

Jussi Nikula

Kamera- ja tutkajärjestelmien yleistymisen vaikutukset monimerkkikorjaamon varustelutarpeeseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Autosähkötekniikka

Insinöörityö

16.4.2018

Tekijä Otsikko	Jussi Nikula Kamera- ja tutkajärjestelmien yleistymisen vaikutukset monimerkkikorjaamon varustelutarpeeseen
Sivumäärä Aika	23 sivua 16.4.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka
Ammatillinen pääaine	Autosähkötekniikka
Ohjaaja	Lehtori Vesa Linja-aho
<p>Tämän insinööryön tarkoituksena oli selvittää, minkälaisia vaikutuksia henkilöautojen kamera- ja tutkajärjestelmien yleistyminen aiheuttaa monimerkkikorjaamon varustelutarpeeseen.</p> <p>Insinööryön tavoitteena oli selvittää työn tilanneelle monimerkkikorjaamolle, mitä erilaisia kamera- ja tutkajärjestelmiä henkilöautoissa on käytössä, milloin ne vaativat huoltoa ja mitä niiden huoltamisessa korjaamolla tulee ottaa huomioon. Tavoitteena oli myös selvittää, minkälaisia laitteistoratkaisuja kamera- ja tutkajärjestelmien huoltoon oli saatavilla sekä laatia erilaisia tarkoitukseen sopivia laitteistoratkaisuja ja selvittää niiden hankintakustannuksia.</p> <p>Työ toteutettiin selvittämällä ensin, minkälaisia kamera- ja tutkajärjestelmiä henkilöautoissa on käytössä ja miten niiden huoltotyöt käytännössä tapahtuvat. Lisäksi selvitettiin, minkälaisia eri laitteistoratkaisuja on tarjolla kyseisten järjestelmien huoltamiseen ja miten ne soveltuvat monimerkkikorjaamon tarpeisiin.</p> <p>Insinööryön tavoitteet saavutettiin pääosin. Työssä saatiin luotua yleiskuva henkilöautoissa tällä hetkellä käytössä olevista kamera- ja tutkajärjestelmistä, joiden huoltaminen vaatii korjaamolta laitehankintoja. Työssä myös selvitettiin milloin nämä järjestelmät vaativat huoltoa ja millä eri tavoin niiden huoltotyöt tapahtuvat. Erilaiset monimerkkikorjaamolle sopivat laitteistovaihtoehdot sekä niiden eri ominaisuudet ja soveltuvuudet saatiin pääosin selvitettyä. Lopuksi koottiin yhteen tarjolla olevista laitteistovaihtoehdoista korjaamon tarpeet täyttävät laitteistoratkaisut hintoineen ja pohdittiin, mikä olisiärkevin ratkaisu kyseisen autokorjaamon tarpeisiin.</p>	
Avainsanat	ADAS, kamera järjestelmä, tutkajärjestelmä, kalibrointi

Author Title	Jussi Nikula Effects the Camera and Radar Systems cause for the Equipment Purchases of a Multi-brand Repair Shop
Number of Pages Date	23 pages 16 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Professional Major	Automotive Electronics Engineering
Instructor	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to find out what effects the camera and radar systems becoming more common in passenger cars have on the equipment purchases of a multi-brand repair shop.</p> <p>The aim of the thesis was to find out what different camera and radar systems are used in passenger cars, when the maintenance of these systems is required and what needs have to be considered in their maintenance. The other aims were to find out what different hardware solutions were available for the maintenance of the camera and radar systems, and to design different hardware solutions suitable for this equipment and find out how much they cost.</p> <p>The aims of this Bachelor's thesis were mainly reached. The thesis gives an overview of the currently used camera and radar systems which require maintenance in passenger cars today. The thesis also clarifies when these systems require maintenance and how their maintenance work is carried out. Different hardware options for a multi-brand repair shop, as well their different features and suitability were mainly solved. Available hardware options that meet the requirements of the multi-brand repair shop were collected together with their prices. Finally, the thesis discusses which of the alternatives would be the most sensible solution for the need of the repair shop.</p>	
Keywords	ADAS, camera system, radar system, calibration

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kuljettajaa avustavat järjestelmät	1
3	Kamera- ja tutkajärjestelmät ajoneuvoissa	2
3.1	Adaptiivinen vakionopeudensäädin	3
3.2	Kaista-avustinjärjestelmät	3
3.3	Liikennemerkkitunnistus	4
3.4	Kevyen liikenteen suojaus	5
3.5	Valojen ohjaus järjestelmät	5
3.6	Hätäjarrutusjärjestelmä	6
3.7	Pysäköintiavustimet 360°:n asteen näkymällä	7
4	Kamera- ja tutkajärjestelmien huolto	8
4.1	Järjestelmien huollon tarve	8
4.1.1	Tuulilasin vaihto	9
4.1.2	Vauriokorjaukset	9
4.1.3	Alustan muutostyöt	10
4.2	Kamera- ja tutkajärjestelmien kalibrointi käytännössä	10
4.2.1	Dynaaminen kalibrointi	11
4.2.2	Staattinen kalibrointi	11
5	Korjaamiseen tarvittava laitteisto	13
5.1	Korjaamon asettamat laitteistovaatimukset	13
5.2	Toyota ja Hyundai -merkkien vaatimukset kalibrointilaitteille	14
5.3	Laitteistovaihtoehdot	14
5.3.1	Bosch	15
5.3.2	Hella Gutmann	16
5.3.3	Texa	17
6	Loppupäätelmät	20
	Lähteet	22

Lyhenteet

ADAS	Advanced Driver Assistant Systems. Kehittyneet kuljettajaa avustavat järjestelmät.
ACC	Adaptive Cruise Control. Adaptiivinen vakionopeudensäädin.
LDW	Lane Departure Warning. Kaistalta lähtemisen varoitusjärjestelmä.
LKS	Lane Keeping Support. Kaistanpitoavustinjärjestelmä.
TRS	Traffic Sign Recognition. Liikennemerkkien tunnistusjärjestelmä.
APPS	Active Pedestrian Protect System. Kevyen liikenteen suojausjärjestelmä.
HBA	High Beam Assist. Kaukovalojen ohjausjärjestelmä.
AFS	Adaptive Front-lightning System. Mukautuva valojen ohjausjärjestelmä.
AEB	Autonomous Emergency Braking. Häätäjarrutusjärjestelmä.

1 Johdanto

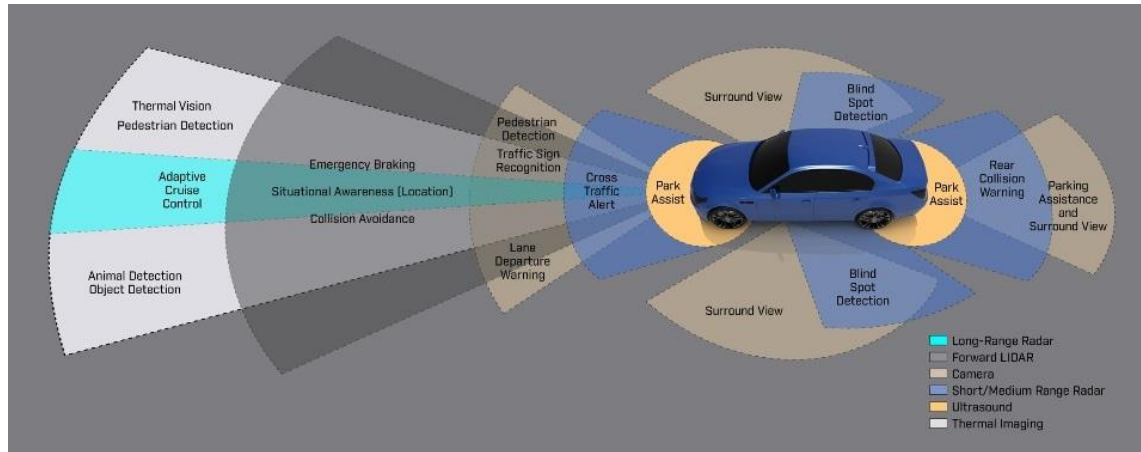
Ajoneuvotekniikan jatkuva kehitys näkyy uusien ajoneuvojen varustelussa. Nykyaikaisissa ajoneuvoissa on järjestelmiä, joiden huolto- ja korjaustyöt vaativat uudenlaista osaamista ja uusia työkaluja. Yksi viime vuosina nopeasti kehittynyt osa-alue on ajoneuvon kuljettajaa avustavat järjestelmät. Monet näistä järjestelmistä käyttävät kameran kuvaamaa videotietoa toimintansa ohjaamiseen. Tämä on tuonut kamerajärjestelmät pysyväksi osaksi nykyaikaista ajoneuvotekniikkaa. Tulevaisuudessa voidaan olettaa kameroiden käytön lisääntyvän entisestään ajoneuvovalmistajien kehittäessä autonomista ajoneuvoa. Kamerajärjestelmät asettavat uusia haasteita autokorjaamoille, koska niiden huoltamiseen vaaditaan uudenlaisia laitteita ja erikoistyökaluja. Monimerkkikorjaamolle lisähaasteen tuo eri automerkkien ja -mallien paljous. Autonvalmistajat käyttävät ajoneuvoissaan eri valmistajien kameroita ja varustavat ne erilaisilla ohjelmistoilla. Erilaiset kamerat ja ohjelmistot vaativat jokainen omanlaisensa työkalut. Tämän vuoksi monimerkkikorjaamon korjaamolaitteiston tulee olla varsin kattava verrattuna yhden tai kahden merkin valtuutettuihin merkkihuoltoihin.

Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus selvittää, minkälaisia laitteisto- ja työkaluratkaisuja autokorjaamolle olisi järkevää hankkia kamera- ja tutkajärjestelmien huoltotöitä varten. Selvitystyön tilaaja on Uudellamaalla toimiva monimerkkikorjaamo, jonka liikevaihto on noin 2,5 miljoonaa euroa vuodessa. Korjaamolla on kaksi toimipistettä, joista toisessa tehdään vauriokorjaukset ja tuulilasinvaihdot ja toisessa muut huolto- ja korjaustyöt. Korjaamolla tehdään kaikkien automerkkien huoltoja, korjauksia ja autosähköitä, ja se kuuluu Bosch Car Service -korjaamoketjuun. Korjaamo on myös valtuutettu Toyota- ja Hyundai-merkkihuolto. Vauriokorjausten ja tuulilasikorjausten osalta korjaamo tekee yhteistyötä kaikkien vakuutusyhtiöiden kanssa.

2 Kuljettajaa avustavat järjestelmät

Henkilöautoissa on jo parin vuosikymmenen ajan ollut monia kuljettajaa avustavia järjestelmiä (DAS - Driver-assistance systems). Nämä järjestelmät voidaan jakaa kahteen luokkaan, jotka ovat mukavuusjärjestelmät ja turvajärjestelmät. Perinteinen esimerkki mukavuusjärjestelmistä on vakionopeussäädin ja turvajärjestelmistä elektroninen ajo-vakauden hallintajärjestelmä (ESP). [1, s. 1404.] Nykyaikaisissa ajoneuvoissa on paljon

kehittyneempiä kuljettajaa avustavia järjestelmiä (ADAS – Advanced Driver Assistant Systems). Nämä kehittyneemmät järjestelmät toimivat usein ajoneuvon ympäristöä tarkkailevien tunnistimien keräämien tietojen perusteella. Ajoneuvon ympäristöä tarkkailevat tunnistimet voivat olla etäisyystutkia, ultraäänitunnistimia ja kameroita. Käytetty tunnistintyyppi riippuu suurimmalta osin etäisyydestä, josta tunnistimen halutaan keräävän tietoa. [1, s. 1408.] Kuva 1 havainnollistaa erilaisten tunnistimien käyttökohteet henkilöauton kuljettajaa avustavissa järjestelmissä sekä tunnistimien tunnistusetäisyyksiä.



Kuva 1. Erilaisten tunnistimien käyttö ajoneuvon ympäristöä tarkkailevissa järjestelmissä [2].

Käyttämällä ajoneuvossa useita erilaisia ympäristöä tarkkailevia tunnistimia, on mahdollista aikaansaada niin kutsuttu elektroninen kokonaisnäkyminen (electronic all-around visibility) ajoneuvon ympäristöstä, jota käytetään esimerkiksi autonomisissa ajoneuvoissa [1, s. 1408]. Kustannussyistä näin kattavia järjestelmiä ei kuitenkaan ole tavallisissa henkilöautoissa. Nykyään myytävissä uusissa henkilöautoissa on usein vähintään jokin yksittäinen tunnistin, esimerkiksi kamera, joka tarkkailee ajoneuvon ympäristöä.

3 Kamera- ja tutkajärjestelmät ajoneuvoissa

Useat nykyaikaiset ajoneuvot ovat varustettu jonkinlaisella kuljettajaa avustavalla järjestelmällä (ADAS), jonka toiminta perustuu kameran tai tutkan tunnistamaan tietoon. Yleisimpiä tällaisia järjestelmiä ovat adaptiivinen vakionopeussäädin, kaista-avustin-, liikennemerkkitunnistus-, kevyen liikenteen tunnistus-, valojen ohjaus- ja hätäjarrutusjärjestelmät. [1, s. 1412; 3.] Seuraavaksi on esitelty kuljettajaa avustavia järjestelmiä (ADAS), jotka käyttävät kameran tai tutkan tunnistamaa tietoa toimintansa ohjaamiseen.

3.1 Adaptiivinen vakionopeudensäädin

Adaptiivisen vakionopeussäätimen (ACC – Adaptive Cruise Control) tunnistimena käytetään etäisyyskameroita ja -tutkia. Yleisimmin käytössä on pitkän kantaman (long-range) etäisyystutka, joka toimii 76 – 77 GHz:n taajuudella. Tutka on sijoitettu ajoneuvon keulassa etusäleikköön, etupuskuriin tai merkkilogon taakse. Tutkan tehtävänä on tunnistaa edellä ajavan ajoneuvon etäisyys. [1, s. 1438.] Kuvassa 2 on nähtävillä yksi esimerkki tutkatunnistimen sijoituksesta ajoneuvon keulaan.



Kuva 2. Tutkatunnistin sijoitettuna ajoneuvon etupuskuriin [4].

Etäisyyskameroiden käyttö ainoana eteenpäin suunnattuna etäisyysanturina on harvinaista, koska niiden kantama on pienempi kuin tutkien. Kameraa voidaan kuitenkin käyttää yhdessä etäisyystutkan kanssa. Tällöin järjestelmän on helpompi tunnistaa, millä kaistalla edellä ajava ajoneuvo kulkee, ja etäisyyden tunnistaminen on tarkempaa. Kameran käyttö mahdollistaa ajoneuvojen ja niiden etäisyyksien tunnistamisen myös pienemmillä ajonopeuksilla. [1, s. 1438, 1442.]

3.2 Kaista-avustinjärjestelmät

Kaista-avustimen tehtävänä on pitää ajoneuvo omalla kaistallaan ja estää vakavia onnettomuuksia, joita omalta kaistalta pois ajautuminen voi aiheuttaa. Kaista-avustinjärjestelmiä on kahdentyyppisiä:

- Kaistalta lähtemisen varoitin (LDW – Lane Departure Warning), joka varoittaa kuljettajaa jos ajoneuvo on ajautumassa pois omalta kaistaltaan

- Kaistanpitoavustin (LKS – Lane Keeping Support), joka ajoneuvon ajautuessa pois omalta kaistaltaan ohjaa sen takaisin omalle kaistalleen.

Molemmat näistä järjestelmistä toimivat tuulilasiin sijoitetun kameran kuvaaman tiedon perusteella. Kaista-avustinjärjestelmät tarkkailevat tien kaistamerkintöjä ajoneuvon edellä eli valkoisia ja keltaisia kaistan reunaviivoja. Nämä reunaviivat se tunnistaa kameran kuvaamasta videosta. Järjestelmä tarkkailee jatkuvasti ajoneuvon sijaintia suhteessa kaistan reunaviivoihin ja aktivoituu, jos ajoneuvo ajautuu pois reunaviivojen välistä. Kaista-avustinjärjestelmät toimivat joko yhden tai kahden kameran tiedon perusteella. Kahden kameran järjestelmän (Stereo Camera System) etuina ovat pidempi kantama ja tarkempi reunaviivojen tunnistus. [1, s. 1444–1445.] Kuva 3 havainnollistaa, kuinka tuulilasikamera tarkkailee tiehen maalattuja kaistan reunaviivoja.



Kuva 3. Kameran toiminta kaista-avustinjärjestelmässä [5].

3.3 Liikennemerkitunnistus

Liikennemerkit tunnistavat järjestelmät (Road-Sign Recognition tai TRS – Traffic Sign Recognition) etsivät ajoneuvon etukameran kuvaamasta videosta liikennemerkit ja pyrkivät tunnistamaan ne. Tunnistaessaan liikennemerkin järjestelmä ilmoittaa sen kuljetta-

jalle ajoneuvon monitoiminäytössä. Järjestelmä voi olla myös osa adaptiivista vaki-onopeudensäädintä, jolloin ajoneuvo osaa itse valita ja muuttaa nopeutta liikennemerkkien mukaan. [1, s. 1410.]

3.4 Kevyen liikenteen suojaus

Kevyen liikenteen suojaus järjestelmän (APPS - Active Pedestrian Protection System) tarkoituksena on tunnistaa ajoneuvon edessä tietä käyttävä kevyt liikenne, etenkin jalankulkijat. Järjestelmä tarkkailee tietä ajoneuvon edessä kameran avulla ja tunnistaa, jos esimerkiksi jalankulkija kävelee tielle auton eteen. Havaittuaan kohteen ajoneuvon edessä järjestelmä jarruttaa itsenäisesti ja pysäyttää ajoneuvon, ennen kuin se osuu kohteeseen. [1, s. 1452.]

3.5 Valojen ohjaus järjestelmät

Kaukovalojen ohjaus järjestelmän (HBA - High-Beam Assistant) tarkoituksena on automatisoida valojen vaihto kaukovaloilta lähivaloille ja päinvastoin. Järjestelmä tunnistaa edessä ajavan sekä vastaan tulevan ajoneuvon ja vaihtaa kaukovalot päälle tai pois päältä tilanteen mukaan. Älykkäämmät valojen ohjausjärjestelmät (AFS – Adaptive Front-lighting System) säätävät valojen valaisemaa aluetta niin, että muut ajoneuvot eivät häikäisty, kuten kuvassa 4 on esitetty. Järjestelmä käyttää toisten ajoneuvojen valojen tunnistukseen tuulilasiin tai taustapeiliin sijoitettua kameraa tai herkkää valontunnistinta. Järjestelmä pystyy tunnistamaan vastaan tulevan ajoneuvon valot 600 metrin etäi-

syydeltä ja edellä ajavan ajoneuvon takavalot 400 metrin etäisyydeltä. Kameralla varustettu järjestelmä pystyy myös tunnistamaan katuvalot ja erottamaan ne ajoneuvojen valoista. [1, s. 1453.]

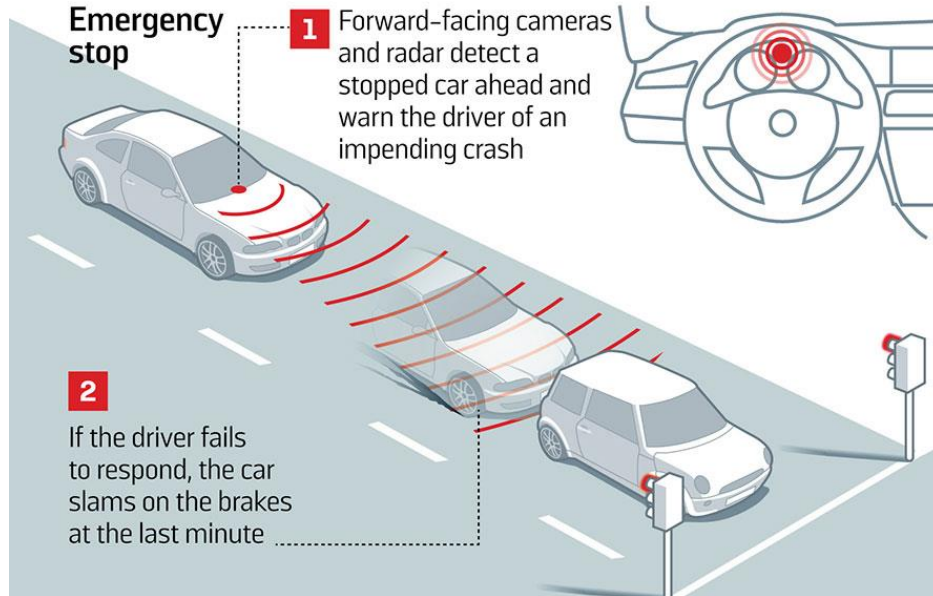


Kuva 4. AFS -järjestelmä toiminnassa [6].

3.6 Hätäjarrutusjärjestelmä

Hätäjarrutusjärjestelmä (AEB - Autonomous Emergency Braking) pyrkii estämään samaan suuntaan ajavien ajoneuvojen törmäykset. Järjestelmä tunnistaa, jos etäisyys edellä ajavaan ajoneuvoon pienenee nopeasti. Kuljettaja saa järjestelmästä varoituksen, esimerkiksi varoitussäänen ja jarrutusnykäyksen, jolloin kuljettajan tulisi alkaa reagoida. Jos kuljettaja ei reagoi, järjestelmä aloittaa jarrutuksen itsenäisesti, kun törmäys näyttää väistämättömältä. Hätäjarrutusjärjestelmät käyttävät edellä ajavan ajoneuvon tunnistamiseen tutka- tai kameratunnistinta tai näitä molempia. Tutkan kantama on riittävä ajettaessa suurilla nopeuksilla. Kameran tunnistus taas on tarkempi ja sen kantama on riit-

tävä ajettaessa hitaammilla nopeuksilla. Usein käytetään myös kaksoiskameroita (Stereo Camera System) mahdollisimman suuren tarkkuuden saavuttamiseksi. [1, s. 1448.]
 Kuva 5 havainnollistaa, miten hätäjarrutusjärjestelmä toimii peräänajotilanteessa.

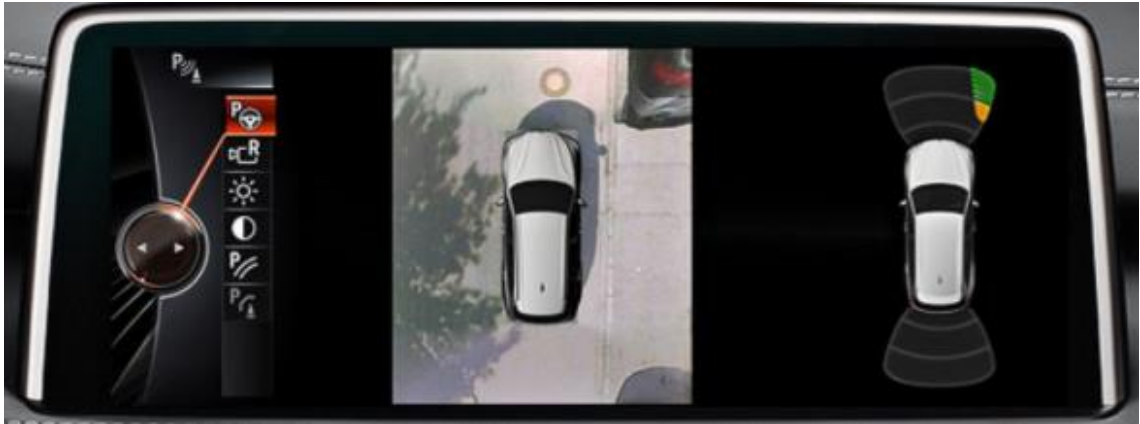


Kuva 5. Hätäjarrutusjärjestelmän toiminta peräänajotilanteessa [7].

3.7 Pysäköintiavustimet 360°:n asteen näkymällä

Monissa nykyaikaisissa ajoneuvoissa on pysäköintiavustinjärjestelmä, joka on varustettu kameroilla. Niin kutsuttu 360°:n tai Top View -näkyvä saadaan aikaan yleensä neljällä kameralla, joissa on laajakulmalinssi ja jotka on sijoitettu eri puolille ajoneuvoa. Yleensä kamerat on sijoitettu ajoneuvon eteen ja taakse rekisterikilven lähelle sekä ajoneuvon sivuille sivupeileihin. Neljän kameran kuvaama videotieto käsitellään järjestelmän ohjainlaitteessa ja kuljettajalle näytetään monitoiminäytössä näkyvä ajoneuvosta ja sen lähiympäristöstä kuin se olisi kuvattu ajoneuvon yläpuolelta. [1, s. 1436–1437.] Kuvassa 6

on pysäköintiavustinjärjestelmän kuljettajalle näyttämä 360°:n näkymä ajoneuvon monitoiminäytössä.



Kuva 6. Pysäköintiavustimen kuva ajoneuvon monitoiminäytössä (BMW)

4 Kamera- ja tutkajärjestelmien huolto

4.1 Järjestelmien huollon tarve

Kamera- ja tutkajärjestelmät vaativat huoltoa kuten muutkin ajoneuvon järjestelmät. Usein näiden järjestelmien huollon tarve johtuu ajoneuvoon tehtävistä muista korjauksista. Muiden korjaustöiden aikana voidaan esimerkiksi kameratunnistin joutua irrottamaan. Kun kameratunnistin asennetaan uudelleen ajoneuvoon, kamerajärjestelmä on kalibroitava uudelleen. Käytännössä kamera- ja tutkajärjestelmät on kalibroitava aina kun järjestelmän osia irrotetaan tai vaihdetaan ja aina myös silloin kun ajoneuvon kulkukulmaan tulee muutoksia korjaustöiden seurauksena. [14, s. 6.] Uudelleen kalibrointi on tärkeää, jotta kameran kuvaamaa informaatiota käyttävät järjestelmät toimivat oikein. Monet näistä järjestelmistä ovat kuljettajaa avustavia turvajärjestelmiä, mikä tekee kalibroinnin suorittamisesta entistä tärkeämpää. [8; 9.] Seuraavaksi esitellään yleisimpiä ajoneuvoihin tehtäviä korjauksia, joiden yhteydessä vaaditaan kamera- tai tutkajärjestelmän kalibrointi.

4.1.1 Tuulilasin vaihto

Tuulilasin vaihdot ovat korjaamalla jokapäiväisiä korjaustöitä. Ajoneuvoissa, joissa on kameran informaatiota hyödyntävä kuljettajaa avustava järjestelmä, kameratunnistin on hyvin usein sijoitettu tuulilasiin. Tuulilasia vaihdettaessa kameratunnistin on irrotettava vanhasta tuulilasista ja kiinnitettävä uuteen. Tuulilasi on kiinnitetty ajoneuvon koriin liimamalla. Liimaliitoksen vuoksi uusi tuulilasi ei käytännössä koskaan kiinnity aivan samaan asentoon kuin vanha tuulilasi. Uuden tuulilasin asentoon vaikuttaa myös se, kuinka paksu on käytettävä liimapalko ja kuinka paksu on lopullinen liimasauman paksuus. Näistä käytännön asioista johtuen kameratunnistin ei ole käytännössä koskaan aivan samassa asennossa ajoneuvoon nähden tuulilasin vaihdon jälkeen. Uusi tuulilasi saattaa myös vääristää kameran näkymää tai aiheuttaa erilaisia heijastuksia kameralle, jolloin kameran näkymä on erilainen kuin ennen tuulilasin vaihtoa. Kamerajärjestelmän kalibrointi on tässä tapauksessa ainoa vaihtoehto, jolla varmistetaan että järjestelmä toimii oikein. [10.] Kuvassa 7 on kaksi erilaista tuulilasiin kiinnittyvää kameratunnistinta.



Kuva 7 Tuulilasiin kiinnitettäviä kameratunnistimia [11].

4.1.2 Vauriokorjaukset

Ajoneuvojen kolarivauriot ja niihin liittyvät vauriokorjaukset aiheuttavat monin tavoin huoltotarvetta kamera- ja tutkajärjestelmille. Vauriokorjausta tehdessä joudutaan ajoneuvosta irrottamaan näiden järjestelmien komponentteja sekä ajoneuvon osia, joihin eri komponentit on kiinnitetty. Uusia osia asennettaessa tai vanhoja osia uudelleen asennettaessa kamera- ja tutkajärjestelmien komponenttien sijainti ajoneuvoon nähden muuttuu väistämättä. Tällöin järjestelmät on kalibroitava uudelleen. Kolarivaurion seurauksena tehtävät korjaustyöt ajoneuvon alustaan ja pyöräntuentaan voivat myös aiheuttaa

muutoksia ajoneuvon kulkukulmaan ja sitä kautta kamera- ja tutkatunnistimien kalibrointitarpeen, vaikka varsinaisiin tunnistimiin ei koskettaisikaan. [12.]

4.1.3 Alustan muutostyöt

Ajoneuvon alustaan tehtävät muutostyöt vaikuttavat myös kamera- ja tutkajärjestelmien toimintaan. Muutettaessa esimerkiksi ajoneuvon jousitusta tai rengaskokoa, muuttuu myös ajoneuvon korkeus. [13.] Samalla muuttuu myös kamera- ja tutkatunnistimen korkeus ja näin ollen myös tarkkailtavan alueen muoto ja sijainti tunnistimeen nähden [1, s. 1412–1414]. Alustan muutostyöt voivat myös muuttaa ajoneuvon korin etu- ja takaosan korkeutta toisiinsa nähden, jolloin kamera- tai tutkatunnistimen suuntaus voi muuttua suurestikin. Vain uudelleen kalibroimalla voidaan varmistaa järjestelmien oikea toiminta ja se onko järjestelmillä enää edellytystä toimia jos muutostyöt ovat vaikuttaneet liian suuresti ajoneuvon korin asentoon. Myös aeraus- tai camberkulmien säätö vaikuttaa kamera- ja tutkajärjestelmien toimintaan ajoneuvon kulkukulman muuttuessa. Kamera- ja tutkajärjestelmien optimaalisen toiminnan kannalta tulisi kalibrointi suorittaa myös nelipyöräsuuntauksen jälkeen. [15, s. 27.]

4.2 Kamera- ja tutkajärjestelmien kalibrointi käytännössä

Kamera- ja tutkajärjestelmien kalibrointi aloitetaan tekemällä ajoneuville tarvittavat esivalmistelut. Esivalmisteluihin kuuluvat

- rengaspaineiden säätö valmistajan ohjearvoihin
- nelipyöräsuuntaus, suuntauksen tarkistus ja tarvittaessa säätö valmistajan ohjearvoihin
- ajoneuvon ja kalibrointityökalun sijoitus tasaiselle alustalle (staattisessa kalibroinnissa).

Näillä esivalmisteluilla varmistetaan ajoneuvon olevan siinä kunnossa, että kalibrointi voidaan suorittaa. Esivalmistelujen jälkeen valitaan kalibroitalle järjestelmälle ajoneuvovalmistajan määrittelemä kalibrointikonsepti eli järjestelmän kalibrointitapa. Kalibrointitapoja on kaksi:

- dynaaminen kalibrointi
- staattinen kalibrointi.

Yksittäinen järjestelmä käyttää aina vain toista näistä kalibrointitavoista. Kun ajoneuvo on varustettu sekä kamera- että tutkajärjestelmällä, nämä järjestelmät voivat vaatia eri kalibrointitavan. Tällöin kumpikin järjestelmä kalibroidaan erikseen. [15, s. 6.]

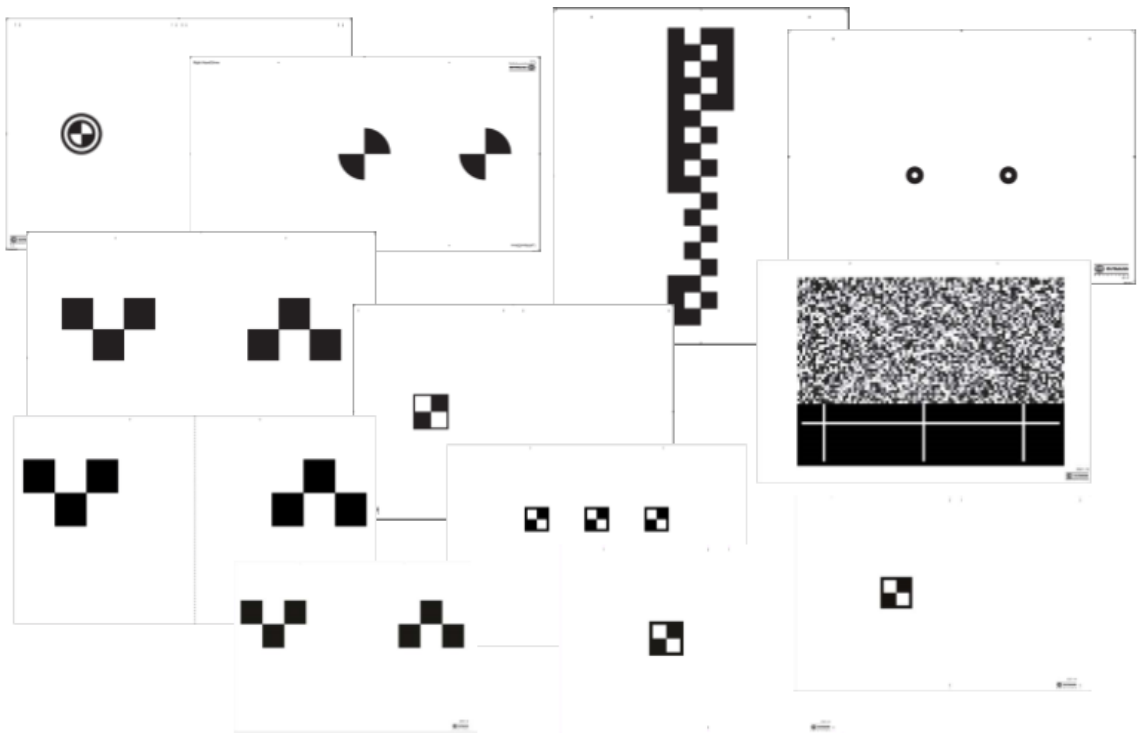
4.2.1 Dynaaminen kalibrointi

Järjestelmän dynaaminen kalibrointi suoritetaan käyttämällä diagnoositestauslaitetta. Testauslaiteella asetetaan järjestelmä kalibrointitilaan ja suoritetaan kalibrointiajo. Ajoneuvovalmistaja voi määrittellä kalibrointiajolle erilaisia vaatimuksia ajonopeuden ja sääolosuhteiden suhteen. Valmistajan määrittelemä kalibrointiajo suoritetaan liikenteessä yleisellä tiellä. Tapauksesta riippuen kalibroitava tunnistin voi vaatia säädön ja kohdistuksen ennen kalibrointia, mutta muuten dynaaminen kalibrointi ei vaadi erityisiä kalibrointityökaluja vaan pelkän diagnoositestauslaitteiston, joka tukee kyseistä järjestelmää. [16]

4.2.2 Staattinen kalibrointi

Järjestelmän staattinen kalibrointi suoritetaan korjaamo-olosuhteissa ajoneuvon ollessa paikallaan käyttämällä diagnoositestauslaitetta ja kalibrointityökaluja. Staattinen kalibrointi aloitetaan tekemällä ajoneuvolle tarvittavat esivalmistelut ja kohdistamalla kalibrointitauluteline ajoneuvon eteen. Kalibrointitauluteline kohdistetaan joko ajoneuvon taka-akselin suuntaan, takapyöriin kiinnitettyjen linjalasereiden avulla tai ajoneuvon korin keskilinjan suuntaan, kalibrointitaulutelineeseen kiinnitetyn linjalaserin avulla. Kalibrointitauluteline kohdistetaan myös oikealle etäisyydelle ja korkeudelle ajoneuvon nähden ja samalla kalibroitavaan tunnistimeen nähden. Kohdistustapa riippuu ajoneuvovalmistajan ohjeista ja käytettävästä kalibrointilaitteistosta. [15, s. 9; 16.] Tämän jälkeen asetetaan kalibrointitaulutelineeseen ajoneuvovalmistajakohtainen taulukuvio, jolla kamera kalibroidaan. Eri ajoneuvovalmistajilla on käytössä erilaisia taulukuvioita. Myös yksi ajoneuvovalmistaja voi käyttää eri ajoneuvomalleissaan eri taulukuvioita. [15, s. 40–51.] Etukameroiden kalibrointitaulukuvioita oli maaliskuussa 2017 käytössä 20 erilaista. Tä-

män lisäksi on vielä lisää taulukuvioita esimerkiksi 360°:n näkymän kameroille ja peruuskameroille. [17.] Lopuksi suoritetaan itse kalibrointi käyttäen diagnoositestauslaitetta. Testauslaite käynnistää kalibroittoiminnon, jolloin kamerajärjestelmä tallentaa uudet kalibroituarvot muistiinsa kalibroititaulun kuvioita apuna käyttäen. Staattinen kalibrointi vaatii diagnoositestauslaitteiston, kalibroitityökalut ja ajoneuvoon sopivan kalibroititaulukuvion. Kuvassa 8 on erilaisia ajoneuvovalmistajien käyttämiä kalibroititaulukuvioita.



Kuva 8. Erilaisia staattisessa kalibroinnissa käytettäviä kalibroititaulukuvioita [21].

Taulukko 1 havainnollistaa, mitä kalibroitinkonseptia eri ajoneuvovalmistajat yleisimmin käyttävät kamera- ja tutkajärjestelmissään.

Taulukko 1. Eri ajoneuvovalmistajien käyttämät kalibroitinkonseptit [15].

Ajoneuvo- valmistajan kalibrointi- konsepti	Kamera (Kaistavahti – LDW/LKA)			Tutka (ACC / AEB)		
	Staattinen laitteiden avulla	Dy- naa- minen	Huomautus	Staattinen laitteiden avulla	Dy- naa- minen	Huomautus
Nissan / Infiniti	X			X		
Suzuki	X			X		
Mazda	X			X		
Toyota	X			X		
Honda	X	(X)	Suuntaus + "testiajo"	X		
Subaru	X			-		
Volkswagen	X			X		
BMW		X		X		
Mercedes	X	(X)	Suuntaus + "testiajo"		X	
Hyundai / Kia	X			X		
VOLVO		X			X	
JLR		X			X	
OPEL	X				X	
FORD		X			X	
Citroen / Peugeot	(X)	X	Eri tapoja, riippuu tunnistimista		X	
Renault	X				X	
Fiat / Jeep	(X)	X	Muuttumassa staattiseksi	(X)	X	Eri tapoja, riippuu tunnistimista

5 Korjaamiseen tarvittava laitteisto

5.1 Korjaamon asettamat laitteistovaatimukset

Selvitystyön tilanneella korjaamalla tehdään työnjohdon arvion mukaan päivittäin keskimäärin viisi tuulilasin vaihtoa ja noin joka kolmas tuulilasin vaihtoon tuleva henkilöauto on varustettu jonkinlaisella kalibroinnin vaativalla tunnistimella tuulilasisissa. Tuulilasin vaihtojen osuus on noin 6 % korjaamon kokonaisliikevaihdosta vuosittain. Vauriokorjaamon puolella erilaisten kuljettajaa avustavien järjestelmien huoltotyöt lisääntyvät jatkuvasti, mutta eivät ole vielä päivittäisiä. Toyota- ja Hyundai-merkkihuoltoedustuksen vuoksi kyseisiä ajoneuvoja käy korjaamalla päivittäin ja monet ajoneuvoista ovat melko uusia. Myös näiden merkkien ajoneuvoihin on esiintynyt tarvetta kuljettajaa avustavien järjestelmien huoltotöille. Kaikista korjaamalla käyvistä ajoneuvoista noin 30 % on alle viisi vuotta vanhoja.

Korjaamalla on tällä hetkellä käytössä Bosch-diagnoositestauslaitteet, Gorchi-nelipyöräsuuntauslaite sekä Toyota- ja Hyundai-diagnoositestauslaitteet. Näiden jo käytössä olevien työkalujen mahdollinen hyödyntäminen tulisi ottaa huomioon kalibrointilaitteistoja vertailtaessa.

Korjaamon asettamat vaatimukset hankittaville kalibrointilaitteille ovat seuraavat:

- suoritua mahdollisimman monen ajoneuvomerkin tuulilasikameroiden huoltotöistä tuulilasin vaihdon yhteydessä
- suoritua mahdollisimman monen ajoneuvomerkin tuulilasikameroiden ja tutkattunnistimien huoltotöistä kolarikorjausten yhteydessä
- suoritua maahantuojien asettamista laitteistovaatimuksista Toyotan ja Hyundain merkkihuoltojen osalta.

5.2 Toyota ja Hyundai -merkkien vaatimukset kalibrointilaitteille

Toyota ja Hyundai -merkeillä ei ole erityisiä vaatimuksia kalibrointilaitteille, ja niiden tarjoamat erikoistyökalut ovat pelkät kalibrointitaulukuviot. Sen sijaan kalibrointitaulun kohdistamisen osalta vaatimukset ovat, että kalibrointitaulu tulee asettaa mittaamalla tarkasti korjausohjeiden mukaan oikeaan kohtaan ajoneuvon eteen. Mittaustoleranssit ovat hyvin pienet, ja kalibrointitaulu kohdistetaan ajoneuvon korin keskilinjan mukaisesti. Kalibrointitauluteline, johon taulukuvio kiinnitetään, on rakennettava itse. Maahantuoijat hyväksyvät kuitenkin erilaisten kalibrointilaitteistoratkaisujen käytön, mikäli kalibrointitaulukuvio saadaan sen avulla asetettua riittävän tarkasti ajoneuvon korjausohjeissa ilmoitettuun kohtaan. [18; 19.]

5.3 Laitteistovaihtoehdot

Kuljettajaa avustavien järjestelmien kalibrointiin tarkoitettuja laitteistoratkaisuja on Suomessa saatavilla kolmelta eri valmistajalta. Seuraavaksi on esitelty erikseen nämä kolme vaihtoehtoa.

5.3.1 Bosch

Bosch tarjoaa kattavan korjaamolaite järjestelmän etukameroiden ja tutkien kalibrointiin. Kalibrointilaitteistot vaativat toimiakseen Bosch-diagnoositestaustalaitteen (KTS 350, KTS 560 tai KTS 590) lisensseineen. Boschin perussarjat kamerajärjestelmien kalibrointiin ovat DAS 800- tai DAS 1000 -työkalusarja. Nämä kaksi perussarjaa eroavat toisistaan siten, että DAS 1000 sisältää myös tutkien kalibrointityökalut. Työkalusarjoihin sisältyy aina nelipyöräsuuntauslaite, joka on valittavissa joko 3D (FWA46xx)- tai CCD (FWA44xx) -versiona. [20, s. 62.] Perussarja DAS 1000 mahdollistaa VAG-konsernin ajoneuvojen kalibrointityöt, ja se sisältää VAG-konsernin ajoneuvoissa käytettävän kalibrointitaulun sekä VAS-ohjelmiston ja ohjetiedostot. Boschin perussarjat kameroiden ja tutkien kalibrointiin on kehitetty erityisesti VAG-konsernin ajoneuvoille, ja ne täyttävät näiden merkkien kaikki valmistajan vaatimukset. [15, s.7; 20, s. 62.] Perussarjaa käytettäessä kalibrointityön alussa tehdään ajoneuvolle aina ensin pyöräsuuntauksen tarkistus, jonka jälkeen kalibrointitaulu kohdistetaan ajoneuvoon nelipyöräsuuntaustalaitteen avulla [15, s. 9]. Kuvassa 9 on DAS 1000 -perustyökalusarjan kalibrointitauluteline.

Perussarja on laajennettavissa monimerkkikorjaamon tarpeisiin SCT 141x -työkalusarjan avulla. SCT 141x -työkalusarja sisältää tarvikkeet muiden kalibrointitaulujen kiinnittämiseksi DAS 1000 -sarjan telineeseen sekä mittaustryökaluja joiden avulla kalibrointitaulu saadaan kohdistettua ajoneuvovalmistajan ohjeiden mukaan. [15, s. 13.] Toinen vaihtoehto monimerkkikorjaamon tarpeisiin on SCT 415 -työkalusarja, joka on myös ilman perussarjaa toimiva kalibrointitauluteline. SCT 415 -työkalusarjaa voidaan käyttää yhdessä perussarjan (DAS 800 tai DAS 1000) kanssa tai ilman. Ilman perussarjaa käytettäessä kalibrointitaulun kohdistus ajoneuvoon tapahtuu SCT 415 -työkalusarjaan sisältyvän linjalaserin avulla. [15, s. 20.] Tällöin kalibrointitaulu kohdistetaan ajoneuvon korin keskilinjan mukaan, jolloin ajoneuvon kulkukulma ja pyöriensuuntaus jää huomioimatta. Myös SCT 141x -työkalusarjaan voidaan valita linjalaser työkalu, jolloin kalibrointitaulun kohdistus on nopeampaa kuin pyöriensuuntaustalaitteella. [20, s. 63.]

Perussarjan sisältämää VAG-kalibrointitaulua lukuun ottamatta muut kalibrointitaulut on hankittava erikseen. Saatavilla on käytännössä kaikki kalibrointitaulut joita ajoneuvovalmistajat tällä hetkellä käyttävät. Kalibrointitauluja on saatavissa sekä erikseen että valmiiksi kootuissa (Multi-Target Starter kit 1 ja Starter kit 2) kalibrointitaulusarjoissa. [20, s. 63–65.]



Kuva 9. Bosch Das 1000 -kalibrintituluteline [15].

5.3.2 Hella Gutmann

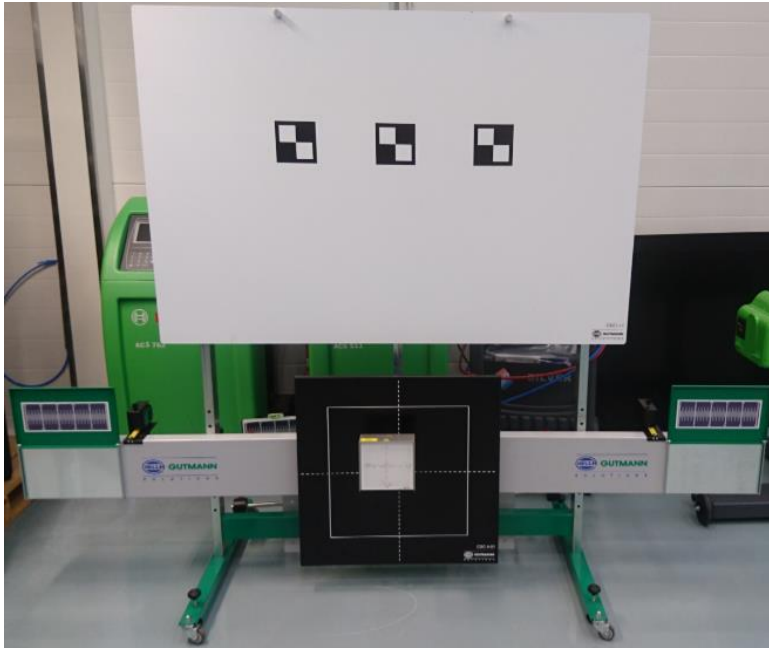
Hella Gutmannin tarjoama perustyökalusarja tuulilasikameroiden kalibrointiin on CSC-Tool. CSC-Tool-perussarja sisältää kalibrintitulutelineen sekä kalibrintitulut VAG-konsernin ja Mercedes Benz -ajoneuvojen tuulilasikameroiden kalibrointiin. CSC-Toolilla kalibrintitulut kohdistetaan ajoneuvon kulkusuunnan mukaisesti takapyöriin kiinnitettävien laserkohdistimien avulla. Tämä edellyttää, että ajoneuvon pyöriensuuntaus on tätä ennen tarkastettu ja säädetty valmistajan ohjearvoihin. Perustyökalusarja vaatii toimiakseen Hella Gutmann Mega Macs -diagnositestauslaitteen lisensseineen. Mega Macs -diagnositestauslaitetta on saatavissa tällä hetkellä neljä eri vaihtoehtoa, (Mega Macs 42SE, -PC, -56 ja -66) joista jokainen suoriutuu kamera- ja tutkajärjestelmien kalibrointitöistä. [21, s. 2.]

CSC-Tool-perustyökalusarja on laajennettavissa ajoneuvojen etututkien kalibrointiin Radar Kit 1- ja/tai Radar Kit 2 -työkalusarjoilla. Radar Kit 1 -työkalusarjaa soveltuu käytettäväksi useiden ajoneuvovalmistajien etututkien kalibrointiin. Radar Kit 2 -työkalusarja on sen sijaan tarkoitettu vain muutamissa Mercedes Benz -malleissa käytettävien etututkien säätöön ja kalibrointiin. [21, s. 8–13.] Kuvassa 10 on Hella Gutmann CSC-Tool -kalibrintituluteline, johon on kiinnitetty Radar Kit 1 -työkalusarjaan kuuluva tutkien kohdistustulut.

CSC-Tool-perussarja on laajennettavissa monimerkkikorjaamon tarpeisiin hankkimalla merkkikohtaiset kalibrintitulut joko yksittäin tai valmiiksi kootussa kuuden taulun sar-

jassa. Kaikki kalibroititaulut ovat sopivia CSC-Tool-perussarjan kalibroititaulutelineeseen. CSC-Tool on siis laajennettavissa eri ajoneuvomerkkeihin sopivaksi hankkimalla vain tarvittava kalibroititaulu, eikä muita lisähankintoja tarvita. Ajoneuvomallikohtaiset kalibroitiohjeet löytyvät aina Mega Macs -diagnoositestauslaitteesta. [21, s. 2–6.]

CSC-Tool on myös mahdollista laajentaa peruutus- ja 360°:n -kameroiden kalibrointiin erilaisilla erikseen hankittavilla lisätyökalusarjoilla [21, s.15–20].



Kuva 10. Hella Gutmann CSC-Tool -kalibroititauluteline, johon on kiinnitetty tutkien kohdistustaulu (musta taulu kuvassa). [kuva: Jussi Nikula].

5.3.3 Texa

Texa ADAS -kalibrointityökalusarja sisältää kalibroititaulutelineen laserkohdistimella, Texa-diagnoositestauslaitteen ohjelmistoineen sekä neljä etukamerataulua, kolme takakamerataulua ja yhden kalibrointimattosarjan. Nämä perussarjaan kuuluvat kalibroititaulut mahdollistavat VAG-konsernin, Mercedes Benz, Kia/Hyundai ja Renault/Smart -merkkien etukameroiden ja VAG-konsernin, Mercedes Benz ja Renault/Smart -merkkien takakameroiden kalibrointityöt. Maahantuojalla ilmoittaa tutkien kalibroinnin tapahtuvan ohjelmallisesti, eikä tutkille ole saatavissa kalibrointityökaluja. [9.] Texan kalibrointityökalulla kalibroititaulun kohdistus ajoneuvoon tapahtuu kalibroititaulutelineessä olevalla laserkohdistimella [22]. Kalibroititaulu kohdistetaan ajoneuvon korin keskilinjan

mukaisesti laserkohdistimen avulla. Tällöin ajoneuvon pyöriensuuntaus ja ajoneuvon kulkukulma jäävät huomioimatta.

Texa-kalibrintityökalusarja on laajennettavissa erikseen hankittavilla ajoneuvomerkki-kohtaisilla kalibrintitauluilla, joita on kahdeksan erilaista [9]. Kuvassa 11 on Texan kalibrintitauluteline varustettuna VAG-konsernin kalibrintitaulukuviolla.



Kuva 11. Texa-kalibrintitauluteline [9].

Taulukkoon 2 on koottu hintoineen kalibrintityökalusarjat näiltä kolmelta laitevalmistajalta, sisältäen monimerkkikorjaamolla tarvittavat lisäosat.

Taulukko 2. Eri kalibrointityökalusarjat hintoineen [9; 20; 23].

	Bosch	Hella Gutmann	Texa
Kalibrointilaitteisto (= perussarja)	Das 1000 (3D) 14500 € (alv 0 %)	CSC-Tool Basic Kit 8360 € (alv 0 %)	ADAS-kalibrointisarja 4637 € (alv 0 %)
Etututkien kalibrointi- sarja	Sisältyy perussarjaan.	CSC Radar Kit 1 2450 € (alv 0 %)	Ei saatavilla.
Monimerkkilaitteisto (sis. Toyotan ja Hyun- dain yleisimmin käyttä- mät etukamerataulut)	-SCT 1415 S1 (linjalase- rilla) 3100 € (alv 0 %) -Multi-Target shop Starter Kit 1 2800 € (alv 0 %) -Kia/Hyundai/Fiat/PSA Type 5 kalibrointitaulu 470 € (alv 0 %)	-CSC Kit -kalibrointitaulu- sarja 3440 € (alv 0 %) -Mittanauhasarja kalib- rointitaulun kohdistukseen 49 € (alv 0 %) -Kiinnityssarja kalibrointi- tauluille 49 € (alv 0 %)	-Toyota-etukamerataulu tyyppi1 250 € (alv 0 %) -Jotta sarja olisi yhtä kat- tava kuin vertailtavat mo- nimerkkisarjat, tarvitaan myös Honda-etukamera- taulu tyyppi 1, Nissan-etu- kamerataulu ja Mazda- etukamerataulu. Yhteensä 600 € (alv 0 %)
Diagnoositestauslaite ja ohjelmisto	-KTS 560 -diagnoosites- tauslaite. 2200 € (alv 0 %) -Vuosislisenssi 595 € (alv 0 %)	-Mega Macs mmPC -diag- noositestauslaite Full oh- jelmistolla 2290 € (alv 0 %) Sisältää ensimmäisen vuoden lisenssin. -Vuosislisenssi 675 € (alv 0%)	-Texa Navigator S -järjes- telmättestauslaite ja Texa Car Light -ohjelmisto en- simmäisen vuoden lisens- sillä sisältyvät perussar- jaan. -Vuosislisenssi 620 € (alv 0 %) Toimii myös rajatto- masti ilman vuosittaista päivitystä.
Hinta yhteensä (sis. vuosislisenssit)	23665 € (alv 0 %)	17313 € (alv 0 %)	5487 € (alv 0 %)

6 Loppupäätelmät

Tässä selvitystyössä oli tarkoitus antaa työn tilaajalle selkeä kuva siitä, minkälaisia kamera- ja tutkatunnistimien avulla toimivia järjestelmiä henkilöautoissa on, mitä niiden huoltotoissa tulee ottaa huomioon ja erityisesti mitä erilaisia laitteistoratkaisuja näiden järjestelmien huoltamiseen on saatavilla. Työtä tehdessä vahvistui käsitys siitä, että jo nyt liikenteessä olevissa uusissa ajoneuvoissa on hyvin usein jokin kuljettajaa avustava järjestelmä, jonka toiminta tulee ottaa huomioon korjaamalla etenkin vauriokorjausten ja tuulilasienvaihtojen yhteydessä. Tarve näiden järjestelmien huoltamiseen tulee varmasti vielä lisääntymään lähivuosina. Tulevaisuudessa voisi ajatella myös vakuutusyhtiöiden vaativan kamera- ja tutkajärjestelmien kalibroinnin ja työn dokumentoinnin korjausten yhteydessä. Onhan suurin osa näistä järjestelmistä erilaisia turvajärjestelmiä, joiden toimimattomuus esimerkiksi huolimattomien korjaustöiden seurauksena voisi olla kohtalokasta. Suurin osa korjaamalla tehtävistä vauriokorjauksista on vakuutusyhtiölle tehtäviä töitä ja tuulilasienvaihtojen valtaosa. Tähän mennessä vakuutusyhtiöiltä ei ole tullut erityisvaatimuksia kamera- ja tutkajärjestelmien kalibrointitöiden tekemiseen.

Eri kalibrointilaitteistojen väliltä löytyi ehkä yllättävänkin paljon eroavaisuuksia. Eroavaisuuksia on niin laitteistojen hinnoissa, käytettävyydessä kuin tarkkuudessaakin. Boschin laitteisto on vertailluista vaihtoehdoista varmasti mittaustarkkuudeltaan tarkin ja täyttää tällä hetkellä kaikkien ajoneuvovalmistajien vaatimukset. Bosch on myös hankintahinnaltaan kallein. Hankintahintaa voisi kuitenkin pitää kohtuullisena muihin vastaaviin (= Hella Gutmann) laitteistoihin verrattuna, koska hintaan sisältyy 3D-nelipyöräsuuntauslaite. Jos korjaamalla on lähivuosina tarvetta uusien nelipyöräsuuntauslaitteiden, olisi Boschin järjestelmä varmasti järkevä ja taloudellisesti kannattava hankinta. Ilman nelipyöräsuuntauslaitteiden uusimista tulee myös ongelma laitteiston sijoittamisessa korjaamolle, koska käytössä on jo nyt maksimimäärä nostinpaikkoja. Korjaamalla jo käytössä oleva Boschin diagnoositestauslaitteen hyödyntäminen kalibrointitöissä voi olla käytännössä vaikeaa, koska diagnoositestauslaite on jo nyt jatkuvasti käytössä muissa korjaustöissä. Tästä johtuen hintavertailua tehtäessä on otettu huomioon myös uuden Bosch-diagnoositestauslaitteen hankinta ja sen vuosilisenssin hinta. Boschin laitteiston ehkäpä ainoa puute tällä hetkellä on 360°- ja peruuskameroiden kalibrointityökalujen puuttuminen työkaluvalikoimasta.

Hella Gutmannin laitteisto on myös erittäin varteenotettava vaihtoehto monimerkkikorjaamon tarpeisiin. Se täyttää valtaosan eri ajoneuvovalmistajien asettamista tarkkuusvaatimuksista. Käytännössä laitteistolla pystyy tekemään kalibroinnit myös kaikkein tiukimpien tarkkuusvaatimusten vaatimiin ajoneuvomerkkeihin, kuten VAG-konsernin ajoneuvot. Mittaustarkkuus Boschin laitteistoon verrattuna ei liene ratkaisevasti huonompi, vaan ero on lähinnä kalibroitumisen suorittamistavassa ja kalibroitumisen esivalmisteluissa. Hella Gutmannin laitteiston eduiksi voidaan laskea sen liikuteltavuus korjaamalla esimerkiksi viereiselle nostinpaikalle, koska sitä käytetään ilman nelipyöräsuuntauslaitetta. Hella Gutmannin laitteisto tarvitsee vain tasaisen ja riittävän suuren lattiatilan mahdollistamaan kalibroitumisen. Hella Gutmannin Mega Macs -diagnoositestauslaite toimisi varmasti hyvin yleistestauslaitteena vauriokorjaamon puolella.

Texan kameroiden kalibroitumislaitteisto vaikuttaa hieman kevyeltä ratkaisulta autokorjaamon tarpeisiin. Sen mittaustarkkuus ei ole muiden vertailtavien laitteistojen tasolla, koska ainoa tapa kohdistaa kalibroitumistaulu on linjalaser. Tämä kalibroitumistapa ei täytä tällä hetkellä läheskään kaikkien ajoneuvovalmistajien vaatimuksia ja ongelmia voi tulla näissä ajoneuvoissa myös käytännössä, koska mittaustarkkuus on heikko. Texan laitteisto olisi kuitenkin tarkkuudeltaan ja toiminnoiltaan riittävä Toyota- ja Hyundai-merkkien etukameroiden kalibroitumisiin. Texan laitteiston suurin puutos on tutkien kalibroitumismahdollisuuden puuttuminen kokonaan ja se on ratkaiseva osa hankittavan laitteiston käyttötarvetta. Kameroiden kalibroitumistaulujen valikoima ei myöskään ole tällä hetkellä kovin laaja, mistä voidaan päätellä, että laitteiston päivitettävyyden uusiin ajoneuvomalleihin ei ole yhtä nopeaa ja varmaa kuin vertailtavissa laitteistoissa. Texan laitteiston edut puolestaan ovat edullinen hankintahinta, helppo siirrettävyys korjaamalla ja Texa Navigator -diagnoositestauslaite, joka toimisi hyvin yleistestauslaitteena vauriokorjaamon puolella.

Yhteenvetona voidaan todeta, että Bosch ja Hella Gutmann -laitteistot ovat erittäin suositeltavia ratkaisuja kamera- ja tutkajärjestelmien kalibroitumisiin monimerkkikorjaamalla. Ratkaisevat erot näiden järjestelmien hankinnan välillä ovatkin nelipyöräsuuntauslaitteen uusiminen korjaamalla ja se, halutaanko korjaamon diagnoositestauslaitteistona käyttää vain Bosch-testauslaitteita vai otetaanko sen rinnalle Hella Gutmann -diagnoositestauslaitteisto.

Lähteet

- 1 Automotive Handbook. 2014. Robert Bosch GmbH: Karlsruhe.
- 2 ADAS Sensing – Using Thermal Sensing in ADAS Systems. Verkkoaineisto. AZO Sensors. <<https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=862>>. Luettu 22.1.2018.
- 3 ADAS Windscreen Camera Calibration. Verkkoaineisto. The Windscreen company. <<https://www.youtube.com/watch?v=3JvJhvf0pic>>. Luettu 6.2.2017.
- 4 This is VW's plan for semi-autonomous, smartphone-friendly driving. Verkkoaineisto. Slash Gear. <<https://www.slashgear.com/this-is-vws-plan-for-semi-autonomous-smartphone-friendly-driving-29394807/>>. Luettu 29.1.2018.
- 5 Lane Keeping Assist Systems Explained. Verkkoaineisto. Autoevolution. <<https://www.autoevolution.com/news/lane-keeping-assist-systems-explained-25459.html#>>. Luettu 29.1.2018.
- 6 New Kia Optima Features. Verkkoaineisto. KIA motors. <<http://www.kia.com/ie/new-cars/optima/discover/>>. Luettu 5.2.2018.
- 7 First drive review – Audi A4 2015. Verkkoaineisto. The Sunday Times Driving. <<https://www.driving.co.uk/car-reviews/first-drive-review-audi-a4-2015/>>. Luettu 5.2.2018.
- 8 Kuljettajan tukijärjestelmät. Verkkoaineisto. Diagno Finland Oy. <<http://diagno.fi/kuljettajan-tukijarjestelmat-adas>>. Luettu 5.2.2018.
- 9 Tutkien ja kameroiden kalibrointi. Verkkoaineisto. Suomen Työkalu Oy. <<https://www.suomentyokalu.fi/korjaamolaitteet/testaus-saato-ja-huolto/tutkien-ja-kameroiden-kalibrointi/texa-adas-kalibrointisarja-p-9213.html>>. Luettu 19.2.2018.
- 10 Be clear over windscreen sensor recalibration. Verkkoaineisto. Fleet News. <<https://www.fleetnews.co.uk/fleet-management/service-maintenance-and-repair/be-clear-over-windscreen-sensor-recalibration>>. Luettu 19.2.2018.
- 11 The car knows feeling sleepy – Latest Mercedes concept. Verkkajulkaisu. Daily Mail. <<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2889996/The-car-knows-feeling-sleepy-Latest-Mercedes-concept-controls-doze-wheel.html>>. Luettu 26.3.2018.
- 12 Bartanen Jason. 2017. Damage analysis for ADAS and driver convenience systems. Verkkoaineisto. Searchautoparts. <<http://www.searchautoparts.com/nace-automechanika/commitment-training/damage-analysis-adas-and-driver-convenience-systems?page=0,2>>. Luettu 19.2.2018.

- 13 ADAS working group publishes draft code of practice. Verkkoaineisto. Automotive Glazing Academy. <<http://aga.uk.net/2016/03/15/adas-code-of-practice/>>. Luettu 19.2.2018
- 14 KTS&Esi[tronic]-ADAS Support. Koulutusmateriaali. 2018. Robert Bosch GmbH.
- 15 ADAS Ratkaisut. Koulutusmateriaali. 2017. Robert Bosch GmbH.
- 16 What is ADAS?. Verkkoaineisto. Autoglass. <<http://www.autoglass.ie/advanced-driver-assistance-system/>> Luettu 26.2.2018.
- 17 Kuljettajan tukijärjestelmät (ADAS), Tunnistinteknologia ja huoltotoimenpiteet. Koulutusmateriaali. 2017. Hella Gutmann Solutions.
- 18 Pre-Crash Safety System, Front Sensor Adjustment, Avensis WWT271, Repair manual. Toyota korjausohjeet Tech Doc. 2018. Toyota Motor Europe.
- 19 Front view camera system, Repair procedures, Ioniq 2017. Hyundai korjausohjeet, CCS. 2018. Hyundai Motor Corporation.
- 20 Price book v. 9.1. Korjaamotuotehinnasto. 2018. Robert Bosch Finland.
- 21 Kuljettajan tukijärjestelmien (ADAS) kalibrointi, CSC-Tool ja lisätarvikkeet. Tuoteinformaatio. 2018. Hella Gutmann Solutions.
- 22 ADAS cameras calibration solutions. Verkkoaineisto. TEXA S.p.A. <<https://www.texa.com/products/video-camera-calibration-kit>> Luettu 25.3.2018.
- 23 Kamera- ja tutkakalibrointi, valojen suuntaus. Tuotehinnasto. 2018. Hella Gutmann Solutions.

