

Ari Hakanen

# Henkilö- ja pakettiautojen alustansuoja- aineiden testaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka

Insinööriytyö

26.4.2017

Tekijä(t) Otsikko	Ari Hakanen Henkilö- ja pakettiautojen alustansuoja-aineiden testaus
Sivumäärä Aika	42 sivua + 3 liitettä 26.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori Arto Yli-Pentti
<p>Opinnäytetyössä tutkittiin autojen alustoihin tarkoitettuja korroosiolta suojaavia aineita alalla toimivan yrityksen kehitteillä olevaa menetelmää varten, jossa koneellisen pesun yhteydessä auton alustaan ruiskutetaan metallin korroosiota hidastava suoja-aine. Työn tarkoitus oli tutkia standardin mukaisten rasiuskokeiden avulla aineiden soveltuvuutta kehitteillä olevaan sovellukseen. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin metallien korroosiota ja siihen vaikuttavia tekijöitä yleisellä tasolla sekä perehdyttiin lyhyesti henkilöautojen ruosteesto menetelmiin.</p> <p>Testattavana oli neljä näytettä, jotka olivat KB36, liuotinpohjainen alustansuoja, KB72, vesipohjainen alustansuoja sekä Finikor, liuotinpohjainen alustamassa ja Chassis wax, vesipohjainen inhibiitti. Kaksi viimeksi mainittua olivat referenssituotteina testauksissa. Kokeet tehtiin laboratoriossa standardin SFS 4087 mukaisin menetelmin. Testeihin kuuluivat neutraalisuolasumukoe, kylmänkestävyyskoe, kuumankestävyyskoe ja vedensuihkutuskoee.</p> <p>Testien jälkeen todettiin, että mikään testattavista ainesta ei anna standardin vaatimaa korroosiosuojaa yhdellä levityskerralla, mutta Finikor-alustamassa sai testeissä parhaat tulokset. Lopuksi todettiin myös, että kokeita kannattaa jatkaa muilla käytännön sovellukseen mahdollisesti soveltuvilla alustansuoja-aineilla ja laajentaa testejä sopivien suoja-aineiden löytyttyä myös muunlaisiin käytännönkokeisiin.</p>	
Avainsanat	korroosio, auton alusta, SFS 4087

Author(s) Title	Ari Hakanen Testing of anticorrosion agents for car chassis
Number of Pages Date	42 pages + 3 appendices 26 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Materials Technology and Surface Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Arto Yli-Pentti, Senior Lecturer
<p>This Bachelor`s thesis tested anticorrosion agents for car chassis. The tests were commissioned by a chemical technology company specialised in manufacturing detergents for use in industry, cleaning and vehicle washing machines. The company is developing a process in which an anticorrosion agent or inhibitor is sprayed onto the car`s under body in the last stage in an automatic car wash. The aim of this examination was to find an applicable substance for the system. The theoretical part of this thesis focused on the basics of metal corrosion, and the anti-corrosion treatments for the vehicles was also studied briefly.</p> <p>Four samples were tested by the methods presented in the standard SFS 4087. The four anticorrosion agent samples were a solvent-based KB36, a water-based KB72, Finikor anti-rust coating, and a water-based corrosion inhibitor Chassis Wax. Finikor and Chassis Wax were used as reference products. The laboratory tests included a salt spray test, a water spray test and cold and hot resistance tests.</p> <p>As a result of the tests, it was noted that none of the samples reached the required standard with the used application methods; however, the Finikor anti-rust coating gave the best results. Finally, it was also stated that the experiments should be continued with some other potential anticorrosion agents, and the research should be extended to other practical tests when suitable anticorrosion agents are found.</p>	
Keywords	corrosion, car chassis, SFS 4087

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Metallien korroosio	1
2.1	Sähkökemiallinen reaktio	3
2.2	Korroosioon vaikuttavia tekijöitä	6
2.2.1	Vesi ja kosteus	6
2.2.2	Lämpötila	6
2.2.3	Ilman sisältämät epäpuhtaudet	7
2.2.4	Metallin muokkaaminen	7
2.2.5	Ilmastorasitusluokat	7
2.2.6	Yleisiä korroosionmuotoja	8
2.3	Teiden suolaus	10
2.4	Inhibiitit	11
3	Henkilö- ja pakettiautojen korien korroosio	12
3.1	Alustan ruostuminen	15
3.1.1	Sinkitty korirakenne	16
3.1.2	Alustan muovisuojat	17
3.1.3	Alustan ruostesuojaus	18
3.2	Korroosiosuojaus koneellisen pesun yhteydessä	19
4	Testausmenetelmät	21
5	Kokeiden suoritus	22
5.1	Koelevyjen valmistelu	22
5.2	Kylmänkestävyys	24
5.3	Neutraali suolasumukoe	25
5.4	Lämmönkestävyys	27
5.5	Kestävyys vedensuihkutuskokeessa	27
6	Tulokset ja tulosten tarkastelu	30
6.1	Kylmänkestävyyskokeen tulokset	30
6.2	Neutraalisuolasumukokeen tulokset	33
6.3	Lämmönkestävyydestin tulokset	34

6.4	Vedensuihkutuskokeen tulokset	35
7	Yhteenveto ja pohdintaa	38
7.1	Yhteenveto tuloksista	38
7.2	Pohdintaa	39
	Lähteet	41

#### Liitteet

Liite 1. Chassis wax tuoteseloste

Liite 2. KB36 tuoteseloste

Liite 3. KB72 tuoteseloste

## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia korroosionsuoja-aineiden toimivuutta auton alustassa korroosioreaktion hidastajana. Kokeet suoritetaan laboratorioympäristössä standardin mukaisin menetelmin. Tukittavana on KB 36, liuotinpohjainen alustasuoja ja KB 72, vesipohjainen alustasuoja. Referenssituotteina ovat paljon Suomessa käytetty Finkor, liuotinpohjainen alustamassa sekä saksalaisen Otto Christ AG-konsernin kehittämä tuote Chassis Wax, joka on korroosioinhibiitin sisältävä autojenpesuaine. Testattavat aineet olivat työn tilaajan valitsemia.

Työn teettää teknokemian yritys, joka on erikoistunut valmistamaan ammattikäyttöön tarkoitettuja pesuaineita teollisuudelle, puhdistukseen ja autonpesukoneisiin. Yritys on kehittämässä menetelmää jossa auton pohjaan ruiskutetaan korroosionsuoja-aine koneellisen pesun yhteydessä. Perusideana on, että auton ajaessa pesukadulle sen pohja huuhdellaan korkeapainesuihkulla ja ulos ajettaessa pohjaan ruiskutetaan vesiliukoinen suoja-aine. Käsitteilyn ei ole tarkoitus korvata jo olemassa olevia korroosionsuojamenetelmiä, vaan säännöllisesti käytettynä pitkittää entisestään auton käyttöikää korrosioaurioiden osalta.

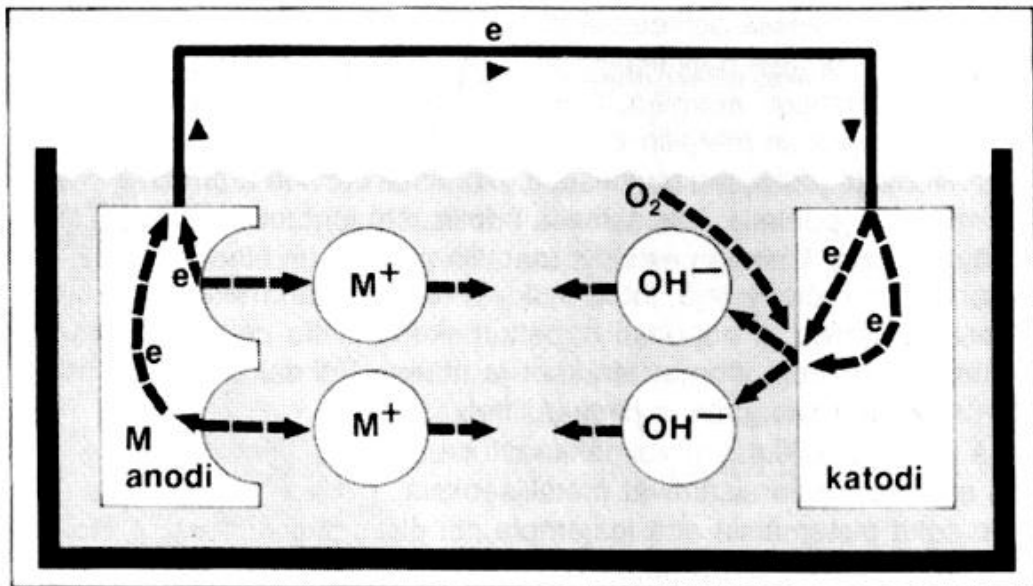
## 2 Metallien korrosio

Korroosio on ilmiö jossa metalli reagoi fysikaalis-kemiallisesti ympäristönsä kanssa. Tämä aiheuttaa muutoksia metallin ominaisuuksiin, mikä monissa tapauksissa johtaa metallin, sen ympäristön tai teknisen järjestelmän vaurioihin. Metallien korroosiossa kyse on yleensä sähkökemiallisesta reaktiosta. [1, s. 21.]

Ideaalitapauksessa, jossa metalli on puhtaassa muodossaan alkuaineena, ovat sen atomit järjestäytyneenä kolmiulotteiseen hilarakenteeseen jokainen atomi omalla paikallaan. Hilarakenteen sisäpuolella olevat atomit ovat sidoksissa toisiinsa joka puolelta, kun taas metallin ulkokuoren atomien sidokset ovat vapaina. Tällöin niiden taipumus

reagoida ympäristönsä kanssa on suurempi. Toisin sanoen metallin ulkokuoren atomien energiatila on korkeampi, kuin sisäpuolella olevien. Käytännössä metallien ideaalirakennetta ei esiinny koskaan, vaan metalliin on aina sekoittunut eri jalousasteen omaavia metalleja. Tämän lisäksi metallit sisältävät erilaisia hilavirheitä eli dislokatiovirheitä. Valmistusvaiheiden lämpökäsittelyt aiheuttavat myös metalleissa muutoksia, jotka voivat vaikuttaa muokattavan kappaleen energiatilaan. [3, s. 21.]

Niin kuin edellä mainittiin, metallin syöpmisen saa tavallisesti aikaan sähkökemiallinen reaktio. Tätä reaktiota eteenpäin ajavana voimana toimivat metallien eri jalousasteet eli potentiaalierot. Potentiaalieroja voi syntyä myös yhdelle metallipinnalle johtuen esimerkiksi pinnalla olevien kerrostumien tai liuoksen väkevyyserojen vuoksi. [3, s. 22.]



Kuva 1. Klassinen korroosioparin kaavio [1]

Korroosioparin kaavio (kuva 1.) havainnollistaa, kuinka korkeamman potentiaalisen omaavasta metallista tai jalommasta metallikohdasta muodostuu katodi ja epäjalommasta metallista anodi. Anodi on kohta, jossa metallin syöpyminen voidaan havaita painon vähentymisenä. Metallin liukenee positiivisina ioneina liuokseen anodilta. Vapautuneet elektronit siirtyvät johdinta pitkin katodinpinnalle, jossa ne kulutetaan katodisessa reaktiossa. Katodinen reaktio voi olla esimerkiksi happaman liuoksen vetyionien pelkistyminen tai veteen liuenneen happikaasun pelkistyminen. Korroosioparin syntyymiseen tarvitaan sähköä johtava metallinen yhteys, anodi ja katodi sekä virtaa kuljettava elektrolyytti. [3, s. 22.] Kun nämä edellytykset täyttyvät, syntyy suljettu virtapiiri, jos-

sa korroosiovirran suuruus on suoraan verrannollinen syöpymisnopeuteen. Kun joku edellä mainituista tekijöitä poistetaan, korroosioreaktio pysähtyy. Tähän perustuu myös korroosionestoaineiden toiminta.

Jotkin metallit altistuessaan korroosiolle, muodostavat pinnalleen tiiviin, jatkuvasti uusiutuvan reaktiotuotekerroksen, joka katkaisee yhteyden metallin ja elektrolyytin välillä. Kerrosta kutsutaan passiivikerrokseksi. Tällainen kerros pienentää korroosiovirtaa ja metalliatomien liukeneminen pysähtyy käytännössä kokonaan. Käytetyimpiä passivoituvia metalleja ovat esimerkiksi alumiini, kupari ja titaani.[3, s. 23.]

## 2.1 Sähkökemiallinen reaktio

Paviassa toiminut fysiikan professori Alessandro Volta loi käsitteen metallien jalousasteista havaittuaan, että eri metalleilla on erilainen kyky ottaa sähköistä virtaa ja antaa sähköistä virtaa kosteista kappaleista. Sir Humphry Davy havaitsi 1800-luvun alussa, että metallin ja liuoksen välinen reaktio aiheuttaa sähkövirran. Sähkökemiallisessa reaktiossa kappaleeseen varastoitunut kemiallinen energia muuttuu spontaanisti sähköenergiaksi tai sähköenergialla pakotetulla reaktiolla synnytetään yhdisteitä tai alkuaineita. Termodynamiikan avulla voidaan arvioida systeemin todennäköisyyttä pyrkiä johonkin tiettyyn tasapainotilaan. Kinetiikka määrää reaktion nopeuden. Mitä negatiivisemmän arvon reaktion vapaaenergian muutos saa, sitä todennäköisempi reaktio on. [4, s. 38.]

Systeemin vapaaenergia eli Gibbsin vapaaenergia  $G$  määritellään seuraavalla tavalla:

$$G = H - TS$$

Entalpia  $H$  kuvaa systeemin kokonaislämpötilaa, joka muuttuu, kun systeemiä puristetaan kokoon tai sitä laajennetaan. [3, s. 27.]

Entropia  $S$  kuvaa systeemissä vallitsevaa epäjärjestyksen astetta, joka lisääntyy luonnossa spontaanisti tapahtuvissa muutoksissa. [3, s. 27.]

$T$  kuvaa absoluuttista lämpötilaa.



Sähkökemialliset reaktiot jaetaan katodiseen reaktioon ja anodiseen reaktioon. Katodisessa reaktiossa elektroneja kuluu, kun taas anodisessa reaktiossa elektroneja luovutetaan. Anodinen reaktio on siis hapettumisreaktio, jossa metalli syöpyy, ja katodinen reaktio on pelkistymisreaktio, jossa esimerkiksi metalli-ionit saostuvat. [2, s. 38.]

Kun elektrolyyttiliuokseen upotetaan homogeeninen metallielektrodi, syntyy elektrodin ja liuoksen välille tietty potentiaaliero. Potentiaalieron suuruus riippuu kyseisen metallin atomien taipumuksesta luovuttaa elektroneja. Metallia rupeaa hapettumaan eli liukenemaan metalli-ioneina liuokseen, mutta samanaikaisesti tapahtuu vastakkaisuuntainen pelkistymisreaktio, jossa metalli-ionit pelkistyvät takaisin metalli-atomeiksi. Yksi ja sama reaktio etenee vastakkaisiin suuntiin yhtä suurilla nopeuksilla ja näin ollen liuoksen rajapinnan yli ei tapahdu nettomassansiirtoa. Tällaista tasapainotilaa kuvaa standardielektrodipotentiaali  $E^\circ$ . [1, s. 35.]

Standardielektrodipotentiaali voidaan laskea termodynamiikan perusteella standarditilassa, jossa lämpötila on 25 °C, paine 100 kPa ja reagoivien aineiden aktiivisuus on yksi.

- Anodinen reaktio  $E^\circ = \frac{\Delta G}{z \cdot F}$
- Katodinen reaktio  $E^\circ = -\frac{\Delta G}{z \cdot F}$

missä  $F$  on Faradayn vakio (96500 C/mol),  $z$  elektronien lukumäärä reaktiossa ja  $G$  Gibbsin vapaaenergian muutos. [2, s. 38–39.]

Kun systeemin olosuhteet poikkeavat standarditilasta, voidaan vastaava tasapainopotentiaali  $E$  laskea Nernstin yhtälöstä:

- Anodinen reaktio  $E = E^\circ + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} * \ln \frac{[OX]}{[RED]}$
- Katodinen reaktio  $E = E^\circ - \frac{R \cdot T}{z \cdot F} * \ln \frac{[RED]}{[OX]}$

missä  $T$  on absoluuttinen lämpötila,  $R$  kaasuvakio (8,3143 J/mol x K) ja logaritmitermi on reaktion tasapainovakio. Nernstin yhtälö ottaa huomioon reagoivien aineiden aktiivi-

suuden eli aineiden tehollisen konsentraation sekä lämpötilojen poikkeamat. Yhtälössä [RED] viittaa reagoivan aineen pelkistyneeseen muotoon ja [OX] viittaa reagoivan aineen hapettuneeseen muotoon. [2, s. 39.]

Elektrolyytin ja yksittäiselektrodin välistä potentiaalia mitataan standardielektrodilla, jonka kanssa mitattava elektrodi muodostaa sähkökemiallisen kennon. Tällaiseksi standardielektrodiksi on sovittu vedynkehitysreaktio, jonka potentiaaliksi on sovittu 0 V.



Kun metallien standardipotentiaalit mitataan käyttäen tätä normaalivetyelektroodia (SHE = saturated hydrogen electrode) ja saadut tulokset asetetaan suuruusjärjestykseen, saadaan taulukko, jota kutsutaan sähkökemialliseksi jännitesarjaksi. Niitä metalleja, joilla tässä taulukossa on positiivinen standardipotentiaalin, kutsutaan jalometalleiksi ja niitä joilla on negatiivinen standardipotentiaali epäjaloiniksi. [1, s. 39.]

Taulukko 1. Sähkökemiallinen jännitesarja. [2]

Elektrodireaktio	$E_0 / V \text{ vs } H_2/H^+$
$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$	1,498
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	1,36
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	1,23
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0,799
$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$	0,771
$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$	0,401
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	0,337
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	0
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	-0,126
$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$	-0,136
$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	-0,25
$Co^{2+} + 2e^- \rightarrow Co$	-0,277
$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	-0,44
$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	-0,744
$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	-0,763
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	-1,66
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	-2,37
$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	-2,714

Sähkökemiallista jännitesarjaa voidaan käyttää arvioitaessa metallien korroosioreaktioiden todennäköisyyttä. Sarjoja näkee esitettävän epäjaloin tai jaloin metalli ylimpänä. Edellä esitetystä taulukossa (taulukko 1.) jaloin metalli kulta (Au), on ylimpänä. Kullasta alaspäin mentäessä metallien potentiaaliarvot pienenevät eli mennään epäjalompaan suuntaan. [2, s. 41.]

## 2.2 Korroosioon vaikuttavia tekijöitä

Monet tekijät aiheuttavat korroosiota auton rakenteissa. Yksi merkittävä tekijä on ympäristön aiheuttama korrosio, johon liittyy esimerkiksi kosteuden, lämpötilan ja ilman epäpuhtauksien vaikutus metalliin. Myös autonkorin valmistus vaiheet altistavat sen ruostumiselle johtuen pistehitsauksien, vetojännitysten ja taitekohtien aiheuttamista potentiaalieroista. [3]

### 2.2.1 Vesi ja kosteus

Merkittävin korroosionopeuteen vaikuttava tekijä ilmastorasituksessa on metallin pinnan märkänäoloaika. Vain kolme kerrosta vesimolekyylejä metallinpinnalla alkaa käyttäytyä kuten vesi suuremmissa mittakaavassa, joten pinta voi olla riittävän märkä korroosion syntymiselle, vaikka näkyvää kosteutta ei olisikaan. Kolmen molekyylikerroksen paksuinen vesikalvo vastaa usein sitä suhteellisen kosteuden arvoa, jonka yläpuolella metallin korroosionopeus kasvaa voimakkaasti. Yleisesti käytetyt metallit, kuten kupari, teräs, sinkki ja nikkeli alkavat syöpyä ilmassa, kun suhteellinen kosteus ylittää 60 %. Jos teräksen pinnalla on kloridipitoista ruostetta, voi se alkaa syöpyä ilman suhteellisen kosteuden ollessa vain 40 %. [2, s. 24.]

Yhdessä kuutiossa vettä on vain noin 8 grammaa happea eli hyvin rajoitetusti verrattuna ilmaan. Tästä syystä korrosio luonnonvedessä eroaa merkittävästi ilmassa tapahtuvaan korroosioon. 8 grammaa happea pystyy syövyttämään noin 60 grammaa rautaa.

### 2.2.2 Lämpötila

Korkeassa lämpötilassa elektrolyytinä toimivan veden haihtuminen nopeutuu metallin pinnalta, mutta toisaalta korroosioreaktio monessa tapauksessa kiihtyy lämpötilan

noustessa. Lämpötilan ollessa alle 0 °C metallin syöpyminen pysähtyy ympäröivän ilman ollessa puhdasta. Ympäristön sisältämät epäpuhtaudet, kuten jotkin suolat, voivat kuitenkin madaltaa veden jäätympistettä, jolloin syöpymistä voi tapahtua lämpötilan ollessa pakkasen puolella. [1, s. 225.]

Metalliseosten syöpymistä korkeassa lämpötilassa, jossa metallin pinnalle ei pääse muodostumaan vettä, kutsutaan korkealämpötilakorroosioksi. Syövyttävä järjestelmä voi sisältää muita nestemäisiä aineita, kuten sulaa kuonaa tai suolaa. Korkealämpötilakorroosio on yleensä tasaista syöpymistä, jonka nopeus riippuu syntyvän reaktiotuotekerroksen kyvystä vastustaa ionien kulkua. [2, s. 88.]

### 2.2.3 Ilman sisältämät epäpuhtaudet

Ilmakehän sisältämät epäpuhtaudet vaikuttavat voimakkaasti metallin syöpymiseen. Suuri osa epäpuhtauksista on peräisin ihmisten toiminnasta, kuten fossiilisten polttoainneiden käytöstä syntyvät typen oksidit ja rikkioksidit. Myös luonnon omista toiminnoista syntyy epäpuhtauksia, esimerkiksi haitallista rikkivetyä hajoamisprosessien yhteydessä. Varsinkin rannikkoalueilla ilmakehässä voi olla runsaasti klorideja ja sulfaatteja. Kloridit ja rikkivetyyhdisteet ovat näistä eniten haitallisia metalleille. [1, s. 225.]

### 2.2.4 Metallin muokkaaminen

Metallirakenteiden valmistus vaiheisiin liittyy useita tekijöitä, jotka altistavat metallin korroosiolle. Tällaisia työstömenetelmiä ovat esimerkiksi lämpökäsittely, kylmämuokaus, hitsaus sekä lävistäminen ja leikkaus. Nämä altistavat metallin sisäisille jännityksille, jotka voivat olla vaarallisia niiden ennustamattomuuden ja suuruuden takia. Metallin altistuessa jännityskorroosiolle siihen muodostuu murtumia korroosion ja pinnassa vaikuttavan vetojännityksen vaikutuksesta. Jännityskorroosioon johtava korroosio ympäristö on hyvin yksilöllinen riippuen materiaalista.

### 2.2.5 Ilmastorasitusluokat

Standardi SFS-ISO 12944-2 ”Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suoja-  
maaliyhdistelmillä” luokittelee ilmastorasitusluokat C1 – C5-M, perustuen märkänäolo-  
aikaan ja kloridin kulkeutumiseen metallin pinnalle:

- C1 (hyvin lievä). Lämmitetyt rakennukset, joissa on puhtaat ilmatilat.
- C2 (lievä). Ilmatilat, joissa epäpuhtauksien määrä on alhainen. Lämmittämättömät sisätilat, joissa voi esiintyä kondensoitumista.
- C3 (kohtalainen). kaupunki- ja teollisuusilmatilat, joissa on kohtalainen rikkidioksidikuormitus. Tuotantotilat, joissa on korkea kosteuspitoisuus ja jossain määrin epäpuhtauksia ilmassa.
- C4 (ankara). Rannikkoalueet ja teollisuusalueet, joilla suolapitoisuus on kohtalainen. Kemianteollisuuden tuotantolaitokset, uima-altaat ja rannikolla sijaitsevat telakat ja veneveistämöt.
- C5-I (hyvin ankara, teollisuus). Teollisuusalueet, joilla kosteus on korkea ja ilmatila on syövyttävä. Rakennukset ja alueet, joilla kondensoituminen on lähes jatkuvaa ja saasteiden määrä korkea.
- C5-M (hyvin ankara, meri). Rannikkoalueet ja rannikon ulkopuoliset alueet, joilla suolapitoisuus on korkea. [2, s. 25]

#### 2.2.6 Yleisiä korroosimuotoja

Yleinen korroosio on syöpymistä, jossa anodiset ja katodiset reaktiot tapahtuvat samalla pinnalla. Yleinen korroosio eli tasainen korroosio on kaikista tavallisin korroosiotyyppi. Paljaalla silmällä tarkasteltuna metallin pinta syöpyy tasaisesti, mutta mikroskooppisesti tarkasteltuna pinta on jakautunut anodi- ja katodialueisiin, joista vain katodialueet syöpyvät. Alueet vaihtavat kuitenkin paikkaa jatkuvasti, mistä johtuu näennäinen tasainen syöpyminen. [2, s. 65.]

Galvaaninen korroosio eli bimetallinen korroosio saa alkunsa, kun kaksi tai useampi eri jalousasteen metallia on samassa elektrolyytissä, sähköisessä kontaktissa. Epäjaloin metalli muodostuu anodiksi ja alkaa syöpyä. Jaloimman metallin syöpyminen pysähtyy puolestaan lähes täysin. Mitä kauempana metallit ovat toisistaan sähkökemiallisessa jännitesarjassa, sitä todennäköisempää on galvaanisen parin muodostuminen. Jos

epäjalompi metalli on pinta-alaltaan pienempi kuin jalompi metalli, sen syöpymisnopeus kasvaa, koska tällöin virrantiheys kasvaa anodilla suureksi. [1, s. 109;4, s. 66.]

Pistesyöpyminen aiheuttaa metallin pinnalle pieniä paikallisia syvänteitä. Pistekorroosiota esiintyy yleensä metalleilla, jotka muodostavat passiivikalvon. Syöpyminen voi alkaa esimerkiksi paikallisesta passiivikalvon virheestä, kuten naarmuista ja urista. Myös muut heterogeenisuudet, niin kuin esimerkiksi elektrolyyttipisarot tai pintaan voimakkaasti iskeytyvä liuos, voivat aiheuttaa syöpymistä. Liuoksen sisältämät aggressiiviset anionit aiheuttavat myös pistekorroosiota. Tästä esimerkkinä ruostumattomateräksen pistemäinen syöpyminen NaCl-liuoksessa tai merivedessä. [2, s.72.]

Raerajakorroosiota voi esiintyä olosuhteissa, joita ei yleensä pidetä kyseiselle metallille syövyttävänä. Hitsauksessa tai lämpökäsittelyssä tapahtuvan metalliseosten jäähmettymisen yhteydessä raerajoille voi syntyä korroosionkestävyyttä heikentäviä yhdisteitä, jotka aiheuttavat voimakasta syöpymistä raerajoja pitkin. Hitsauslämpötilalla ja lämpötilan kestoajalla on suuri merkitys korroosion esiintymisherkkyyteen. Epäpuhtaudet raerajoilla ja rikastuminen tai köyhtyminen jonkin seosaineen suhteen voi myös aiheuttaa raerajakorroosiota. Raerajakorroosio on yleensä keskittynyt hyvin pienelle alueelle ja voi olla vaikea havaita. [2, s. 115;1 s. 76.]

Hiertymiskorroosiota voi esiintyä kahden toisiaan vasten puristetun pinnan välissä, kun pinnat pääsevät liikkumaan toistensa suhteen värähdellessään. Pintojen profiilihuippujen koskettaessa toisiaan nousevat kosketusjännitykset hyvin suuriksi. Hiertymiskorroosion mekanismia ei ole vielä täysin pystytty selvittämään. Yhden teorian mukaan toisiinsa hitsautuneet profiilihuiput murtuvat suhteelliseen liikkeen takia, jolloin irronneet metalli hiukkaset hapettuvat oksidipartikkeleiksi. Nämä irronneet oksidishiukkaset aiheuttavat abrasiivista kulumista. Toisen teorian mukaan pintojen väliin syntyy oksidishiukkasia, kun profiilihuippujen luontainen oksidikerros murtuu. [2, s. 114.]

### 2.3 Teiden suolaus

Talvisin teitä suolataan (kuva 2.) liukkauden vähentämiseksi ja kesäisin suolausta käytetään sorateiden pölynsidontaan sekä parantamaan kulutuskerroksen kestävyyttä. Teiden suolaus on merkittävä tekijä ajoneuvojen korroosiokestävyydessä. Suolauksesta aiheutuvat syöpymisvauriot kohdistuvat autoissa erityisesti alustarakenteisiin, pakoputkistoon, jäähdytysjärjestelmiin ja sähkölaitteisiin. [4, s. 30.]

Eniten käytetyt tiesuolat ovat natriumkloridi (NaCl) ja kalsiumkloridi (CaCl<sub>2</sub>). Liukkaudentorjuntakemikaaleja käytetään Suomessa tavallisesti vain yli -7 °C:n lämpötiloissa. Tutkimuksen mukaan kalsiumkloridi vaikuttaa haitallisemmin rakennettuun ympäristöön kuin natriumkloridi, jolla näyttäisi olevan hieman suuremmat haittavaikutukset luonnonympäristöön. [4, s. 5.]

Kemikaalien reagoitavalla kosteuteen, on suora yhteys niiden korroosio-ominaisuuksiin. Eri klorideilla on erilainen vaikutus kriittisen suhteellisen kosteuden arvoon. Kriittisen suhteellisen kosteuden arvo on piste, jossa korroosio kiihtyy oleellisesti, ja se on riippuvainen mm. metallipinnalla esiintyvistä klorideista ja korrosiotuotekerroksen ominaisuuksista. Natriumkloridi alkaa sitoa kosteutta itseensä vasta kun ilman suhteellinen kosteus ylittää 76 %. Jos suhteellinen kosteus pysyy alle tämän rajan, pysyy natriumkloridi kuivana suolana eikä aiheuta syöpymistä. Syöpyminen alkaa, kun ilmankosteus lisääntyy ja kuiva suola kostuessaan synnyttää syövyttävän liuoksen. [4, s. 31.]

Kalsiumkloridi on hygroskooppinen suola. Se pyrkii sitomaan vettä itseensä. Kalsiumkloridin kriittinen ilman suhteellisen kosteuden arvo on 30 % lämpötilassa 25 °C, jonka yläpuolella se alkaa sitoa vettä itseensä. Tämä arvo kasvaa lämpötilan laskiessa. Lämpötilassa 0 °C se on 45 %. [4, s. 31.]



Kuva 2. Maantien suolausta.[5]

## 2.4 Inhibiitit

Inhibiitit tai inhibiittorit ovat aineita, jotka pieninäkin pitoisuuksina lisättynä korroosioympäristöön pienentävät korroosionopeutta. Inhibiittejä on useanlaisia, joista yleisimpiä ovat hapettavat inhibiitit, adsorptioinhibiitit ja kalvonmuodostajat. Inhibiittien vaikutus korroosioon sekä niiden kemiallinen toiminta on monimutkaista ja osittain vielä jopa selvittämättä. Monet inhibiitit ovat erittäin valikoivia toiminnaltaan ja näin ollen soveltuvat vain tietyille metallille. Vääränlaisen metallin kanssa käytettynä vaikutus voi olla negatiivinen. Korroosion hidastamiseen tarvittava inhibiitin määrä on vaikeasti määriteltävissä. Tarvitaan tarkkaa tietoa metallirakenteesta ja sitä ympäröivästä liuksesta. On tunnettava suojattavan metallin kanssa kosketuksessa olevan veden koostumus, kuten veden biologinen toiminta, lämpötila ja aggressiivisten ionien mahdollinen läsnäolo. Metallin pinnan laatu ja koostumus on myös huomioitava. [1, s. 789;17, s. 303.]



Taulukko 2. Yleinen luettelo eri inhibiittien tehokkuudesta neutraalilla pH-alueella. [1]

Inhibiitti							
Metalli	Kromaatit	Nitriitit	Bentsoaatit	Boraatit	Fosfaatit	Silikaatit	Tanniinit
hiiliteräs	tehokas	tehokas	tehokas	tehokas	tehokas	kohtalaisen tehokas	kohtalaisen tehokas
valurauta	tehokas	tehokas	tehoton	vaihteleva	tehokas	kohtalaisen tehokas	kohtalaisen tehokas
sinkki	tehokas	tehoton	tehoton	tehokas	?	kohtalaisen tehokas	kohtalaisen tehokas
kupari	tehokas	osittain tehokas	osittain tehokas	tehokas	tehokas	kohtalaisen tehokas	kohtalaisen tehokas
alumiini	tehokas	osittain tehokas	osittain tehokas	vaihteleva	vaihteleva	kohtalaisen tehokas	kohtalaisen tehokas
lyijytina	?	agressiivinen	tehokas	?	?	kohtalaisen tehokas	kohtalaisen tehokas

### 3 Henkilö- ja pakettiautojen korien korroosio

Suomen olosuhteissa ajoneuvojen korroosio- eli ruostesuojaus korostuu johtuen ankarista olosuhteista. Kuitenkin Suomessa myytävien autojen määrä on maailmanlaajuisesti verrattain vähäinen. Ennakoiva ruostesuojaus olisi autonvalmistajille lisäkustannus, joten autoja ei ole kannattavaa suunnitella Pohjoismaiden haastaviin olosuhteisiin. Autotehdas on usein suojannut auton alustan vain pohjamaalilla ja auton perusteellisempi ruostesuojaus jää auton ostajan hoidettavaksi. [7.]

Ympäristönsuojeluvaatimukset hankaloittavat myös osaltaan autotehtailla tehtävää ruosteenestoa. Yleisimmät korroosionsuoja-aineet sisältävät runsaasti hiilivetyyhdisteistä koostuvia liuottimia. Joidenkin kotelosuojain liuotinpitoisuus voi olla jopa yli 50 prosenttia. Autotehtaiden hiilivetyy-päästöille on asetettu tiukat rajat, ja niitä valvotaan tarkasti. Nämä tiukat rajat voivat joissakin tapauksissa jopa estää ruosteenestoaineiden käytön valmistajatehtaalla. [7.]

Uusien autojen korin valmistuksessa käytetään paljon niin sanottuja suurlujuusteräksiä esimerkiksi törmäysturvaa lisäävissä palkeissa. Näiden teräksien korroosiovaurioilla voi olla suhteessa suuremmat seuraamukset kuin perusteräksen ruostumisella. Ruostuesaan kevyet ja ohuet rakenteet menettävät lujuutensa. Tällöin kolaritesteissä menestynyt auto saattaa kärsiä paljon odotettua suuremmat vauriot törmäyksessä. [7.]

Helsingin Sanomat julkaisi 5.1.2013 Ruotsalaisen Vi Bilägare – lehden tutkimuksen autotehtailla tehdyistä ruostesuojauksista, jossa oli mukana 500 autoa. Autot arvosteltiin paremmuusjärjestykseen arvoasteikolla 1 – 5. Arvosana 5 tarkoittaa erittäin hyvää ruosteensuojausta tehtaalla sekä järkevää rakennetta ruostumisen välttämisen kannalta. Arvosana 1 tarkoittaa ala-arvoista ruostesuojausta, auto ei kestä yhtäkään talvea suolatuilla teillä. Alla on taulukoitu 20 parasta ja 20 huonoiten testissä pärjännyttä autoa (taulukko 3.).

Taulukko 3. Autojen ruostesuojaus tehtailla. [8]

Merkki	Mallisarja	Testivuosi	Koritakuu	Arvosana
Audi	A2	2000	12	5
Audi	A4	2002	12	5
Audi	A6	2011	12	5
Audi	A6	2002	12	5
Audi	Allroad 2,7	2001	12	5
Audi	A6	2011	12	5
BMW	520d	2011	12	5
BMW	530d	2010	12	5
BMW	X5	2002	6	5
Land Rover	Range Rover	2002	6	5
Opel	Vectra	2002	12	5
Opel	Vectra farmari	2005	12	5
Renault	Clio	2006	12	5
Renault	Espace	2003	12	5
Renault	Grand Scenic	2007	12	5
Renault	Grand Scenic	2004	12	5
Renault	Laguna	2001	12	5
Renault	Mégane	2003	12	5
Renault	Mégane Scenic	2003	12	5
Merkki	Mallisarja	Testivuosi	Koritakuu	Arvosana
Alfa Romeo	159	2006	8	1
Alfa Romeo	156 Sportwagon	2002	8	1
Cadillac	CTS	2003	6	1
Cadillac	Seville	2001	6	1
Chevrolet	Alero	2000	6	1
Chevrolet	HHR	2009	6	1
Chevrolet	Kalos	2005	6	1
Chevrolet	Matiz	2008	6	1
Chevrolet	Matiz	2005	6	1
Chrysler	Voyager	2001	7	1
Chrysler	Voyager	1998	7	1
Citroën	Berlingo Family	2003	12	1
Citroën	C-Crosser	2007	12	1
Daewoo	Kalos	2003	6	1
Daewoo	Lacetti	2003	6	1
Fiat	Doblo	2003	8	1
Ford	Fiesta	2000	6	1
Honda	Civic	2001	6	1
Honda	Stream	2001	6	1

### 3.1 Alustan ruostuminen

Yleensä ruostuminen alkaa autossa korin rakenteiden sisällä. Erittäin otolliset olosuhteet ruostumiselle syntyvät esimerkiksi, kun suolapitoista tietä pääsee pyöräkoteloihin ja alustan osiin. Talvella suolavesi imeytyy sisään ja muodostaa hauteen, joka pääsee vaikuttamaan lämpötilan noustessa nollan yläpuolelle. Piiloon jäänyt tai teräspellin pinnalle saakka päässyt kosteus nopeuttaa edelleen ruostumista. Pelkkä maalipinta ei pysty suojaamaan auton alustaa korroosiovaurioilta pitkäaikaisesti johtuen renkaista lentävien kiven ja muun lian vuoksi. Auton pohja on jatkuvassa hiekkapuhalluksessa autolla ajettaessa. Tästä syystä perusteelliseen ruostesuojaukseen kuuluu myös esimerkiksi pohjan massaus. [8, kappale 3]



Kuva 3. Läpiruostumista paikassa, johon kivet ja kura lentävät etupyörästä.

### 3.1.1 Sinkitty korirakenne

Sinkkikerros auton korirakenteissa suojaa koria galvaanisesti erityisesti saumoissa, naarmuissa ja kiveniskuissa. Sinkkikerros jätetään yleensä ohueksi, 3-7 mikrometriä, kustannussyistä johtuen. Lisäksi liian paksu sinkkikerros murtuu helposti muokattaessa. Sinkityksellä pyritään parantamaan korin lujuutta ja parantamaan suurlujuusterästen kanssa ohentuneen koripellin korroosionkestävyyttä. Normaalioloissa sinkin syöpymisnopeus on 1-2 mikrometriä/vuosi. Raudalla vastaava nopeus on monikymmentertainen. Peltipinnoissa käytetään yleensä sähkösinkitystä ja alustan osat ovat kuumasinkittyjä. Autoja markkinoitiin sinkityllä korirakenteella erityisesti 1980- ja 1990-luvuilla, mutta niitä valmistetaan jonkin verran vielä nykyäänkin. Nykyisin auton valmistajat käyttävät sinkkipölyväriä ja sinkkifosfatointia tai muita orgaanisia sinkkipinnoitteita, joista joskus virheellisesti käytetään nimitystä ”täyssinkitty korirakenne”. Sinkkipinnoitteen yhtenä huonona puolena on heikko mekaanisen kulumisen kestävyys. [3, s. 2.]



Kuva 4. Sinkkipinnoitettu auton kori. [11]

Kuumasinkitty kappale alkaa reagoida välittömästi ympäröivän ilman hapen kanssa muodostaen pintaansa sinkkioksidikalvon ( $ZnO$ ), kun se nostetaan sinkkikylvystä. Kalvon paksuun on noin 0,1 nm 100 tunnin jälkeen. Ulkoilman sisältämän kosteuden vaikutuksesta sinkkioksidikalvo muuttuu sinkkihydroksidiksi ( $Zn(OH)_2$ ), joka muuttuu edelleen emäksiseksi sinkkikarbonaatiksi ( $2ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$ ) hiilidioksidin vaikutuksesta. Muodostunut kerros on lähes veteen liukenematon, tiivis ja hyvin kiinnittynyt antaen näin hyvän suojan pinnoitteelle. [9, s. 1.]

Kaupungeissa ja teollisuusalueilla esiintyy ilman epäpuhtauksia, jotka sisältävät rikkiyhdisteitä. Kun rikkiyhdisteet reagoivat ilman kosteuden kanssa sinkkioksidi- ja sink-

kikarbonaattikerrosten kanssa, muodostuu niistä sinkkisulfaatteja ja –sulfiitteja. Näin muodostuneet sinkkiyhdisteet pysyvät huonosti kiinni sinkin pinnassa ja ovat vesi liukoisia. Viime vuosikymmenten aikana ilman sisältämä rikkioksidipitoisuus on kuitenkin pienentynyt merkittävästi ja näin ollen sinkin syöpymisnopeudet ovat myös pienentyneet. [10, s. 1]

Taulukko 4. Sinkin syöpymisnopeudet eri ilmastorasitusluokissa. [10]

Rasitusluokka	Korroosioriski	Korroosionopeus $\mu\text{m} / \text{vuosi}$
C1	Hyvin alhainen	$\leq 0,1$
C2	Alhainen	0,1 ... 0,7
C3	Keskimääräinen	0,7 ... 2
C4	Korkea	2 ... 4
C5	Hyvin korkea	4 ... 8

### 3.1.2 Alustan muovisuojat

Aerodynaamisten ominaisuuksien ja polttoainetaloudellisuuden parantamiseksi henkilöautojen pohjiin laitetaan usein muovisuoja. Muovi suoja myös tehokkaasti kiven iskuilta ja vaimentaa ääniä. PVC-muovi on hyvin yleisesti autojen pohjissa käytetty muovi, koska se kestää varsin hyvin mekaanista kulutusta. Ajan mittaan PVC-kalvo kuitenkin kovettuu ja siihen tulee huokosia sekä hiushalkeamia, joiden läpi tiesuola, kosteus ja lika pääsevät vaurioittamaan metallipintaa. Muovikalvo irtoaa myös vanhemmiten alustastaan, jolloin syntyy taskuja, joihin epäpuhtaudet ja kosteus pääsevät muhimaan metallin ja muovin väliin aiheuttaen ruostumista. Näin syöpymistä pääsee tapahtumaan piilossa ja sen havaitsemiseksi sekä pysäyttämiseksi ovat muovit purettava auton pohjasta. [3, s. 2;12.]

### 3.1.3 Alustan ruostesuojaus

Autolle tehtävä ruostesuojaus huoltamalla voi esimerkiksi seuraavanlainen:

- **Purkaminen.** Autosta otetaan irti renkaat, pyörien navat sekä pohjan suoja-  
muovit puretaan. Uudemman auton pohjassa voi olla kymmenkunta suoja-  
muovia. Muovien alla olevassa alustassa on monesti vain ohut galvanointiker-  
ros. [12.]
- **Painepesu ja kuivaus.** Auton pohjalevy ja pyörien navat painepestään. Pesun  
jälkeen auto tarkastetaan ja sen annetaan kuivua. Auton pohjan tulee olla täysin  
kuiva enne ruostesuojakäsittelyn aloittamista. [12.]
- **Kotelosuojien ruostesuojaus.** Kaikki kotelosuojat, kynnykset, ovet ja pohjara-  
kenteen osat suojataan ohuella vahapohjaisella korroosionsuoja-aineella, jonka  
on tarkoitus myös tunkeutua vaikeapääsyisiin paikkoihin. [12.]
- **Kaarien, reunojen, kulmien ja pistehitsien liitoskohtien suojaus.** Nämä osat  
voivat vahingoittua valmistuksen yhteydessä ja niitä ei aina voida suojata gal-  
vanisoimalla. Tiivisteet ja liimaukset eivät myöskään aina peitä suojaamattomia  
pintoja riittävän hyvin. [12.]
- **Alustan ruostesuojaus.** Ensin pohjalevyyn ja pyörien napoihin ruiskutetaan  
vahapohjaista ohutta korroosionestoainetta, joka tunkeutuu myös vaikeapääsyi-  
siin paikkoihin. Tämän jälkeen levitetään voimakkaampi ruostesuoja-aine, jonka  
on tarkoitus suojata esimerkiksi irtokiven aiheuttamaa mekaanista kulumista.  
Viimeiseksi pohja käsitellään paksulla massalla, joka myös suojaa mekaaniselta  
kulumiselta. [12.]
- **Lopputarkastus.** Suojatut osat tarkastetaan ja puretut osat kiinnitetään takaisin  
sekä auto pestään. Ruostesuojauksesta laaditaan todistus. [12.]

### 3.2 Korroosiosuojaus koneellisen pesun yhteydessä

Koneellisen auton pesun tarkoituksena on, että pesukoneet suorittavat kaikki pesun vaiheet koneeseen syötetyn ohjelman mukaisesti niin, että henkilökuntaa ei tarvita ohjaamaan toimenpiteitä. Automatisoidut konepesut voidaan jakaa kahteen päätyyppiin. Pesulinjassa eli pesukadussa pesukone on paikallaan ja kuljetin vetää auton pesulinjan läpi. Pesukadun kapasiteetti on noin 60 autoa tunnissa. Roll-over – tyyppisessä pesukoneessa auto on paikallaan ja pesukone liikkuu ajoneuvon yli yhden tai useamman kerran. Roll-over - tyyppisen pesulan kapasiteetti on noin 6-12 autoa tunnissa riippuen siitä, onko kyseessä peruutettava vai läpiajettava pesuhalli. Peruutettavan hallin kapasiteetti on yleensä hieman pienempi. [13, s. 9.]

Yleisesti käytössä olevat pesuohjelmat sisältävät seuraavia vaiheita:

- **Esipesu.** Esipesussa poistetaan suurin osa auton pinnalle kertyneestä liasta.
- **Harjaton korkeapainepesu.** Esipesuaineella irrotettu lika poistetaan korkealla paineella suihkutetulla vedellä.
- **Alustanpesu.** Auton alustaan suihkutetaan vettä korkealla paineella.
- **Vannepesu.** Vannepesua voidaan tehostaa harjoilla tai pesuaineella.
- **Harjapesu.** Auto pestään mekaanisesti sivuilta ja päältä pyörivillä harjoilla.
- **Kiillotusvahaus.** Auto päälle ruiskutettu kiillotusvaha kiillotetaan pintaan pesuharjoilla ilman vettä.
- **Kuumavahaus.** Kuumaan veteen sekoitettua vahaa ruiskutetaan auton päälle.
- **Huuhteluvahaus** (kuivavahaus). Huuhteluvaha levitetään auto pinnalle suihkutamalla kylmää vettä ja huuhteluvahaa.
- **Kuivaus.** Pisaroitunut vesi puhalletaan pois auton pinnalta ilmaa voimakkaasti puhaltamalla. [13, s. 9-11.]





Kuva 5. Pesukatu. [14]

Yllä olevassa pesukatua esittävässä kuvassa (kuva 5.) alhaalla vasemmalla näkyy kuljetin, joka vetää autoa eteenpäin kuljettaen auton eri pesuvaiheiden läpi. Oikealla ja vasemmalla sekä päällä näkyy pesuharjoja.

Tämän opinnäytetyön tilaajan suunnittelema sovellus olisi tarkoitus tulla pesukatu – tyyppisen autonpesujärjestelmän yhteyteen. Lähtökohtana suunnittelussa oli, että kun auto on ohittanut pesuohjelman kuivausvaiheen, viimeisenä vaiheena auton alustaan ruikutettaisiin vielä jokin tarkoitukseen soveltuva korroosioinhibiitti. Tällaisessa käsittelyssä korostuisi alustapesuvaihe, jotta kaikki lika ja epäpuhtaudet saataisiin pois alustasta ennen suoja-aineen levitystä. Suoja-aineen levitys toteutettaisiin haluttuihin kohtiin asennetuilla suuttimilla.

Tällainen laitteisto vaatisi ainakin säiliön ja pumpun suoja-aineelle. Lisäksi pitäisi asentaa putkistosysteemi lattiaan, johon suoja-ainetta pumpataan sekä suuttimet, joista suoja-aine ruiskutetaan alustaan.



Kuva 6. Ruostesuojaa alustan pesun yhteydessä. [15]

Tällaista alustan pesuun yhdistettyä korroosiosuojausta on jo tarjolla joissakin autonpesuliikkeissä. Yllä oleva kuva (kuva 6.) on Wisconsinin osavaltiossa sijaitsevasta pesukatuyrityksestä, jossa pesuohjelmassa on mukana alustan huuhtelun yhteydessä suoritettava korroosioinhibiitin ruiskuttaminen alustaan. Tällainen käsittely ei korvaa tässä työssä aiemmin esiteltyä raskaampaa korroosiosuojausta, vaan suojauksen toimivuus perustuu useasti tehtyyn käsittelyyn.

#### **4 Testausmenetelmät**

Standardi SFS 4087

Työn tilaajan toimittamat neljä alustansuoja-ainetta testataan standardin SFS 4087 (Henkilö- ja pakettiautojen korin korroosionestokäsittely. Alustansuoja-aineet.) mukaisin testimenetelmin. Testeihin kuuluu olosuhdetestaustaapissa suoritettavat kylmän- ja kuumankestävyyskokeet, suolasumukaapissa suoritettava neutraalisuolasumukoe ja suihkutusaltaassa suoritettava vedensuihkutuskoe.

Testattavat aineet levitetään kylmävalssattujen teräslevyjen pinnoille, joita valmistetaan standardin mukainen määrä kutakin koetta varten. Standardista poiketen testattavat aineet levitettiin suihkupullolla ja pensselillä, koska sen katsottiin vastaavan tarpeeksi aineiden käyttötarkoitusta. [16]

## 5 Kokeiden suoritus

### 5.1 Koelevyjen valmistelu

Kylmävalssatusta teräslevystä leikattiin kymmenen koelevyä kutakin testattavaa näytettä kohden. Levyt olivat kooltaan 150 mm x 75 mm x 1 mm, standardin mukaisesti. Levyt puhdistettiin huolellisesti epäpuhtauksista ja rasva poistettiin asetonilla. Levyjen toinen puoli ja reunat suojattiin ilmastointiteipillä. Tämän jälkeen levyt punnittiin 0,001 g tarkkuudella ( $m_1$ ) ja merkittiin tussilla myöhempää tunnistamista varten.

Näytteet valmistettiin levitystä varten:

- KB 72, punnittiin 10 osaa näytettä ja 90 osaa vettä
- KB 36, punnittiin 50 osaa näytettä ja 50 osaa White spirit D40 –liuotinta
- Chassis Wax, punnittiin 1 osa näytettä ja 99 osaa vettä
- Finikor, lämmitettiin näytettä sähköhellalla, kunnes massa notkistui levitettäväksi pensselillä

Seokset suihkutettiin teräslevyjen suojaamattomalle teräspinnalle suihkupullolla. Finikor levitettiin pensselillä, koska sen koostumus oli huomattavasti jäykempi, kuin muiden näyteaineiden. Levityksen jälkeen levyjen märkäkalvojen paksuudeksi mitattiin 60 -100  $\mu\text{m}$ . Levitettävien aineiden vaihtelevan viskositeetin takia märkäkalvojen paksuuksissa tuli hieman heittoa. Levyt jätettiin kuivumaan vaaka-asentoon seitsemäksi vuorokaudeksi. Kuivuneet testilevyt punnittiin uudelleen kalvon massan määrittystä varten ( $m_2$ ). Jokaisen näytteen testilevyistä kaksi levyä jätettiin käsittelemättä myöhempää vedentiputuskoetta varten.

Levyjen kalvojen pinta-alamassat  $M$  punnittiin ennen kokeiden aloittamista kaavalla:

$$M1 = \frac{m2 - m1}{A}$$

Kokeiden jälkeen määritettiin muutokset kalvojen massoissa punnitsemalla taas levyjen massa ( $m_3$ ) ja laskettiin pinta-alamassat:

$$M2 = \frac{m3 - m1}{A}$$

Laskettiin edelleen pinta-alamassan muutos  $\Delta M$ :

$$\Delta M = M1 - M2$$



Kuva 7. Koelevyt seitsemän vuorokauden kuivumisen jälkeen.

## 5.2 Kylmänkestävyys

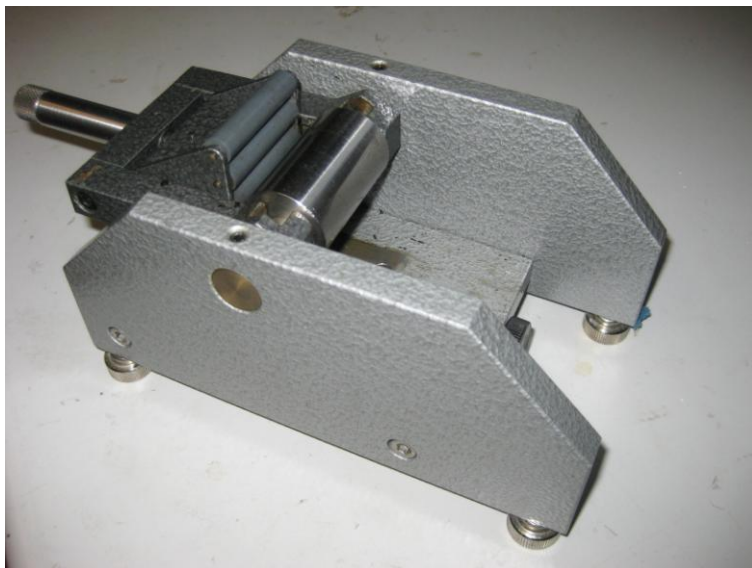
Kaksi koelevyä kutakin näytettä kohden sekä 32 mm halkaisijaltaan oleva tuurna laitettiin olosuhdetestauskaappiin 24 tunniksi,  $-25\text{ °C}$ :n lämpötilaan. Lämpötila ja kokeen kesto aika ohjelmoitiin etukäteen olosuhdetestauskaapin käyttöpaneelista. Testausajan jälkeen levyt taivutettiin taivutuslaitteen ja tuurnan avulla  $90\text{ °}$ :n kulmaan. Koelevyt otettiin ulos testauskaapin pienestä sivuluukusta taivutusta varten yksi pari kerrallaan, jotta kaappiin ei pääsisi lämpöä eivätkä muut koelevyt lämpenisivät huoneen lämmössä sillä aikaa, kun toisia levyjä taivutetaan.

Pakkasesta otettu koelevy asetettiin taivutuslaitteeseen (kuva 7.) kolmen rullan ja tuurnan väliin ja nostettiin laitteen vääntökahva ylös rauhallisella liikkeellä, jolloin levy taipui haluttuun  $90\text{ °}$ :n kulmaan. Kahva laskettiin varovasti takaisin alas ja taipunut koelevy otettiin tarkasteluun. Taivutettujen koelevyjen kalvoista otettiin valokuvat myös myöhemmää tarkastelua varten.

Jos taivutuksen jälkeen kalvossa ei ole metallipintaan ulottuvia halkeamia eikä kalvo ole irronnut, katsotaan, ettei korroosionestoaine ole haurasta. Muutkin mahdolliset muutokset kalvossa ilmoitetaan. Standardin vaatimuksena on, ettei halkeilua ja hilseilyä esiinny.



Kuva 8. Olosuhdetestauskaappi Discovery DT340C



Kuva 9. Taivutuslaite ja 32 mm:n tuurna.

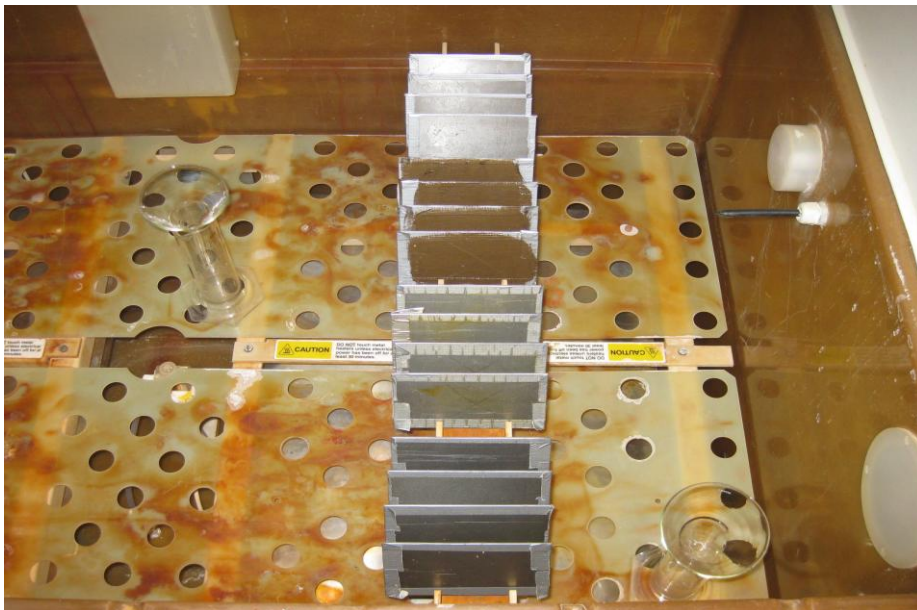
### 5.3 Neutraali suolasumukoe

Kutakin testattavaa ainetta kohden laitettiin neljä koelevyä suolasumutestaukseen. Kahteen levyyn neljästä naarmutettiin ristikuvio. Suolasumukaapin suolaliuossäiliössä oli liuos, jonka natriumkloridi (NaCl) pitoisuus oli noin 50 g/l ja pH noin 7. Lämpötila oli säädetty 35 °C:seen. Levyjä oli tarkoitus pitää testauskaapissa 500 tuntia. Suolasumukokeen avulla voidaan testata suoja-aineen käyttäytymistä ja sen kykyä suojata metalleja jatkuvassa kosteudessa sekä sillä voidaan mallintaa tiesuolauksen aiheuttamaa rasiusta. Suolasumukaapissa NaCl-liuosta pumpataan suolaliuossäiliöstä suuttimelle samalla, kun paineilma kuljetetaan suuttimen kostutussäiliön kautta, jossa paineilma kostuu. Suolaliuos ja paineilma sekoittuvat suuttimella, joka puhaltaa hienojakoista suolasumua suolasumukaappiin. Haluttu lämpötila saadaan aikaan lämpövastuksilla.



Kuva 10. Suolasumukaappi

Kokeen jälkeen ruostumisaste arvioidaan standardin SFS-EN ISO 4628-3:2004 mukaan. Standardin vaatimus suoja-aineelle on ruostumisaste Ri 0.



Kuva 11. Koelevyt asetettuna suolasumukaappiin

#### 5.4 Lämmönkestävyys

Korroosionestoaineiden ominaisuuksia testattiin korotetussa lämpötilassa. Koelevyt asetettiin telineeseen pystysuoraan asentoon ja laitettiin olosuhdetestauskaappiin. Kaapin lämpötilaksi säädettiin 60 °C:seen. Koelevyjä pidettiin asetetussa lämpötilassa 120 minuuttia, jonka jälkeen niiden annettiin jäähtyä huoneenlämpötilaan. Tämän jälkeen levyt punnittiin ( $m_3$ ) ja mahdolliset muutokset levyjen pinnassa kirjattiin ylös.

Kokeen jälkeen lasketaan keskimääräinen kalvon massa sekä ilmoitetaan mahdolliset muut muutokset kalvossa.



Kuva 12. Koelevyt lämmönkestävyytestauksessa

#### 5.5 Kestävyys vedensuihkutuskokeessa

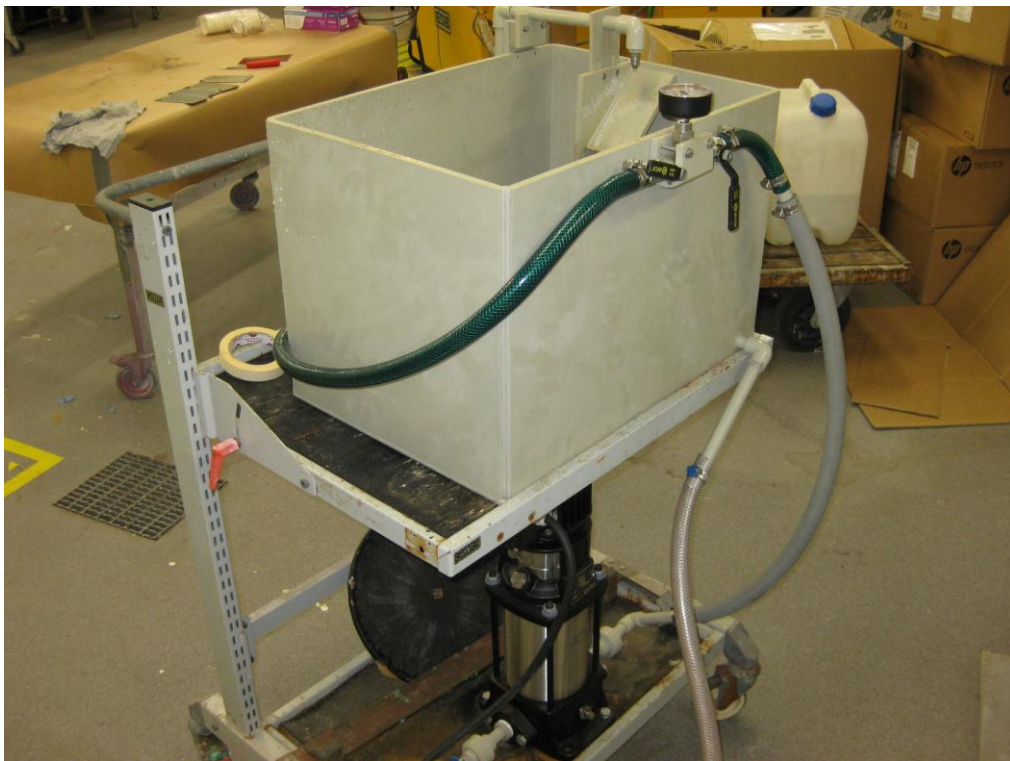
Testin tarkoituksena oli testata kuivuneen alustansuojakalvon kykyä kestää vesisuihkun kuluttavaa vaikutusta. Testissä mallinnetaan tilannetta, jossa esimerkiksi pyörät sinkoavat vettä lokasuojiin märissä olosuhteissa. Koe suoritettiin polypropeenilevyistä valmistetussa altaassa. Altaassa oli teline koelevyä varten joka oli 45° kulmassa vaakasuoraa pintaa nähden. Altaan alle oli asennettu sähköpumppu, joka kierrätti vettä laitteessa. Vesi suihkutettiin koelevyn päälle suuttimesta, jonka halkaisija oli 2,3 mm ja



teho 7,8 l/min paineen ollessa 0,6 Mpa. Suuttimen tuli muodostaa vesisuihkusta täysinäinen kartio, jonka kartiokulma on 15°. Tämän vaatimuksen täyttymistä ei todennettu, kuin silmämääräisesti. Ennen kokeen aloittamista vesiallas huuhdeltiin ja siihen vaihdettiin puhdas vesi, jotta päästiin eroon mahdollisista epäpuhtauksista.

Kutakin testattavaa ainetta kohden valmistettiin kaksi koelevyä. Levyt puhdistettiin liasta ja rasvasta. Suoja-aine levitettiin levyn pinnalle ja jätettiin kuivumaan vuorokaudeksi (24 h).

Koelaitteen veden lämpötilaksi mitattiin 22 °C ja vedenpaineeksi säädettiin 0,3 Mpa.



Kuva 13. Vedensuihkutuskoelaitteisto



Kuva 14. Koelaitteen painemittari, vesiallas, koelevyteline ja vedensuutin.

Testattava koelevy asetettiin telineeseen siten, että vesisuihku osui pitkittäiselle keskiviivalle n. 5 cm alareunasta. Koelevyä pidettiin vesisuihkun alla 30 minuuttia.



Kuva 15. Koelevy vesisuihkussa.

Kokeen jälkeen tehdään havainnot alustansuoja-aineen siirtymisestä ja kulumisesta. Standardin vaatimuksena on, että kalvoon ei synny muutoksia kokeen aikana.

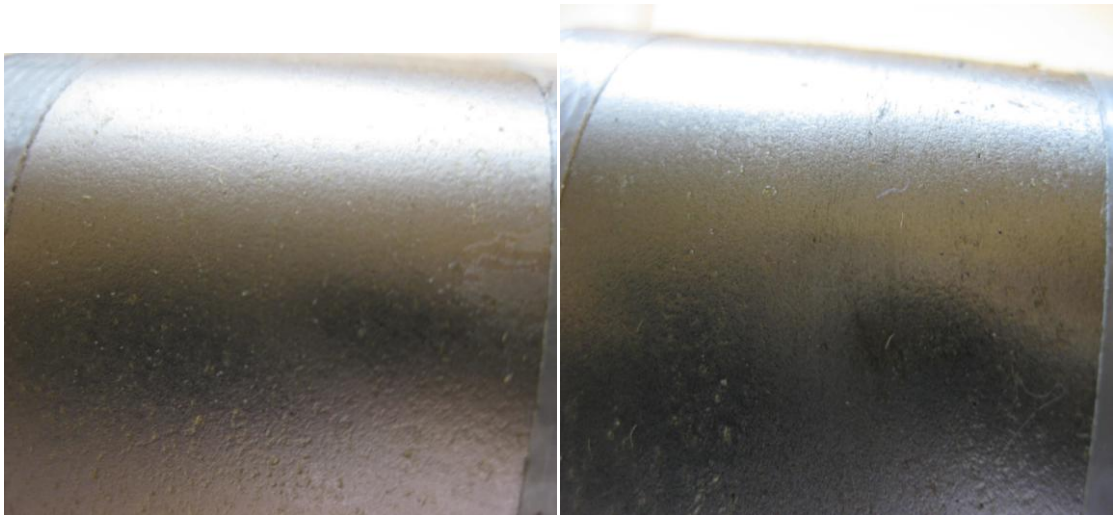
## 6 Tulokset ja tulosten tarkastelu

### 6.1 Kylmänkestävyyskokeen tulokset

**KB72**-suoja-aineen kalvojen massoiksi punnittiin  $8,0 \text{ g/m}^2$  ja  $7,1 \text{ g/m}^2$ .

Koelevyt taivutettiin  $90^\circ$  halkaisijaltaan 32 mm tuurnan ympäri.

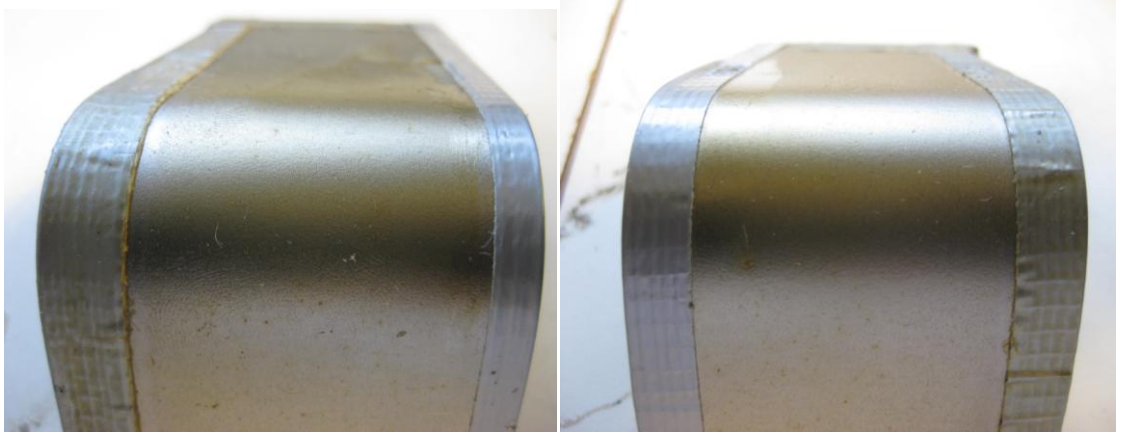
Taivutuksen jälkeen kummassakaan koelevyssä ei ollut havaittavissa metallipintaan ulottuvia halkeamia, eikä muita kalvon haurauteen viittaavia merkkejä.



Kuva 16. KB72. Taivutettujen koelevyjen taivutuspinnat.

**KB36**-suoja-aineen koelevyjen kalvojen massoiksi punnittiin  $26,7 \text{ g/m}^2$  ja  $23,1 \text{ g/m}^2$ .

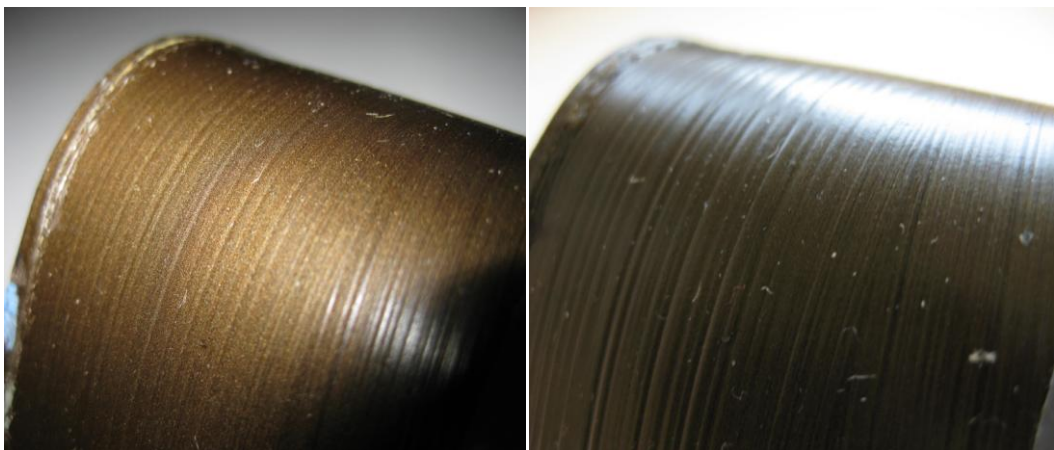
Taivutuksen jälkeen kummassakaan koelevyssä ei ollut havaittavissa merkkejä suoja-  
aineen haurastumisesta.



Kuva 17. KB36. Taivutetut koelevyt.

**Finikor**-suoja-aineella käsiteltyjen levyjen kalvojen massoiksi punnittiin  $28,4 \text{ g/m}^2$  ja  $24,9 \text{ g/m}^2$ .

Taivutetuissa levyissä ei ollut havaittavissa suoja-aineen haurastumiseen viittaavia merkkejä.

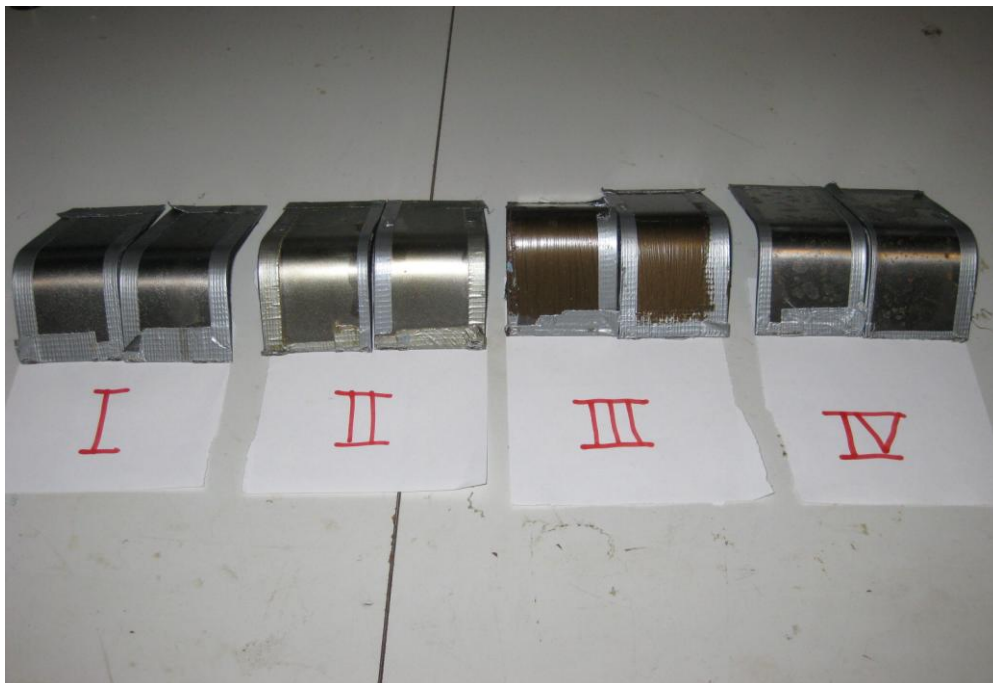


Kuva 18. Finikor. Taivutetut koelevyt.

**Chassis Wax**-suoja-aineella käsitellyjen koelevyjen massoiksi punnittiin 0,001 g tarkkuudella näytävällä vaa`alla samat massat, kuin käsittelemättömille levyille (176,905 g / 0,01125 m<sup>2</sup> ja 179,375 g / 0,01125 m<sup>2</sup>). Käytännössä siis suoja-aine ei jättänyt levyille minkäänlaista kalvoa ja levyissä alkoi esiintyä ruostumisen merkkejä jo seitsemän vuorokauden kuivumisajan aikana.



Kuva 19. Chassis Wax. Taivutetut koelevyt.



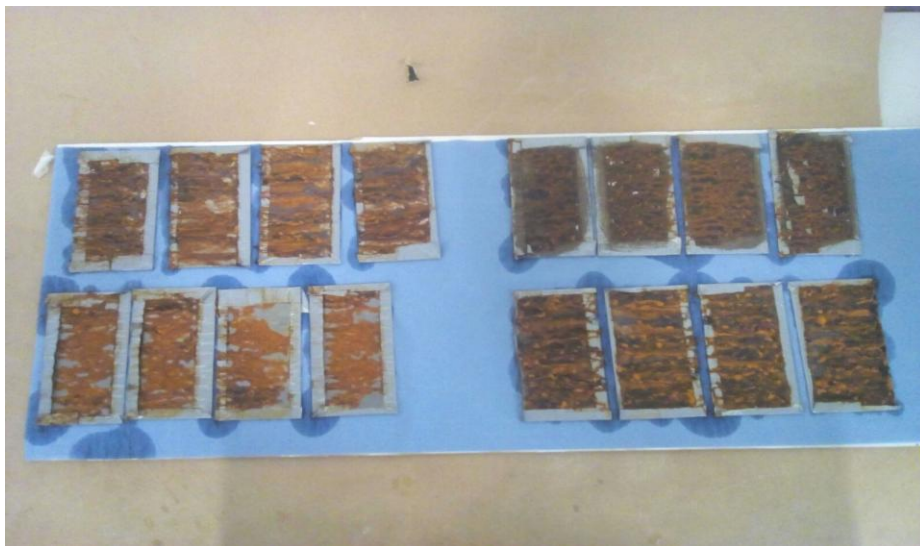
Kuva 20. Taivutetut koelevyt vasemmalta oikealle: KB72, KB36, Finikor ja Chassis wax.

## Tulosten tarkastelu (taulukko 6.)

Standardin SFS-4087 mukaan koelevyissä ei saa esiintyä halkeilu eikä hilseilyä, kun levyt taivutetaan tuurnan ympäri. Tämä vaatimus toteutui kaikkien testattavien näytteiden osalta. Testitulokset on kuitenkin kyseenalainen Chassis wax-näytteen kodalla, koska tämä ei jättänyt käytännössä minkäänlaista kalvoa levyn pinnalle yhdellä ruiskutuskerroilla. Saman näytteen kanssa oli ongelmia muidenkin testien kanssa tulosten tulkinnan kanssa samasta syystä.

## 6.2 Neutraalisuolasumukokeen tulokset

Neutraalisuolasumukokeen yhteydessä koelevyille tehtiin välitarkistus niiden oltua suolasumukaapissa 214 tuntia. Tarkistuksen yhteydessä todettiin, että kaikkien koelevyjen pinnat olivat ruosteen peitossa ja koe keskeytettiin.



Kuva 21. Suolasumukaapissa ruostuneet koelevyt.

## Tulosten tarkastelu

Suolasumukokeessa oli tarkoitus pitää koelevyjä 500 tuntia aiemmin mainituissa olosuhteissa, jonka jälkeen levyjen ruostumisastetta olisi arvioitu standardin SFS-EN ISO 4628-3:2004 mukaan. Koelevyjen oltua 214 tuntia tehtiin välitarkastus suolasumukaap-

piin ja todettiin, että kaikkien koelevyjen pinnat olivat kauttaaltaan ruosteessa (kuva 19.). Näin ollen koe keskeytettiin ja todettiin, että mikään neljästä näyteaineesta ei tässä kokeessa suoritetuilla kertakäsittelyillä anna standardin SFS-4087 vaatimaa korroosion suojaa metallille.

Suolasumukokeesta olisi saatu seikkaperäisemmät tulokset, jos välitarkastuksia olisi tehty heti kokeen alkamisesta lähtien. Näin olisi voitu tehdä havaintoja siitä, mikä koelevyistä lähtee ensimmäisenä ruostumaan, ja saatu laitettua näyteaineet jonkinlaiseen paremmuusjärjestykseen.

### 6.3 Lämmönkestävyydestin tulokset

Koelevyjä pidettiin 120 minuuttia olosuhdetestauskaapissa lämpötilassa 60 °C, jonka jälkeen levyjen kalvojen massojen muutokset määritettiin uudelleen punnitsemalla ne ja vähentämällä saatu punnitustulos alkuperäisestä käsittelemättömän levyn painosta.

**KB72**-suoja-aineella käsiteltyjen levyjen massojen muutokset olivat 0,0 g/m<sup>2</sup> ja 0,0 g/m<sup>2</sup>. Näin ollen keskimääräinen kalvojen massa pysyi samana, kuin ennen testiä (9,6 g/m<sup>2</sup>). Kalvoissa ei ollut havaittavissa valumia eikä muita muutoksia.

**KB36**-suoja-aineella käsiteltyjen levyjen massojen muutokset olivat 0,4 g/m<sup>2</sup> ja 0,0 g/m<sup>2</sup>. Keskimääräinen kalvon massan muutos oli siis 0,2 g/m<sup>2</sup>. Kalvoissa ei ollut havaittavissa valumia eikä muita muutoksia.

**Finikor**-suoja-aineella käsiteltyjen levyjen massojen muutokset olivat 0,0 g/m<sup>2</sup> ja 0,4 g/m<sup>2</sup>. Keskimääräinen kalvon massan muutos oli tässäkin tapauksessa 0,2 g/m<sup>2</sup>. Kalvoissa ei ollut havaittavissa valumia eikä muita muutoksia.

**Chassis wax**- suoja aineella käsitellyissä levyissä ei tapahtunut muutoksia ja keskimääräinen kalvon massa pysyi samana (0,2 g/m<sup>2</sup>). Kalvoissa ei ollut havaittavissa valumia eikä muita muutoksia.

## Tulosten tarkastelu (taulukko 5.)

Tässä kokeessa oli tarkoitus testata miten kertaalleen kuivunut suoja-aine käyttäytyy lämpimissä olosuhteissa. Tarkastelun kohteina oli erityisesti aineiden valuminen ja haihtuminen. Minkään näytteen kohdalla ei syntynyt valumia tai muita näkyviä muutoksia kalvossa. Pientä massan muutosta suoja-ainekalvossa tapahtui KB36- ja Finikor-näytelevyissä. Parhaiten pärjäsi **KB72**-suoja-aine, jonka kalvojen massoissa ei ollut punnituksissa havaittavissa muutoksia. Chassis wax- näytteissä ei myöskään tapahtunut minkäänlaisia muutoksia, mutta aiemmin mainituista syistä tämä oli odotettavissa.

### 6.4 Vedensuihkutuskokeen tulokset

Vedensuihkutuskokeessa koelevyjä pidettiin 30 minuuttia vesisuihkun alla, jonka jälkeen tehtiin havainnot alusta-aineen siirtymisestä ja kulumisesta.

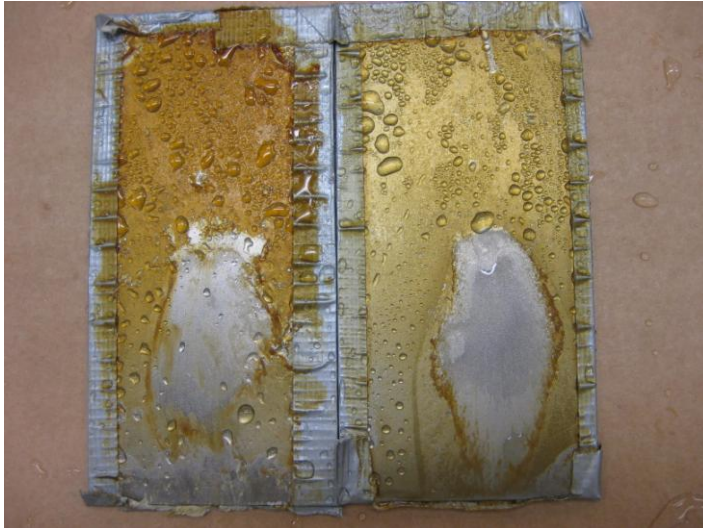
**KB72**-suoja-aine siirtyi levyjen pinnalla ja kului pois vesisuihkun kohdalta.



Kuva 22. KB72-näytelevyt vedensuihkutuskokeen jälkeen.

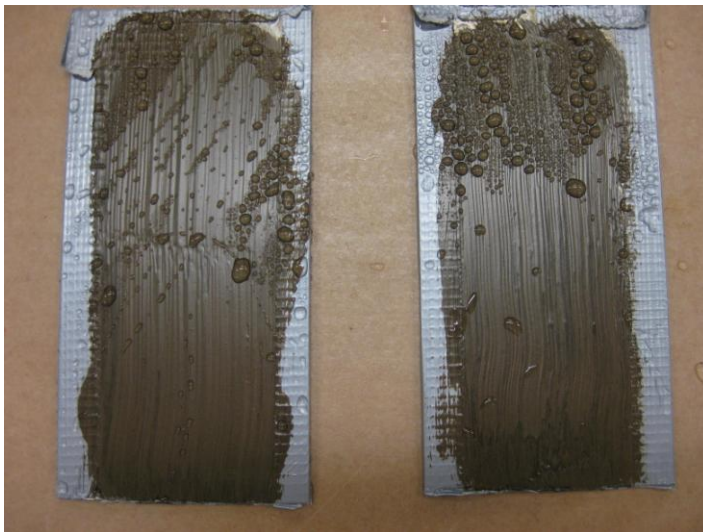
**KB36**-suoja-aine kului pois vesisuihkun kohdalta, muissa kohdissa aine pysyi paikollaan.





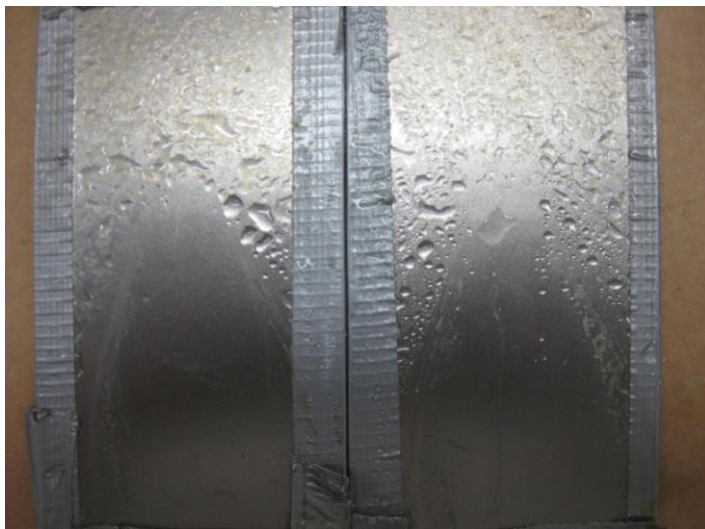
Kuva 23. KB36- näytelevyt vedensuihkutuskokeen jälkeen.

**Finikor**-suoja-aineella käsitellyt levyt kestivät vedensuihkutus kokeen hyväksytysti. Suoja-aineen siirtymistä tai kulumista ei ollut havaittavissa levyjen pinnalla.



Kuva 24. Finikor-näytelevyt vedensuihkutuskokeen jälkeen.

**Chassis wax**- näytelevyistä suoja-aine kului pois vesisuihkun kohdalta ja suoja-aine siirtyi osittain muistakin kohdista levyjä.



Kuva 25. Chassis wax-näytelevyt vedensuihkutuskokeen jälkeen.

Tulosten tarkastelu (taulukko 7.)

Tämän testin yhteydessä näyteaineiden annettiin kuivua metallilevyjen pinnalla vain 24 tuntia seitsemän vuorokauden sijaan. Kokeessa tarkasteltiin, kuinka testattava suoja-aine käyttäytyy, kun siihen kohdistuu vesisuihkun paine (kuva 13.) suhteellisen lyhyen ajan jälkeen aineen levytyksestä. Testissä parhaiten pärjäsi **Finikor**-suoja-aineella käsitellyt koelevyt, joiden kohdalla ei tapahtunut alustansuoja-aineen siirtymistä levyn pinnalla eikä kulumista (kuva 22.).

KB36-suoja-aine kului pois vain vesisuihkun kohdalta. Muuten aine pysyi hyvin kiinni näytelevyn pinnalla (kuva 21.)

KB72-suoja-aine kului pois vesisuihkun kohdalta sekä huuhtoutui osittain tai lähes kokonaan pois muistakin kohdista veden vaikutuksesta (kuva 20.).

Chassis wax- näytteen kohdalla oli poikkeus tämän testin kohdalla, koska lyhyen kuivumisajan takia koelevyjen pinnalla oli havaittavissa vielä jonkinlainen kalvo. Kalvo kuitenkin huuhtoutui pois vesisuihkussa lähes täysin suihkun kohdalta ja lähti valumaan muistakin kohdista (kuva 23.)

Kokeessa suihkutettavan vedenpaine tuli olla standardin mukaan 0,3 Mpa. Paineen säätämisen kanssa oli hieman ongelmia laitteiston karkeiden säätömahdollisuuksien

takia. Paine saattoi välillä olla liian kova ja välillä liian pieni. Mutta keskimäärin paine saatiin kuitenkin pysymään määrättyssä suuruudessa.

## 7 Yhteenveto ja pohdintaa

### 7.1 Yhteenveto tuloksista

Taulukko 5. Lämmönkestävyydestin yhteenveto.

<b>Lämmönkestävyys</b>			
	Muutos kalvon painossa	Valumia	Muita muutoksia kalvossa
KB 72	0 g/m <sup>2</sup>		
KB 36	0,2 g/m <sup>2</sup>		
Finikor	0,2 g/m <sup>2</sup>		
Chassis wax	0 g/m <sup>2</sup>		

Taulukko 6. Kylmänkestävyydestin yhteenveto.

<b>Kylmänkestävyys</b>			
	Ei muutoksia kalvossa	Hilseilyä	Halkeamia
KB 72	X		
KB 36	X		
Finikor	X		
Chassis wax	X		

Taulukko 7. Vedensuihkutustestin yhteenveto.

<b>Kestävyys vedensuihkutuskokeessa</b>			
	Ei muutoksia kalvossa	Kalvon siirtymistä	Kulumista
KB 72		X	X
KB36			X
Finikor	X		
Chassis wax		X	X

**Neutraalisuolasumukoe** keskeytettiin 214 tunnin kohdalla ja todettiin, että yhdellä käsittelykerralla, tässä kokeessa suoritetuin menetelmin, ei saatu standardin mukaista korroosiosuojaa aikaiseksi testattavilla suoja-aineilla.

Parhaiten näissä testeissä pärjäsi referenssituote **Finikor**-alustamassa. Tämä oli arvatavissa jo aineiden levitysvaiheessa, koska Finikor tarttui selvästi parhaiten metallin pintaan muodostaen tiiviin ja verrattain paksun kalvon. Työntilaajan kanssa sovittiin ennen laboratoriokokeiden aloittamista, että Finikor-alustamassan kalvonpaksuus jätetään alakanttiin, jotta saadaan helpommin eroja suoja-aineiden välille. Yleensä alustamassoja levitetään noin 2 - 4 mm:n kerros suojattavalle alueelle. Oikein käytettynä Finikoriin olisi pitänyt kestää 500 h suolasumukoe.

## 7.2 Pohdintaa

Tässä työssä oli tarkoitus tutkia henkilö- ja pakettiautojen alustoihin soveltuvia korroosionsuoja-aineita, joita voitaisiin käyttää työn tilaajalla suunnitteilla olevassa menetelmässä, jossa automatisoituun auton pesuun olisi yhdistetty alustan korroosio suojaus. Alkuperäinen tarkoitus oli etsiä tietoa jo käytössä olevista vastaavista sovelluksista, mutta käyttökelpoista tietoa ei käytännössä löytynyt lainkaan. Netissä aiheeseen jollakin tavalla liittyvä tieto oli rajoittunut lähinnä yksittäisten autopesuloiden mainoksiin, joten metallien korroosio autoissa ja sen estäminen käsiteltiin hyvin teoreettisella tasolla.

Lopputyöhön liittyvissä laboratoriokokeissa puutteita oli ainakin suolasumukokeen suorituksessa. Neutraalisuolasumukokeen yhteydessä ei ymmärretty tehdä välitarkastuksia suolasumukaappiin, kuin vasta vähän ennen koeajan puoliväliä, jolloin kaikki koelevyt olivat jo ruosteen peitossa. Tämä oli todella harmillista työn tilaajalle, koska suolasumutesti oli tärkein ja mielenkiintoisin testi heidän kannalta. Jos heti testin alusta olisi tehty välitarkastuksia, olisi voitu seurata, mikä testilevyistä lähtee ensimmäisenä ruostumaan, ja suoja-aineet olisi ehkä saatu tässäkin kokeessa paremmuusjärjestykseen. Olisi ollut myös mielenkiintoista nähdä suolasumutestin tulokset, jos aineet olisi levitetty koelevyille standardin mukaisesti korkeapaineruiskulla. Tosin tämä ei ehkä vastaisi suunnitteilla olevaa käytännön sovellusta, jossa auto ajaa pesukadun läpi ja toimenpiteiden on tapahduttava suhteellisen nopeasti.

Testejä tehdessä heräsi kysymyksiä kuten, miten suoja-aine pysyisi auton pohjarakenteissa? Testattavista aineista Chassis-wax ja KB72 olivat koostumukseltaan niin juoksevia, että suihkuttamisen jälkeen merkittävä osa valuisi luultavasti heti pois. KB36 ja referenssituotteena ollut Finikor sen sijaan pysyisivät pohjarakenteissa huomattavasti paremmin tahmeamman koostumuksensa vuoksi. Toinen kysymyksiä herättävä asia on henkilöauton pohjaa peittävät muovisuoijat, jotka monissa autoissa peittävät lähes koko pohjan lukuun ottamatta lokasuojia ja kardaanitunnelia. Miten korroosiosuoja-ainetta suihkuttavat suuttimet suunnattaisiin ja sijoitettaisiin, että hyöty olisi mahdollisimman suuri?

Referenssituotteena olleesta Chassis wax-näytteestä valmistettiin kokeita varten seos, jossa oli vettä ja yksi massaprosentti testattavaa ainetta. Kuivuessaan vesi haihtui pois eikä koelevyille jäänyt käytännössä minkäänlaista kalvoa. Tämän takia näissä testeissä käytetyt standardin SFS 4087 mukaiset menetelmät eivät luultavasti ole parhaat mahdolliset aineen testaukseen. Kyseessä oli korrosio inhibiitin sisältävä huuhteluaine, jonka suojaavat ominaisuudet tulevat esiin useamman käyttökerran jälkeen, mutta kerta käsittelyllä merkittävää korroosiosuojaa ei saada aikaan. Parempi menettelytapa kyseisen näytteen kanssa olisikin ollut luultavasti levittää aine useampaan kertaan näytelevyn pinnalle antaen suoja-aineen kuivua levityskertojen välissä. Näin olisi voitu testata monenko käsittelykerran jälkeen korroosiosuojaominaisuudet tulevat esiin suolasumutestauksessa.



Seuraava askel tutkimuksissa voisi olla ottaa lisää mahdollisia suoja-aineita testattavaksi. Kun ominaisuuksiltaan sopivia suoja-aineita löytyy, voitaisiin siirtyä käytännönkokeisiin. Käytännönkokeissa aineita voitaisiin testata esimerkiksi auton pohjaan kiinnitetyillä näytelevyillä. Näin saataisiin lisää mielenkiintoista tietoa aineiden toimivuudesta Suomen olosuhteissa. Myös erilaisia suuttimia ja levitysmahdollisuuksia suoja-aineelle olisi varmasti aiheellista testata.

## Lähteet

- 1 Korroosiokäsikirja. 1988 Hanko. Suomen korroosioyhdistys SKY. Hangon kirjapaino Oy.
- 2 Aromaa, Jari. 2009 Espoo. Korroosionestotekniikan perusteet. Multiprint Espoo Oy.
- 3 Autokorroosio, tarkastus ja arvostelu. 2000. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. . Verkkodokumentti. <<http://www.trafi.fi/filebank/a/1414581753/b1218058e4889508eec02f2677831851/15803-Autokorroosio.pdf>>. Luettu 8.11.2016.
- 4 Vestola, Elina. Pohjanne, Pekka. Carpen, Leena. Kaunisto, Tuja. Ahlroos, Tiina. 2006. Kalsiumkloridin sivuvaikutukset. Tiehallinnon selvityksiä. Verkkodokumentti. <[http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3201014-vkalsiumkloridin\\_sivuvaik.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3201014-vkalsiumkloridin_sivuvaik.pdf)>. Luettu 2.3.2017.
- 5 Tiesuolauksen sesonki käynnistyi Keski-Pohjanmaalla. 2013. KP24.fi. Uutiset. Verkkodokumentti. <<https://kp24.fi/uutiset/351373/Keskustele-Tiesuolauksen-sesonki-k%C3%A4ynnistyi-Keski-Pohjanmaalla>>. Luettu 10.12.2016.
- 6 R.Winston Revie. Herbert H. Uhlig. 2008. Corrosion and corrosion control. A John Wiley & sons, inc. publication
- 7 Lääperi, Lasse. 2011. Uusien autojen ruosteenesto retuperällä. Tuulilasi. Verkkodokumentti . <<http://www.tuulilasi.fi/uutiset/uusien-autojen-ruosteenesto-retuperalla>>. Luettu 3.10.2016.
- 8 Turkula, Timo. 2013. Katso onko autosi herkkä ruostumaan. Helsingin Sanomat. Verkkodokumentti. <<http://www.hs.fi/autot/a1357279387102>>. Luettu 18.11.2016.
- 9 Kastemaa, Riitta. Kastemaa, Pekka. Rönning, Tom. 2003. Auton korikorjaus. Alfmer Kustannus Oy.
- 10 Kuumasinkittyjen teräsrakenteiden käyttöikä. 2014. Teräsrakenneyhdistys. Verkkodokumentti. <[http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/221/1ba5d4e/Kuumasinkittyjen\\_terasrakenteiden\\_kayttoika\\_2014\\_09.pdf](http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/221/1ba5d4e/Kuumasinkittyjen_terasrakenteiden_kayttoika_2014_09.pdf)>. Luettu 3.4.2017.
- 11 The galvanized autobody partenrship. International zinc association. Verkkodokumentti. < <http://www.zinc.org/galvanized-autobody-partnership/>>. Luettu 10.12.2016.
- 12 Autorost Kb. Verkkodokumentti. < [http://www.autorost.fi/?page\\_id=256&lang=fi](http://www.autorost.fi/?page_id=256&lang=fi)>. Luettu 16.4.2017.

- 13 Ajoneuvojen pesutoiminta jakeluasemilla ja muissa vastaavissa kohteissa. 2011. Öljyalan keskusliitto. Verkkodokumentti.  
<[http://www.oil.fi/sites/default/files/ajoneuvojen\\_pesutoiminta\\_jakeluasemilla\\_ia\\_muissa\\_vastaavissa\\_kohteissa\\_julkaisu\\_liitteineen.pdf](http://www.oil.fi/sites/default/files/ajoneuvojen_pesutoiminta_jakeluasemilla_ia_muissa_vastaavissa_kohteissa_julkaisu_liitteineen.pdf)>. Luettu 24.4.2017.
  
- 14 Tampereen autopesulat.fi. 2016. Verkkodokumentti.  
<<http://www.tampereenautopesulat.fi/wp-content/uploads/2015/09/tampereenautopesulat.fi-pesukatu.png>>. Luettu 24.4.2017.
  
- 15 Ship shape car wash. Verkkodokumentti.  
<<http://shipshapecarwash.com/underbody.html>> Luettu 23.4.2017.
  
- 16 SFS 4087. Henkilö- ja pakettiautojen korin korroosionestokäsittely. Alustansuoja-aineet. 2006. Suomen standardisoimisliitto.
  
- 17 SFS EN ISO 9227. Korroosiokokeet keinotekoisissa kaasuympäristöissä. Suolasumukokeet. 2012. Suomen standardisoimisliitto.

## Chassis wax tuoteseloste

 <b>PRODUKTINFORMATION</b>	
<b>Produkt:</b>	Chassis Wax
<b>Produkt Code:</b>	CH413xx
<b>Colour Code:</b>	
<b>Verwendung:</b>	Konservierer
<b>Beschreibung:</b>	Chassis Wax schützt als Unterbodenkonservierer den Fahrzeugboden zuverlässig und hochwertig vor korrosiven Einflüssen wie Salz, Schmutz und saurem Wasser.
<b>Anwendungshinweise:</b>	Mit der Unterbodenwäsche ca. 40 – 50 ml pro Fahrzeug auftragen.
<b>Empfohlene Verdünnung:</b>	Dosierpumpe: pur
<b>Verbrauch pro Fahrzeug:</b>	40 bis 50 ml
<b>Lieferbare Gebinde:</b>	25 kg Kanister, 60 kg Kanister, 200 kg Fass
<b>Inhaltsstoffe:</b>	kationische Tenside, Lösemittel, Lösevermittler.
<b>Sicherheitsdatenblatt:</b>	Version vom 16.10.2014
<b>Weitere Informationen unter:</b>	Otto Christ AG CAR CARE Memminger Straße 51 D-87734 Benningen  Telefon: 08331 857-4880 Telefax: 08331 857-4888  E-Mail: <a href="mailto:chemie@christ-ag.com">chemie@christ-ag.com</a> Online-Shop: <a href="http://www.christ-carwash-shop.de">www.christ-carwash-shop.de</a>



## KB36 tuoteseloste

# KB 36

A concentrated semi - solid used to manufacture durable film corrosion preventive and de-watering fluids. Designed to provide protection from several weeks up to a year, depending upon the environment for applications in which temperatures can exceed those normally experienced for temporary protectant applications.

---

### Features / Benefits

- Can formulate a range of durable film protectants from the one concentrate
  - Easy to blend with white spirits or petroleum distillate
  - Produces protectants with reproducible performance
  - Provides all round flexibility and optimum cost control for the production of solvent deposited durable film protectants
  - Excellent ASTM B117 Salt spray and BS 3900 humidity results
- 

### Applications / Typical Treat Rates

KB36 is designed to be diluted with white spirits or other solvents to manufacture durable film temporary protectants. Apply by brushing, dipping, or spraying. It is recommended to filter before use in spraying equipment.

6 – 12 month temporary protective 55 % w/w (in white spirits D40)

---

### Typical Properties

Appearance	Dark amber firm waxy solid
Flash Point PMCC (°C)	> 40
Melting Point (°C)	80-100
Specific Gravity @ 20°C	ca. 0.86
Solubility in Water	Insoluble

## KB72 tuoteseloste

# KB 72

A concentrate for the manufacture of water-based, VOC free corrosion preventatives. It can be mixed with water by a simple method to produce the 'ready to use' protectant emulsion.

---

### Features / Benefits

- Can formulate a range of soft film corrosion preventative emulsions from the one concentrate
- The product is soluble in hydrocarbon solvents and can be applied by the traditional method from solution in white spirit or petroleum distillate if required
- Environmentally friendly, water-based end product containing no volatile or flammable solvents
- Protects ferrous and non-ferrous metals e.g. aluminium, copper
- Although applied from an aqueous system, once dried the film is not removed by atmospheric moisture
- Neutral pH ensuring no long term adverse effects from acids or alkalis
- Emulsion is stable over a wide pH range (ca 3 - 12)
- Forms a clear, non-oily transparent film
- Large surface area coverage
- Emulsion can be applied by dip, brush or spray. Drying of film in warm air is recommended
- Removed by solvents, degreasers or alkaline cleaners if required.

---

### Applications / Typical Treat Rates

The proportions of KB 72 and water used will depend on the level of protection required.

Typically, emulsions should contain	5 – 20% w/w
For general use	10% w/w
Severe storage conditions	20% w/w

KB 72 is recommended for use where treated metal is stored under indoor or covered conditions. Under these conditions, with a 10% emulsion, protection for up to one year should be achieved.

2 – 12 month temporary protection	5 % w/w (in water)
> 12 months temporary protection	10 % w/w (in water)

---