa kalibrointityöhön.

Kalibrointipisteessä on myös huomioitava sen vaikutus muihin töihin ja toisinpäin. Esimerkiksi tulityöt tai muut korjaustyöt, josta voi syntyä vauriota kalibrointilaitteille, pitää huomioida. Jos ADAS-kalibroinnit ovat jokapäiväisiä tai niitä tehdään usein, kannattaa kalibroinneille valmistella oma pysyvä paikkansa tai rajata se selkeästi työtilaan. Rajaus voidaan tehdä esimerkiksi teippaamalla tai maalaamalla lattiaan alue, jonka on oltava vapaana. Tämä mahdollistaa aina nopean kalibroinnin, eikä aika kulu tavaroiden siirtelyyn.



### 6.3 Kalibrointipiste nelipilarinostimen yhteyteen

Ensimmäinen kalibrointipiste sijoittuu pyöränsuuntauslaitteiston yhteyteen nelipilarinostimelle (kuva 12). Tässä ratkaisumallissa Voidaan yhdistää korjaamalla jo oleva pyöränsuuntauslaitteisto Bosch FWA4630 aikaisemmin mainittuun Bosch DAS 1000 3D ADAS-kalibrointilaitteistoon. Bosch DAS 1000 käyttää suuntauslaitteiston mittapäitä (kuva 13) ja peilejä, joten erillisiä kalibrointityökalun omia peilejä ja rengaskiinnikkeitä ei tarvita, mikä nopeuttaa huomattavasti koko kalibrointiprosessia. Tässä ratkaisumallissa myös ADAS-kalibrointiin vaadittava tila on hyvin minimaalinen. Ainoa asia, joka vaatii ylimääräistä tilaa, on ajoneuvon etupuolelle tulevat kohdetaulut kannatuspylväineen. Tietysti erilaiset lisävarusteet vaativat oman säilytystilansa.

Tässä ratkaisumallissa kalibrointi on nopeaa suorittaa heti pyöränsuuntauksen jälkeen. ADAS-kalibroinnissa onkin tärkeää, että ajoneuvon pyöränkulmat ja geometrinen ajoakseli ovat valmistajan ilmoittamissa toleransseissa. Tunnistintyyppistä riippuen, kantomatka voi olla satoja metrejä, ja jos esimerkiksi tutka on siirtynyt sivuun geometrisen ajoakselin suhteen, voi järjestelmä lakata toimimasta tai näyttää virheellistä tietoa.

Huonoja puolia tässä kalibrointilaitteessa ovat sen rajattu käytettävyys verrattuna muihin ADAS-kalibrointilaitteisiin. Bosch DAS 1000 3D mahdollistaa ainoastaan ACC:n, kaistavahdin ja etukameran huollon ja säädön. Tämä voisi periaatteessa riittää korjaamon käyttöön, mutta tulevaisuutta ajatellen ja ADAS-järjestelmien lisääntyessä, voi järjestelmän toiminnot jäädä varsin puutteellisiksi. Myös suuntauslaitteiston päivitys uuteen, pakottaisi hankkimaan uuden ADAS-kalibrointilaitteiston. Vaikka nelipilarinostimella tehtäisiin toisenlaisella kalibrointityökalulla kalibrointeja, ei se olisi mahdollista nelipilarinostimen rakenteen vuoksi. Nostimen pilarit ovat edessä, eikä ajoneuvo ole maan tasalla. Myös erilaisten kalibrointimattojen tai -taulujen asettelu auton ympärille on mahdotonta ajosiltojen ja korkeuserojen takia.



Kuva 12. Korjaamon nelipilarinostin ja suuntauslaitteisto.



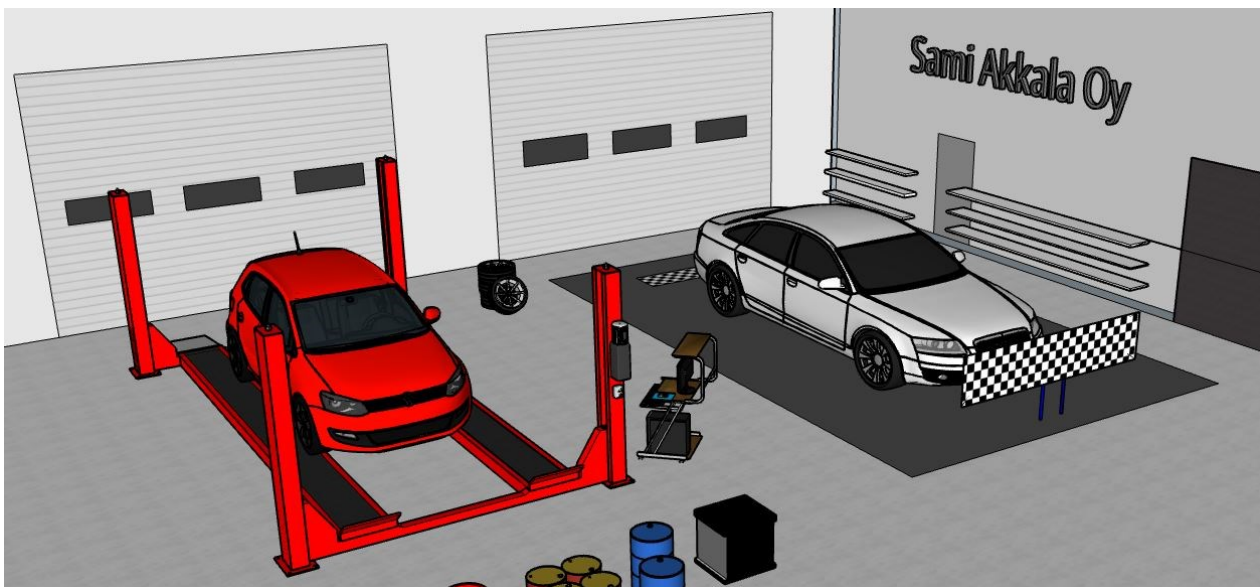
Kuva 13. Bosch FWA4630:n mittapää.

#### 6.4 Kalibrointipiste nelipilarinostimen vieressä

Toinen mahdollinen kalibrointipiste sijaitsee nelipilarinostimen vasemmalla puolella. Kyseisellä kohdalla suoritetaan enimmäkseen tuulilasinvaihtoja tai muita pienempiä töitä, kuten

ilmastoinnin huoltoja, johon ei tarvita nostinta. Tämä ratkaisumalli mahdollistaa kaikenlaisien kalibrintilaitteistojen käytön, jotka ovat tarkoitettu vapaalle lattiatilalle. Tilaa on riittävästi auton sivuilla ja takana keskisuuruisen ajoneuvon ADAS-kalibrointiin. Tilaa löytyy sivusuunnassa noin 5 metriä, johon on huomioitu myös varaosahyllyjen käyttö. Kuvassa 14 havainnoidaan käytettävän tilan määrää ajoneuvon ympärillä olevalla tummalla alueella. Kalibrintipiste on myös toimiva tuulilasinvaihtojen kannalta. Esimerkiksi tuulilasin vaihdon jälkeen, liimojen kuivuessa, voidaan suorittaa samalla kertaa tuulilasikameran kalibrointi. Auto voidaan säilyttää samalla paikalla koko prosessin ajan eikä sitä tarvitse erikseen siirrellä.

Tässä ratkaisumallissa sen heikkona ominaisuutena esiintyy laitteiston kasaaminen ja purkaminen. Toisin kuin suuntauslaitteiston yhteydessä olevalla kalibrointityökalulla, täytyy tässä kalibrintipisteessä laitteisto erikseen valmistella kalibrointia varten. Tästä tuskin on suurempaa haittaa, koska suurin osa laitteistoista on tehty helposti kasattavaksi. Suurempi kalibrointityökalujen ja lisävarusteiden määrä vie tietysti enemmän tilaa, ja ne tarvitsevat oman säilytyspaikkansa korjaamolta.

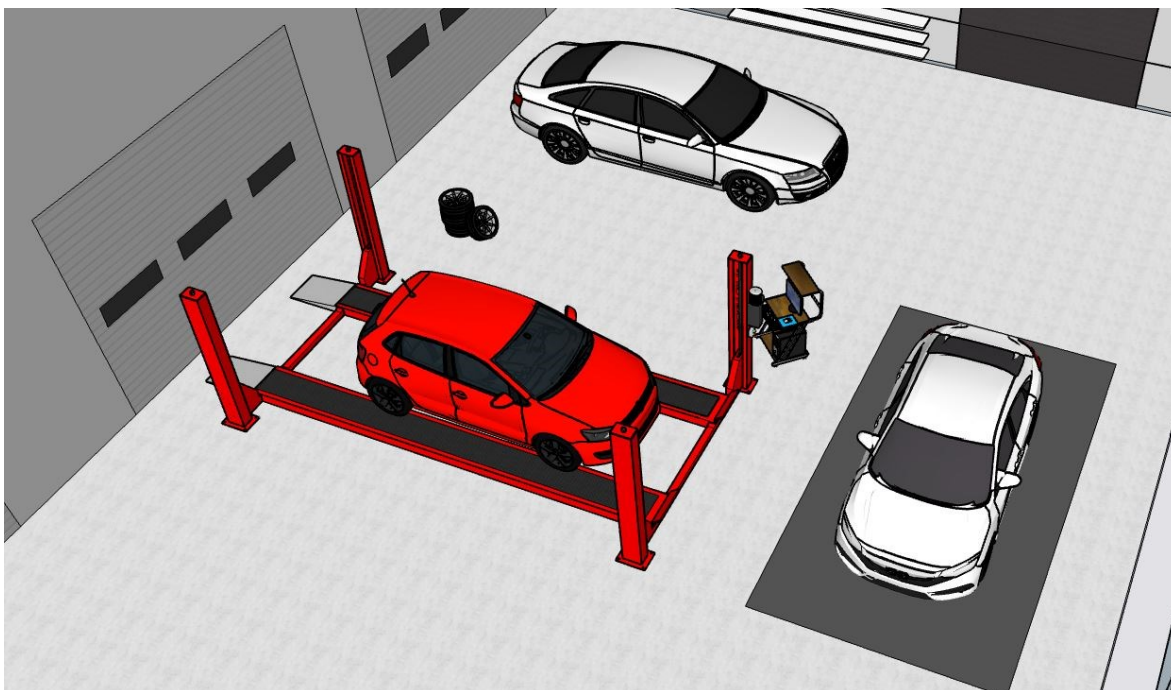


Kuva 14. Havainnollistava kuva kalibrintipisteestä nelipilarinostimen vierellä.

## 6.5 Kalibrointipiste nelipilarinostimen edessä

Kolmas mahdollinen kalibrointipiste sijoittuu nelipilarinostimen etupuolelle poikittain (kuva 15). Tässä ratkaisumallissa on käytössä yhtä paljon tilaa kuin nelipilarinostimen vierellä olevalla kalibrointipisteellä, joten se myös mahdollistaa kaikenlaiset kalibroinnit, jotka suoritetaan vapaalla lattiatilalla. Siirtämällä kalibrointipiste nostimen viereltä nostimen eteen, saadaan yksi autopaikka lisää. Kiireellisimpinä päivinä tämä on toimiva ratkaisu, jos esimerkiksi autoon tehdään tuulilasinvaihto ja tuulilasikameran kalibrointi, joutuu tuulilasiliima kuivua päivän, jolloin se ei ole edessä muilta töiltä.

Tässä ratkaisumallissa huonona puolena on sen vierellä oleva työskentelytaso. Työskentelytasolla yleensä hiotaan esimerkiksi jarruosia, jolloin kipinöitä tai ruostepölyä saattaa lentää auton ja kalibrointilaitteiston suuntaan. Tämä voidaan estää esimerkiksi korjaamolta jo löytyvältä suojaverholla, joka ei vie juurikaan tilaa sivuttaissuunnassa. Harvemmin kumminkaan kalibroinnit ja työskentely työtason äärellä osuvat samaan ajankohtaan.



Kuva 15. Havainnollistava kuva kalibrointipisteestä nelipilarinostimen edessä.

## 7 YHTEENVETO

ADAS-järjestelmien kalibrointi on hyvin tärkeää järjestelmän oikeanlaisen toiminnan takaamiseksi, koska vääränlainen kalibrointi voi pahimmillaan aiheuttaa vakavat seuraamukset. Oikealla toiminnallaan se pelastaa tutkitusti ihmishenkiä. ADAS-järjestelmät omaavat suuren määrän tekniikkaa, ja suurin osa järjestelmistä tarvitsee toimiakseen useamman tunnistimen. Yhdenkin tunnistimen toimimattomuus tai vääränlainen toiminta johtaa siihen, ettei kyseinen ADAS-järjestelmä toimi suunnitellulla tavalla.

Sami Akkala Oy:n nykyiset tilat ovat varsin hyvät tulevaa ADAS-kalibrointipistettä varten. Rajoittavia tekijöitä laite- tai kalibrointipisteen suhteen ei ole. Suurimmat tekijät laitevalintojen, laitteiden lisävarusteiden ja paikan suhteen ovat niiden käyttömäärä ja se mitä ADAS-järjestelmiä kalibroidaan. Tulevaisuutta ajatellen on myös tärkeää valita laitteisto, mitä on mahdollista päivittää ADAS-järjestelmien kehittymisen myötä.

Tällä hetkellä ADAS-järjestelmien kalibrointi keskittyy pääasiassa tuulilasikameroiden kalibrointiin. Kalibrointipisteelle järkevin ratkaisu näistä vaihtoehdoista voisi olla nelipilarinostimen edessä, jolloin viedään mahdollisimman vähän tilaa, eikä kalibrointipiste ole muiden korjaustöiden edessä. Tälle kalibrointipisteelle sopiva kalibrointilaitteisto on luultavimmin Boschin DAS 3000 -sarja, joka toimii korjaamalla jo olevalla ESI[tronic] diagnostiikkaohjelmistolla. Bosch on myös tunnettu toimivuudestaan ja helppokäyttöisestä ohjelmistostaan. Myös tulevaisuutta ajatellen Bosch on varmasti kärkipäässä laitepäivitysten suhteen.

Näillä kalibrointityökaluilla ja kalibrointipisteillä pystytään siihen, ettei korjaamon päivittäinen toiminta häiriinny kalibrointien myötä. Periaatteessa yhden työtilan lisääminen tuo vain positiivisia vaikutuksia varsinkin siinä tapauksessa, että kalibrointipiste sijaitsee nelipilarinostimen edessä. Tällä hetkellä kyseistä tilaa ovat täyttäneet pääasiassa siirreltävät öljykärryt ja öljynkeruustiat. Kalibrointeja pystyttäisiin kiireellisissä tapauksissa suorittamaan myös esimerkiksi korjaamon saksinostimien päällä, mutta tämä voisi haitata muiden korjaustöiden kulkua.

## 8 POHDINTA

ADAS-järjestelmät itsessään ovat hyvin ajankohtainen aihe. Autojen tekniikka kehittyy kovaa vauhtia ja sitä myös ADAS-järjestelmät yleistyvät, mikä lisää kalibrointien määrää autokorjaamoilla. Tekniikan kehittymisestä huolimatta, harva korjaamo haluaa investoida ADAS-kalibrointityökaluihin. Syynä voi olla laitteiden hinnoittelu, joka ei ole kovin edullinen. Tulevaisuudessa kalibrointilaitteista tulee kuitenkin välttämätön hankinta korjaamoille ajoneuvojen tekniikan kehittyessä, varsinkin kun siirrytään koko ajan enemmän kohti automatisoitua ajamista. ADAS-kalibrointien lisääminen korjaamon toimintaan lisää myös korjaamon henkilökunnan työmäärää ja osaamisen merkitystä. Henkilökunnalle olisi myös tärkeää pitää koulutusta kalibroinneista, jotta ne voidaan suorittaa oikeaoppisesti ja että järjestelmät toimivat turvallisesti. Mielestäni ADAS-järjestelmien ja niiden kalibrointien tulisi olla yhä enemmän osana esimerkiksi ajoneuvoasentajan tutkintoa.

ADAS-kalibroinnit voivat tuoda haasteita myös myynnin puolelle. Osa asiakkaista ei välttämättä tiedosta oman ajoneuvonsa ADAS-varustelua ja saattavat pitää ADAS-kalibrointien myyntiä pelkkänä rahastuksena. Tätä mielipidettä saattaa vahvistaa myös se, että osa korjaamoista vaihtaa esimerkiksi tuulilasikameran sisältämän tuulilasin tekemättä minkäänlaisia kalibrointeja. Onkin tärkeää perustella asiakkaalle, miksi ADAS-kalibrointi on tärkeä toimenpide ja missä tilanteissa se täytyy suorittaa.

Tämän työn tarkoituksena oli esitellä erilaisia vaihtoehtoja kalibrointipisteelle ja laitteistolle Sami Akkala Oy:n toimitiloissa, antaa yleistä tietoa ADAS-järjestelmistä ja niiden tunnistintekniikasta. Aihe oli mielestäni mielenkiintoinen ja ennen kaikkea ajankohtainen, joka toi oman mielekkyytensä työn tekoa kohtaan. Myös aikaisempi työskentely kyseisellä korjaamolla helpotti tämän työn tekoa ja erityisesti ADAS-kalibrointipisteen suunnittelua. Valitettavasti korjaamon ADAS-kalibrointityökalua ei kirjoitushetkellä vielä ehditty hankkimaan, jolloin olisi nähnyt tämän suunnitelman vaikutukset käytännössä.

## LÄHTEET

- Audi MediaCenter. (1.1.2016a). *Adaptive cruise control*. <https://www.audi-mediacenter.com/en/photos/detail/adaptive-cruise-control-42099>
- Audi MediaCenter. (1.1.2016b). *Parking system plus*. <https://www.audi-mediacenter.com/en/photos/detail/parking-system-plus-42333>
- Audi. (i.a.). *Matrix LED -ajovalopaketti*. <https://www.audi.fi/fi/web/fi/models/functions-on-demand/led-matrix-package.html>
- Automotiveworld. (30.11.2021). *Snow, fog, and ice spotlight ADAS system weakness*. <https://www.automotiveworld.com/articles/snow-fog-and-ice-spotlight-adas-system-weakness/>
- Autotuoja ja -teollisuus. (i.a.). *Turvallisuusasetusten muutos*. [https://www.autotuoja.fi/autotalan\\_toimintaymparisto/liikenneturvallisuus/turvallisuusasetuksen\\_muutos](https://www.autotuoja.fi/autotalan_toimintaymparisto/liikenneturvallisuus/turvallisuusasetuksen_muutos)
- Bosch Automotive Aftermarket Suomi. (i.a.-a). *DAS 1000 3D – Mittausasema, joka noudattaa VW-konsernin standardeja*. <https://www.boschaftermarket.com/fi/fi/korjaamolaitteet/testauslaitteisto/kuljettajan-avustusjaerjestelmaet/das-1000/>
- Bosch Automotive Aftermarket Suomi. (i.a.-b). *DAS 3000 S20 – Yleismallinen tietokonepohjainen kalibrointi- ja säätölaite (kohdistus suhteessa kulkulinjaan)*. <https://www.boschaftermarket.com/fi/fi/korjaamolaitteet/testauslaitteisto/kuljettajan-avustusjaerjestelmaet/das-3000-s20/>
- Bosch Automotive Aftermarket United Kingdom. (i.a.). *Bosch DAS 1000 calibration set*. <https://www.boschaftermarket.com/gb/en/services-and-support/news/latest-news-and-stories/news-articles/03-2018-das-calibration-set.html>
- Elekma. (i.a.). *X431 ADAS kalibrointilaite*. <https://www.elekma.com/x431-adas-kalibrointilaite>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2015/758. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0758&from=GA>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus ajoneuvojen yleisestä turvallisuudesta sekä ajoneuvon matkustajien ja loukkaantumiselle alttiiden tienkäyttäjien suojelusta 2019/2144. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX%3A32019R2144>
- European Commission. (i.a.). *ADAS*. [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/statistics-and-analysis/statistics-and-analysis-archive/miscellaneous/adas\\_en](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/statistics-and-analysis/statistics-and-analysis-archive/miscellaneous/adas_en)

- Eurostat. (2021). *Road accident fatalities – statistics by type of vehicle*. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Road\\_accident\\_fatalities\\_-\\_statistics\\_by\\_type\\_of\\_vehicle](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Road_accident_fatalities_-_statistics_by_type_of_vehicle)
- Finnish Accreditation Service (FINAS). (17.2.2016). *Kalibroinnit*. <https://www.finas.fi/akkreditointi/jaljitettavyys/Sivut/Kalibroinnit.aspx>
- Koeajolle. (9.12.2021). *Auton ADAS-järjestelmä – nämä varusteet lisäävät kuljettajan turvallisuutta*. <https://koeajolle.com/autoiluvinkit/auton-adas-varusteet/>
- Leaseplan. (16.8.2019). *Hyödynnä Kaukovaloavustin pimeäajossa*. <https://www.leaseplan.com/fi-fi/inspiroidu/ajankohtaista/auton-kaytto-ja-huolto/hyodynnä-kaukovaloavustin-pimeäajossa/>
- Liikenneturvallisuus. (2.5.2019). *Onko autossasi eCall hätäviestipalvelu?* <https://www.liikenneturvallisuus.fi/onko-autossasi-ecall-hataviestipalvelu-tiedatko-kuinka-se-toimii/>
- Örum. (4.6.2020). *Avustavat ADAS-järjestelmät yleistyvät*. <https://www.orum.fi/kaikki-uutiset/avustavat-adas-jarjestelmat-yleistyvat/>
- Rudhard, M. (2019). *Kuljettajaa avustavat järjestelmät: Toiminta, tarkastus, kalibrointi*. Suomen Autoteknillinen Liitto ry.
- Suomen Työkalu Oy. (i.a.-a). *Autocom ADAS Cars kalibrointisarja*. <https://www.suomentyokalu.fi/korjaamolaitteet/testaus-saato-ja-huolto/tutkien-ja-kameroiden-kalibrointi/koe/autocom-adas-cars-kalibrointisarja-p-10484.html>
- Suomen Työkalu Oy. (i.a.-b). *Texa ADAS kalibrointisarja*. <https://www.suomentyokalu.fi/korjaamolaitteet/testaus-saato-ja-huolto/tutkien-ja-kameroiden-kalibrointi/texa-adas/texa-adas-kalibrointisarja-p-10483.html>
- Suzuki. (i.a.). *Kuolleen kulman valvontajärjestelmä*. <https://www.suzuki.fi/mallisto/vitara/turvallisuus/>
- The Insurance Institute for Highway Safety (IIHS). (2020). *Advanced drive assistance*. <https://www.iihs.org/topics/advanced-driver-assistance>
- Volkswagen Newsroom. (i.a.). *IQ.Light – LED matrix headlights*. <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/iqlight-led-matrix-headlights-3938>
- Sami Akkala Oy. (i.a.). *Täyden palvelun tarjoava autokorjaamo*. <https://www.samiakkala.fi/>



