

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2025

Netta Kari

# Autokoritekniikka ja automaalaus

– opetusmateriaali ajoneuvotekniikan  
koulutusohjelmaan



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2025 | 46 sivua

Netta Kari

## Autokoritekniikka ja automaalaus

- opetusmateriaali ajoneuvotekniikan koulutusohjelmaan

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan ja tuotetaan opetusmateriaali Turun ammattikorkeakoulun autokoritekniikan ja automaalauksen kurssitoteutuksille. Aiemmin opetussuunnitelmassa olleita kurssitoteutuksia on jouduttu muokkaamaan, ja näin ollen myös sisältöjen päivittäminen oli ajankohtaista.

Tutkimuksellisessa opinnäytetyössä kartoitetaan työelämän tarpeet ja toiveet opetuksen sisällöstä, perehdytään kurssisisältöjen aiheisiin ja tuotetaan opetusmateriaali sekä oppimista mittaavat menetelmät kurssitoteutuksia varten. Opinnäytetyössä perehdytään kummankin kurssitoteutuksen opetusmateriaaleissa käsiteltäviin aihealueisiin tiivistetysti ja kuvataan opetukselliset tavat toteuttaa kurssia.

Tehdyn tutkimuksen perusteella voidaan todeta työelämän tarvitsevan autoalalle tekijöitä, joilla on monialaista osaamista. Työntekijältä odotetaan korikorjauksen ja maalauksen kokonaisprosessin hallintaa. Opinnäytetyön lopputuloksena Turun ammattikorkeakoulun ajoneuvotekniikan koulutusohjelma sai käyttökelpoiset ja tilaajan tarpeita vastaavat opetusmateriaalit autokoritekniikan ja automaalauksen kursseille.

Asiasanat:

Autokoritekniikka, automaalaus, opetusmateriaali

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2025 | 46 pages

Netta Kari

## Car body technology and car painting

- teaching material for the degree programme in automotive engineering

In this research-oriented Bachelor's thesis examined the needs and wishes of car workshop business related to the content and knowledge of the teaching of future automotive technology engineers. The aim of the thesis was to update and create teaching material for the course implementations of Turku University of Applied Sciences' automotive engineering degree programme. For these courses, the curriculum had to be modified and as a result, updated course materials were created.

The survey of what companies expect from their employees reached the personnel of car body repair shops from the employee level to the management level. The survey involved organizations representing different car brands, as well as multi-brand repair shops and insurance company claims inspectors. The thesis examined the subject areas of car body technology and car painting in a condensed manner and described the educational ways in which courses are carried out.

As a result of the research, it can be stated that companies need employees with multidisciplinary expertise in the automotive sector. In terms of car body repair and painting, this means the ability to understand the entire repair process. The employee is expected to be able to understand the practical tasks of body repair and painting, so that the organization of workshop operations is as efficient as possible. In addition to this, one must be able to operate in a customer-oriented manner, considering the efficiency and objectives of the workshop.

Keywords:

Car body technology, car painting, teaching materials

# Sisältö

<b>Käytetyt lyhenteet tai sanasto</b>	<b>7</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>8</b>
<b>2 Autokorit ja valmistus</b>	<b>11</b>
2.1 Autovalmistuksen lyhyt historia	11
2.2 Itsekantava kori	12
2.3 Erilliskori	13
<b>3 Metallurgia</b>	<b>15</b>
3.1 Hilarakenne	15
3.1.1 Tilakeskeinen kuutiohila	16
3.1.2 Pintakeskeinen kuutiohila	17
3.1.3 Heksagoginen hila	17
3.2 Hilaviat	18
3.3 Lämpötilan vaikutus	18
3.4 Kimoinen ja plastinen muodonmuutos	20
<b>4 Metallin työstettävyys ja liittämistavat vauriokorjauksessa</b>	<b>22</b>
4.1 MIG/MAG-hitsaus	22
4.2 TIG-hitsaus	26
4.3 Pistehitsaus	28
4.4 Liimaus	30
4.5 PDR-korjausmenetelmä	31
4.6 Työvälineiden esittely	33
<b>5 Muovit</b>	<b>36</b>
5.1 Muovien luokittelu	36
5.2 Muovien korjattavuus	36
<b>6 Korivaurion määrittely</b>	<b>37</b>
6.1 CABAS	37

<b>7 Asiakaspalvelu</b>	<b>39</b>
<b>8 Automaalaus</b>	<b>40</b>
8.1 Automaalit	40
8.2 Korjausmaalauksen ympäristö- ja terveysvaikutukset	41
8.2.1 Tuote-VOC -asetus ja rajoitustoimet	42
8.2.2 Isosyanaatit	43
8.2.3 Henkilösuojaus	44
<b>9 Yhteenveto ja pohdinta</b>	<b>45</b>
<b>Lähteet</b>	<b>46</b>

## Kuvat

Kuva 1. Auton kori (Suomen autolehti 2010). .....	11
Kuva 2. Itsekantava kori. Lamborghini Aventador LP 700-4 chassis (J. Smith831 2011). .....	12
Kuva 3. Voimien välittyminen korirakenteessa törmäystilanteessa (Heiskanen 2008). .....	13
Kuva 4. Tikapuurunko (Volvo Trucks 2025). .....	14
Kuva 5. Hilarakenne. ....	16
Kuva 6. Tilakeskeinen kuutiohila. ....	16
Kuva 7. Pintakeskeinen kuutiohila. ....	17
Kuva 8. Heksagoginen hila. ....	18
Kuva 9. Rauta-hiili-olotilapiirros. ....	19
Kuva 10. Jännitysvenymäpiirros. ....	20
Kuva 11. Dislokaatioita ja niiden liike (Laitinen ym. 1990, 65). ....	21
Kuva 12. Suojakaasu SK-25. ....	23
Kuva 13. Suojakaasupullo hitsauskoneessa. ....	24
Kuva 14. MAG-hitsauskone. ....	25

Kuva 15. MAG-hitsauskoneen suutin.....	25
Kuva 16. MIG/MAG-hitsauksen periaate (Perälä & Perälä 2009, 12). .....	26
Kuva 17. TIG-hitsauslaite.....	27
Kuva 18. TIG-hitsaussuutin.....	27
Kuva 19. TIG-hitsauksen periaate.....	28
Kuva 20. Pistehitsauskone.....	29
Kuva 21. Pistehitsauskärjet.....	29
Kuva 22. Pistehitsauksen periaate (Perälä & Perälä 2009, 66). .....	30
Kuva 23. Liimaus auton valmistuksessa (Valmet automotive 2025). .....	31
Kuva 24. Lommo lokasuojassa (Incar 2025). .....	32
Kuva 25. PDR-korjaus (Incar 2025). .....	32
Kuva 26. PDR-työvälinelaukku.....	33
Kuva 27. PDR-työvälineitä. ....	33
Kuva 28. Ilmatyyny lommon oikaisuun.....	34
Kuva 29. Imukuppi lommon oikaisuun. ....	35
Kuva 30. Imukuppi. ....	35

## Taulukot

Taulukko 1. VOC-yhdisteiden raja-arvot.

42

## Käytetyt lyhenteet tai sanasto

Dispergoitu	Tasaisesti sekoittuva
Emulsio	Kahden toisiinsa sekoittumattoman nesteen seos
Inertti	Ympäristön kanssa reagoimaton
op	Opintopiste
PDR	Paintless damage repair – maalia rikkomaton korjaus
TUAS	Turku University of Applied Sciences – Turun ammattikorkeakoulu

# 1 Johdanto

Turun ammattikorkeakoulu järjestää ajoneuvo- ja kuljetustekniikan (insinööri AMK) koulutusta, jonka kurssitarjontaan sisältyy autokoritekniikan ja automaalauksen kurssi.

Tällä hetkellä Turun ammattikorkeakoulu (myöh. TUAS) ostaa opetuksen ulkopuoliselta kouluttajalta. Toteutusta on jo pidempään toteutettu automaalaukseen tarvittavien tilojen osalta yhteistyössä Turun ammatti-instituutin kanssa ja nyt kehittämistavoitteena on sekä tiivistää näiden kahden opetusorganisaation yhteistyötoimintaa että tehdä ko. kurssien toteutuksesta ammattikorkeakoululle kustannustehokkaampi malli. Tätä kehittämistavoitetta tukien tässä opinnäytetyössä on tavoitteena ollut toteuttaa opetusmateriaali ko. kurssien opetuksen toteutukseen. Tuotettua opetusmateriaalia voivat käyttää kyseistä kurssia toteuttavat, ammattikorkeakoulun ja/tai yhteistyöoppilaitoksen opettajat. Opetusta pyritään mahdollisesti myös tulevaisuudessa toteuttamaan osittain ristiin yhteistyöoppilaitosten välillä, mutta se on oma kehittämistehtävänsä erikseen.

Ajoneuvotekniikan insinöörit työskentelevät korjaamotoiminnassa, kulkuväline- tai työkoneteollisuudessa, ajoneuvokatsastuksessa tai ajoneuvojen vakuuttamisen parissa (TUAS 2025). Kurssien oppimistavoitteet, joihin opetusmateriaali pohjaa, ovat seuraavat:

Koritekniikan opintojakson suoritettuaan opiskelija tuntee auton korin rakennemateriaalit, liittämistekniikat, korroosioneston ja eri korikorjausmenetelmiä. Opiskelija osaa käyttää CABAS-ohjelmistoa vauriokorjausten kustannusten määrittämiseen.

Automaalauksen opintojakson tavoitteena on perehdyttää opiskelija automaalauksen perusteisiin. Suoritettuaan opintojakson opiskelija tuntee auton (korjaus)maalauksen peruseriaatteet, siihen liittyviä ympäristövaikutuksia ja VOC-lainsäädännön. Opiskelija ymmärtää myös ajoneuvomaalauksen toimintaperiaatteita ja yleisesti käytössä olevia maalilajeja.

Pohjana opetusmateriaalien tuottamiseen oli aiemman kurssitoteutuksen sisällön tiedot (itse opetusmateriaaleja ei ollut saatavilla). Aiemmin kurssi oli toteutettu yhtenä 5 opintopisteen kokonaisuutena, joka sisälsi sekä autokoritekniikkaa että automaalauksia. Kerätyn opiskelijapalautteen ja käytännön kokemuksen myötä kurssi on kuitenkin nykyään jaettu kahteen osaan; autokoritekniikka 3 op ja automaalauksia 2 op. Aiempi kurssitoteutus oli myös ollut jo useamman vuoden käytössä, joten oli ajankohtaista kartoittaa se, miten kurssisisältöä päivitetään vastaamaan paremmin tämän hetken ja tulevaisuuden työelämän tarvetta autoinsinöörien opetuksen osalta.

Tarvekartoitus toteutettiin yksinkertaisella kyselytutkimuksella eri korjaamoorganisaatioiden työntekijöitä haastatteleamalla. Haastateltavat henkilöt työskentelivät joko korimekaanikkoina ja/tai maalareina eli olivat niitä, joiden lähiesihenkilöiksi usein autoinsinöörit työllistyvät. Myös vauriokorjaamon työnjohton henkilöitä haastateltiin sekä korjaamotoiminnan vastuuhenkilöitä (korjaamopäälliköitä). Näiden lisäksi muutamien vakuutusyhtiöiden korvauskäsittelijöitä vastasi kyselyyn. Kyselyllä kartoitettiin sitä, minkälaista osaamista tulevilta autoinsinööreiltä odotetaan työelämän

näkökulmasta ja toisaalta sitä, minkälainen osaaminen ei tänä päivänä enää palvele työelämän odotuksia.

Pääasiallisesti kyselystä nousi esiin kaksi suurinta pääkohtaa; vauriokorjauksien laskennassa käytettävän CABAS-järjestelmän käytön osaaminen ja yleisesti ymmärrys siitä, mitä vauriokorjauksen erilaiset toimenpiteet todellisuudessa vaativat mekaanikolta ja maalarilta sekä minkälainen ajankäyttö vauriokorjauksiin on suunniteltava. Näiden jälkeen tärkeänä kolmantena seikkana nousi esiin asiakaspalvelutaidot ja perusymmärrys korjaamon tunnusluvuista sekä niihin vaikuttavista tekijöistä.

Työssä lähdettiin siis suunnittelemaan opetuskokonaisuutta pohjaten näihin työelämän nostamiin tarpeisiin. Teoriataustallisesti niin kolarivauriokorjauksissa kuin korroosiovaurioiden työstämisessä on ymmärrettävä eri materiaalien ominaisuuksia, auton perusrakennetta sekä kokonaisuus; miten mikäkin käytännön toimenpide vaikuttaa esimerkiksi auton kolariturvallisuuteen. Korjauksissa on myös huomioitava eri autovalmistajien vaatimukset. Pääasiallisesti autokorjaukset painottuvat kolarivaurioiden korjauksiin, joten tässä työssä painotus myös opetusmateriaaleissa keskittyy niihin. Korroosiovaurioiden käsittely jää vähemmälle, mutta sitä käsitellään opetusmateriaalissa korivauriokorjausten ohella.

Kolarivauriokorjausten viimeistelyyn liittyy vahvasti automaalaus ja siihen liittyvät toimet sekä ympäristövaikutukset. Näiden osuus on opetusmateriaaleissa jaettu omaan luentokokonaisuuteen. Tässä opinnäytetyössä käsitellään niiden teoriataustaa korirakenteiden teorian jälkeen, joskin vauriokorjauksessa ei voida koskaan näitä kahta irrottaa toisistaan vaan molemmissa toimissa on huomioitava toisen osa-alueen toimet.

Opetuskokonaisuus on suunniteltu toteutettavaksi niin, että ensin käydään teoriapainotteisesti läpi auton korirakenteita, eri materiaalien ominaisuuksia sekä työstettävyyttä. Tämän jälkeen siirrytään kolarivaurioiden määrittelyyn ja korjaamoilla käytettävän CABAS-ohjelmiston käyttöön. Lopuksi käsitellään asiakaspalvelua vauriolaskennan ja korjaamon tunnuslukujen yhteydessä.

Maalauskurssin osalta ensin käsitellään korjausmaalaus yleisesti, jonka jälkeen pureudutaan automaaleihin, itse maalausprosessiin, maalauksen säännöksiin ja ympäristövaikutuksiin. Koska kurssit ovat erillisiä kokonaisuuksia, käsitellään myös maalauskurssin aikana asiakaspalvelun perusteita tukeutuen korjaamotoiminnan tunnuslukuihin, ja osana maalauksen kurssia on tarkoitus toteuttaa käytännön harjoittelua yhden päivän kestoisena opetuskertana.

Opetuskokonaisuus rakentuu eri aihealueiden mukaan jaotelluista luentomateriaaleista toteutettuina PowerPoint-esityksinä. Opetusmateriaali jää käyttöön minulle itselleni niiden tekijänä ja tilaajalle eli Turun ammattikorkeakoulun ajoneuvotekniikan opettajille. Materiaaleja täydentämään on tarkoitus hyödyntää ajantasaisia tutkimus- ja koulutusmateriaaleja eri aihealueiden piiristä. Nykypäivänä kehitys myös vauriokorjauksen osalta on niin nopeaa, että päivittäminen on välttämätöntä, jotta insinööriopiskelijoille jaetaan tietoa mahdollisimman ajantasaisena.

Opetuskokonaisuudessa hyödynnetään erilaisia oppimisen ja opettamisen malleja. Yhtenä esimerkkinä kokemuksellinen oppiminen, jonka lähtökohtana oppiminen rakentuu konkreettisten kokemusten ja toiminnan varaan, jotka sitten reflektoidaan kohti ilmiöiden teoreettista ymmärtämistä ja parempien toimintamallien löytämistä. Olennainen osa tätä näkemystä on korostaa kokemusten ja elämysten sekä

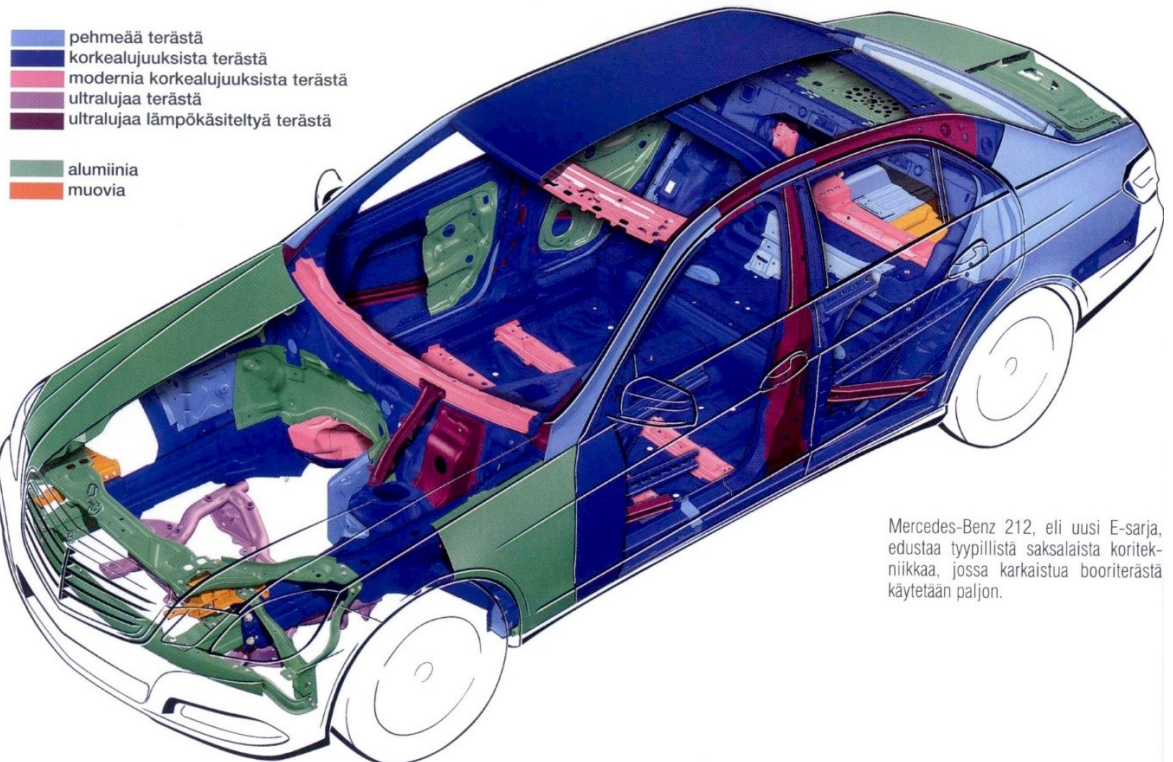
itsereflektion merkitystä oppimisprosessissa. (von Wright & Rauste-von Wright 1992, 212–214.)

Kokemuksellisen oppimisen mallia toteutetaan korikorjauskurssilla käytännön harjoittein, muun muassa CABAS-vauriolaskentaan liittyvän laskelman toteutuksella ja maalauskurssilla ruiskumaalausharjoittelun avulla. Kokemuksellisen oppimisen mallit tukevat myös tilaajan toivetta oppimisen seurannasta kurssikokeen ja tehtävien avulla.

## 2 Autokorit ja valmistus

Nykypäivänä korirakenteiden suunnittelussa pyritään jatkuvasti kehittämään eri materiaalien käyttöä. Heiskanen ym. (2000, 7) ovat jo vuosituhannen alun opetuskirjallisuudessa maininneet korirakenteiden käytössä olevan eri metalliseoksia vahvoista suurlujuusteräksistä kevyisiin alumiiniseoksiin sekä näiden lisäksi erikoisvalmisteisissa autoissa myös erilaisia kuitu- ja komposiittirakenteita.

SUOMEN AUTOLEHTI 2/2010



Kuva 1. Auton kori (Suomen autolehti 2010).

Yksi ajoneuvovalmistuksen historiasta nostettava seikka on erillis- ja itsekantavat korirakenteet. Molempia on ajoneuvovalmistuksessa edelleen käytössä, mutta niiden käyttökohteet eroavat suuresti toisistaan. Näiden eroja käsitellään tässä työssä tiivistetysti.

### 2.1 Autovalmistuksen lyhyt historia

Ensimmäinen tiedossa oleva polttomoottorilla varustettu auto on Karl Benzin kehittämä Motorwagen v. 1886 (Mercedes-Benz Group 2025).

Ensimmäisissä autojen kehityksen alkutaipaleen tuotoksissa korirakenteet ovat jäljitelleet hevosvaunuja ja materiaalina käytettiin puuta sen työstettävyyden takia. Tästä on kuitenkin siirrytty ensimmäisen maailmansodan jälkeen hitaasti autojen sarjavalmistukseen ja puusta korimateriaalina on luovuttu noin 1930-luvun tienoilla. Puusta luopumisen on mahdollistanut metallin työstövälineiden kehitys ja tarve kehittää autojen kestävyyttä ja ajettavuutta. Pääasiallinen autokorirakenteen materiaali on puun jälkeen ollut teräs. (Eriksson 1964, 85–87.)

## 2.2 Itsekantava kori

Teknisen rakenteen osalta itsekantavan korin toteutuksessa koko auton kori muodostaa kantavan rakenteen eli "kuoren", joka jakaa kuormat ja voimat koko korin alueelle. Alustan ja korin rakenteet ovat integroituja, mikä tekee auton rakenteesta kevyemmän ja jäykemmän. Itsekantavaa koria käytetään pääasiallisesti monokokkirakenteena, jossa koko kori on suunniteltu toimimaan yhtenäisenä rakenteena.

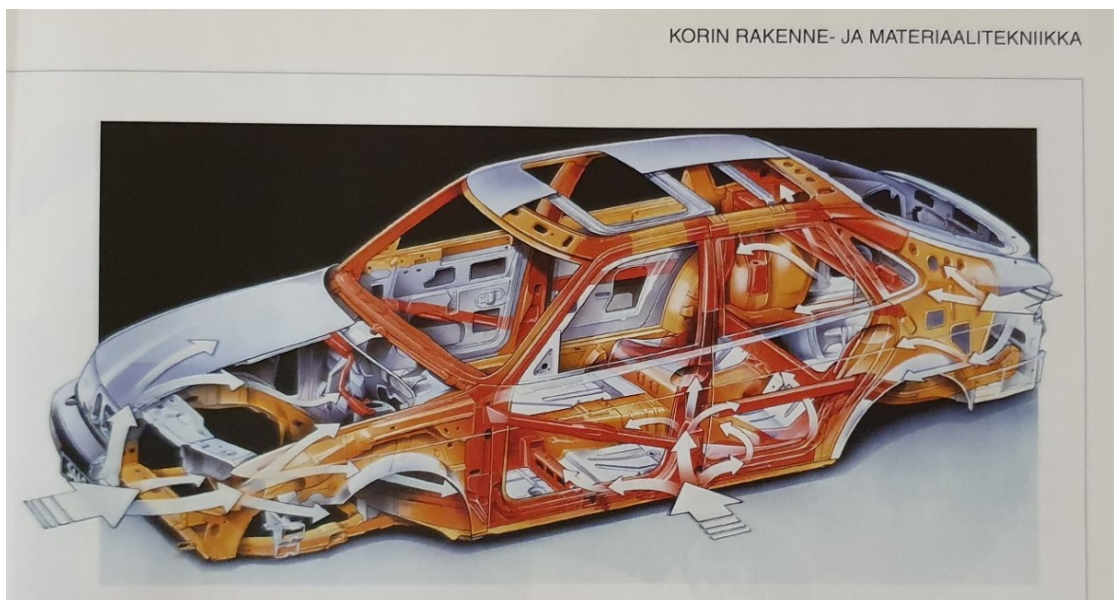


Kuva 2. Itsekantava kori. Lamborghini Aventador LP 700-4 chassis (J. Smith831 2011).

Nykyään itsekantava kori on yleisin korirakenne henkilöautoissa sen keveyden, aerodynamiikan ja muotoilun joustavuuden vuoksi. Myös kolariturvallisuuden kannalta itsekantavan korin osalta törmäysvoimat jakautuvat koko korin alueelle vähentäen näin vaurioiden kohdistumista vain yhteen kohtaan. (Eriksson 1964, 92–94; Heiskanen ym. 2000, 15–17.)

Itsekantavan korin suunnittelussa pyritään toteuttamaan erillisiä törmäysvyöhykkeitä, jotka on suunniteltu absorboimaan törmäysenergiaa mahdollisimman paljon ja näin

vähentämään matkustamoon kohdistuvia törmäysvoimia lisäten näin matkustamossa olevien henkilöiden turvallisuutta kolaritilanteissa (Mercedes-Benz 2018). Käytännön esimerkkinä ajoneuvon etuosaan kohdistuvan törmäyksen vaikutuksesta etuosa painuu kasaan ja sitoo törmäysenergiaa itseensä.



Kuva 3. Voimien välittyminen korirakenteessa törmäystilanteessa (Heiskanen 2008).

Itsekantavan korin korjaamisessa on otettava huomioon mahdollisen kolarivahingon vaikutukset koko korirakenteeseen. Tämä lisää korikorjauksen haastavuutta erilliskoriin verrattuna. Nykypäivänä nämä erot näkyvät käytännössä eniten henkilöautojen ja raskaan ajoneuvokaluston välillä vauriokorjauksessa.

### 2.3 Erilliskori

Teknisen rakenteen osalta erilliskori tarkoittaa kaikessa yksinkertaisuudessaan sitä, että autossa on erillinen alusta eli runko, johon kori kiinnitetään pulttiliitoksilla. Runko kantaa kuormat, ja kori toimii matkustamo- ja/tai kuormatiloina.

Yleisimpiä rungon tyyppejä ovat tikapuurunko, X-runko ja palkkirunko (Kiiskinen ym. ,129).



Kuva 4. Tikapuurunko (Volvo Trucks 2025).

Erilliskori oli vallitseva rakenne autojen alkuvaiheessa 1900-luvun alussa sen yksinkertaisuuden ja helpon valmistustavan vuoksi. Vaikka itsekantavat korit ovat syrjäyttäneet erilliskorit henkilöautojen valmistuksessa jo arviolta 1950-luvulta lähtien, käytetään erilliskoreja edelleen raskaissa hyötyajoneuvoissa, linja-autoissa ja joissain maastokäyttöön suunnitelluissa ajoneuvoissa. Erilliskorit ovat jääneet näihin toteutuksiin niiden paremman kuormankantokyvyn ja kestävyuden vuoksi. (Eriksson 1964, 90–93.)

Korikorjauksen ja kolariturvallisuuden näkökulmasta mahdolliset runkovauriot eivät välttämättä aiheuta matkustamoon/tavarankuljetustilaan vaurioita ja toisaalta vaurioituneet korinosat voidaan vaihtaa uusimatta ehjänä säilynyttä runkoa. Kolariturvallisuuden haittoja voidaan tosin nähdä matkustamoon kohdistuvien voimakkaampien törmäysvoimien puolesta, kun erilliskori ei absorboi törmäysvoimia yhtä tehokkaasti kuin itsekantava kori. Painavampi rakenne myös vaikuttaa auton käyttöön, ajettavuuteen ja esimerkiksi polttoainekulutukseen.

## 3 Metallurgia

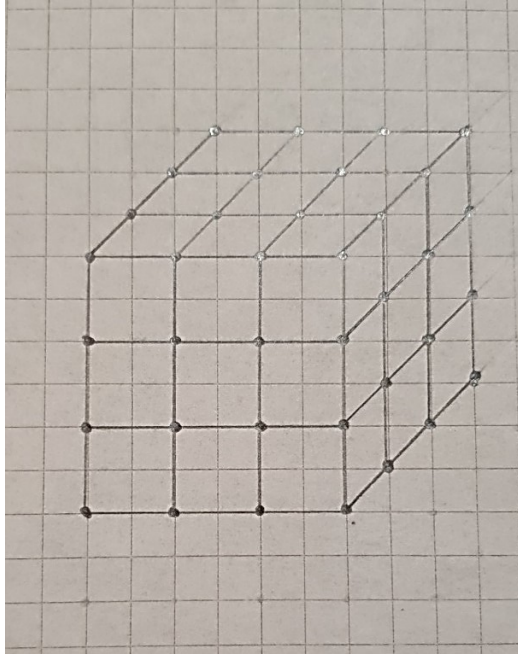
Ajoneuvojen valmistuksessa käytettävien metallien valintaan vaikuttavat niiden lujuus, keveys, korroosionkestävyys, työstettävyys ja kustannukset. Metallurgian näkökulmasta tärkeimpiä ovat materiaalien mikrorakenne, mekaaniset ominaisuudet ja muokattavuus (Laitinen ym. 1990, 10–14). Opetusmateriaalissa käsitellään metallien ominaisuuksia yleisellä tasolla, jotta opetuskokonaisuus antaa ymmärryksen siitä, miten ja miksi eri materiaaleja käytetään ajoneuvojen korirakenteissa.

Raaka-aineiden tärkeimmät ominaisuudet ilmoitetaan yleensä lujuusarvoina, joka tarkoittaa sitä, minkälainen kyky materiaalilla on kestää ulkoisia voimia. Erilaisia raaka-aineeseen kohdistuvia ulkoisia voimia ovat puristus, veto, taivutus, vääntö, leikkaus. Metallin osalta keskeisiä käsitteitä ovat myös murtolujuus, kimmoisuus, kovuus sekä sitkeys ja hauraus. Kemiallinen kestävyys on myös huomioitava, ja tätä osa-aluetta käsitellään automaalaukseen opetusmateriaaleissa perusteellisemmin korroosiosuojauksen yhteydessä.

Metallin sisäinen rakenne koostuu rakeista ja niiden kokoon sekä metallin ominaisuuksiin vaikuttaa mm. lämpö ja metallin muokkauksesta aiheutuvat muutokset (Ansaharju ym. 1981, 15–17). Yksi autokoritekniikan keskeisimpiä asioita on ymmärtää metallin ominaisuuksia ja niiden muutoksia.

### 3.1 Hilarakenne

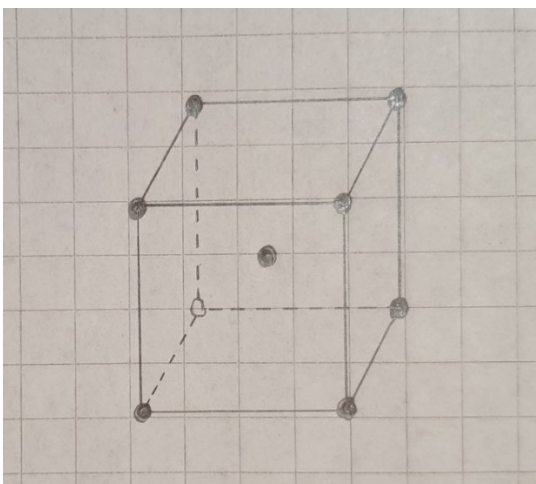
Metalliatomit järjestäytyvät säännölliseen, toistuvaan kolmiulotteiseen rakenteeseen, jota kutsutaan hilarakenteeksi tai kidehilaksi. Tämä on nk. atomien perusjärjestys, jossa materiaalin atomit, jotka voidaan kuvitella palloiksi, asettuvat metallin rakenteen muodostuessa toistensa lähelle. Tästä syntyy säännöllinen, tasojen ja suuntien muodostama kokonaisuus. Atomipallojen väliin jää tyhjää tilaa, välisijaa, johon voi metallien seostuksessa liueta sopivan kokoisia toisen aineen atomeja. Välisijan koko määräytyy hilarakenteen tyyppin mukaan. Tämä muodostunut hilarakenne määrää metallin ominaisuudet, kuten lujuuden, sitkeyden ja muovattavuuden. Erilaisia hilatyyppejä voi olla toistakymmentä, mutta metallit voidaan karkeasti jakaa kolmeen yleisimpään, erityyppiseen hilarakenteeseen. (Ansaharju ym. 1981, 15–17; Laitinen ym. 1990, 51–53.)



Kuva 5. Hilarakenne.

### 3.1.1 Tilakeskeinen kuutiohila

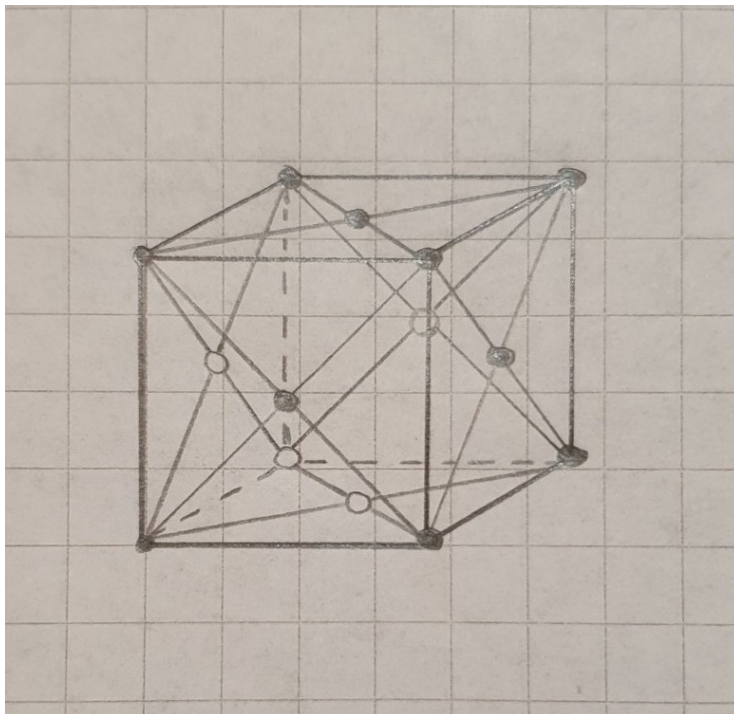
Yleinen tila, jota esiintyy esimerkiksi tavallisessa teräksessä. Rakenteeltaan suhteellisen tiivis, välisijaan mahtuu juuri ja juuri hiiliatomi. Tilakeskeinen kuutiohila on luja, mutta silti kohtalaisesti muovattavissa. Tämän heikkoutena on matalimmissa lämpötiloissa hauraampi rakenne. (Laitinen ym. 1990, 53.)



Kuva 6. Tilakeskeinen kuutiohila.

### 3.1.2 Pintakeskeinen kuutiohila

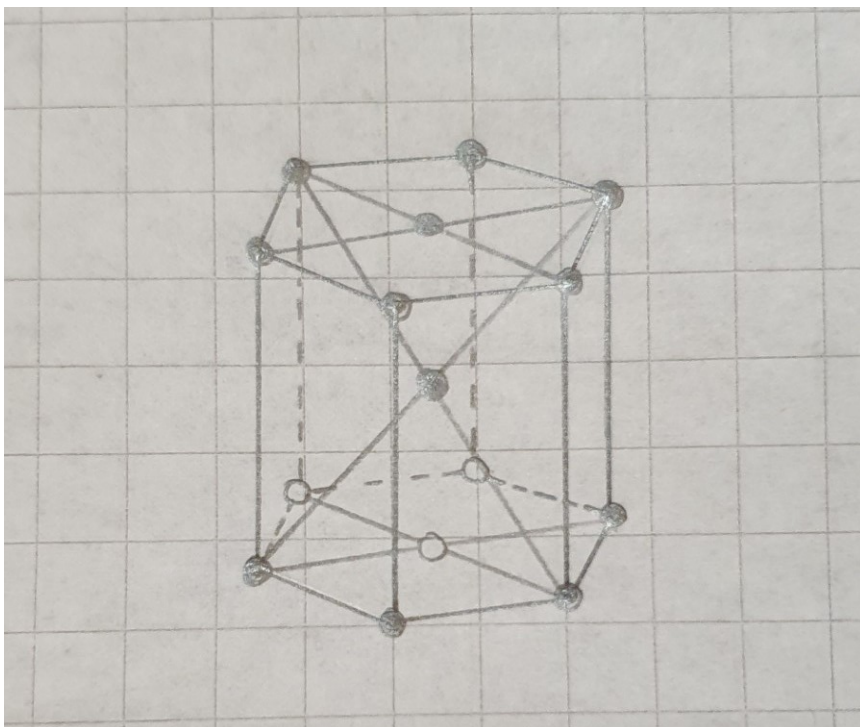
Pintakeskeisessä kuutiohilassa on tiiviisti pakkautuneita tasoja, jonka myötä muodostuu enemmän liukupintoja parantamaan kylmämuovattavuutta. Pintakeskeisellä kuutiohilalla ei ole taipumusta kylmähaurauteen. Välisijan koko on tilakeskeistä hilaa suurempi, joten se on myös helpommin seostettavissa. Esimerkkejä pintakeskeisen kuutiohilan materiaaleista ovat mm. austeniittinen teräs, alumiini, kupari ja nikkeli. (Laitinen ym. 1990, 53.)



Kuva 7. Pintakeskeinen kuutiohila.

### 3.1.3 Heksagoginen hila

Heksagoginen hila on tiivis ja sisältää vähemmän liukupintoja, aiheuttaen näin huonomman muovattavuuden. Heksagoginen hila on yhtäaikaaisesti kova ja luja: materiaaliesimerkkeinä sinkki, magnesium ja titaani. Välisijan tilakoko on tilakeskeistä hilaa vielä pienempi eli tämä on vaikeammin seostettavissa. (Laitinen ym. 1990, 53.)



Kuva 8. Heksagoginen hila.

### 3.2 Hilaviat

Todellisuudessa hilarakenteet eivät ole kuvatuunlaisesti matemaattisen tarkkoja, vaan metalliin muodostuu jo sen jäähmettyessä ja viimeistään muovattaessa hilarakenteeseen poikkeamia eli hilavikoja. Hilaviat voivat olla esimerkiksi pistemäisiä välisija- ja/tai korvausatomeja tai vakansseja. Viat voivat olla yksiulotteisia eli dislokaatioita, kaksiulotteisia, esim. raerajat tai kolmiulotteisia, kuten usean vakanssin yhdistelmät. Hilaviat vaikuttavat metallin rakenneherkkiin ominaisuuksiin, kuten väsymismurtumiin ja myötö- ja murtolujuuteen. (Laitinen ym. 1990, 54–57.)

Erilaiset perusaineeseen lisätyt seokset muista aineista myös muuttavat hilamuotoja ja ominaisuuksia. Lämpökäsittelyllä ja muokkauksilla voidaan vaikuttaa hilarakenteisiin ja tämän myötä materiaalin ominaisuuksiin. Esimerkiksi autokorjauksessa yleisesti käytetyt teräslevyt on jo muokattu levyksi, lämpökäsitelty ja mahdollisesti pinnoitettu korroosiokestävyyden parantamiseksi.

### 3.3 Lämpötilan vaikutus

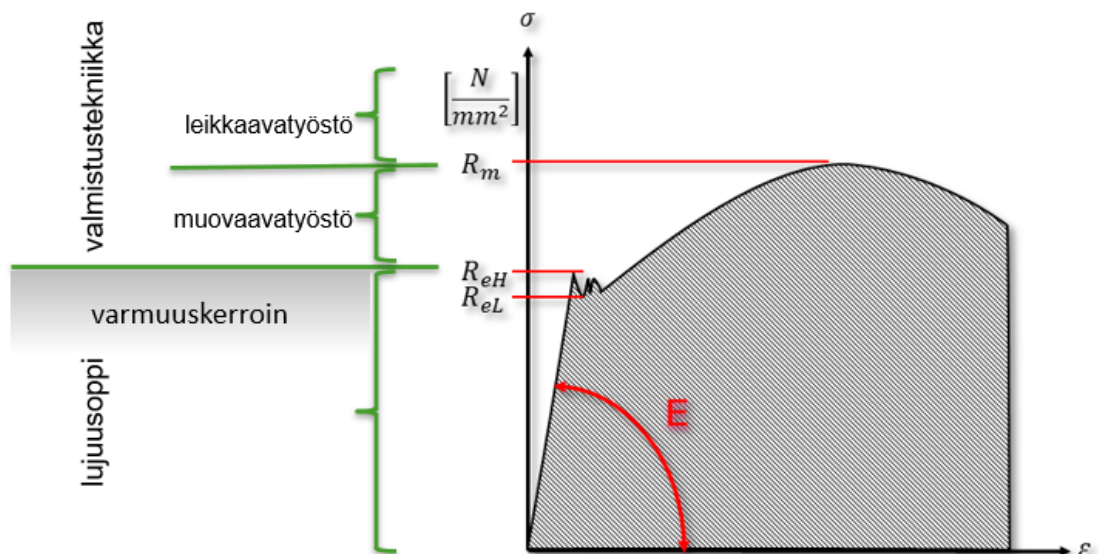
Jotkut metallit vaihtavat hilarakennettaan lämpötilan mukaan. Esimerkiksi rauta (Fe) muuttuu tilakeskeisestä pintakeskeiseksi (austeniitti) yli  $912^{\circ}\text{C}$ :ssa, mikä parantaa sen muovattavuutta kuumennettaessa.



Teräksen ominaisuuksien muutosten ymmärtäminen on tärkeää, jotta ymmärretään, miten lämpötilojen muutokset voivat vaikuttaa auton korirakenteisiin, esimerkkinä vauriomäärittelyssä havaittujen vaurioiden korjausmahdollisuuksien arviointi. Kaikkia osia ei ole mahdollista korjata hitsaamalla sen aiheuttaman lämpövaikutuksen ja näin ollen materiaalin ominaisuuksien muuttumisen vuoksi, kun taas toisaalta pintapeltien lommonoikaisussa lämpöä voidaan käyttää hyödyksi.

### 3.4 Kimoinen ja plastinen muodonmuutos

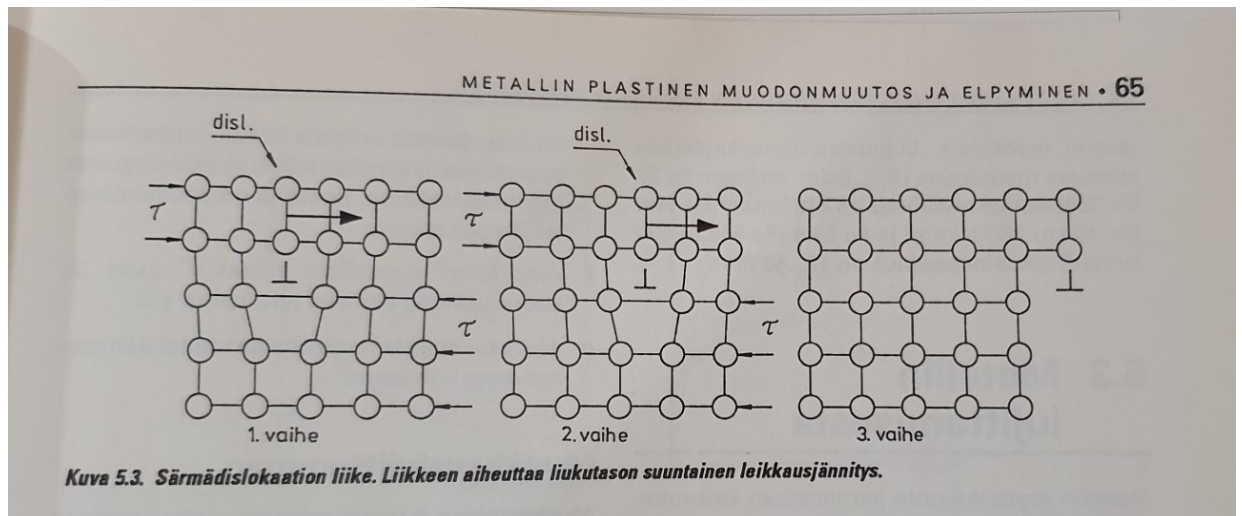
Kimmoisella muodonmuutoksella tarkoitetaan muutosta, joka palautuu itsestään ja plastinen muodonmuutos on muodon pysyvää muuttumista, esimerkiksi lommo auton ovelissa. Pysyvässä muodonmuutoksessa hilatasolla tapahtuu liukumista ja näin plastinen muodonmuutos siirtyy eteenpäin materiaalin kiteisiin. Sisäisessä rakenteessa liukumisen mahdollistavat dislokaatiot ja näiden määrä vaikuttaa siihen, minkä suuruista ulkoista voimaa muodonmuutokset vaativat. On hyvä huomioida myös, että metallia kuumennettaessa dislokaatioiden liikkuvuus helpottuu ja tällöin metallin muovaaminen helpottuu korkeammassa lämpötilassa. Tästä esimerkkinä alumiiniosien oikaisu vaatii käytännössä aina lämpökäsittelyä ennen muovausta. Metallin muovattavuuteen vaikuttaa sen myötöraja eli se, minkä suuruisella voimalla alkaa tapahtumaan pysyvää muodonmuutosta. (Laitinen ym. 1990, 64–67; Lepola & Makkonen 2005, 273–275.)



Kuva 10. Jännitysvenymäpiirros.

Metallin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa myös muokkaamalla sen muotoa esimerkiksi taivuttamalla. Tällöin usein puhutaan jäykistämisestä eli teoreettisesti metallissa tapahtuu muokkauslujittumista. Metallia muokattaessa dislokaatioiden määrä alkuun kasvaa, mutta kasvava määrä muuttuu itseään vastaan vaikeuttaen dislokaatioiden liikettä ja näin ollen metalli venyy ja samalla lujittuu. Jos muokkausvoimaa vielä

kasvatetaan, tulee myös muokkauslujittumiselle raja vastaan ja metalli murtuu.  
(Laitinen ym. 1990, 64–67; Lepola & Makkonen 2005, 274.)



Kuva 11. Dislokaatioita ja niiden liike (Laitinen ym. 1990, 65).

## 4 Metallin työstettävyys ja liittämistavat vauriokorjauksessa

Vauriokorjauksessa on tärkeä tiedostaa metallin käyttäytyminen ja mahdolliset muutokset vauriokorjausta suoritettaessa. Yksi tärkeitä liitosmenetelmiä on hitsaus, jota on käytetty autovalmistuksessa eri osien liittämiseen autojen valmistuksen alkuaajoista lähtien (Eriksson 1964, 87). Hitsaus on edelleen käytössä oleva liitosmenetelmä niin autovalmistuksessa kuin korikorjauksissa, mutta sen rinnalle on vuosien saatossa tullut myös erilaisia liimoja, joiden ominaisuudet nykypäivänä ovat jopa hitsausta huomattavasti parempia (PPG 2011). Liimoilla saadaan luja liitos ja samalla vältetään hitsauksessa syntyvän lämmön vaikutukselta metalliin.

Hitsauksen lisäksi lämpöä käytetään vauriokorjauksissa lommojen oikaisujen yhteydessä. Lommon muodostuessa metalli venyy ja sitä voidaan lämmön avulla kiristää takaisin alkuperäiseen mittaansa. Lämpöä voidaan myös hyödyntää oikaisutyön helpottamiseksi. Opetusmateriaalissa käsitellään mig/mag- ja tig-hitsauksien perusteet sekä peruseräite lomon oikaisussa. Myös liimat ja niiden käyttö käsitellään opetusmateriaalissa.

Liitosmenetelmiä valittaessa on tärkeää noudattaa autovalmistajan määrittelemiä korjaustapoja, jotta voidaan varmistua auton kolariturvallisuuden säilymisestä korjauksen jälkeenkkin.

### 4.1 MIG/MAG-hitsaus

MIG/MAG hitsaus on yleinen kaasukaarihitsausmenetelmä sen taloudellisuuden, nopeuden ja luokse päästävyuden takia (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 256). MIG-hitsauksessa käytetään passiivista suojakaasua, esimerkiksi argonia tai heliumia, ja MAG-hitsauksessa hitsaustapahtumaan osallistuvaa aktiivista kaasua, kuten hiilidioksidia tai vetyä, joissa argon toimii peruskaasuna (Perälä & Perälä 2009, 43). Muuta eroa näillä kahdella toiminnalla ei käytännössä ole, ja tässä työssä käsitellään yleisimmin rautametallien hitsauksessa käytössä olevaa MAG-hitsausta.

MAG-hitsaus perustuu lisäainelangan ja valokaaren käyttöön. Valokaari sulattaa sekä lisäainelangan että hitsattavan perusaineen. Lisäainelanka syötetään automaattisesti hitsauspolttimesta, ja suojakaasu ympäröi hitsisulan ja polttimen välisen ilmaraon. Sulan avulla kaksi kappaletta saadaan liitettyä yhteen (teräs). Suojakaasun tehtävä on nimensä mukaisesti suojata hitsisulaa ulkoisilta epäpuhtauksilta, kuten aktiivisten kaasujen, hapen ja typen sekoittumista hitsisulaan. Ilmassa oleva happi voi aiheuttaa metalliseoksen hapettumista, ja tämän takia muodostuu kuonaa, joka ei ole hitsauksen laadun kannalta toivottava ilmiö. (Keinänen & Kärkkäinen, 2009, 256–259.)

Suojakaasut ovat yleensä erilaisia kaasuseoksia, joiden yhtenä yleisimpänä peruskaasuna on argon. Suojakaasut ovat standardoitu SFS-EN ISO 14175 mukaisesti (SFS-EN ISO 14175.)



Kuva 12. Suojakaasu SK-25.



Kuva 13. Suojakaasupullo hitsauskoneessa.

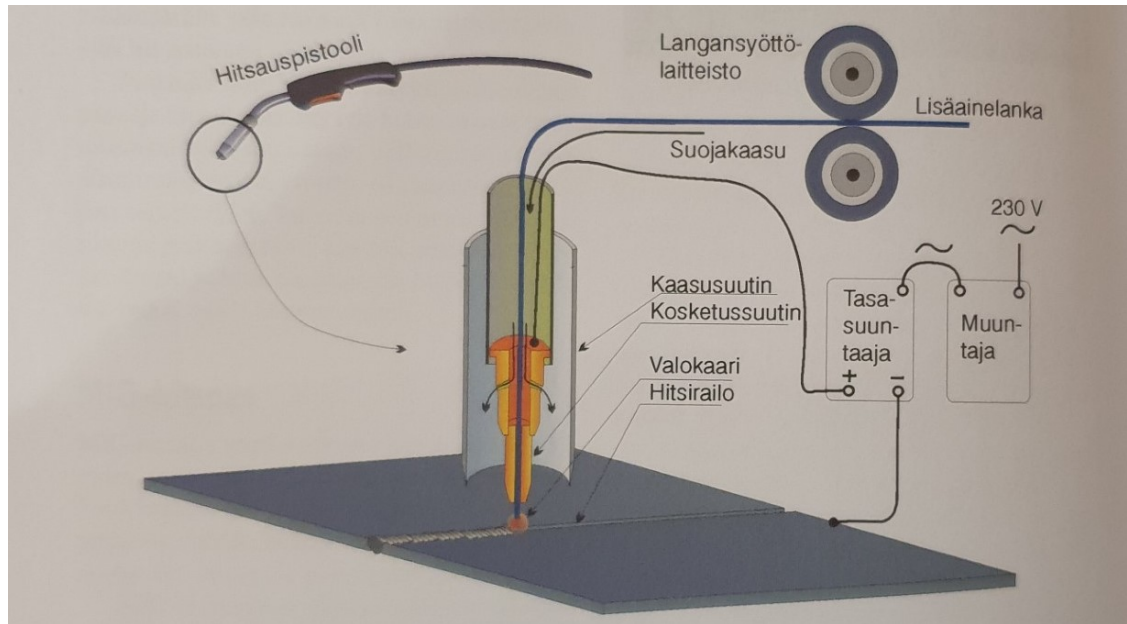
Autojen vauriokorjauksessa käytetään lyhytkaarihitsausta, jossa kaarijännite on 15-25V. Lyhytkaarihitsaus soveltuu ohutlevyjen hitsaukseen, koska sen lämmöntuotto on vähäisempää verrattuna esimerkiksi kuumakaarihitsaukseen, jossa jännite on noin kaksinkertainen. (Perälä & Perälä 2000, 14; Keinänen & Kärkkäinen, 2009, 257, 259.)



Kuva 14. MAG-hitsauskone.



Kuva 15. MAG-hitsauskoneen suutin.



Kuva 16. MIG/MAG-hitsauksen periaate (Perälä & Perälä 2009, 12).

#### 4.2 TIG-hitsaus

TIG-hitsaus on myös kaasukaarihitsaus, mutta sulamattomalla elektrodilla. Se soveltuu useimmille metalleille ja voisi periaatteessa olla käytössä myös teräslevyjen hitsauksessa, mutta TIG-hitsauksen hitauden ja hitsaajalta vaadittavan osaamisen vuoksi sitä käytetään autokorjauksessa yleisesti vain ruostumattoman teräksen ja alumiinin hitsauksessa. TIG-hitsaus soveltuu myös kuparin, titaanin, nikkelin ja erilaisten magnesiumseosten hitsaukseen. (Lepola & Makkonen 2005, 160; Keinänen & Kärkkäinen, 2009, 264–265.)

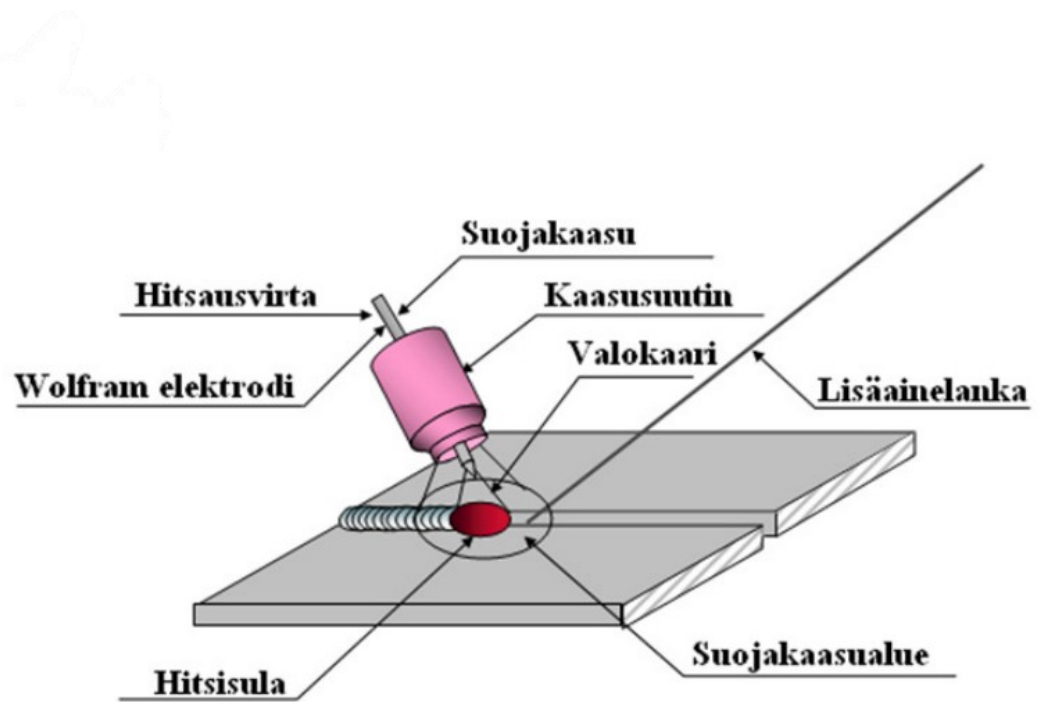
TIG-hitsauksen edut verrattuna MAG-hitsaukseen ovat hitsin parempi laatu ja käytännössä kuonattomuus eli sauman puhdistuksen tarve on vähäisempi eikä hitsiin muodostu kuonansulkeumia (Lepola & Makkonen 2005, 160). Suojakaasu on passiivinen ja sen tehtävänä on suojata sulamatonta volframidelektroodia. Mahdollinen hitsauksen lisäaine syötetään käsin, toisin kuin MIG/MAG-hitsauksessa. Suojakaasuna käytetään ympäristön kanssa reagoimatonta eli inerttiä kaasua. Lyhenne TIG tulee sanoista Tungsten Inert Gasarcwelding.



Kuva 17. TIG-hitsauslaite



Kuva 18. TIG-hitsaussuutin.



Kuva 19. TIG-hitsauksen periaate.

#### 4.3 Pistehitsaus

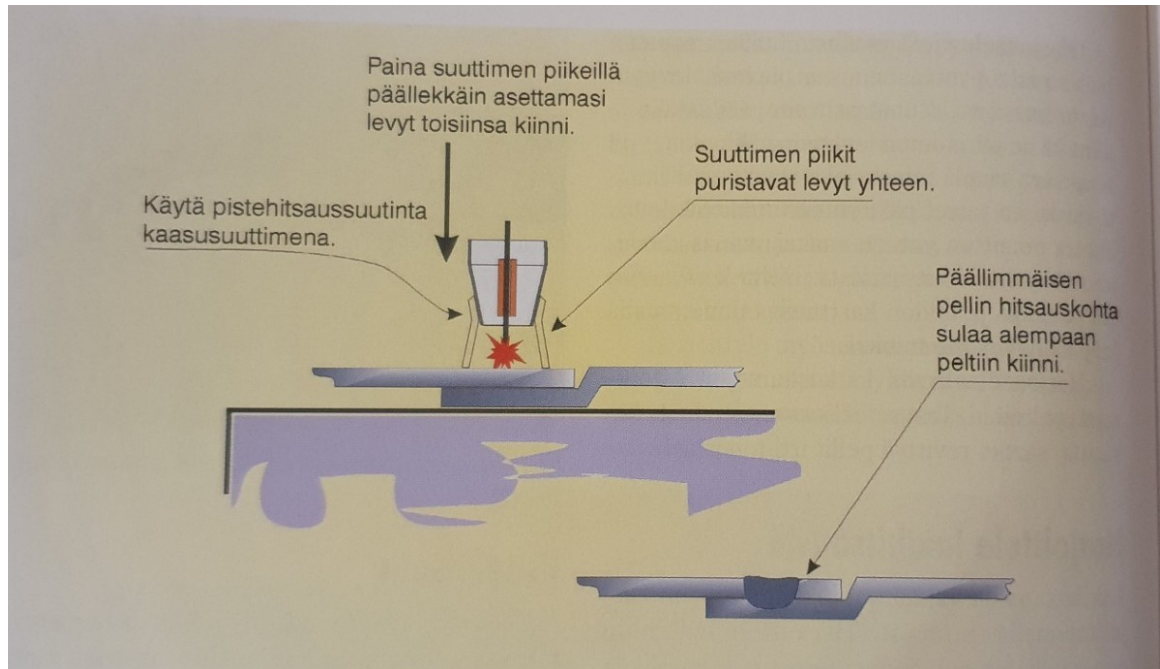
Pistehitsauksessa kaksi päällekkäin olevaa teräslevyä puristetaan toisiaan vasten ja sulatetaan kahden kuparivastuksen välissä sähkövirtaa apuna käyttäen toisiinsa kiinni pistemäisesti (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 232). Tästä esimerkkinä auton helmapalan vaihto ja kiinnittäminen B-pilariin. Pistehitsausta voidaan käyttää myös yhdessä koriliiman kanssa. Pistehitsaus soveltuu ohutlevyille, ja autojen valmistuksessa tämä on lähtökohtaisesti toteutettu valmistuslinjastoilla erilaisten hitsausrobottien avulla. Myös laserhitsausta käytetään autojen valmistusvaiheessa sen nopeuden ja tarkkuuden vuoksi, mutta korikorjauksissa pistehitsaus toteutetaan erillisen vastuspistehitsauskoneen avulla (ei laser). Pistehitsausta voidaan kutsua myös vastushitsaukseksi.



Kuva 20. Pistehitsauskone.



Kuva 21. Pistehitsauskärjet.



Kuva 22. Pistehitsauksen periaate (Perälä & Perälä 2009, 66).

#### 4.4 Liimaus

Liimaus on autoteollisuudessa monipuolinen ja vahva liitosmenetelmä, joka mahdollistaa kevyet ja kestävät rakenteet ilman lämpövaikutuksia. Sitä käytetään sekä valmistuksessa (rungot, paneelit, tuulilasit) että korjauksessa (alumiiniosat, liimasaumat, lasit). Nykypäivän liimat ovat niin kehittyneitä, että niillä saadaan aikaan jopa suurempi lujuus, mitä perinteisillä hitsausmenetelmillä (Mercedes-Benz 2018).



Kuva 23. Liimaus auton valmistuksessa (Valmet automotive 2025).

Liimauksen etuja ovat mm. auton painon vähentäminen, joka parantaa polttoainetaloudellisuutta ja näin ympäristövaikutuksia. Liimausten osalta on tosin huomioitava kemikaalikuormitus niin ympäristön kuin työntekijöiden terveysvaikutusten osalta (TTL 2025).

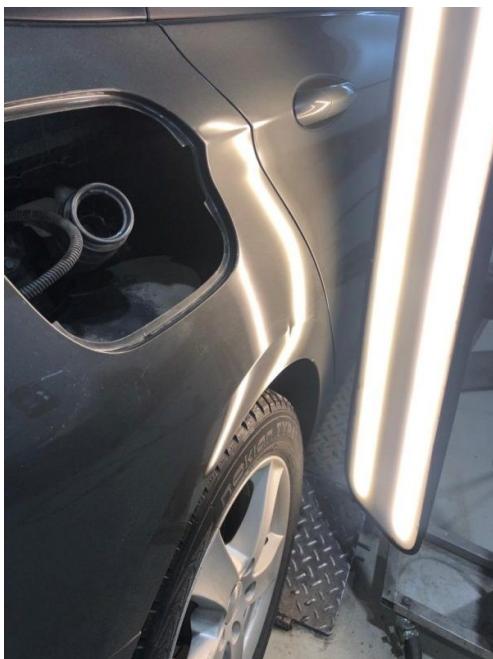
Liimaus ei synnytä jännityskeskittymiä samoin kuten pulttiliitokset, ja se mahdollistaa toisistaan eroavien materiaalien, kuten teräksen, alumiinin ja komposiittien yhdistämisen. Liimaus ei myöskään aiheuta galvanista korroosiota toisin kuin mekaaniset liitokset.

Liimaus mahdollistaa myös muoviosien laadukkaan korjaamisen.

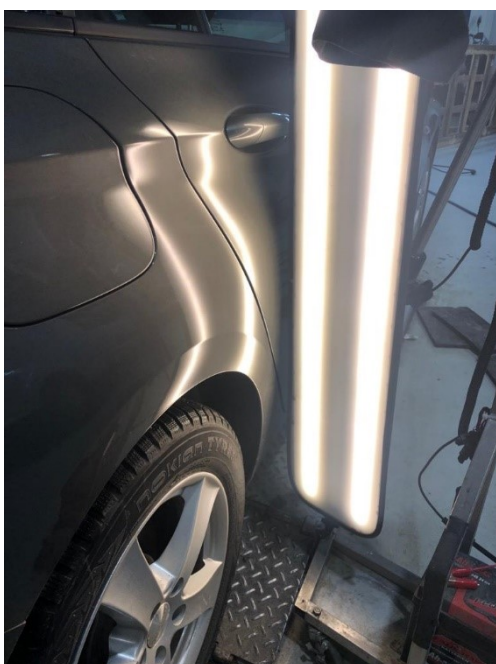
#### 4.5 PDR-korjausmenetelmä

Yksi nopeasti yleistyvistä vauriokorjausmenetelmistä on maalipintaa rikkomaton korjaus, jota käytetään pienten pintavaurioiden korjaukseen. PDR-korjaus (Paintless Dent Repair) on menetelmä, jolla auton pieniä lommoja voidaan korjata ilman maalausta. Tämä tekniikka sopii erityisesti esimerkiksi raekuurojen, oveniskujen ja muiden pienten kolhujen korjaamiseen, kun maalipinta on säilynyt ehjänä. (Incar 2025.)

PDR-korjaus vaatii tekijältä pitkäjänteistä harjoittelua sekä käden ja silmän hyvää yhteistyötä. PDR-korjauksissa voidaan myös hyödyntää lämpöä lommon oikaisussa. PDR-korjausmenetelmä esitellään opetusmateriaalissa.



Kuva 24. Lommo lokasuojassa (Incar 2025).



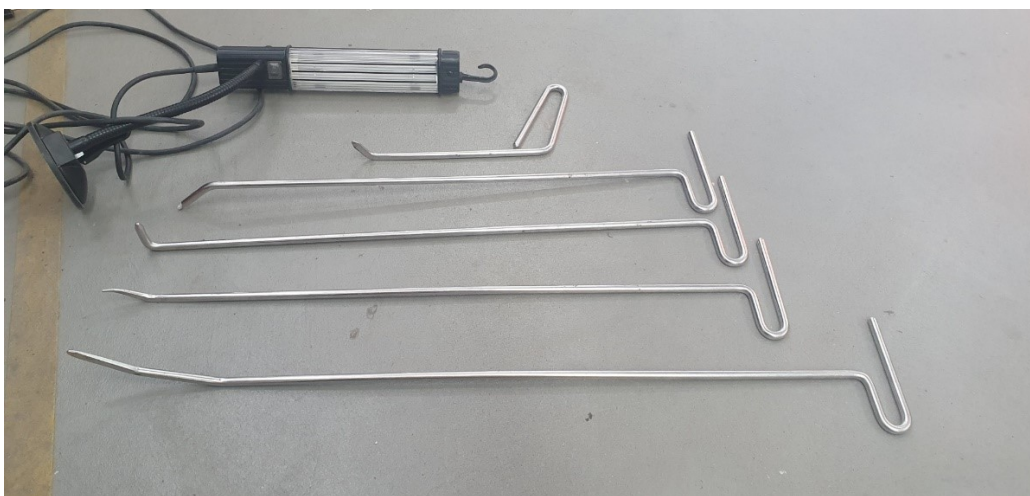
Kuva 25. PDR-korjaus (Incar 2025).

#### 4.6 Työvälineiden esittely

Opetukseen on tarkoitus liittää yleisesti käytettävien työvälineiden esittely, jotta kurssin suorittamisen jälkeen on mahdollista hahmottaa kokonaisuutta vauriokorjauksen eri toimintatavoista.



Kuva 26. PDR-työvälinelaukku.



Kuva 27. PDR-työvälineitä.



Kuva 28. Ilmatyyny lommon oikaisuun.



Kuva 29. Imukuppi lommon oikaisuun.



Kuva 30. Imukuppi.

## 5 Muovit

Muovimateriaalit ovat yleisiä autojen valmistuksessa, ja niiden käyttö on kasvanut merkittävästi vuosien varrella. Erityisesti sisätilojen osissa, puskureissa, lokasuojissa ja kevytrakenteisissa osissa käytetään monipuolisesti erilaisia muovimateriaaleja. Tämä johtuu niiden keveydestä, muokattavuudesta ja kestävydestä. (Muoviteollisuus ry 2025.)

### 5.1 Muovien luokittelu

Muovien yleisin luokittelu perustuu rakenteeseen ja ominaisuuksiin. Yleisesti käytettyjä muovityyppejä ovat polyeteenit (PE), polypropeenit (PP), polyuretaanit (PU), polyvinyylidikloridi (PVC) ja akryylibutadieenistyreeni (ABS). Muovimateriaalit määräytyvät niiden käyttökohteiden vaatimista ominaisuuksista, esimerkiksi joustavuus, kiillotettavuus ja lämpötilaerojen kesto. (Upskills 2021.)

### 5.2 Muovien korjattavuus

Muovien korjattavuus vaihtelee muovityypin mukaan. Joissakin tapauksissa pienet vauriot voidaan korjata liimaamalla tai hitsaamalla, kun taas toisissa tapauksissa on parempi vaihtaa vaurioitunut osa.

Erilaiset korjausmenetelmät riippuvat muovin tyypistä, rakenteesta ja käytöstä. Esimerkiksi muovipuskureista pystytään korjaamaan liimaamalla ja hitsaamalla melko laajojakin vaurioita, esimerkiksi halkeamia ja reikiä. Jos muoviosa on mennyt monesta kohtaa rikki ja isoja kappaleita puuttuu, niin silloin osan vaihto on ainoa ratkaisu.

## 6 Korivaurion määrittely

Autojen erilaisten kolaritilanteiden aiheuttamien korivaurioiden määrittely on tärkeää turvallisuuden, korjauksen ja vakuutuskäsittelyn kannalta. Vaurioiden arviointi perustuu visuaaliseen tarkastukseen, mittauksiin ja tarvittaessa digitaalisiin analyysimenetelmiin. Opetusmateriaalissa käsitellään esimerkkitapauksina erilaisia vaurioita aina pienistä lommoista laajoihin korivaurioihin.

Korivaurion määrittelyssä ja korjauksen suunnittelussa on huomioitava myös ajoneuvolakia (15.1.2021/82), joka määrittelee korjattavien osien määrän 8 momentissa seuraavasti: ”kanta-ajoneuvo on ajoneuvo, jonka alkuperäisistä osista yli 50 prosenttia muodostaa osan ajoneuvosta, jota on korjattu tai joka on koottu osista. Korjattu ajoneuvo on vaurioitunut ja sen jälkeen kunnostettu ajoneuvo, jolla on kanta-ajoneuvo ja jonka alkuperäisistä osista vähintään 25 prosenttia on vaihdettu.”

Vahinkotarkastuksen työvälineenä käytetään useimmiten vakuutusyhtiöiden vaatimaa CABAS- vauriolaskelmaohjelmaa.

Vakuutusehdot, käypä arvo ja vaurioituneen kohteen jäännösarvo määrittelevät korjauksen kannattavuuden rajan. Vahingon määrän ylittäessä korjauksen kannattavuuden rajan ajoneuvo yleisimmin lunastetaan. Vaihtoehtoisesti vahingon määräksi voidaan sopia myös ajoneuvon arvo (ennen vahinkoa = käypä arvo) vähennettynä ajoneuvon arvolla vahingon jälkeen. Tällöin kyseeseen tulee korjauskustannusten sijaan rahakorvaus tai maksimi korjaussumma, jolla ajoneuvon korjaus on kannattavaa. (SVT 2025.)

### 6.1 CABAS

CABAS on laskentajärjestelmä vaurioituneen ajoneuvon korjausajan laskentaan. CABAS antaa kaikille yleisimmille automalleille työajat maalaukselle, pintaoikaisulle, vetotyölle, varaosien vaihdolle ja muille työvaiheille. (CAB Group 2025.)

CABAS-järjestelmän vauriolaskenta perustuu järjestelmän kehittäjän ja ylläpitäjän (CAB) toteuttamaan aikatutkimukseen todellisesta vauriokorjauksien suorittamisesta. Aikatutkimus pyrkii huomioimaan konkreettisen korjaustyön lisäksi varaosien hakuun, korjausohjeiden käyttöön ja työvälineiden hakuun/palauttamiseen käytettyä aikaa. Tutkimusten tulokset analysoidaan ja niiden perusteella rakentuu aikastandardit niin korikorjauksille kuin maalauksille. Aikastandardit ovat keskeinen tekijä, kun lasketaan korikorjaamiseen, maalaamiseen sekä lasi- ja muovikorjaamiseen kuluvaa aikaa. (Heiskanen ym. 2000,192.)

CABAS myös tulkitsee, mihin varaosiin ja toimenpiteisiin korjaustoimenpiteet vaikuttavat. Näin voidaan laskea korjauksen kokonaiskustannus ja kaikki korjaamon ja vakuutusyhtiön tarvitsema dokumentaatio tallentuu samaan järjestelmään. Korjaamon ja vakuutusyhtiöiden välinen viestintä tapahtuu laskentaohjelman kautta. Suomessa CABAS on yleisesti käytössä vakuutusyhtiöillä, ja useat yhtiöt myös vaativat CABAS laskentaa vauriokorjauksen kustannuksista niiltäkin korjaamoilta, joilla ei kyseistä laskentajärjestelmää ole käytössä. (CAB Group 2025.)

Opetus CABAS-järjestelmän osalta toteutetaan käyttämällä kyseisen järjestelmän oppilaitoslisenssiä, joka on jo valmiiksi käytössä Turun ammattikorkeakoululla. Oppilaitosversion kanssa käyttöä voidaan turvallisesti harjoitella vakuutusyhtiöviestintää myöden, koska oppilaitoslisenssillä voidaan käyttää sekä korjaamon käyttöliittymää että vakuutusyhtiön käyttöliittymää. Harjoittelua voidaan toteuttaa joko todelliseen ajoneuvoon tai kuvitteellisesti valikoituun merkkiin ja malliin. Tämä ajoneuvon merkin ja mallin vapaa valinta mahdollistaa opetuksen ilman huolta GDPR-tietosuojavaatimuksista.

Yhtenä kurssin tärkeänä oppimistehtävänä on vaurioituneesta esimerkki-autosta tehtävä vauriolaskelma sen jälkeen, kun ohjelmiston käyttöä on ensin harjoiteltu lähiopetuksessa.

## 7 Asiakaspalvelu

Opetuksen sisällöstä tehdyssä kyselyssä nousi esiin asiakaspalvelun tärkeys osana nykypäivän vaurikorjauksen liiketoimintaa. Asiakaspalvelun opetus pohjautuu esimerkkitapausten käsittelyyn ja käytännön harjoitteluun. Yhtä oikeaa toimintatapaa tuskin koskaan löytyy eri tilanteisiin, mutta erilaisia case-tapauksia läpikäymällä voidaan löytää vaihtoehtoja toiminnalle ja pohtia toiminnan tuottamia tuloksia.

Asiakaspalvelu on kokonaisvaltainen prosessi, joka alkaa jo yrityksen markkinoinnista ja imagon luomisesta. Kolarivauriotapauksissa asiakas usein kontaktoi yritystä auton vaurioitumisen seurauksena. Auton vaurioituminen saattaa aiheuttaa asiakkaalle suurtakin henkilökohtaisen arjen vaikeutumista, mikä taas voi välillisesti heijastua yrityksessä toimiviin henkilöihin.

Heiskanen (2000, 188) toteaa korinkorjaajan työn muuttuneen enemmän asiakaspalvelutyöksi ja useimmiten autoinsinöörin työnkuva vaurikorjausympäristöissä painottuukin juuri asiakaskohtaamisiin ja asiakasrajapinnassa tapahtuviin toimintoihin. Ei siis ole yllättävää, että työelämä kokee tämän osuuden tärkeäksi niin vaurikorjauksien kuin koko ajoneuvoalan opiskelujenkin osalta. Asiakkaat ovat ydinasemassa kaikkien ajoneuvoalalla toimivien yritysten strategioissa, koska ilman asiakkaita yrityksen liikevaihto pysähtyy. Asiakas maksaa työntekijöiden palkan.

Asiakaspalvelu on taito, jota on mahdollista harjoitella ja on syytä ymmärtää, että kokemus auttaa toimimaan uusissakin tilanteissa. Eri yrityksillä on yleensä omat toimintamallit yleisen toiminnan tukemiseksi, mutta myös ihmisläheisiä sosiaalisia taitoja asiakaspalvelussa tarvitaan. Vaikka korjaamotoiminnassa asiakkaiden tilanteet ovat hyvin arkipäiväisiä korjaamon työntekijöille, on asiakaspalvelijan tärkeää ymmärtää asiakkaan tilannetta. Tämä sama koskee vakuutusyhtiöissä työskenteleviä henkilöitä, esimerkiksi vauriotarkastajia ja muita vakuutus tapauksia käsitteleviä henkilöitä.

## 8 Automaalaus

Ajoneuvojen korjausmaalausta tarvitaan kolarikorjauksissa ajoneuvon saattamiseksi alkuperäistä kuntoaan vastaavaksi. Myös korroosioauriokorjauksissa korjauksen viimeistelyyn ja mahdollisen uuden korroosioaurion syntymisen estämiseksi tarvitaan korjausmaalausta.

Korjausmaalausta voidaan suorittaa hyvin pienimuotoisesti ja paikallisesti esimerkiksi kiveniskuihin ja laajemmin osamaalauksena esimerkiksi ovi tai osa siitä, jolloin maalaus häivytetään sopimaan yhtenäiseksi vanhan maalipinnan kanssa (Halonen 2004, 76–78). Myös koko auton maalauksia voidaan suorittaa. Tällöin puhutaan ylimaalauksesta, nämä tosin ovat harvinaisempia tapauksia ainakin kaupallisessa korjaamoympäristössä. Korjausmaalauksella voidaan siis palauttaa auton ulkonäkö ja suojata sitä pitkällä aikavälillä. Korjausmaalaus on tärkeää auton myyntiarvon säilyttämiseksi sekä korroosioaurioiden ehkäisemiseksi (Halonen 2004, 10–11).

Opetusmateriaaleissa käydään läpi automaalauksen perustehtävät aina pohjustustöistä pinnan viimeistelyyn. Opetus toteutetaan sekä luentomateriaalien että maalauksen käytännön harjoittelun avulla. Tämän opetuskokonaisuuden mahdollistama maalausharjoittelu on tosin vain pintaraapaisu maalaukseen ja maalipinnan käsittelyyn, mutta antaa perustiedot maalausprosessin vaiheista ja ymmärryksen siitä, miten monivaiheinen ja ajankäyttöinen prosessi automaalauksella on. Tämä tukee työelämän tarvetta konkreettisesti ymmärtää ko. työtehtävien toteutus.

### 8.1 Automaalit

Automaalit ovat nykypäivään mennessä kulkeneet moninaisen kehityspolun ja niitä kehitetään edelleen niiden taloudellisuuden, käyttömukavuuden, teknisten ominaisuuksien ja ympäristön sekä terveysturvallisuuden parantamiseksi (Tikkurila 2025). Automaalit voidaan jakaa eri tyyppeihin moninkin eri perustein. Seuraavassa tarkastellaan maaleja niiden käyttötarkoituksen ja kemiallisen koostumuksen perusteella. Tässä opinnäytetyössä ei tarkastella maalauksen historiaa eli myös opetusmateriaalista jätetään sellaisten maalien osuus pois, joita ei enää nykypäivän automaalauksessa käytetä.

Automaalin olomuoto on useimmiten ennen maalausta nestemäinen, mutta myös muussa teollisuudessa yleisemmin käytettyä pulverimaista jauhemaalausta voidaan käyttää mm. autojen vanteissa ja korirakenteissa. Yhteisenä tavoitteena erilaiset maalit muodostavat maalattavan kohteen pintaan kiinteän yhtenäisen maalikalvon, joka suojaa maalattua pintaa ja antaa halutun värin maalatulle pinnalle.

Maalin pääasiallinen tarkoitus on suojata autokorin metallirakenteita korroosioaurioilta ja tuottaa auton visuaalinen ilme mahdollisimman viimeistellyksi.

Maalin yksi tärkeimpiä kemiallisia komponentteja on maalin sisältämä sideaine, joka määrittelee maalikalvon ominaisuudet sen tarttumiskyvystä maalattavaan pintaan ja mm. maalikalvon sisäisen lujuuden (Halonen 2004, 17). Sideaine muodostaa kalvon, johon maalissa olevat väripigmentit sitoutuvat muodostaen tasavärisen lopputuloksen.

Maalikalvon on kestävä ulkoisia rasituksia, kuten kemikaaleja sekä sää- ja lämpötilavaihteluja. Sideaine määrittelee myös maalin kuivumisnopeutta ja käsiteltävyyttä.

Sideaineen perusteella maaleja voidaan jakaa seuraavasti (Halonen 2004, 20–29)

- akryylimaalit
- polyuretaanimaalit
- alkydimaalit
- epoksimaalit
- vesiohenteiset maalit

Sideaineet ovat suurimolekyyllisiä ja kiinteitä tai nestemäisiä polymeerejä. Niiden viskoosi on korkea, ja ne useimmiten liuotetaan ennen valmista maalituotetta. (Halonen 2004, 17, 21–25.)

Sideaineina voidaan käyttää myös emulsioita, joissa polymeeri on emulgoituna veteen. Nykypäivänä yleisesti käytetty vesiohenteisten automaalien sideaine on veteen dispergoitu polymeeri (PPG 2011).

Sideaine muodostaa kuivuttuaan kestävä muovikalvon. Kuivuminen voi tapahtua sekä kemiallisesti että fyysisesti. Usein kuivumista tapahtuu molemmiin tavoin. (Halonen 2004, 18.)

Kemiallinen kuivuminen vaatii kemiallisen reaktion maalituotteessa. Tällöin maalissa oleva sideaine on ennen sekoitusta tavallaan kahdessa osassa, jossa kovete aiheuttaa sideaineen kanssa kemiallisen reaktion, mutta liuotinta haihtuu myös osin fyysikaalisesti.

Fysikaalinen kuivuminen tapahtuu liuotteen haihtumisena kuivuvulta maalipinnalta. Ilman kemiallista reaktiota kuivuvia maaleja kutsutaan yksikomponenttisiksi, ja niiden ominaisuuksiin kuuluu liueta kuivumisen jälkeen omaan liuotteeseensa. Vesiohenteisissa maaleissa haihtuva osa on vesi, mutta nykypäivän vesiohenteisien maalien dispergoitu polymeeri estää maalin uudelleen liukenemisen veteen.

Liuottimien haihtuessa maalin kuivumisprosessissa haihtuvista liuotteista vapautuu liuotinainepäästöjä eli VOC-päästöjä (TUKES 2025).

## 8.2 Korjausmaalauksen ympäristö- ja terveysvaikutukset

Aiemmin mainituilla VOC-päästöillä tarkoitetaan erilaisia haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, jotka esiintyvät pääasiassa kaasumaisessa muodossa. VOC-yhdisteet koostuvat erilaisista kemiallisista yhdisteistä, joista monet ovat haitallisia terveydelle ja ympäristölle. Bentseeni, tolueni, ksyleenit ja formaldehydi ovat esimerkkejä yleisimmistä ja vaarallisimmista aineista, joita löytyy automaaleista, liuottimista ja teollisuuskemikaaleista. Osa yhdisteistä on luokiteltu karsinogeenisiksi eli syöpää aiheuttaviksi. (TTL 2025; Työsuojelu 2025.)

Haittoja ihmiselle aiheutuu niin suorasta altistumisesta ko. yhdisteille kuin välillisesti ympäristövaikutusten kautta. Ilmakehässä VOC-päästöt muodostavat typen kanssa otsonia, joka on terveydelle ja ympäristölle haitallinen kasvihuonekaasu. (Hengitysliitto 2025.)

Autojen korjausmaalauksessa käytettävät liuotteet ovat edelleen VOC-yhdisteitä, lukuun ottamatta vesiohenteisia maaleja, joiden ohenteena on pääasiallisesti vesi. Vesiohenteisten maalien käyttö on vähentänyt korjausmaalauksen VOC-päästöjä, mutta niiden käytön yleistymisestä huolimatta VOC-päästöjä aiheuttavia liuotteita joudutaan käyttämään yhdessä vesiohenteisten tuotteiden kanssa erilaisissa maalauksen pohjustustuotteissa sekä vesiohenteisen maalin päällystävissä lakkakerroksessa (PPG 2011).

### 8.2.1 Tuote-VOC -asetus ja rajoitustoimet

Tuote-VOC -asetus (2004/42/ECY), eli Euroopan unionin haihtuvia orgaanisia yhdisteitä koskeva direktiivi säätelee tiettyjen maalien, lakkojen ja liuottimien VOC-pitoisuuksia. Asetus on annettu 21. päivänä huhtikuuta 2004. Asetus on määritelty tavoitteenaan vähentää ilman epäpuhtauksia, terveyshaittoja ja ympäristökuormitusta. (Komission asetus (EU) 2020/1149.)

Tuote-VOC -asetus on pakottanut kemian- ja automaaliollisuuden uudistumaan ympäristöystävällisemmiksi. Alkuperäinen asetus 837/2005 on korvattu uudella vuonna 2022, sisällön kuitenkin vastatessa pääsääntöisesti kumottua asetusta. Merkittävimmät muutokset kumottuun asetukseen verrattuna liittyvät viranomaisvalvontaa ja tietojen toimittamista viranomaisille koskevaan sääntelyyn. (Ympäristöministeriö 2025.)

Asetuksen voimaantulon jälkeen vesiohenteisten maalien käyttö on yleistynyt ja maalien liuottimia on siitä asti valmistajien toimesta pyritty kehittämään ympäristöystävällisemmiksi.

Asetuksen soveltamisala koskee lähes kaikkia ajoneuvon korjausmaalaukseen käytettäviä tuotteita nestemäisistä maaleista aerosoleihin. Markkinoilla saa myydä ainoastaan tuotteita, jotka täyttävät tuote-VOC -asetuksen rajat ja joissa valmiin sekoitetun tuotteen liuotinainemäärä ja raja-arvot on ilmoitettu. Liuotinmäärät ilmoitetaan grammoina yhtä litraa kohden (g/l).

Asetuksen voimaantulon myötä liuotinainemäärät ovat vähentyneet voimakkaasti, vaikka niitä edelleen joudutaan tuotteissa käyttämään.

Valtioneuvoston asetuksen 189/2022 liitteen 2, taulukon 1 mukaiset ajoneuvojen korjausmaalauustuotteiden sisältämien VOC-yhdisteiden enimmäispitoisuuden raja-arvot

Taulukko 1. VOC-yhdisteiden raja-arvot.

Tuotteen alaluokka	Maalit ja pinnoitteet	VOC g/l*
a Esikäsitteily- ja puhdistusaineet	Esikäsitteily	850

	Esipuhdistusaineet	200	
b	Täytetasoiteet/kitit	Kaikentyypiset	250
c	Pohjamaalit	Hiomamaalit/pintatasoiteet ja yleiset metallipohjamaalit	540
		Happopohjamaalit	780
d	Pintamaalit	Kaikentyypiset	420
e	Erikoispinnoitteet	Kaikentyypiset	840

\*g/l käyttövalmista tuotetta.

### 8.2.2 Isosyanaatit

Työterveyslaitoksen (2024) mukaan isosyanaatteja sisältäviä raaka-aineita käytetään laajalti teollisuudessa. Hengitysteitä herkistävillä isosyanaateilla voi altistua, kun käsittelee näitä raaka-aineita tai työstää polyuretaanituotteita sekä muita tyyppitoisia muoveja ja hartseja. Isosyanaatit ovat merkittävä työperäistä astmaa aiheuttava yhdisteryhmä. Työskenneltäessä isosyanaattien kanssa on tärkeää suojata hengitysteiden lisäksi iho, sillä isosyanaatit voivat aiheuttaa myös allergista ihottumaa. (TTL 2025)

Di-isosyanaatteja on maalauksessa useimpien kaksikomponenttimaalien koveteaineissa. Isosyanaatti osallistuu maalin kemiallisen kuivumisen prosessiin ja ilmassa sitä on eniten maalin/lakan ruiskutushetkellä. Di-isosyanaatteja sisältäviä maaleja ovat pääasiassa polyuretaanipohjaiset kaksikomponenttimaalit. (PPG 2024.)

Di-isosyanaatit ovat myös laajalti käytössä muoviteollisuuden raaka-aineena sekä maalien, liimojen ja lakkojen kovettajina.

- Tolueenidi-isosyanaatista (TDI) valmistetaan pääasiassa pehmeitä vaahdumuovituotteita, minkä lisäksi sitä käytetään kaksikomponenttimaalien, liimojen ja lakkojen valmistuksessa.
- Metyleenidifenyyliidi-isosyanaattia (MDI) käytetään jäykkien polyuretaanituotteiden ja eristeiden valmistuksessa sekä polyuretaanivaahdoissa ja -pinnoitteissa, lisäksi se on yleinen raaka-aine liimoissa.

- Heksametyyleeni-1,6-di-isosyanaattia (HDI) ja sen esipolymeerejä käytetään mm. automaalien koveteissa ja niitä voi olla epäpuhtautena maaleissa ja lakoissa.
- Erilaisten elastomeerien valmistuksessa käytettyjä isosyanaatteja ovat isofofonidi-isosyanaatti (IPDI) ja 1,5-naftaleenidi-isosyanaatti (NDI).

Edellä mainittujen sovellutusten lisäksi di-isosyanaatteja on mm. tiivistemassoissa ja muovikipseissä (TTL 2025).

Lainsäädäntöä ohjaa ja velvoittaa REACH-asetus, joka liittyy kemikaaliturvallisuuteen (TUKES 2025).

Komission asetus (EU) 2020/1149, annettu 3 päivänä elokuuta 2020, kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1907/2006 (REACH) liitteen XVII muuttamisesta di-isosyanaattien osalta.

Euroopan unioni pyrkii parantamaan riskinhallintaa rajoitusmenettelyllä. Di-isosyanaattien tapauksessa tämä rajoituskeino on pakollinen koulutus kaikille tuotteiden käyttäjille.

Työpaikan ilmassa olevien di-isosyanaattien määrä riippuu niiden höyrynpaineesta. Koska TDI:llä ja HDI:llä on suhteellisen korkea höyrynpaine, työpaikan ilmassa voi olla merkittäviä pitoisuuksia näitä yhdisteitä normaalissa huoneenlämmössä. Mm. ruiskumaalauksen ja -valun aikana voi syntyä korkeita pitoisuuksia muistakin isosyanaateista, kuten MDI:stä. (TTL 2025.)

### 8.2.3 Henkilösuojaus

Maalausta suorittavilla henkilöillä on oltava riittävät henkilösuojaimet niin liuotinaineiden aiheuttamien haittojen kuin isosyanaattien aiheuttamien terveysvaikutusten osalta, ja kemikaalialtistuksen alaisten henkilöiden terveydentilaa on seurattava työterveydessä (Työsuojelu 2025). Niin työntekijöiden kuin vauriokorjaamoissa/maalaamoissa työskentelevien operatiivisten henkilöiden (esim. työnjohtajien) on syytä tiedostaa kemikaalien aiheuttamat terveyshaitat ja se, että altistumista tapahtuu muuallakin kuin suoraan kemikaaleja käsiteltäessä. Tästä esimerkkinä yleisesti suoritettavat muovipuskureiden erilaiset liima- ja hitsauskorjaukset.

Työnantajalla on velvoite huolehtia työntekijöiden riittävästä koulutuksesta, työterveyshuollosta sekä henkilösuojainten käytöstä.

Opetusmateriaalissa esitellään yleisimmät henkilösuojaukseen käytettävät suojaimet.

## 9 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa opetusmateriaali Turun ammattikorkeakoulun autokoritekniikan ja automaalauksen kurssitoteutuksiin. Työ aloitettiin perehtymällä työelämän näkemyksiin koulutustarpeesta ja sen pohjalta rakennettiin molempiin kurssitoteutuksiin luentomateriaalit osittain aihealueita yhdistäen. Opetusmateriaali suunniteltiin kurssien laajuus eli opintopistemääriä vastaava opetus huomioiden, jotta materiaali palvelee opetusta mahdollisimman kattavasti.

Oppimisen seuranta varten tuotettiin myös kurssien sisältöjen ymmärtämistä testaavat kokeet sekä kurssin aikana tehtävien oppimistehtävien tukimateriaalit opettajalle.

Opinnäytetyössä onnistuttiin kehittämään tavoitteen mukaisesti kurssien sisältöjä vastaamaan paremmin työelämän tarvetta ja kurssien sisällöistä saatiin selkeitä, mikä tukee opetuskokonaisuuden johdonmukaista etenemistä.

Tällä hetkellä opetusmateriaali palvelee hyvin opettajaa ja opiskelijoita, mutta sisällön tarpeen mukaisen päivittämisen varmistamiseksi olisi hyvä kehittää tapa, jolla materiaalin päivittäminen aihepiirin ympärillä tapahtuvan kehityksen mukaisesti sujuisi tehokkaasti. Toinen tarkasteltava seikka on se, että tällä hetkellä tuotettu opetusmateriaali olisi periaatteessa soveltuvaa jopa jo toisen asteen opiskelijoille. Olisi siis syytä pohtia sitä, millä tavoin korkeakouluopiskelijoiden tietoja voitaisiin syventää entisestään, myös niiden opiskelijoiden osalta, joilla ei pohjatietoa aiheesta ole.

Tulevaisuudessa voisi mahdollisesti hyödyntää tekoälyä vanhentuneiden tietojen päivittämisessä: tekoäly etsisi automaattisesti uutta tietoa ja antaisi kurssisisällöistä päivityskehotuksia ja kehitysehdotuksia.

Haasteita opinnäytetyön vaiheissa oli luotettavien lähdeaineistojen löytäminen aihepiirien ympäriltä ja työn toteuttaminen kohtuullisessa aikataulussa. Alkuperäisesti suunniteltu aikataulu joutui joustamaan hieman, muttei kohtuuttomasti. Kokonaisuudessaan työ vastasi tavoitteita ja lopputuloksesta tuli käyttökelpoinen sekä tilaajalle että opinnäytetyön tekijälle.

## Lähteet

Ajoneuvolaki 15.1.2021/82. Viitattu 12.1.2025.

<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2021/82>.

Ansaharju, T.; Ilomäki, O.; Katainen, H.; Maaranen, K. & Mäkinen, A. 1983. Raaka-aineet 1–2. 2. painos. Porvoo: WSOY.

CAB Group 2025. Viitattu 31.1.2025. <https://cabgroup.se/fi/ajoneuvot.html>.

Eriksson, E. 1964. Autoteknillinen käsikirja, Kori. Helsinki: Tammi.

Halonen, T. 2004. Automaalaus. 2. painos. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Heiskanen, P.; Järvenpää, A.; Karvonen, J.; Vainionpää, T. & Ylönen, M. 2008. Auto- ja kuljetusalan perusoppi, Runko ja kori. 2. painos. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Hengitysliitto. 2024. Viitattu 10.12.2024. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/sisailman-epapuhtaudet-ja-hajut/>.

InCar Oy 2025. Viitattu 20.3.2025. <https://www.incar.fi/palvelut/pdr-korjaus-kolhun-oikaisu-maalaamatta/>.

J. Smith831. 2011. Viitattu 30.1.2025

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lamborghini\\_Aventador\\_LP\\_700-4\\_chassis\\_-\\_Flickr\\_-\\_J.Smith831.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lamborghini_Aventador_LP_700-4_chassis_-_Flickr_-_J.Smith831.jpg).

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2009. Konetekniikan perusteet. 7., uudistettu painos. Helsinki: WSOY.

Kiiskinen, T.; Määttä, K.; Nieminen, P. & Nissinen, S. 1994. Autonkorin korjauksen perusteita. 3. painos. Helsinki: Opetushallitus.

Komission asetus (EU) 2020/1149, annettu 3 päivänä elokuuta 2020, kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1907/2006 (REACH) liitteen XVII muuttamisesta di-isosyanaattien osalta (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti). Viitattu 5.1.2025. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32020R1149>.

Laitinen, E.; Niinimäki, M.; Tiilikka, P. & Tuomikoski, J. 1992. Konetekniikan materiaalioppi. 2., tarkistettu painos. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Lepola, P. & Makkonen, M. 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. 1.painos. Helsinki: WSOY.

Mercedes-Benz. 2018. Tekninen koulutus, luentomateriaali.

Mercedes-Benz Group 2025. Viitattu 8.4.2025. <https://group.mercedes-benz.com/company/tradition/company-history/1885-1886.html>.

Muoviteollisuus ry. 2025. Viitattu 25.2.2025. <https://plastics.fi/muovitieto/muoviteollisuus/>.

Niemi, M. & Nieminen, S. 1981. Metallitekniset perusteet 1. Porvoo: WSOY.

Perälä, O. & Perälä, R. 2009. MIG-hitsaus autonkorjauksessa. Uudistettu painos. Tallinna: Alfamer Oy.

PPG. 2011. Tekninen koulutus, luentomateriaali.

PPG. 2024. Käyttöturvatieote.

SFS-EN ISO 14175. 2009. Hitsausaineet. Kaasut ja kaasuseokset sulahitsaukseen ja lähiprosesseille. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen autolehti, julkaisu 02/2010.

SVT Suomen Vahinkotarkastus Oy 2025. Viitattu 31.1.2025. <https://www.svt.fi/vahinkotarkastus/>.

Tikkurila Oyj 2025. Viitattu 31.1.2025. <https://tikkurila.fi/pro/artikkeli/sideaineiden-ja-maalityyppien-kehityksesta>.

TTL Työterveyslaitos 2025. Viitattu 31.1.2025. <https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvaluisuus/altistuminen-tyoympariston-haittatekijoille/kemiallisten-tekijoiden-hallinta-tyopaikalla/kemikaalit-ja-tyo-altistumistietosivusto/isosyanaatit>.

TUKES, Turvallisuu- ja kemikaalivirasto 2025. Viitattu 5.1.2025. <https://tukes.fi/kemikaalit/tuote-voc-rakennus-ja-korjausmaalit>.

Turun ammattikorkeakoulu 2025. Viitattu 25.12.2024. <https://www.turkuamk.fi/koulutukset/ajoneuvo-ja-kuljetustekniikka-insinööri-amk/>.

Työsuojelu. 2024. Viitattu 20.12.2024. <https://tyosuojelu.fi/tyoolot/kemialliset-tekijat/riskien-hallinta/di-isosyanaatteja-koskeva-koulutusvaatimus>.

UPSKILL. 2021. Student's Book. Viitattu 25.2.2025. <https://plastics.fi/muoviopit/>. [https://drive.google.com/file/d/1WHuwAJfUBRwhe5\\_BGHRUIKu0ehu0ikOe/view](https://drive.google.com/file/d/1WHuwAJfUBRwhe5_BGHRUIKu0ehu0ikOe/view). Vaatii rekisteröitymisen.

Valmet automotive 2025. Viitattu 20.3.2025. [https://www.valmet-automotive.com/wp-content/uploads/2019/07/va\\_body-shop\\_1248.jpg](https://www.valmet-automotive.com/wp-content/uploads/2019/07/va_body-shop_1248.jpg).

Valtioneuvoston asetus 189/2022 orgaanisten liuottimien käytöstä eräissä maaleissa ja lakoissa sekä ajoneuvojen korjausmalaustuotteissa aiheutuvien haihtuvien

orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta. 2022. Viitattu 5.1.2025.  
<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2022/189>.

Volvo Trucks 2025. Viitattu 20.3.2025.  
<https://media.volvogroup.com/dam/spaces/4b4256a675f541cda2d7f9ca8a4e85a8>.

von Wright, J. & Rauste-von Wright, M. 1992. Humanistinen psykologia ja kokemuksellinen oppiminen. Aikuiskasvatus. Vol. 12, Nro 4, 210–215. Viitattu 18.3.2025. <https://doi.org/10.33336/aik.96841>.

Ympäristöministeriö. 2025. Viitattu 25.2.2025.  
<https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM052:00/2021>.