



Pyöräajoneuvojen nestevuotojen pi- kakorjaus

Kartoitustyö paikkausmenetelmien käytettävyydestä

Otto Salonen

OPINNÄYTETYÖ

Huhtikuu 2023

Ajoneuvotekniikka

Työkonetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ajoneuvotekniikka
Työkonetekniikka

SALONEN, OTTO:

Pyöräajoneuvojen nestevuotojen pikakorjaus
Kartoitustyö paikkausmenetelmien käytettävyydestä

Opinnäytetyö 73 sivua, joista liitteitä 14 sivua
Huhtikuu 2023

Ajoneuvokäyttöön suunnattujen pikapaikkausaineiden valtavan määrän voi havaita niiden valmistajien valikoimaa tarkastellessa. Valmistajat harvemmin ilmoittavat tuotteidensa pakkausissa konkreettisista tai puolueettomista tuloksista. Tuotteen ostajalle paikka-aine valikoituukin usein imagon, hinnan sekä visuaalisen ulkoasun perusteella, ja todellinen käytettävyys selviää vasta itse kokeilemalla.

Puolustusvoimien pyöräajoneuvokalustoa huoltavalle Millog Oy:lle tehdyn opinnäytetyön tuottaman selvityksen perustana on kartoittaa, soveltuvatko ensisijaisesti siviilimarkkinoille suunnatut paikka-aineet nopeaan kenttäkorjaukseen. Tässä työssä käsitellään aineiden kemiallista perustaa ja vaikuttavia yhdisteitä. Laaja taustakartoitus aiheesta toteutettiin yhteydenotoilla suoraan valmistajiin ja ajoneuvoteknisiin kattojärjestöihin. Lisäksi paikkaustuotteille suunniteltiin ja toteutettiin ensimmäisen vaiheen kenttätestit. Taustakartoitus tuotti laajuudestaan huolimatta vain hyvin niukasti luotettavaa tietoa. Tärkein löydös oli D3147 -standardi. Sen mukaisissa testeissä tutkituilla aineilla on saavutettu korkeintaan 0,76 mm reiän paikkaus. Kartoitus loi näin ollen myös perustan sille, että testien mittakaava tulee asettumaan 0,5 mm - 1,2 mm kokoluokkaan.

Suoritetuissa testeissä todettiin, että paikkausaineet toimivat vain satunnaisesti ja hyvin pienissä vuotokohteissa. Yli millimetrin suuruiset vuotokohtat ovat monelle testituotteelle liian suuria. Ajallisesti osa menetelmistä rinnastuu ehjän komponentin vaihtoon. Lupaavimpana menetelminä havaittiin kuitenkin silikonipohjaiset teipit. Työn perusteella jatketaan laajempiin testeihin tilaajan tarpeiden mukaisesti.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Bachelor of Vehicle Engineering
Industrial Vehicle Engineering

SALONEN, OTTO:
Liquid Leak Quick Fix Methods in Ground Vehicles
Survey on the usability of leak-stop products

Bachelor's thesis 73 pages, appendices 14 pages
April 2023

The purpose of this thesis was to collect existing data about automotive leak-stop products on the market. The client of this survey is a maintenance company called Millog. Priority was on the scientific information and independent test results.

The theoretical part of thesis includes chemical background and active substances of the leak-stop additives. There is also examination of the most important vehicle liquid systems, and the circumstances vehicles are operated.

In the practical section of this report, products were analyzed and selected based on gathered information. The most appropriate alternatives were chosen to be tested. Practical methods consisted of testing with vehicles and containers. The results showed that most of the products cannot stop leaks larger than 1 millimeter.

Conclusions of this thesis are that products must be tested in more in other scales. Leak-stop products that are time consuming or complex to use are not suitable in customers application.

Key words: leak-stop, temporary repairs, additives

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	PAIKKA-AINEIDEN KEMIALLINEN PERUSTA	9
3	TOIMINTAYMPÄRISTÖ.....	12
	3.1 Ajoneuvokohderyhmä	13
	3.2 Kevyt pyöräajoneuvokalusto	14
	3.3 Raskas pyöräajoneuvokalusto	14
4	JÄRJESTELMÄKATSAUS.....	16
	4.1 Jäähdytinjärjestelmä	16
	4.2 Voitelujärjestelmä.....	19
	4.3 Voimansiirto	20
	4.4 Polttoainejärjestelmä.....	22
	4.5 Paineilmajärjestelmä	23
	4.6 Hydraulijärjestelmä.....	24
5	KORJAUSMENETELMÄT	28
	5.1 Nestemäiset lisäaineet.....	28
	5.2 Teipit.....	32
	5.3 Käyttöturvallisuus.....	36
6	TUTKIMUSTULOKSET.....	37
	6.1 Toimitustahojen reagointi	37
	6.2 Testituotteiden valikointi.....	38
	6.3 Välineet ajoneuvotestauksessa.....	39
	6.4 Ajoneuvotestien toteutus.....	40
	6.5 Jäähdyttimen paikka-aineet	41
	6.6 Teipit.....	42
	6.7 Öljypaikka-aineet.....	44
	6.8 Käytännön kokeiden työturvallisuus.....	47

7	TULOSTEN KÄSITTELY	49
7.1	Suoritettujen kokeiden tulokset	49
7.2	Virheen arviointi	51
7.3	Tulosten yhteenveto.....	51
8	POHDINTA	53
	LÄHTEET.....	55
	LIITTEET	60
	Liite 1. Bars' Leaks tekninen tiedote (Manuals Plus 2021).....	60
	Liite 2. Motul Radiator Stop Leak Tekninen esite. (Motul 2017b).....	61
	Liite 3. Würth Silikonikorjausteipin tekninen esite. (Würth 2023)	62
	Liite 4. Scotch Vulkanoituvan teipin käyttöohje.	65
	Liite 5. Red Line Seal Saver käyttöohje.	66
	Liite 6. Motul Engine Oil Leak Stop tekninen esite. (Motul 2017a).....	67
	Liite 7. Testiyhteenveto	68
	Liite 8. Holts Wondarweld käyttöohjeet.....	73

LYHENTEET JA TERMIT

API	American Petroleum Institution
ASTM	American Society for Testing and Materials
CTE	Coefficient of linear Thermal Expansion
DEF	Diesel Exhaust Fluid
DOT	Department of Transportation
ECU	Engine Control Unit
LHS	Load Handling System
NBR	Nitrile Butadiene Rubber
OEM	Original Equipment Manufacturer
RPM	Revolutions Per Minute
SAE	Society of Automotive Engineers
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
T _g (°C)	Lasittumislämpötila
TÜV	Technischer Überwachungsverein
Ø (mm)	Halkaisija

1 JOHDANTO

Suomen Puolustusvoimien ajoneuvokalusto altistuu käytössään suurille lämpötila- ja käyttöastemuutoksille. Vaativat olosuhteet sekä seisontajaksot aiheuttavat ajoneuvoille erilaisia nestevuotoja. Osa vuodoista on pienimuotoisia, ja ne olisi mahdollista korjata ilman suurempia työkaluja. Osa vuodoista sattuu ilman korjaamo-olosuhteiden välitöntä läheisyyttä, joten ulkona suoritettavat tilapäiskorjaukset saattaisivat säilyttää ajoneuvon siirtoajokyvyn varikolle. Kentällä havaittujen satunnaisten nestevuotojen vuoksi on esiintynyt tarve kartoittaa ajallisesti tehokkaimmat keinot kriittisten vuotojen paikkaamiseksi.

Tässä työssä selvitetään valmiiksi markkinoilla olevien paikkausmenetelmien soveltuvuutta Puolustusvoimien pyöräajoneuvojen käyttöön. Työssä käsiteltävä järjestelmä- ja kalustokatsaus on koottu helpottamaan lukijaa hahmottamaan tilaajan vaatimuksia. Koska paikkausmenetelmien tehokkuudesta liikkuu paljon epävirallista tietoa, oli ehdottoman tärkeää erottaa mainospuheet ja lupaukset tuotteiden todellisista suoritusarvoista.

Tiedon kartoittaminen ja valmiin luotettavan informaation hyödyntäminen on oleellista työn rajauksen kannalta. Ne menetelmät, joista ei ole saatavilla lähtötietoja ovat työn kannalta merkityksettömiä. Tiedonhaun avulla koottu olemassa oleva tieto analysoidaan tilaajan tarpeiden mukaisesti. Lisäksi pyritään tuottamaan realistinen kuva paikkaustuotteiden käytettävyydestä. Koska lähes jokaisella suuremmalla ajoneuvokemikaaleja tuottavalla toimijalla on myynnissä oma paikka-aineensa, valikointia tehdään poissulkumenetelmin. Näin ollen työn tilaajalle on tarkoitus pohjustaa ne tuotteet, joiden toimivuudesta on tieteellistä näyttöä. Työn tilaajana toimivalle Millog Oy:lle työ luo perustan siihen, mitä menetelmiä valikoidaan käytännössä toteutettaviin kokeisiin. Työn käytännön osuus rajataan koskemaan voitelu- ja jäähdytinjärjestelmiä. Työ sisältää ensimmäisen testivaiheen kuudelle valikoituneelle tuotteelle. Työstä rajautuu pois aikanaan tilaajalle raportoitavat jatkotestit, joita suoritetaan vuoden 2023 kuluessa.

Työn tilaajaa edustava Millog on teollisuuden, liikenteen, infran viranomaistoiminnan ja maanpuolustuksen toimialoihin keskittyvä yritys. Sen toimintaan kuuluu

muun muassa Maa- ja Merivoimien kaluston huolto. Puolustusvoimille Millog tekee esimerkiksi ajoneuvokaluston elinkaarihuoltoja sekä varaosahankintaa. Tampereella Millogin Maavoimien materiaaliin keskittyvä toimipiste sijaitsee Kalkussa, Nokian rajan tuntumassa. (Millog 2022.) Yhtiön kaikki Suomen toimipisteet on esitelty seuraavassa kuvassa 1.



KUVA 1. Millogin toimipisteet kartalla. (Millog 2022)

Yritys on perustettu vuonna 2006. Siihen kuuluu 29 eri toimipistettä ympäri Suomea. Ne on sijoiteltu kartalle kuvan 1 mukaisesti. Jokaisen toimipisteen toimialan pääpaino vaihtelee paikkakunnittain. Yrityksen vuosittainen liikevaihto on noin 256 miljoonaa euroa, ja se työllistää noin 1200 työntekijää. Millogin tytäryhtiöihin kuuluvat muun muassa optiikkavalmistaja Senop sekä merenkulun yhtiö Millog Marine & Power. Millog kuuluu Patria -konserniin, joka omistaa yhtiöstä 70 %. Loput 30 % Millog Oy:n omistuksesta kuuluu teknologiayhtiö Insta Oy:lle. (Asiakastieto 2021.)

2 PAIKKA-AINEIDEN KEMIALLINEN PERUSTA

Nestemäisien paikka-aineiden koostumukset vaihtelevat valmistajan ja käyttökohteen mukaan. Etenkin jäähdytinjärjestelmien paikkaukseen tarkoitetuissa tuotteissa on kuitenkin melko yhtäläiset ainesosat (Holt Lloyd International 2019). Alla olevaan taulukkoon 1 on kerätty erään markkinoilla olevan tuotteen sisältämät ainesosat.

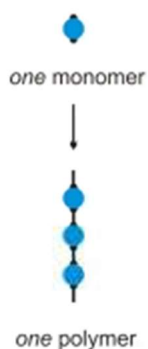
TAULUKKO 1. Kaupallisen jäähdytinjärjestelmän paikka-aineen koostumus. (Holt Lloyd International 2019)

Ainesosa	Osuus massasta %
Vesi	88.07
Kopolymeeri	7.00
Pellavansiemenjauho	3.32
Trinatriumsitraatti, puskuriaine	1.00
Antimikrobi	0.25
Vaahdonestoaine	0.20
Natriumhydroksidi	0.14
Väriaine	0.02

Taulukon 1 esimerkkituote on vesipohjainen, ja se sisältää lisä- ja väriaineiden lisäksi myös kopolymeeriä eli pienmolekyylisistä monomeereistä koostunutta yhdistettä. Kopolymeeriä on taulukon 1 tuotteessa massan osuudesta toiseksi eniten, ja sillä on muun muassa lämpötilasta riippuvaisia muuttuvia ominaisuuksia. (Global Spec 2023)

Kopolymeeri kuuluu polymeereihin, jotka ovat yhden tai useamman synteettisen perusmolekyylin muodostamia yhdisteitä. Polymeerit koostuvat monomeereistä, jotka ovat pienikokoisia molekyylejä. Monomeerien yhdistymistä polymeereiksi kutsutaan polymeroinniksi. Yksinkertaisimman, yhtä ja samaa monomeeria sisältävän homopolymeerin muodostuminen on kuvattu seuraavasti kuvassa 2. (Tanner 2016.)

homopolymerization

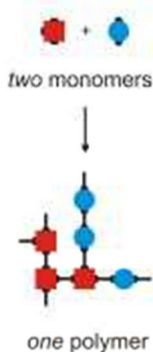


KUVA 2. Homogeenisen monomeerin polymerointi hiilivetyketjuksi. (Tenner 2016)

Kuvassa 2 yksittäinen sininen monomeeri polymeroituu eli liittyy kemiallisesti muihin samanlaisiin molekyyliin muodostaen pitkän, yksittäisiä monomeerejä sisältävän rakenteen. Polymerisointi saa vaikutuksen katalyytista eli aineesta, joka nopeuttaa reaktiota siinä itse kulumatta. Syntyvä rakenne on polymeeri, jonka sisältävät monomeerit ovat keskenään samanlaisia. (Tenner 2016.)

Kun polymerointi tapahtuu yhden tai useamman erilaisen monomeerin muodostamalle aineelle, syntyy kopolymeeri (Tenner 2016). Polymerointi on esitetty seuraavassa kuvassa 3.

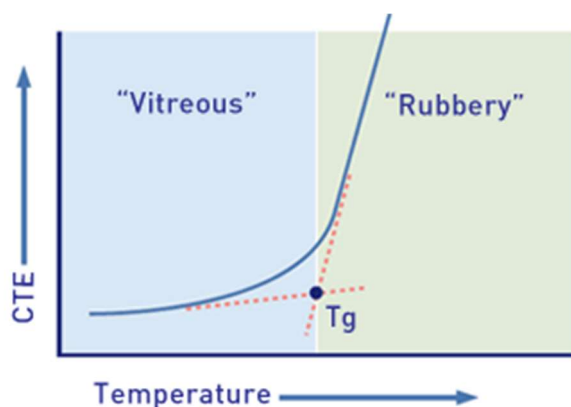
co-polymerization



KUVA 3. Kopolymeerin muodostuminen. (Tenner 2016)

Kuvan 3 mukaisesti kaksi erilaista monomeeria (punainen ja sininen) ovat lähtötilanteessa kahtena erillisenä atomina. Nämä monomeerit liittyvät yksittäiseksi kopolymeeriksi, jossa kahden monomeerin rakenteet ovat liittyneet toisiinsa pidemmiksi rakenneketjuiksi. (Tenner 2016).

Paikka-aineiden teho perustuu näissä sovelluksissa yleisesti niiden kykyyn muodostaa lasittunut pinta esimerkiksi ajoneuvon moottorin metallipintoihin. Ilmiötä hyödynnetään etenkin jäähtytinjärjestelmien paikka-aineissa. Lasittuminen tarkoittaa reagoivan aineen, kuten polymeeripohjaisen hartsin kovettumista vuotoalueelle tukkien nesteen poispääsyn. (Holt Lloyd International 2019.) Lasittuminen tapahtuu tietyissä olosuhteissa, ja siihen voidaan vaikuttaa paikka-aineen koostumusta muuntelemalla. Yksi merkittävimmistä tekijöistä on kuitenkin lasittumislämpötila T_g . (GlobalSpec 2023.) Sen käyttäytyminen on esitetty seuraavassa kuviossa 1.



KUVIO 1. Lasittumislämpötilan käyttäytyminen. (GlobalSpec 2023.)

Kuviossa 1 on esitetty lineaarinen lämpölaajenemiskerroin (CTE) lämpötilan funktiona. Lämpölaajenemiskertoimen kasvu on suoraan verrannollinen lämpötilan nousuun. Lämpötilan noustessa tarkasteltava aine saavuttaa lasittumislämpötilan T_g kuvion sinisen ja vihreän alueen rajapinnassa. Tällöin aineen kova ja hauras lasimainen koostumus muuttuu kumimaiseksi ja elastiseksi. Lasittumislämpötila on niin paikka-aineen kuin polymeerituotteenkin yksi tärkeimmistä ominaisuuksista. (GlobalSpec 2023.) Lasittumislämpötila jäädyttimen paikka-aineiden polymeerihartseille on ajoneuvon käyttöä ajatellen ihanteellisessa tapauksessa 45–55 °C (Holt Lloyd International 2019).

3 TOIMINTAYMPÄRISTÖ

Suomen Puolustusvoimien kumipyöräkalustolle edellytetään operatiivista liikkuvuutta, eli kykyä siirtyä yli 200 kilometrin pituisia matkoja toiminta-alueiden välillä. Tiestön kunto näillä siirtymillä on vaihtelevaa, joten ajoneuvoilta edellytetään kykyä liikkua myös kovapohjaisilla tiettömillä osuuksilla. Ajoneuvojen rooli on merkittävä niin taistelu- kuin materiaalikuljetuksissakin. Tämän vuoksi ajoneuvojen on oltava toimintakykyisiä ympäri vuoden, olosuhteista riippumatta. (Mäkipirtti 2013, 7)

Lämpötilavaihteluiden osalta tämä tarkoittaa jopa yli 80 celsiusasteen muutosväliä. Tämä heijastuu tarkasti siihen, mitä materiaaleja ajoneuvojen nestejärjestelmissä ja komponenteissa voidaan käyttää. Koska materiaalien ominaisuudet muuttuvat lämpölaajenemisen seurauksena, ei ajoneuvon tarvitse kohdata ulkoista vauriota vuotaakseen jostakin nestejärjestelmästä. Tällainen esimerkki on vaikkapa jäähdytinnesteletkujen ja muhvien vuotaminen uusien komponenttien vaihdon jälkeen. (Millog 2023a.)

Eräs toimintaympäristössä huomioitava seikka on se, että etenkin maastokelpoisella kalustolla suoritetaan eripituisia vesistönylityksiä. Tämä merkitsee esimerkiksi XA-sarjan miehistönkuljetuskalustolle maalla ajamisesta poikkeavaa etenemismuotoa. Koska vedessä ajettaessa moottori välittää voimansa poikkeuksellisesti hydraulisesti takaosassa sijaitseville potkureille, keskeyttää hydraulijärjestelmän vuoto pahimmillaan etenemisen täysin. Järjestelmällä ei suoraan ole Millogin kokemuksella mitään tiettyä heikkoa lenkkiä, mutta esimerkiksi pitkään käytettävänä ollut uintivarustus on huomioitava kokonaisuutta kartoittaessa. (Lilja 2023.)

Myös pelkästään valmius ajoneuvon siirtokykyyn on huomioitava. Vähimmillään edessä on tilanne, jossa ajoneuvokolonnasta yksittäisen ajoneuvon eteneminen pysähtyy nestevuodon takia. Jos muut ajoneuvot eivät voi jatkaa matkaa ohittamalla staattista ajoneuvoa ajouran kapeuden tai esimerkiksi tienvarsimiinojen uhan vuoksi, on väliaikaisesta voimalinjan elvyttämisestä tällöin hyötyä. Vaurioituneen ajoneuvon liikkeelle saanti ja turvallinen kärkiajoneuvon vaihto mahdollistaa

toimivien ajoneuvojen matkanteon. Lisäksi etenkin panssaroimattomien ja kevyesti panssaroitujen ajoneuvojen kohdalla jatkuva liike on usein paras suoja uhkaavassa tilanteessa.

Tilanteessa, jossa välitöntä uhkaa ei ole, saattaa myös olla hyötyä ajoneuvon hetkellisestä siirtokyvystä. Tämä voi tulla kyseeseen, kun ajoneuvo on seissyt pitkän aikaa muun muassa varastoinnin yhteydessä. Kovettuneet öljytiivisteet tai nestejärjestelmien letkujen tiiviiden heikentyminen aiheuttavat seisonnan yhteydessä vuototilanteita. Pinta-alallisesti suurella varikkoalueella tai varastokentällä siirtoajo varastointipaikalta korjaukseen saattaa olla useampien kilometrien mittainen. Näin ollen esimerkiksi voitelu- ja polttoainejärjestelmän on toimittava välttämättä hetkellisen ajokelpoisuuden saavuttamiseksi. (Millog 2023a.)

Erittäin lyhyt mutta kriittinen ajosuorite, jossa hinaus ei ole mahdollista saattaa jäädä nestevuodon seurauksena suorittamatta. Esimerkiksi muuhun kulkuvälineeseen, kuten rahtilaivaan tai –lentokoneeseen lastaaminen vaikeutuu, jos ajoneuvoa ei saada siirrettyä omin voimin. Etenkin rahtilentokoneissa suuren lastausrampin kulman ja verrattain pienien sisätilojen takia hinaaminen on usein hankalaa. Lisäksi mahdollinen tarve pikapaikkaukselle saattaa syntyä, kun hinaustilanteessa hinaava ajoneuvo on vaarassa jäädä jumiin. Tällöin hinattavan ajoneuvon vain hetkellinen toimintakyky voi estää molempien ajoneuvojen kiinnijäämisen haastavissa ajo-olosuhteissa. (Millog 2023a.)

3.1 Ajoneuvokohderyhmä

Työn tarkastelun kohteena oleva ajoneuvokohderyhmä pyrkii kattamaan lähes kaikki Puolustusvoimien pyöräajoneuvot. Lähtökohtaisesti suurimmassa osassa ajoneuvokalustosta on nestejäähdytteiset nelitahtimoottorit. Vaikka satunnaiset, pääasiassa käytöstä poistetut ajoneuvomallit ovat olleet ilmajäähdytteisiä käsitellään tässä työssä ainoastaan nestejäähdytettyä kalustoa. Lähes poikkeuksetta ajoneuvokalustossa jäähdytyksessä käytetään glykolipohjaista jäähdytysnestettä jäähdytinkenoineen, joten järjestelmä on vahvasti tämän työn nestevuotojen keskiössä. (Millog 2023b.)

Käyttövoimaltaan kohdeajoneuvot jakautuvat karkeasti kahteen luokkaan. Dieselöljy- ja bensiinikäyttöisiin. Suurimmalta osalta raskas kalusto on dieselkäyttöistä kevyemmän hyödyntäessä molempia käyttövoimia. Työn kannalta oleellista on todeta, että dieselmootoreita hyödyntävissä kohteissa polttoaineen järjestelmäpaineen ollessa keskimäärin bensiinimootoreita suurempi, on myös vuotojen vaikutukset laaja-alaisempia. Esimerkiksi Sisun E-sarjassa käytetyn dieselmootorin CAT C13 järjestelmän paine on (4,1–8,6 bar) kun käytettävissä bensiiniruiskutusmootoreissa (esim Polaris 800 EFI) vastaava määrä on noin 2,7 bar. (Millog 2023b)

Tämän lisäksi dieselmootoreiden paineet nousevat yli 1500 baarin ruiskutuspainisiin polttoaineensyöttölaitteissa (Beierer 2007). Nämä paineet ovat kuitenkin niin suuria, ettei esimerkiksi vuotavaa suutinta ole mahdollista korjata kaupallisin pikamenetelmin. Lisäksi kaasuttimin varustetuissa moottorityypeissä polttoaineen paine perustuu lähinnä moottorin tai kiihdytyspumppujen tuottamaan alipaineeseen, joka on suurusluokaltaan vain pienen osan ruiskutusmoottorin paineesta. Lisäksi polttoaineen paluulinjojen vuotaminen keskeyttää matkanteon todennäköisemmin dieselmootorissa, jossa syöttöpainetta on verrattain ylimäärin kulutukseen nähden. (Scholz & Starý 2013.)

3.2 Kevyt pyöräajoneuvokalusto

Käsiteltäviin kevyisiin pyöräajoneuvoihin kuuluvat henkilöautot, mönkijät, maastomoottoripyörät, henkilöpakettiautot sekä kevyet maastoautot. On huomionarvoista todeta, että nestevuoto sattuu päällystämättömän tien ulkopuolella helpommin matalille henkilö- tai pakettiautopohjaisille ratkaisuille. Matala maavara ja heikommin suojatut alustarakenteet altistavat ajopinnan epätasaisuuksien kuten kivien ja kantojen aiheuttamille vaurioille. (Millog 2023b)

3.3 Raskas pyöräajoneuvokalusto

Raskaampaa ajoneuvokalustoa tarkastellessa etenkin voimansiirron kannalta vuotokohteita on kevyeen kalustoon verrattuna enemmän. Moniakselisessa ja –vetoisessa ajoneuvossa on määrällisesti useita tasauspyörästäjä, jakovaihteis-

toja ja pyörännapoja, joiden voitelu toteutetaan öljykylvyn muodossa. Kovettuneet tai vaurioituneet tiivisteet päästävät vähitellen öljyn ulos suljetusta tilasta. Välittömästi nestevuoto ei aiheuta ajoneuvon toimintakyvyn menetystä. Kuitenkin vuodon ollessa suuri tai pitkäkestoinen voitelun puute altistaa hammasrattaat ylikuumenemiselle sekä mekaanisille vaurioille. Jos tällaisen vuodon kykenee ajoissa paikkaamaan ulkoisesti tai sisäisesti, ovat edellytykset siirtoajoon ja varsinaiseen korjaukseen olemassa. (Venetis 2009).

Jäähdytinnestetilavuudet ovat ja raskaammissa moottoreissa myös suurempia. Kookkaiden jäähdytinkenttien ja pitkien jäähdytinlinjojen takia nestemäärät ovat moninkertaiset Puolustusvoimien kevyeen kalustoon verrattuna. Tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että maastossa ei ole yhtä suurta todennäköisyyttä korvata vuodon tuomaa nestevajausta vaikkapa miehistönkuljetusajoneuvoon kuin maastomönkijään. Esimerkkinä XA203 -tyypin vaunun koko 55 litran jäähdytinjärjestelmän täyttö kanto- tai luonnonvesistä on huomattavasti haastavampaa kuin esimerkiksi Sportsman 500 6x6, jossa koko järjestelmän nestetilavuus on 2,1 litraa. (Polaris 2005, 1.5.)

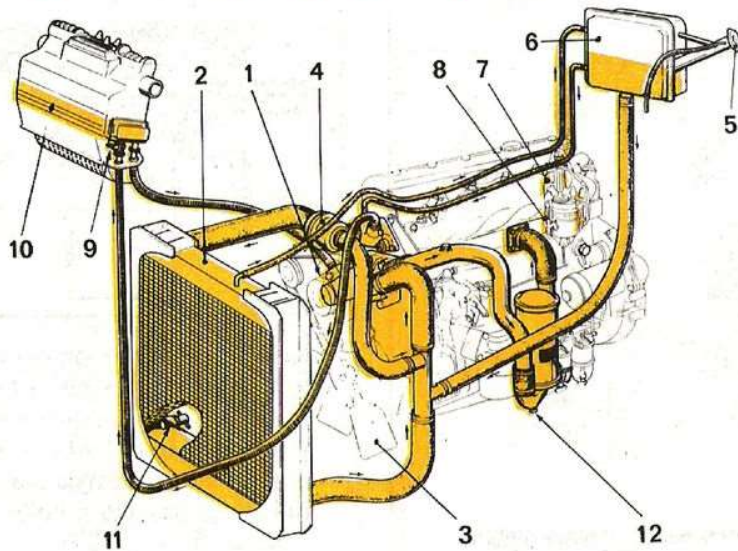
4 JÄRJESTELMÄKATSAUS

Vuotojen ja niiden paikkaamisen kannalta jaottelu voidaan tehdä eri järjestelmiin. Tässä luvussa käydään läpi polttomoottorikäytön kannalta tärkeimmät pää- ja lisäjärjestelmät. Ne käydään läpi nesteiden tärkeyden hahmottamiseksi kohdeajoneuvoryhmässä. Liikkumiskyvyn kannalta kriittisimpiä ovat esimerkiksi voitelu- ja jäähdytinjärjestelmät. Toisaalta käytön mukaan myös hydraulijärjestelmät nousevat esiin tietyissä tilanteissa.

4.1 Jäähdytinjärjestelmä

Polttomoottorin palotapahtumassa syntyy paljon lämpötehoa varsinaisen pyörimisliikkeen tuottamisen sivutuotteena. Lämpövoimakoneeksi nimitettyä moottoria on jäähdytettävä ylikuumenemisen ja toimintahäiriön välttämiseksi. Jäähdyttämiseen on muutamia erilaisia ratkaisuja. Näistä nykyaikaisille nelitahtimoottoreille yleisintä, nestejäähdytystä, käsitellään tässä työssä. (United States Army Materiel Command 1975, 4–11.)

Jäähdytysjärjestelmä



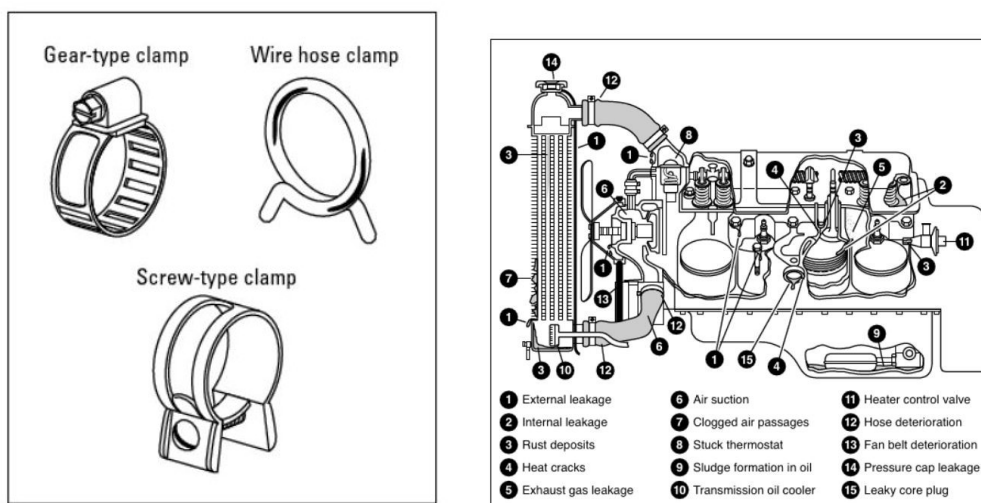
Nestejäähdytysjärjestelmä kaaviollisesti esitettynä

1 vesipumppu	5 painekorkki	9 vesiventtiili
2 jäähdytin	6 paisuntasäiliö	10 lämmityslaitteen kenno
3 tuuletin	7 sylinterikansi	11 vedenpoistohana
4 termostaatti	8 sylinteriryhmä	12 vedenpoistohana

KUVA 4. Yleismallisen jäähdytinjärjestelmän pääkomponentit. (Karelia AMK 2018)

Polttomoottorin jäähdytysjärjestelmä koostuu nestettä kierrättävistä, jäähdyttävistä ja ohjaavista komponenteista kuvan 4 osoittamalla tavalla. Moottorilohkossa kiertävä jäähdytinneste ohjataan termostaatin 4 ja vettä kierrättävän vesipumpun 1 toimesta jäähdytinkennolle 2, jossa lämpöä haihdutetaan ilmaan. Jäähdytynyt neste ohjataan paisuntasäiliön 6 kautta takaisin järjestelmän kiertoon. (Karelia AMK 2018.)

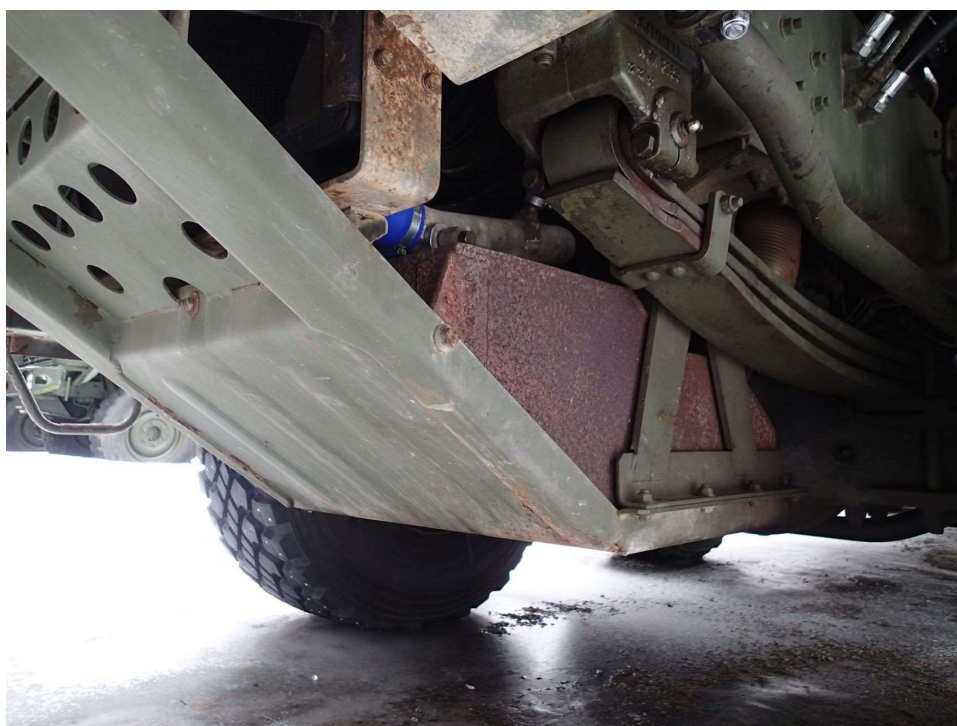
Yksi jäähdytysjärjestelmän vuotokohteista on jäähdytinletkujen liittokset. Esimerkiksi termostaattikoteloon kiinnittyvä vesiletku saattaa ajoneuvon peruskorjauksen jälkeen vuotaa lämpölaajenemisen vaikutuksesta. Juuri peruskorjauksien jälkeen puolustusvoimien ajoneuvojen vesiletkuissa on havaittu vuotoa silikoniletkujen ja metalliseoksesta valmistettujen laippojen välillä. Vuodot ovat esiintyneet pääasiassa kasauksen jälkeen, kun ajoneuvo on ajettu lämpimästä hallista ulos koekäyttöä varten. Silikoniletkujen supistuessa ja turvotessa myös kiinnitykseen käytettävällä letkunkiristimellä on vaikutusta. Perinteiset ruuvi- tai kierrekiristeisten klemmareiden ongelmana on melko jäykkä rakenne. Joustavuuden kannalta jousikuormitteiset klemmarit tarjoavat paremman joustavuuden näihin kohteisiin. Letkun supistumistilanteissa jousi elää kunkin tilanteen mukaan joko kiristyen tai laajentuen. Kuvassa 5 on esitetty erityyppisiä letkuliittimiä sekä vuotokohteita. (Sclar 2011).



KUVA 5. Eri tyyppin letkunkiristimet sekä yleisimmät vuotokohteet. (Sclar 2011)

Kuvan 5 vasemmassa laidassa on esiteltyä kolmen eri tyypin letkunkiristimet. Näistä parhaiten lämpötilamuutoksia kestää täysin jousikuormitteinen malli. Lisäksi kuvassa on esiteltyä perinteinen ruuviklemmari sekä pantakierteen sisältävä letkunside. Kuvan oikeaan laitaan on listattu polttomoottorin yleisimmät vuotokohteet. Näistä sotilasajoneuvokäyttöä ajatellen esiin nousevat muun muassa seuraavat kuvaan numeroidut ilmiöt: ulkoinen vuoto 1, lämpöhalkeamat 4 sekä letkun heikentyminen 12. (Sclar 2011.)

Käytäntöä ajatellen juuri ulkoiset vuodot kokonaisuudessaan ovat todennäköisiä, kun tarkastelee etenkin panssarioimattomia ajoneuvoja. Esimerkiksi takarintamalla toimivan maastokuorma-auton moottorin jäähdytinpaketti on sijoitettu perinteisesti moottorin eteen. Tässä järjestelyssä korkeasta maavarasta ja pohjapanssarista huolimatta jäähdyttimen kenno sekä alavesiletku ovat ammus- ja sirpalevaikutuksen tavoitettavissa. Etenkin sivusta tuleva pienikin osuma saattaa aiheuttaa vuodon suojaamattomille jäähdytinkomponenteille. Osuma ei välittömästi keskeytä ajoa, mutta edesauttaa nesteen vähentyessä ylikuumenemista ja sitä kautta viiveellä moottorin toimintakyvyn menettämistä. (Millog 2023a.)



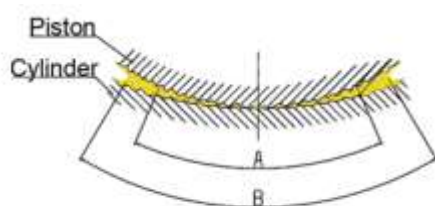
KUVA 6. Maastokuorma-auton jäähdytinpaketin sijainti.

Kuvasta 6 voidaan todeta, että osittain suojattunakin jäähdytinpaketti on alttiina ulkoisille vuodonaiheuttajille. Kuvan ajoneuvon alavesiletku on huollon jäljiltä uusittu silikoniseksi ja erottuu sinisenä pohjajanssarin takaa. Sirpalevaikutus tai suora osuma sivusta aiheuttaa välittömästi vuototilanteen jäähdytinjärjestelmään. (Millog 2023a.)

4.2 Voitelujärjestelmä

Käsiteltäessä voitelujärjestelmän kriittisimpiä kohteita puhutaan lähtökohtaisesti laajoista moottorin öljyvuoodoista. Koska polttomoottorin moottoriöljyn pääasiallisena tehtävänä on voidella, jäähdyttää sekä poistaa epäpuhtauksia, on öljyn määrällä ja laadulla suuri merkitys moottorin toimintakykyyn. Vakava öljyvuooto voi sattua esimerkiksi osumasta öljypohjaan tai –suodattimiin. (Automotive Handbook 2018, 568)

Lähtökohtaisesti polttomoottorilla voidaan ajaa hetkellisesti ilman voiteluainetta. Toimintakyky loppuu usein siihen, kun sylinteriryhmä ylikuumenee ja männänrenkaat eivät enää tiivistä männän ja sylinteriseinämän välistä voitelurakoa. Voiteluraon tai voiteluaineen puute saattaa johtaa männän ja sylinterin välisen kitkan lisääntymiseen ja sitä kautta kiinnileikkaantumiseen. Voiteluraon osuus on esitetty seuraavassa kuvassa 7. (Mahle 2016.)



KUVA 7. Voitelurako männän ja sylinterin välillä. (Mahle 2016)

Koska moottoriöljy irrottaa epäpuhtauksia voitelujärjestelmästä, on ne poistettava moottorivaurion välttämiseksi. Tätä varten voitelujärjestelmissä muiden nestejärjestelmien tapaan käytetään suodattimia. (Sparks & Chase 2016, 296.) Esimerkiksi raskaammissa dieselmootoreissa käytetään pitkiä ulkoisia peltisuodattimia. Niiden sijoittelu on toteutettu usein huollon helppoutta ajatellen, mutta tilanteessa, jossa uutta suodatinta ei ole matkassa tai vaihtotapahtuma on liian riskialtis, voidaan harkita paikkausmenetelmiä.



KUVA 8. Maastokuorma-auton moottorin öljynsuodattimien sijainti.

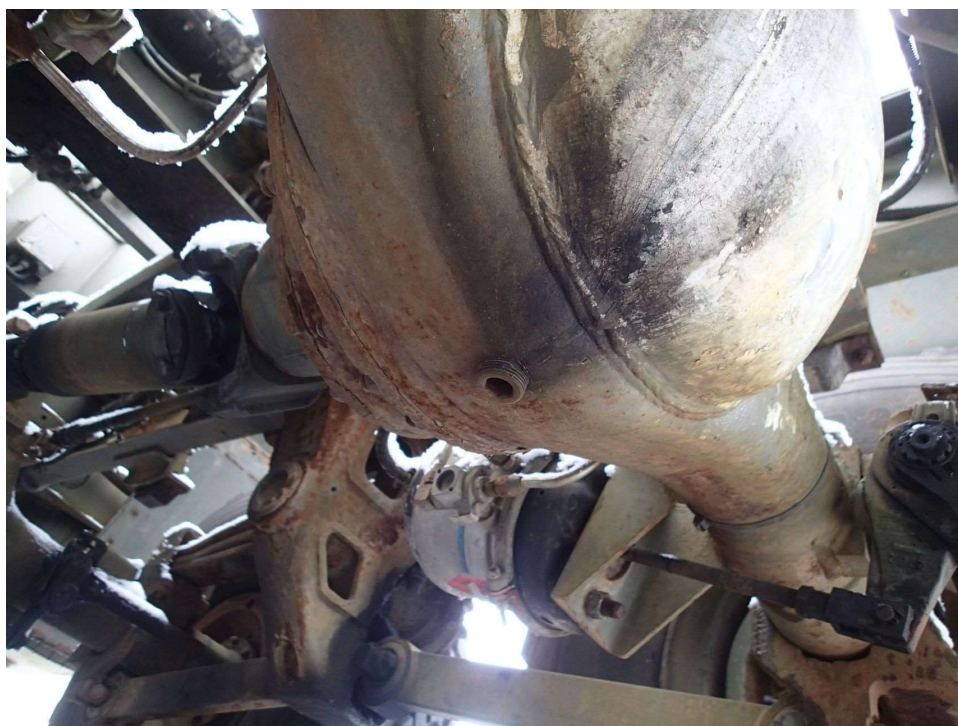
Kuvasta 8 voidaan tulkita, että kaksi moottorin öljynsuodatinta tulevat näkyville erityisesti ensimmäisen etuakselin ollessa käännettynä oikealle. Sijoittelu ja auton maavara mahdollistaa suodattimiin käsiksi pääsyn ilman suurempia korjaamovaroja, joten pikapaikkaus öljynkestävällä peittäväällä ratkaisulla on mahdollinen.

4.3 Voimansiirto

Voimansiirrossa nestevuodoista kriittisimmät sijaitsevat vaihteistoissa, hydraulisissa kytkimissä sekä tasauspyörästöissä. Äkillisesti matkan keskeyttää todennäköisesti automaattivaihteiston suurikokoinen öljy- tai jäähdytinnestevuoto. Esimerkiksi Puolustusvoimien käyttämästä Allison HD –turbiinilaatikossa vaihteistoöljy jäähdytetään lämmönvaihtimessa jäähdytinnesteellä. Pelkkä öljyvuoto vaurioittaa vaihteistonohjauksen mekatroniikkaa, kun taas jäähdytinnesteen puute aiheuttaa öljyn ylikuumentumisen ja sitä kautta vaihteistovaurion. Mahdollista on myös näiden kahden nesteen sekoittuminen juuri lämmönvaihtimessa sisäisen vuodon takia. Tällöin sekä jäähdytysteho että voiteluominaisuudet kärsivät. (Millog 2023b.)

Manuaalivaihteistot eivät ole niin tarkkoja nestevuotojen osalta. Käsivalintainen vaihteisto ei vaadi erillistä öljyn jäähdyttämistä vaan se luovuttaa kitkalämpönsä vaihteistoöljyyn. Yleisesti manuaalivaihteistot lämpenevät vähemmän kuin automaatit, joten ne kestävät paremmin käyttöä ilman voiteluainetta. (Bowen 2005.) Esimerkiksi ZF 7HP900 –vaihteisto saattaa normaalissa hidastinkäytössä saavuttaa 145°C öljynlämpötilan. Vastaava luku manuaalivaihteistolla on 50–55°C normaalikäytössä. (Millog 2023b.) Nestevuodon sattuessa hammasrattaistoon jää hetkellisesti öljykalvo, joka vähentää metallisten rattaiden kitkaa. Manuaalivaihteisto voi kestää ilman öljyä ajamista pidempääkin, mutta varioituu ajan myötä ilman voitelevaa öljykylpyä. Esimerkiksi jotkin laakerit saattavat vaurioitua voitelun puutteen takia, eivätkä vaihteet mene enää päälle (Schwarze & Hagemann 2023).

Tasauspyörästä vuoto vaikuttaa hammasrattaiden välisen voitelun vähenemiseen. Rattaisto toimii kyllä ilman öljyä, mutta alkaa ääntämään ja saattaa jumittua etenkin raskaassa maastoajossa. Tasauspyörästä ei ole kuitenkaan ensimmäinen voimansiirron osa, joka vuodon alettua lamauttaa ajoneuvon. Toki pidempään jatkuneen vuodon seurauksena on pahimmillaan hammaspyörästä kiinnileikkaaminen sekä akselin jumittaminen. (Kiencke & Nielsen 2005)



KUVA 8. Seisonnan seurauksena korrosoitunut tasauspyörästä.

Kuvassa 8 on esitetty peruskorjausta odottavan maastokuorma-auton viimeisen akselin tasauspyörästön kotelo. Teräksestä valmistetun kotelon pohja on korrooitunut kosteuden ja epäpuhtauksien vuoksi. Seisonta ulkoilmassa sekä vanhat voimasiirron öljyt ovat kovettaneet kotelon välisiä tiivistemateriaaleja. Muun muassa nämä seikat mahdollistavat öljyvetojen syntymistä. Kuvan kaltaiseen koteloon on mahdollista lisätä öljyä siirtoajoa varten, mutta jos vuoto on suuri, toimivaksi todetun vuodonestoaineen lisääminen saattaa tiivistää vuodot tarvittavaksi ajaksi ennen peruskorjauksen toteutumista.

Etenkin kevyen manuaalivaihteisen kaluston kytkinsovelluksissa käytetään hydraulista voimavälitystä. Kytkinpolkimen voima välitetään pää- ja työsylinterien avulla kytkinasetelmalle. Kytkinnesteenä toimii usein glykolieetteri- tai silikonipohjainen aine. Käyttösylinterien tai niiden välisen linjan vuotaessa kytkin ei vapauta vaihteiston kytkinakselia, vaan ajoneuvo ryömii vaihde päällä. Pahin tilanne on se, ettei vaihdetta saada valittua ajopinnan tai muun olosuhteen vuoksi väliaikaista siirtoa varten. Tällöin nestelinjan tai toimilaitteiden nopea paikkaus saattaa kohentaa kytkinjärjestelmän hetkellisesti toimintakuntoon.

4.4 Polttoainejärjestelmä

Polttoainejärjestelmässä ajon kannalta kriittisimmät nestevuodot liittyvät vahvasti moottoritilaan polttoaineenruiskutuksen puolelle. Panssaroidussa kalustossa moottoritilat on lähtökohtaisesti suojattu hyvin, joten ulkoisen osuman riski korkeapainekomponentteihin on pieni. Kuitenkin panssaroimattomassa ja kevyessä kalustossa polttoainelinja on kokonaisuudessaan haavoittuvainen kohde. Korkeapainejärjestelmissä suutintukin tai -putken vuoto vaikuttaa välittömästi kyseisen sylinterin toimintahäiriöön. Suurten paineiden vaikuttaessa vuodon tukkiminen täysin on vähintäänkin haastavaa.

Kuitenkin matalampien paineiden kohteissa vuotojen paikkausmahdollisuutta on syytä tutkia. Tällaisia ovat muun muassa polttoainesäiliöiden ja siirtoputkien vuodot. Henkilöautokalustossa siirtolinjat kulkevat auton alustassa ja ovat siten alttiimpia maan raapaisuille kuin raskaammassa kalustossa. Kevyesti panssaroituissa tai panssaroimattomissa kuorma-autoissa polttoainesäiliöt on pääosin

kiinnitetty runkoon. Suora sivuosuma ammuksesta tai kranaatista aiheuttaa polttoainevuodon, jonka seurauksena vähintään toimintamatkaa menetetään. Seuraavassa kuvassa 8 on esitetty kuorma-auton polttoainesäiliö linjalähtöineen.



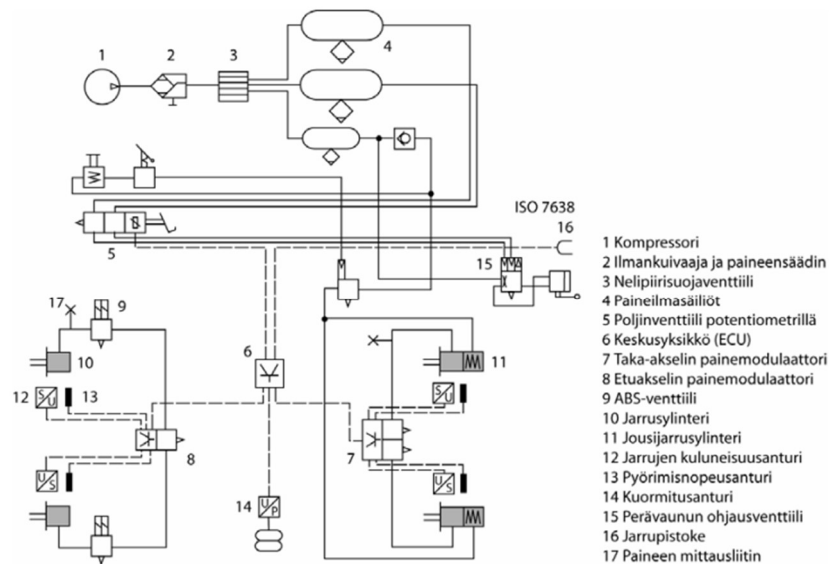
KUVA 8. Panssaroimattoman maastokuorma-auton polttoainesäiliö linjoinen.

Kuvassa 8 näkyy polttoainesäiliöltä lähtevät linjat ulkoiselle suodatinyksikölle. Vaikka kaikki kuvan komponentit ovat sivusuuntaiselle osumalle alttiita, on niihin myös helppo päästä käsiksi kenttäolosuhteissa ilman minkäänlaista purkamista.

4.5 Paineilmajärjestelmä

Paineilmaa käytetään ajoneuvosovelluksissa yleisesti pääasiassa raskaalla puolella. Paineilma tuotetaan ajoneuvon moottorin käyttämällä kompressorilla, joka syöttää käyttöpaineen suljettuun järjestelmään. Tämä paine on suuruudeltaan usein noin 7–12 bar suurusluokkaa. Järjestelmässä paine säilötään paineilmasäiliöihin, jolloin kompressorin ei tarvitse työskennellä jatkuvasti täydellä teholla. Säiliöistä paineilmaa annostellaan erityyppisten venttiilien avulla toimilaitteille. Näitä ovat muun muassa jarrut, jousitus sekä pneumaattiset käyttösylinterit. Pikakorjausten osalta keskitytään tässä työssä pääasiassa raskaaseen kalustoon ja sen kriittisimpiin paineilmatoimilaitteisiin. (Automotive Handbook. 2008)

Raskaamman kaluston paineilmajarrujen heikkona lenkinä etenemisen kannalta vuodon ilmaantuessa ovat käsijarrut. Lähtökohtaisesti maastokuorma-auto tai miehistönkuljetusajoneuvo pysäköidään vaihteisto vapaalla ja paineilmakäsijarru päällä. Jos pneumaattinen järjestelmä vuotaa paljon, on mahdollista, että pysäköinnin päätyttyä ajoneuvon kompressori ei kykene tuottamaan jarrujen vapauttamiseen vaadittavaa vähimmäispainetta. Tällöin ajokelpoisuus menetetään, jos olosuhteet ja aikaikkuna eivät salli käyttäjältä jarrujen mekaanista vapauttamista. Näin ollen ilmavuodon pikapaikkaus saattaa tulla kyseeseen matkan jatkumisen mahdollistamiseksi. Seuraavassa kuvassa on esitetty kaksiakselisen kuorma-auton paineilmajärjestelmä jarrujen osalta.



KUVA 9. Paineilmatoimisen jarrujärjestelmän yleiskaavio. (Haapaniemi 2003)

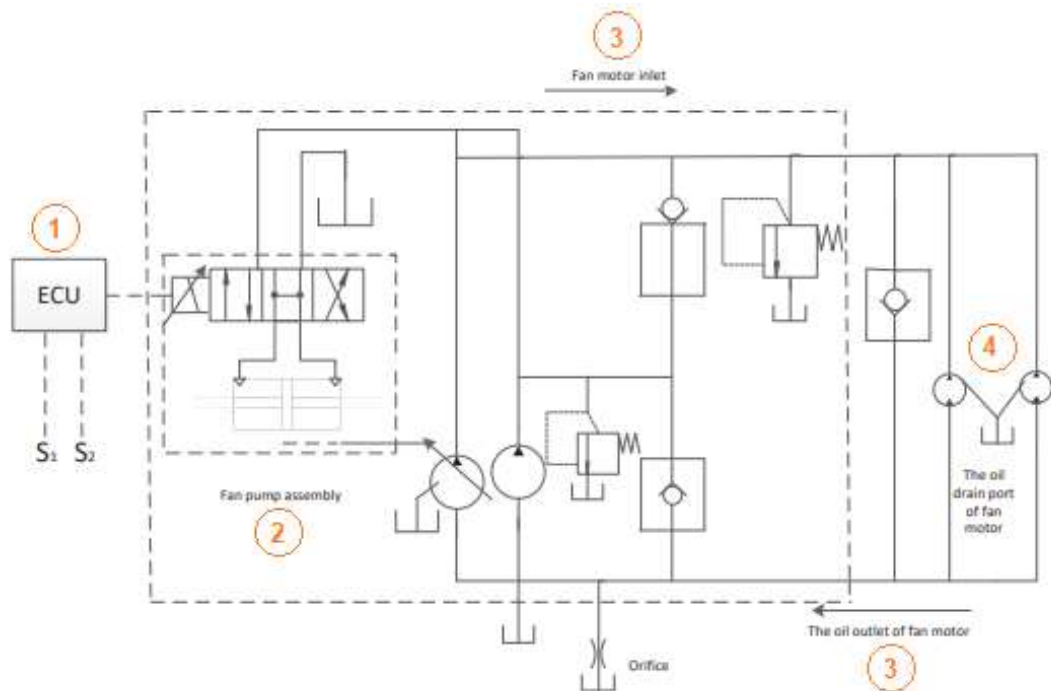
Kuvassa 9 on komponenttitasolla jaoteltu raskaan jarrujärjestelmän peruskomponentit. Kuvasta katsottuna järjestelmälle elintärkeät komponentit ovat muun muassa paineen tuottava kompressori (1), vaurioituneiden jarrupiirien poissulkeva nelipiirisuojaventtiili (3) sekä seisontajarrun vapauttavasta jousijarrusylinteri (11). (Haapaniemi 2003)

4.6 Hydraulijärjestelmä

Hydraulinen järjestelmä tarkoittaa tekniikkaa, jossa energiaa siirretään nesteen avulla jollekin toimilaitteelle. Nesteenä järjestelmässä toimii usein mineraaliöljy-pohjainen hydraulineste. Ajoneuvosovelluksissa hydraulisesti voidaan operoida esimerkiksi vaihteistoja tai nostolaitteita (Hodges 1993, 3).

Tämän työn kannalta tärkeimpiä hydraulijärjestelmiä ovat voimansiirtoon liittyvät toimilaitteet. Lisäksi jollakin hydraulisella lisätoimilaitteella saattaa olla suurtakin painoarvoa ajoneuvon liikekykyyn. Esimerkiksi Sisun E11T, XA200 sekä 360-malleissa moottorien jäähdyttimien puhallintuulettimet ovat hydraulikäyttöisiä. Vaikka kyseiset ajoneuvot ovat kaikki kevyesti panssaroituja, ovat nestevuodot silti mahdollisia. (Mäkipirtti 2013, 210)

Näissä järjestelmissä hydraulipumpun tuottama nesteenpaine ja tilavuusvirta muunnetaan tuuletinkotelon propellin pyörimisliikkeeksi. Propelli tehostaa ilman virtausta jäähdytinkennon läpi parantaen järjestelmän lämmönvaihtoa. Jos hydraulinestevuodon seurauksena hydraulijärjestelmän paine laskee tai katoaa, se vaikuttaa propellin toimintahäiriön kautta suoraan jäähdyttimen tehon laskuun. Seuraavassa kuvassa 10 on esitetty yleismallinen panssariajoneuvokäyttöön tarkoitetun hydraulitoimisen jäähdytintuulettimen toimintakaavio ja sen tärkeimmät komponentit. (Zhiqiang Chao ym. 2017)



KUVA 10. Toimintaperiaate hydrauliselle jäähdyttäjän tuulettimelle. (Zhiqiang Chao ym. 2017, muokattu)

Kuvassa 10 Elektroninen ohjainlaite (1) määrittää tuulettimen nopeussignaalin sen mukaan mitä ajoneuvon muut parametrit (ulko- ja öljynlämpö, moottorin kierrosluku) ovat. Parametrejä mitataan antureilla (S1) sekä (S2). Järjestelmän pumppuyksikkö (2) tuottaa tarvittavan hydraulisen paineen ja tilavuusvirran. Järjestelmän nestekierto on kuvattu katkoviivalla piirissä (3). Käytettävän hydraulioiljyn tyhjennysproppu (4) on sijoitettu kahden pumppu-moottori-yksikön väliin. (Zhiqiang Chao ym. 2017)

Jäähdytystehon laskun seurauksena moottorin ylikuumentumisen riski kasvaa, etenkin kun ohjaamon taakse sijoitettu kenno ei saa tarpeellista jäähdytystehoa ajojiiman vaikutuksesta. Ilmiöllä on suoraan heikentävä vaikutus kuorma-auton toimintakykyyn. Tässä tapauksessa vuodon havaitsemisen jälkeen välittömästi toteutettu hydraulilinjan paikkaus ennaltaehkäisisi koko tapahtumaketjun toteutumista. Eri nestejärjestelmien välisen syy-seuraus-yhteyksien käsittäminen on avainasemassa ajoneuvorikkojen ennaltaehkäisemisessä. (Lilja, Tuure. 2023)

Tapahtuvien nestevuotojen ei tarvitse aina sijaita korkean paineen linjoissa. Etenkin avoimissa hydraulijärjestelmissä eräs haavoittuvainen kohde on nestesäiliö. Enimmillään satojen litrojen säiliön vuodon sattuessa hidaskin tyhjeneminen aiheuttaa järjestelmän nestevajauksen ja vaikuttaa kaikkiin saman hydraulipiirin toimilaitteisiin lopulta lamauttavasti. Vaikka ajoneuvoista löytyy käsitoiminen hätäkäyttö esimerkiksi kuorman purkamista varten sähköjärjestelmän vikatilanteessa, vaatii sekin toiminto häiriöttömän nesteenkierroksen. Vaikka esimerkiksi Multiliftin-kuormanlastausjärjestelmissä käytetään yleisesti hätä- ja varajärjestelmiä, on aina mahdollista, että nämäkin järjestelmät vaurioituvat. Tällöin tilanne korjaantuu ainoastaan nesteen lisäyksellä ja merkittävimpien vuotojen paikkaamisella. Nestesäiliöiden lisäksi muita matalan paineen kohteita ovat muun muassa siirtolinjat, kuten seuraavan kuvan imupuolen linja. (Mäkipirtti 2013, 193–197.)



KUVA 11. Vuotava LHS-hydrauliikkasäiliön paluuputki.

Kuvan 11 mukaisesti vuotokohta saattaa aiheutua myös mekaanisesti hankautumalla suurikokoisenkin nesteputken kylkeen. Tässä tilanteessa imuputken pettänyt kiinnitys on sallinut sille lisääntyneen liikeradan ja aiheuttanut nirhaaman nestesäiliön teräksistä taitoskohtaa vasten. Seurauksena pidemmällä aikavälillä on heikentynyt nesteen paluu avoimen järjestelmän säiliöön ja sitä kautta kuormausjärjestelmän häiriöt. (Sahari 2023.)

5 KORJAUSMENETELMÄT

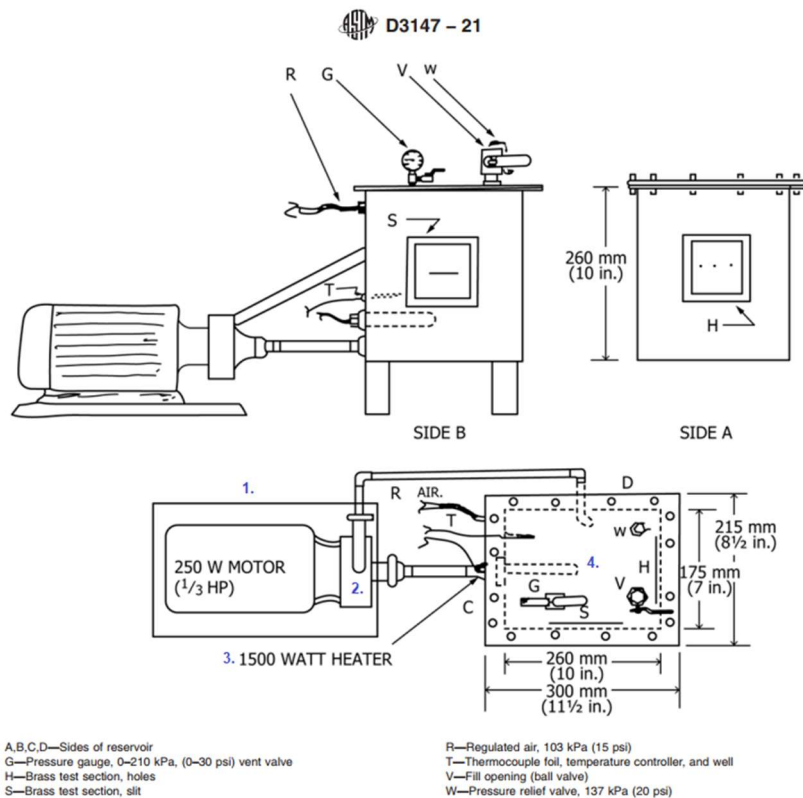
Tässä luvussa käsitellään korjausmenetelmiä, jolle on taustakartoituksen perusteella mahdollista korjata vuotoja tai testata menetelmien toimivuutta. Luvussa esitellään ASTM:n kehittämiä testistandardeja sekä vertaillaan menetelmällä tuotettuja tuloksia. Osiossa perehdytään lisäksi teippien käyttömahdollisuuksiin.

5.1 Nestemäiset lisäaineet

Nestemäisistä lisäaineista todennettua tutkimustietoa on saatavilla ainoastaan jäähdytinsäiliöiden paikkausaineista. Ainoa saatavissa oleva standardi koskee jäähdytinsäiliöiden kaadettavia nestemäisiä paikkausaineita. Standardin perusteella on tehty tutkimuksia esimerkiksi Brightonin yliopistossa, mutta laajempia testiraportteja aiheesta ei ole saatavilla. (ASTM 2021)

Ulkoisia vuotoja voidaan siis testata ASTM:n kehittämällä D3147-21 standardoidulla testausmenetelmällä. Testissä lämmitettyä jäähdytinnesteen ja paikkausaineen liuosta kierrätetään testijärjestelmän läpi. Järjestelmän yhtenä komponenttina on rakoja ja reikiä sisältävä metallisäiliö, jolla simuloidaan ajoneuvoissa mahdollisesti tapahtuvia vuotokohtia.

Testimenetelmän tulokset perustuvat siihen, kuinka tutkittava paikkausaine tiivistää vuodot määrättyssä lämpötilassa, paineessa, ajassa sekä virtausnopeuden vaikuttaessa. (ASTM 2021.) Testijärjestelmä on kuvattu seuraavassa kuvassa 12.



KUVA 12. D3147-21 standardin määrittelemä vuodontestauslaitteisto (Hooper 2023, muokattu).

Kuvan 12 mukaisesti testausjärjestelmä sisältää seuraavat pääkomponentit: Sähkömoottorin (1.), jolla operoidaan kiertovesipumpun (2.) avulla nestettä säiliön (4.) lävitse. Testattava neste lämmitetään 88 celsiusasteeseen 1500 watin tehoisella sähkövastuksella (3.) vastaamaan polttomoottorin tuottaman lämpöenergiaa. Järjestelmän testausosio koostuu säiliön sivulla (A) olevista tarkoituksenmukaisista raoista ja rei'istä. Testilevyt ovat kuvattuna seuraavassa kuvassa 13.

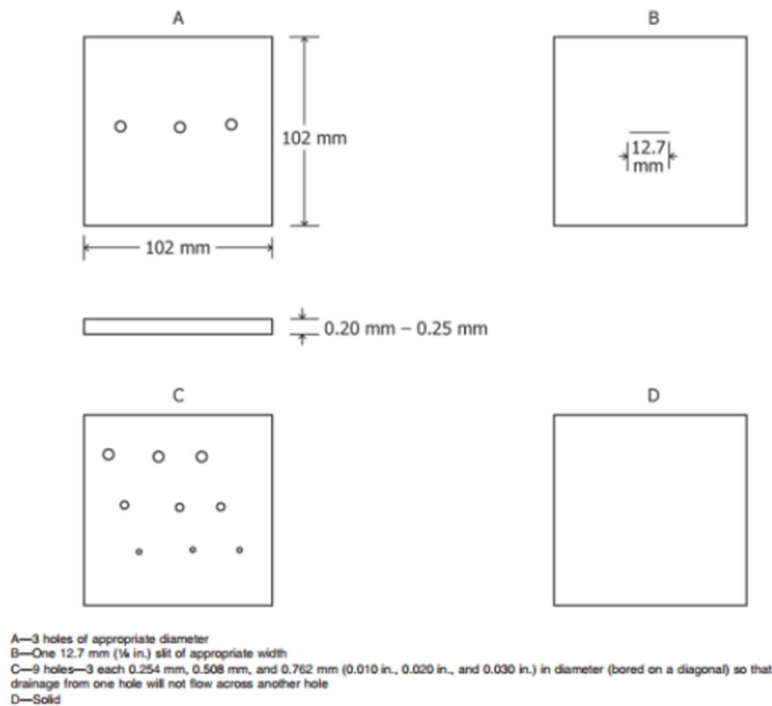


FIG. 2 Brass Test Panels

Reprinted, with permission, from ASTM D3147-21, Standard Test Method for Testing Stop-Leak Additives for Engine Coolants, copyright ASTM International. A copy of the complete standard may be obtained from www.astm.org.

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved) Wed Apr 05 11:19:09 GMT 2023
 Downloaded by
 Tampere University pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

Kuva 13. D3147 –testipenkin testilevyt (ASTM 2021b, muokattu)

Kuvaan 13 on koottu jokaisen testilevyn rakenne ja vuotoa simuloivat kohteet. Levyssä (A) on kolme keskenään samankokoista reikää ja levyssä (B) 12,7 millin viilto. Kolmannen levyn (C) yhdeksän eri reikää koostuvat kolmesta eri koosta (0,254 mm, 0,508 mm ja 0,762 mm). Viimeinen levy (D) on ehjä ja ilman vuotopisteitä. Kaikkien levyjen paksuus sijoittuu välille 0,20–0,25 millimetriä. (ASTM 2021.)

Jäähdytinnesteeseen sekoittunut paikka-aineen saavuttaessa nämä kuvassa 13 esitellyt vuotokohteet, saadaan mitattua vuodon tukkeutumiseen kuluva aika tallentaen samalla järjestelmän sisäistä painetietoa painemittarilla (G). Kyseisellä testausmenetelmällä on testattu julkisesti vain muutamia markkinoilla olevia vuodonpaikkausaineita. Seuraavissa taulukoissa 2 ja 3 on esitetty kolmen eri valmistajan paikka-aineet ilmoitettuine tuloksineen. (ASTM 2021.)

TAULUKKO 2. Testipenkinissä todetut olomuodolliset piirteet. (ASTM 2021)

Valmistaja	Partikkelit		Geeliytyminen / Liiman muodostus	
	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen
Rislone	Kyllä	Ei	Ei	Ei
K-Seal	Ei	Ei	Ei	Ei
Wynns	Ei	Ei	Ei	Ei

Tarkastellessa taulukkoa 2 selviää, että suurin osa testipenkissä käytetyistä tuotteista eivät muodostaneet nesteen kierrolle tai paikkaukselle epäedullisia sivureaktioita. Tahmean geelin ja liiman muodostuminen on otettu ASTM:n testeihin mukaan juuri jäädytinkanavien tukkeutumista silmällä pitäen. Ennen nesteiden sekoittumista havaittiin partikkeleita ainoastaan Risloneen valmistamassa tuotteessa. Niitä ei kuitenkaan löydetty testien päätteeksi seoksesta. Testattujen tuotteiden paikkauskyvykyys on ilmoitettu seuraavasti taulukon 3 mukaisesti. (ASTM 2021.)

TAULUKKO 3. Testatuille aineille todettu paikkauskyky. (ASTM 2021.)

Valmistaja	Paikatun reiän suurin \varnothing	Paikatun halkeaman suurin leveys	Nestettä kulunut keskimäärin
Rislone	0,760 mm	0,380 mm	1350 ml
K-Seal	0,635 mm	0,254 mm	285±10 ml
Wynns	0,508 mm	0,254 mm	690 ml

Taulukosta 3 voidaan havaita, että kaikki paikatut vuotokohteet ovat alle 0,8 mm luokkaa. Vihreällä taustalla on merkitty parhaat vertailutulokset ja punaisella negatiivisesti poikkeavat arvot. Halkeamien paikkauksessa tulokset olivat lähellä toisiaan, mutta paras reiänpaikkauskyky todettiin Risloneen tuotteella. Se kykeni lähes 50 % parempaan tulokseen kuin pienimmän reiän paikannut Wynns:in vertailukohde. (ASTM 2021.)

Vaikka suurimmat vuotokohteet on paikattu Risloneen tuotteella, aineen muodostamaa seosta on kulunut paikkauksessa eniten. Risloneen tuote on päästänyt testilevyjen läpi lähes kaksinkertaisen nestetilavuuden Wynns:in tuotteeseen nähden ja yli nelinkertaisen määrän K-Seal:in vastineeseen verrattuna ennen tiiveyden saavuttamista. (ASTM 2021.)

K-Seal on koonnut käyttäjien raportoimia vuotojen paikkauksia verkkosivuilleen. Nämä ovat hyvin vapaamuotoisia ilmoituksia, joista tekijää ei voida tunnistaa eikä lopputuloksia ole mitenkään tieteellisesti todennettu. Ilmoituksissa lähinnä tiedotetaan mihin henkilöautoon paikka-ainetta on käytetty tai aiheesta on kuvattu jokin vapaamuotoinen video. Jokainen ilmoitus päättyy onnistuneeseen paikkaukseen, joten sivulla ei ole ilmoitettu yhdestäkään epäonnistuneesta paikkauksesta. Näistä niin kutsutuista Case Study -tapauksista ei ole ilmoitettu asiakkaiden laatumien videoiden lisäksi mitään graafista näyttöä tai vuotojen tarkempaa kokoluokkaa. (K-Seal 2019.)

5.2 Teipit

Teippien käytettävyys pikapaikkauksessa perustuu lähinnä niiden avulla käärimiseen. Tämän vuoksi erilaisten letkujen ja putkien vuotojen paikkaaminen soveltuvalla teipillä voi tuottaa halutun lopputuloksen. Lisäksi teippien eduksi voidaan katsoa kompakti pakkaustapa sekä pitkät säilyvyysajat. Esimerkiksi Würthin silikonipohjaiselle teipille luvataan taulukon 4 mukaisesti 60 kuukauden säilyvyys viileissä ja kuivissa olosuhteissa. (Würth 2023)



KUVA 14. Würth Silikoniteippi

Yksi tarkasteluun päätyntä teippi on Würthin Silikoniteippi, joka valikoitui ilmoitettujen ominaisuuksien sekä valmiin toimittajaketjun pohjalta käyttötarkoitukseen soveltuvaksi. Kyseessä on itsevulkanoituva silikonipohjainen teippi, jolle luvataan vesi- ja ilmatiiveys sekunneissa. Vulkanoituminen tapahtuu täysin vuorokauden kuluessa, ja sen käyttökohteiksi ilmoitetaan muun muassa vesi- ja paineilmaletkut sekä jäähdyttimet. Seuraavassa taulukossa 4 on esitetty valmistajan ilmoittamat ominaisuudet.

TAULUKKO 4. Ilmoitetut ominaisuudet Silikonikorjausteipille. (Würth 2023)

Tukimateriaali	Silikoni
Leveys	25 mm
Kokonaispituus (L1)	3 m
Käsittelylämpötila min/max	15–40°C
Lämmönkestävyys min/max	-50°C - 260°C
UV-säteilyn kestävyys	Kyllä
Säilyvyysaika tuotannosta/edellytykset	60 kuukautta/ säilytys viileässä ja kuivassa paikassa
Paineenkesto	8 bar (halkaisijaltaan Ø 1" putkelle)
Venyvyys alkuperäiseen nähden	300 %
Materiaalien kesto	vesi/öljy/polttoaineet
Läpilyöntilujuus	15 000 V/mm

Taulukkoa tarkastellessa havaitaan, että itse teipin materiaali kestää hyvin puolustusvoimien kalustolle yleiset (-40–+40°C) käyttölämpötilat. Lisäksi se kestää käyttönesteiden lämpötilat varsin hyvin. Tuotetta ei kuitenkaan voida taulukon perusteella kiinnittää suurena osana vuodesta Suomen oloissa +15°C minimikäsittelylämpötilan takia. Huomionarvoista on myös 8 bar paineenkesto 1 tuuman = 25,39 mm putkelle. Näin ollen teippi ei välttämättä kestä ilmoitettua painetta esimerkiksi pienemmällä halkaisijalla varustetussa paineilmajarruputkessa. Juuri 8 bar on arvo, mikä on hyvin mahdollinen raskaan kaluston paineilmajärjestelmässä.

Vaikka tarkasteltavaa tuotetta nimitetään erittäin kestäväksi itsevulkanoituvaksi teipiksi, ilmoitetaan teknisen tiedotteen päätteeksi seuraavaa:

Teippi ei ole itseliimautuva. Vain tilapäisiin korjauksiin. Ei voida käyttää uudelleen. Paikan vaihtoa ei suositella kiinnittymisen jälkeen. Tämä tiedote on vain kokemukseemme perustuva suositus. Sopivuus varmistettava etukäteen Tuotetta on käytettävä sen teknisten tietojen ja sovellettavien säännösten mukaisesti. (Würth 2023.)

Lainauksesta voi tulkita, että valmistaja on käyttänyt tai kerännyt käyttäjätietoa teipin ominaisuuksista, ja suosittelee sen pohjalta tiettyjä käyttöön liittyviä rajoituksia. Ilmoitus itseliimautuvuuden puutteesta tarkoittaa tässä tapauksessa, ettei teipissä ole liimapintaa.

Eräs putki- ja letkusovelluksiin soveltuva tuote on britannialaisen Sylmasta –yhtion SylWrap –tuote. Kyseinen tuote on lähtökohtaisesti suunniteltu korkeasti painestettujen laitosputkistojen vuotojen korjaamiseen. Sen käytössä polttomoottorin nestevuodon paikkaamisessa on kuitenkin raportoitu onnistuneita tuloksia. (Sylmasta 2023)

Tuotteen toiminta perustuu kaksivaiheeseen paikkausmenetelmään. Siinä halkeama tai reikä peitetään ensin polymeeriyhdisteistä koostuvalla kaksikomponenttisellä tahnalla. Tämän jälkeen tahnan päälle ja vuotokohdan ympärille kääritään hartsikyllästeistä lasikuidulla vahvistettua teippiä. Kuvaan 15 on esitetty korjaustoimenpiteen eri vaiheet.



KUVA 15. Venekäytössä olevan dieselmoottorin jäähdytinetkun paikkaus. (Sylmasta 2023)

Kuvan 15 mukaisesti jäähdytulinjan mutkaan tullen reiän paikkaus on toteutettu kaksivaiheisesti kohteeseen, jossa ei ole ollut tilaa muunlaiseen paikkaukseen. Vaikka kyseistä moottoria jäähdytetään merivedellä, ei jäähdytulinjoissa ole suuria poikkeamia glykolikäyttöön verrattuna. Paikattu silikoniletku vastaa pyöräajoneuvoissa käytettävien silikoniletkujen ominaisuuksia. Valmistajan mukaan kyseisen toimenpiteen jälkeen letkulinja ei vuotanut enää lainkaan. Seuraavaan taulukkoon 5 on koottu SylWrapin ominaisuudet.

TAULUKKO 5. SylWrap -kääreen tiedot. (Sylmasta 2023)

Käsittelyaika	2–5 min
Lämmönkestävyys max	+ 250°C
Säilytysaika/ -olosuhteet	18 kuukautta/ 5–20°C
Paineenkesto	30 bar
Venyvyys alkuperäiseen nähden	300 %
Materiaalien kesto	glykoli/hydrauliöljy/asetoni/öljy/polttoaineet
Järjestelmän esitiiveys	1 tunti
Lopullinen tiiveys	24 tuntia

Taulukosta nousee ensimmäisenä esiin melko suppea säilyvyyslämpötila. Ajoneuvokäytössä tuotteen säilytys rajoittuisi lähinnä huoltoajoneuvojen tai korjaamotilojen varustukseen. Ajoneuvon mukana sitä voisi säilyttää lähinnä kesäkuukausiin painottuen. Tuotteelle ei ole taulukon arvojen perusteella myöskään annettu suoraviivaista vaikutusaikaa. Sitä seikkaa, mikä on järjestelmän ja lopullisen tiiveyden ero ei ole valmistajan toimesta ilmoitettu. (Sylmasta 2023)

Koska kääre on alun perin suunniteltu ja kohdennettu rakennusalan suurputkistoihin, on paikkausmenetelmän suurin etu sen korkea paineenkesto. Tämän vuoksi SylWrapin käytön mahdollisuudet ajoneuvojen polttoaine- ja paineilmalinjoissa ovat tutkimisen arvoisia. Näin laaja selvitys vaatisi kuitenkin testaamista ja

tarkastelua etenkin käsittelyajan ja järjestelmän todellisen tiiveyden varmistamiseksi. Tuotteen huonon kotimaan saatavuuden ja toimitusaikojen vuoksi sitä ei voida valikoida vielä ensimmäiseen testivaiheeseen.

5.3 Käyttöturvallisuus

Osassa jäähdyttimenpaikkausaineiden ohjeistuksissa kielletään käyttämästä tuotetta, mikäli järjestelmässä on sisäänrakennettu suodatin. Kiellolla viitataan siihen, että aine saattaa tukkia järjestelmän sisäisen suodattimen ja aiheuttaa pahimmillaan koko nestekierron tukkeutumisen. Sen seurauksena testivaiheeseen valikoitui laajemman käytettävyyden takaamiseksi tuotteita, joissa ei ollut kieltoa suodatinkäytölle.

Lisäksi suurimmassa osassa paikkausaineista on varoitusmerkit pakkauksen sisältävistä ärsyttävistä ainesosista. Näin ollen tuotteita kehoitetaan käyttämään vähintään suojakäsinein varustettuna. Lisäksi osassa valmisteista on ilmoitettu, että sisällöstä 5 % koostuu ainesosista, joiden myrkyllistä vaikutusta ei tunneta. Tämä indikoi myös sitä, ettei aina valmistajallakaan ole täyttä selvyyttä tuotteiden vaikutuksista ympäristölle ja eliöille. (Bars' Leaks 2023)

6 TUTKIMUSTULOKSET

Luvussa käsitellään työssä saatuja tuloksia niin yhteydenottojen kuin käytännön kokeiden osalta. Laajalla tuotetiedustelulla kartoitettiin saatavilla oleva ajankohdainen tieto eri paikkausmenetelmistä. Käytännön koeosuudella tuotettiin itse tuloksia, ja verrattiin niitä tilaajan tarpeisiin.

6.1 Toimitustahojen reagointi

Eräs tapa lähestyä paikkausaineiden käytettävyyttä on toimitusketjun onnistuminen sitä tiedustelevalle tai tilaavalle yritykselle. Tässä työssä otettiin yhteyttä lukuisiin Suomen ja kansainvälisen tason toimijaan. Yhteydenotot aloitettiin logistisesti helpoimmasta päästä. Esimerkkinä yhtiöistä Würthillä ja Nesteellä on valmis toimittajaketju Millogin kanssa. Näiden lisäksi tuotetiedustelua suoritettiin suuriin paikka-aineita valmistaviin yrityksiin kuten Bars' Leaks sekä Liqui Moly:n. Yhteydenottolistalla oli niin kemikaalivalmistajia kuin kansainvälisiä kattojärjestöjäkin. Seuraavassa taulukossa 6 on esitetty eri yritystyyppien reagointia kysyttäessä testaustuloksista sekä soveltuvuuden todentamisessa käytännön paikkaustilanteissa. Ilmoitetut tahot on esitetty yhteydenottojärjestyksessä.

TAULUKKO 6. Yhteydenottojen reagointi tulosten tiedusteluun. (Bedding ym. 2023)

Taho (valtio)	Tyyppi	Vastausaika	Vastaus	Lopputulema
Würth (FIN)	Jälleenmyyjä	-	-	-
Neste Oy (FIN)	Jälleenmyyjä	4 h	Ei valmista kategorian tuotteita	Valmista toimitusketjua ei pystytty hyödyntämään
Jasperi Oy (FIN)	Jälleenmyyjä	1 pvä	Kenttätietoa on toimivuudesta Ei testituloksia Yhteyshenkilö Britanniaan	Kiinnostuneita itsekin testituloksista
SFS Ry (FIN)	Standardisoimisliitto	1 pvä	Suomen tietokannoissa ei aiheesta mainintaa	Yhteys amerikkalaiseen kattojärjestöön
Sylmasta Ltd (UK)	Valmistaja	1 h	Testejä ainoastaan vesisovelluksissa Pääasiassa teollisuus- ja putkistokäyttöön	Ei tieteellistä näyttöä ajoneuvokäyttöä ajatellen
Tec4/ Waido (FIN)	Jälleenmyyjä	-	-	-
Prestone Gear (UK)	Valmistaja	-	-	-
Holts Auto (UK)	Valmistaja	2 h	Tulokset eivät julkisia	-
ATP Automotive (US)	Valmistaja	-	-	-
Kent Europe (UK)	Valmistaja	-	-	-
Liqui Moly (DE)	Valmistaja	3 pvä	Tarkkailevat soveltuvuutta aktiivisen lisäaineen ja OEM öljyn kanssa Eivät itse tee muita testejä	-
Bars' Leaks (US)	Valmistaja	-	-	Yhteydenotto ainoastaan nettilomakkeella, ei vastausta
K-Seal (US)	Valmistaja	-	-	Yhteydenotto ainoastaan nettilomakkeella, ei vastausta
CTS Test Systems (US)	Testikeskus	-	-	-
SAE International (US)	Opiskelijajärjestö	-	-	-
ASTM International (U)	Standardisoimisjärjestö	3 pvä	Yhteyshenkilö tekniseen komiteaan	Vastaus voi kestää pitkään
API (US)	Kauppayhdistys	6 h	Täytettävä kyselylomake yhteydenottamiseen	Kaikki saatava tieto asiantuntijoiden henkilökohtaisia mielipiteitä Vastauksessa voi kestää 1 vuosi

Taulukon 6 mukaisesti yleisempää on ollut, ettei tiedustellulta taholta vastattu tai ollut tarjota tähän työhön soveltuvia tuloksia. Pääasiassa vastanneet yhtiöt olivat

volyymiltaan suurempia, ja heiltä löytyi jokin osasto tai henkilö vastaamaan testausasioista. Taulukkoa tarkastellessa on huomioitava, ettei etenkin pienemmillä jälleenmyyjillä välttämättä ole näin laajaa tuotetukea. Lisäksi valmistajien oman testaamisen mittakaavaa kuvaa kemikaalijätti Liqui Moly:n suora vastaus siitä, ettei heillä ole suurempaa testaustoimintaa. (Bedding ym. 2023)

6.2 Testituotteiden valikointi

Kokeellisesti tutkittavat tuotteet valikoituivat saatavuuden ja ominaisuuksien mukaan. Kaikki valikoidut tuotteet olivat lähtökohtaisesti tarkoitettu ammattikäyttöön. Käytännön testivaiheeseen ei tarkoituksella valittu luvussa 4.1 esiteltynä ASTM:n testipenkissä tutkittuja tuotteita niiden kansallisesti huonon saatavuuden vuoksi. Lisäksi ideaalisessa testipenkissä alle yhden millimetriluokan paikkaavat tuotteet eivät todennäköisesti toimi käytetyssä ajoneuvomoottorissa yhtä tehokkaasti.

Pakkaukset pyrittiin tarkastamaan käyttöohjeiden ja sisällön mukaan siten, että niitä on helppoa ja turvallista käyttää. Osassa tuotteista saatiin tietoon yksityiskohtaiset ohjeet ja rajoitukset vasta pakkauksen mukana. Nämä tiedot eivät välttämättä ilmenneet verkossa olevista myyntiesitteistä ja teknisistä asiakirjoista. Näin ollen yksi jo valikoitu tuote (Holts Wonderweld) jouduttiin jättämään pois testivaiheesta (liite 8). Kyseinen vaihtoehto on merkitty punaisella taustalla seuraavaan testivaihtoehtoja kuvaavaan Taulukkoon 7.

TAULUKKO 7. Valikoituneet paikkaustuotteet

Tuote	Käyttökohde	Olomuoto	Täyttömäärä (Testiajoneuvo 8,2 l öljy/ 13 l jäähd.)
Red Line Seal Saver 177 ml (O1)	Öljyjärjestelmät	Neste	1-3% öljytilavuudesta (koko pullo)
Motul Engine Oil Stop Leak 300 ml (O2)	Öljyjärjestelmät	Neste	6 % öljytilavuudesta (460 ml)
Holts Wonderweld moottorin paikkausaine 500 ml	Jäähdytinjärjestelmä	Neste	3-6 % tilavuudesta (koko pakkaus)
Bar's Jäähdyttimen paikkausaine nestemäinen 150 g (J1)	Jäähdytinjärjestelmä	Neste	Koko pakkaus
Motul Radiator Stop Leak 300 ml (J2)	Jäähdytinjärjestelmä	Neste	Koko pakkaus
Würth Silikonikorjausteippi 3 m x 25 mm (T1)	Letkut, putket	-	-
Scotch Vulkanoituva teippi 3 m x 25 mm (T2)	Letkut, putket	-	-

Taulukkoon 7 on koottu testattavat tuotteet, niiden käyttökohdet ja täyttömäärät testiajoneuvoihin. Pääosin tuotteet hankittiin paikallisista tavarataloista. Jokainen vaihtoehto sisälsi suomenkieliset käyttöohjeet. Tuotteita merkitään käytännön tutkimuksissa kirjainlyhentein järjestelmää ja vaihtoehtoa kuvaten (esimerkiksi J1, O1, T1) taulukon 7 tuotesarakkeen mukaisesti. Näistä tuotteista O2 ei testattu suoraan ajoneuvoille, vaan sitä varten luotiin erillinen testipenkki.

Taulukon 7 perusteella voidaan myös todeta, että nestemäisten paikka-aineiden annostelu ei käyttöohjeiden perusteella ole erityisen tarkkaa. Esimerkiksi Red Linen valmistama tuote riittää valmistajan ilmoittamana 6–18 litraan öljyä.

6.3 Välineet ajoneuvotestauksessa

Vuotokohteet toteutettiin poraten akkuporakoneella erikokoisilla teräkselle soveltuvilla poranterillä. Lisäksi paikattava viilto tehtiin jäähdynletkuun normaalilla puukolla. Moottorien suojamuovit ja vaadittavat letkunkiristimet purettiin kuvan 16 vasemmalla puolella näkyvin käsityökaluin.



KUVA 16. Testivälineistö

Kuvassa 16 on esitelty tärkeimmät testivälineet. Vasemmalla taustalla esiintyvän hylsysarjan avulla poistettiin testien suorittamisen ja havainnoinnin kannalta välttämättömät suojapaneelit. Työkalusalkun sisältämien pihtien avulla poistettiin jousikuormitteiset letkunkiristimet, silloin kun jäähdynjärjestelmään testattavaa tuotetta ei ollut mahdollista kaataa paisuntasäiliöön. Kuvassa 16 oikealla on valuma-astia sekä imeytysmattoja. Testit suoritettiin tämän lisäksi alueella, jossa on erillinen öljyn erotteleva kaivo. Kokeita tehdessä käytettiin henkilökohtaisia suojarusteita, suojalaseja sekä kemikaalin kestäviä suojakäsineitä.

Testit suoritettiin käytöstä poistetulle kalustolle. Testeihin valikoitui kolme samankaltaista dieselkäyttöistä Land Rover Defender -maastoajoneuvoa. Ajoneuvot olivat käyntikuntoisia ja niiden ajomäärät olivat keskenään samaa luokkaa. Eräs testiajoneuvoista on esitetty seuraavassa kuvassa 17.



KUVA 17. Testiajoneuvo ilman suojapaneeleita.

Kuvasta 17 voidaan havaita, että moottoritilan ympärillä työskentely ja jäähdytinsäilytysjärjestelmään käsiksi pääseminen on helpompaa, kun muovinen etusäleikkö on poistettu jäähdytinkennon edestä.

6.4 Ajoneuvotestien toteutus

Testit toteutettiin ajoneuvoihin siten, että jokaisessa ajoneuvossa tutkittiin korkeintaan yhtä nestemäistä tuotetta järjestelmää kohden. Näin ollen ei päässyt syntymään tilannetta, jossa järjestelmään on sekoittunut kahta eri vuodonpaikkausainetta. Tämä oli erikseen kielletty useissa eri valmistajien käyttötiedotteissa (Liite 2). Taulukossa 8 on esitetty testausjärjestelyt ajoneuvojen ja tuotteiden suhteen.

TAULUKKO 8. Testituotteet ja käyttökohteet.

Ajoneuvo	Jäähdyttävä	Öljytila	Ylävesiletku
A	Bars' Liquid (J1)	-	-
B	-	Red Line Seal Saver (O1)	Würth teippi (T1) Scotch teippi (T1)
C	Motul Radiator (J2)	-	-

Taulukon 8 mukaisesti ensimmäisessä ajoneuvossa A tarkkailtiin ainoastaan Bars' Liquidin valmistetta ja vaikutusta. Ajoneuvon B käytettiin moottorin öljytilaan Red Linen öljytiivisteiden ehostukseen käytettävää nestettä. Lisäksi saman ajoneuvon B jäähdytinjärjestelmän ylävesiletkuihin käytettiin molempia testattavia teippejä. Toista jäähdyttimenpaikka-ainetta (J2) käytettiin ajoneuvon C. Taulukkoon ei ole koottu tuotteen (O2) tietoja, sillä aineen testausmenetelmä erosi muista tuotteista. Tuotteiden käyttöohjeet ovat esitetty tämän työn liitteissä.

6.5 Jäähdyttimen paikka-aineet

Jäähdytinjärjestelmään kaadettavien aineiden tutkiminen noudatti samankaltaista kaavaa molempien tuotevaihtoehtojen kohdalla. Menetelmällä taattiin kahden käytettävyydeltään hieman erilaisen tuotteen vertailukelpoisuus. Kokeellisten tutkimusten eteneminen on esitetty seuraavassa kuvassa 18.



KUVA 18. Jäähdyttimen paikkausaineiden testitapahtumien kulku (muokattu)

Testaaminen aloitettiin tekemällä ajoneuvojen jäähdytinkenttien poikittaisrivoin vuotoreiät 1 mm poranterällä kuvan 18A. mukaisesti. Molemmista koeajoneuvoista alkoi hitaasti vuotamaan punaista jäähdytinnestettä kuvan 18B osoittamalla tavalla. Tämän jälkeen kumpikin tuote lisättiin järjestelmään kuvien 18C ja 18E mukaisesti. Olomuodoltaan kiinteämmäksi havaittu tuote J1 tuote kaadettiin liitteen (1) mukaisesti suoraan järjestelmään jäähdytinletkun kautta kuvan 18C. esittämällä tavalla. Vertailtu J2 -tuote (Kuva 18E) voitiin lisätä paisuntasäiliön kautta.

Seuraavaksi koeajoneuvojen moottorit käynnistettiin ja niiden annettiin käydä tyhjää läpi testivaiheen. Tyhjäkäynnillä (750 RPM) molempien koeajoneuvojen jäähdyttimen päästivät nestettä hitaasti ulos järjestelmästä valuma-astiaan. Moottorin kierroksia nostettiin simuloimaan suurempaa kuormitusta. Korotetulla kierrosnopeudella (2000 RPM) nestettä virtasi huomattavan vuolaasti ulos kennosta. Kuvassa 18D on tuotteen J1 muodostama vuotovirtaus kuormituksen alaisena. Kuva 18F vastaa samaa tilannetta tuotteen J2 koetilanteessa. Vuotojen havaittiin olevan merkittäviä välittömästi kierrosten noustessa tyhjäkäyntialueelta korkeammiksi.

Koeajoneuvojen moottoreita pidettiin käynnissä käyttöohjeiden suositeltu ajanjakso 10–15 minuuttia. Ajan kuluttua todettiin, ettei vaikutus ollut vielä alkanut. Moottoreita käytettiin tämän jälkeen yhteensä yli 2 tuntia vaihtelevilla kuormituksilla.

6.6 Teipit

Kokeisiin valikoituneita teippejä käytettiin koeajoneuvon jäähdytinlinjojen paikkaamiseen. Teippejä lisättiin vierekkäisiin ylävesiletkuihin, jotta vuotoilmiot ja niiden muutokset voitiin havaita samanaikaisesti. Kummallekin teipille toteutettiin erilaiset vuotopisteet. Näin ollen selvitettiin tuotteiden kyvykkyyttä eri suurusluokan vuotokohteissa. Seuraavaan kuvaan 19 on koottu teipeille suoritettujen kokeiden eteneminen.



KUVA 19. Teippien koejärjestelyt

Kuten kuvasta 19 voidaan havaita, että teipeille suoritettujen kokeiden kohteena oli kaksihaarainen ylävesiletkun yhde. Ensimmäinen vuotopiste tehtiin poraamalla toiseen haaraan halkaisijaltaan 7,5 mm toispuolinen reikä kohtisuoraan yläpuolelta (KUVA 19A). Yläpuolisella reiällä havainnollistettiin ideaalitulannetta, jossa vuotokohde on mahdollisimman korkealla nestejärjestelmässä. Reiän ympärille käärittiin ensimmäistä testituotetta (T1) kuten kuva 19C osoittaa. Koska tuotteissa ei ole luvussa 5.2 todetun lainauksen mukaan erillistä liimapintaa, teippien päät sidottiin letkujen ympärille normaalilla sähköteipillä.

Teipille (T2) puhkaistiin 1 cm pituinen viilto kumisen letkun seinämän lävitse. Vuotopiste tehtiin pienemmän halkaisijan letkuhaaraan (Kuva 19B). Viillon ympärille käärittiin teippiä T2 pidemmälle matkalle kuin mitä viereiselle reiälle tukevuuden takaamiseksi. (Kuva 19D)

Kuvissa 19C sekä 19D ajoneuvon moottori on käynnissä, mutta se ei ole saavuttanut noin 80–90°C käyttölämpötilaansa. Molemmat tuotteet T1 sekä T2 saavuttavat 5 minuutin ajassa hetkellisen tiiveyden, ja letkut ovat kuivia. Moottorin käydessä tunnin ajan saavutettiin ajoneuvon käyttölämpötila. Lämpötilan noustessa myös jäähdytysjärjestelmän sisäisen paineen havaittiin nousevan ja kumpikin teippi päästi nestettä ulos. Kuva 19E osoittaa tuotteen T1 tiiveyden pettämistä ja kuva 19F vastaavasti T2 -tuotteen vuotoilmiötä.

6.7 Öljypaikka-aineet

Koeajoneuvojen moottorien voitelujärjestelmissä vallitsevan paineen ja kuumuuden vuoksi kokeita suoritettiin vain vähäisen öljytilavuuden venttiilikotelolle. Venttiilikotelossa tarkasteltiin erityisesti tiivistepintojen käyttäytymistä tuotteen O1 vaikutuksen alaisena. Näin pyrittiin havainnoimaan mahdollinen paikka-aineen tiivisteitä turvottava vaikutus. Kokeessa ajoneuvon öljytikusta tarkastettu öljyntaso oli normaali ja moottorissa oli ajoneuvovalmistajan luokitusten mukaista öljyläätua.

Ajoneuvon B venttiilikoneiston tasotiivisteeseen tehtiin koetilanteessa 2,5 mm reikä. Poranterä lävisti ja halkaisi kumisen tiivisteiden reunan. Terä saavutti näin ollen venttiilikoneiston loisketilän moottorin takaosassa. Vuotokohde on esitelty seuraavasti kuvan 20 mukaan.



KUVA 20. Venttiilikoneistoon tehty vuotopiste.

Havainnollistava kuva 20 osoittaa vuotopisteen sijainnin venttiilikoneistossa. Reiän poraamisen jälkeen moottorin öljytilaan lisättiin vaadittu määrä (177 ml) tuoteta O1 ja moottori käynnistettiin. Käynnissä olevaa moottoria kuormitettiin jaksoittain. Syntyneet vuodot olivat minimaalisia, sillä loisketilan takaosaan ei kulkeutunut staattisessa käytössä vaadittua öljytilavuutta.

Vertailussa olevaa tuotetta O2 varten rakennettiin kokeellinen testipenkki. Tavoitteena oli pienentää koejärjestelyjen mittakaavaa ja tuottaa tilaajan kannalta tärkeää konkreettista tietoa paikkausmenetelmistä. Testipenkin toteutus on esitetty seuraavassa kuvassa 21 (Liite 7).



KUVA 21. Testipenkin toteutus öljynpaikka-aineelle (muokattu)

Kuvassa 21 on esitelty testilaitteiston käytön eri vaiheet. Ensimmäinen kuva 21A osoittaa käytetyt työvälineet. Öljynkestävään sylinterin muotoiseen näyteastiaan painettiin kaasusytyttimellä kuumennettujen neulojen avulla vuotopisteitä. Neulojen halkaisijat mitattiin digitaalisella työntömitalla. Testattava aine O₂ mitattiin lääkeruiskulla (20 ml) ja sekoitettava moottoriöljy 250 ml vetoisella mittakannulla. Lopulliseen seokseen lisättiin myös 33,0 x 3,0 mm kokoluokan NBR- kumista valmistettu rengastiiviste. Näyteastia koottiin korokejalan päälle erilliseen valuma-astiaan.

Vuotopisteet toteutettiin eri puolille näyteastian ulkovaippaa. Koeneulojen halkaisijat olivat 0,61; 0,72 sekä 1,20 millimetriä. Ne ovat ympyröity oranssilla korostusvärillä kuvissa 21C ja 21D. Pienimmän halkaisijan reikä oli astian alimpana ja suurin ylimpänä. Menetelmällä pyrittiin erottelemaan eri vuotokohteiden selkeys.

Mittakannuun täytettiin 200 ml tunnetun valmistajan puhdasta täyssynteettistä moottoriöljyä (5W-40). Öljyyn sekoitettiin yltäkyläinen 1:10 seos tuotetta O2 (20 ml). Seos kaadettiin näyteastiaan ja öljykylpyyn lisättiin rengastiiviste turpoamisilmiön tarkastelua varten.

6.8 Käytännön kokeiden työturvallisuus

Työturvallisuutta tarkastellessa on huomioitava jo testien suunnitteluvaiheessa kemikaaliturvallisuus. Mittauksissa mukana olleet henkilöt olivat perehtyneet suomenkielisiin vaaratiedotteisiin ja turvallisuusohjeisiin. Ohjeiden mukainen käyttö oli edellytys kokeiden suorittamiselle. Testausta edeltävänä ajanjaksona laadittiin erillinen testaussuunnitelma, jossa käytiin läpi riskitekijät. Suunnitelma toimi myös pohjana välitarkastelua varten tuotetulle testiyhteenvedolle.

Ohjeissa ilmoitetut suojarusteet ja niiden luokitukset huomioitiin ennen kokeiden aloitusta. Kun vaadittava suojarustetaso oli tiedossa, hankittiin varusteet käyttöön hyvissä ajoin ennen koevaihetta. Näin turvattiin henkilökohtaisten suojausten, kuten suojalasiensopivuus ja käyttömukavuus etukäteen. Esimerkiksi väärän kokoiset käsineet voisivat aiheuttaa riskin nestemäisten paikka-aineiden käsittelyssä ja sitä kautta nesteen joutumista iholle. Kaikissa testeissä käytettiin vähintään suojalaseja, turvajalkineita sekä ihoa suojaavia vaatteita. Turvajalkineita käytettiin niin sisä- kuin ulkokäytössä liukastumisen tai putoavien esineiden, kuten työkalujen aiheuttaman vaaran minimoimiseksi. Suojalasiens merkitys korostui nesteitä vuotavan moottorin käydessä. Mahdollisten tuulettajan propellin heittämät nestepisarot olisivat voineet aiheuttaa haittaa paljaalle silmälle.

Koeympäristöinä toimi testipenkin osalta lämmitetty sisätila, jossa oli tehostettu tuuletus kokeiden suorittamisen ajan. Koneellisella tuuletuksella varmistettiin sisäilman vaihtuminen öljylle ja lisäaineille tehdyissä testeissä. Testattavista tuotteista pysyttiin koetilanteissa etäällä mahdollisten niiden muodostamien höyryjen altistumisen välttämiseksi. Testipenkin välittömässä läheisyydessä oli vesipiste silmien huuhtelua varten sekä puhdistusmateriaalia mahdollisen ei-toivotun kemikaalivuodon sattuessa.

Ajoneuvoille suoritettujen kokeiden osalta oli tärkeää tiedostaa, että toimittiin lämpenevien ja pyörivien koneiden läheisyydessä. Etenkin kun moottoreista oli pu-
rettu työn suorittamisen kannalta välttämättömät suojapaneelit, riski tapaturmalle
oli ilmeinen. Turvallisen työskentelyn takaamiseksi työvaiheet suoritettiin ajoneu-
von moottoritilan suojatuilta sivuilta. Erityistä varovaisuutta noudatettiin tuotteiden
lisäysvaiheessa, jossa mahdollisuus vaatekappaleiden takertumiselle tai kuu-
mentumiselle oli olemassa.

Kokeet suoritettiin ajoneuvoille aidoin suljetulla alueella. Rauhallinen ja suljettu
ympäristö takasi työrauhan eikä alueelle ollut kulkua ulkopuolisilta. Kokeissa oli
mukana valvova osapuoli työn tilanneen yrityksen toimesta. Testikenttä oli as-
valttia, jolle asetettiin vaadittavat imeytysmatot ja valuma-astiat ennen kokeiden
aloittamista. Näin vältettiin haitallisten aineiden kulkeutuminen ympäristöön,
vaikka testikentän valumavedet oli johdettu erotteleviin sadekaivoihin. Kokeiden
pääteeksi ajoneuvoista poistettiin vuodoille alttiit nesteet, ja ne toimitettiin asian-
mukaiseen jätenesteiden keräykseen.

Kokeiden suorittamisen turvallisuudella oli suuri painoarvo myös lopputulosten
kannalta. Jos jonkin aineen tai työvaiheen olisi todettu aiheuttavan välitöntä vaa-
raa käyttäjälleen, testit olisi keskeytetty ja tuote hylätty välittömästi. Turvallisesti
suoritetut testit pohjustivat niiden jatkomahdollisuuksia muihin koesovelluksiin.

7 TULOSTEN KÄSITTELY

Tässä lukuun on koottu käytännön kokeissa saadut tulokset. Lisäksi luvussa käsitellään tulosten oikeellisuutta ja virheen aiheuttajia. Lopussa analysoidaan tuloksia kokeissa käsiteltyjen tuotteiden käytettävyyden kannalta.

7.1 Suoritettujen kokeiden tulokset

Luvussa 5.3 kuvaillusti käytännön osuudessa tutkittiin paikkausmenetelmien todellisia ominaisuuksia, kuluva vaikutusaikaa sekä todettua lopputulemaa. Tuloksissa huomioitiin myös koeympäristön lämpötila. Alla oleviin taulukkoihin on koottu kaikki mittaustulokset.

TAULUKKO 9. Ajoneuvokokeiden tulokset.

Tuote	J1	J2	T1	T2	O1
Kohde	Jäähdytinkenno	Jäähdytinkenno	Vesiletku	Vesiletku	Muototiiviste
Vuotokohteen koko	Ø 1 mm	Ø 1 mm	Ø 7,5 mm	Viilto, L= 10 mm	Ø 2,5 mm
Viileä moottori (@750 RPM)	Pienimuotoinen vuoto	Pienimuotoinen vuoto	Vuoto paikattu	Vuoto paikattu	Ei vuotoa
Viileä moottori (@2000 RPM)	Pienimuotoinen vuoto	Pienimuotoinen vuoto	Ei vuotoa	Ei vuotoa	Ei vuotoa
Lämmin moottori (@750 RPM)	Pienimuotoinen vuoto	Pienimuotoinen vuoto	Tiputtava vuoto	Valuttava vuoto	Ei vuotoa
Lämmin moottori (@2000 RPM)	Suihkuava vuoto	Suihkuava vuoto	Selkeä vuoto	Selkeä vuoto	Minimaalinen vuoto
Ulkolämpötila	+4–13 °C				
Vaikutusaika	2h 42 min		2h 10 min		26 min
Tulos	Ei paikkausta		Hetkellinen paikkaus	Hetkellinen paikkaus	Ei vertailukelpoinen
Jatkotestit	-		Toteutetaan	-	-

Taulukkoa 9 tulkittaessa voidaan huomata, että ajoneuvoille suoritetuissa kokeissa ainoastaan teipit kykenivät hetkelliseen paikkaukseen. Huomionarvoista on todeta, että liitteessä (3) valmistajan tuotteelleen T1 ilmoittama minimikäyttölämpötila +15°C ei toteutunut koejärjestelyissä, mutta tuote tilkitsi vuodon kylmään moottoriin kokonaisvaltaisesti. Vertailussa hieman eri vuotokohteeseen

käytetty T2 vastasi paikkaavuudeltaan lähes T1 tasoa. Vuotopisteiden ja vesilet-
kujen halkaisijoiden ollessa tarkoituksella erikokoiset ei suoraan voida todeta T1
paremmuutta. Tuotteelle T1 ilmoitetaan kuitenkin laajempi kemikaalienkestä-
vyys, joten se valikoituu tilaajalle esitettäviin jatkotesteihin (Würth 2023).

Tulevia koevaiheita tarkastellessa taulukossa 10 voidaan todeta, että testatuille
öljy- ja jäähdynpaikka-ainevaihtoehdoille ei suoriteta jatkotestausta. Näiden si-
jaan jatketaan muilla vastaavilla tuotteilla, jotta suuresta tuotevalikoimasta saa-
daan tilaajalle mahdollisimman laaja otanta.

TAULUKKO 10. Testipenkin tulokset.

Tuote	O2			
Kohde	Ø 0,61 mm reikä	Ø 0,72 mm reikä	Ø 1,20 mm reikä	O-rengas NBR (ilm. 33,0 x 3,0 mm)
Ennen	Pieni vuoto	Pieni vuoto	Ilmeinen vuoto	32,93 x 3,03 ±0,01
Jälkeen	Ei vuotoa	Ei vuotoa	Ilmeinen vuoto	33,10 x 3,06 ±0,01
Vaikutus- aika	6h 38 min	6h 38 min	6 h 38 min	59 h 26 min
Lämpötila	+19,4 °C			
Tulos	Paikattu kokonaan vaikutusai- kana		Ei paikkausta	Ei mainittavaa tur- poamista

Kokonaisuudessaan lähes 60 tuntisesta kestotestistä saatiin tuotteelle O2 taulu-
kossa 10 esitellyt suoritusarvot. Painopiste testeissä oli kahden ilmiön todenta-
misella. Nämä olivat paineettomassa nestetilassa olevien vuotoreikien paikkaus-
kyky sekä tiivisteiden turvotuskyky. Tuote paikkasi lähes seitsemän tunnin vaiku-
tusaikanaan 0,72 ja 0,61 millimetriset reiät täysin, eikä suuremmasta reiästä va-
luneen nesteen uudelleenkierrätys näyteastiaan vaikuttanut paikkauksen pitä-
vyyteen. Toisaalta on tärkeää havaita, että valikoituneen rengastiivisteiden ulkomi-
tat kasvoivat lähes 2,5 vuorokauden aikana vain minimaalisen määrän.

Koska kokeellisesta testipenkistä ei saatu yhden tiivistemateriaalin turpoamiselle
näyttöä, siirrytään työn pohjalta aikanaan suurempien dimensioiden ja erilaisten
materiaalien testaukseen. Näin ollen saadaan monipuolisempaa tietoa myös eri
materiaalien reagoinnista.

7.2 Virheen arviointi

Kokeellisissa tutkimuksissa esiintyi jonkin verran virhetekijöitä, jotka on hyvä ottaa huomioon. Havaitut virheet ja suurusluokat on esitetty seuraavan taulukon 11 mukaisesti.

Taulukko 11. Virhearvio työvälineille

Kohde	Käytetty mitta	Yksikkö	Virhe
Työntömitta	0,00–1,20	mm	±0,02
Lääkeruisku	20	ml	±0,5
Mittakannu	200	ml	±10
Poranterät	1–7,5	mm	±0,1

Kuten taulukossa 11 on ilmoitettu, työvälineille ilmoitetut virherajat vaihtelevat laajalti. Mittauksissa pyrittiin olemaan tarkkoja ja minimoimaan täten inhimillinen virhe. Inhimillistä virheenkin huomioon ottaen on todettava, että paikkausaineille tehdyt kokeet onnistuivat hyvin. Tuloksena niiden satunnainen sekä heikko toimivuus on tärkeä tieto tilaajan näkökulmasta. Vaikka nestemäisiä paikka-aineita varten tehdyt maksimivuodot pyöristäisivät 1 millimetriin, ovat ne kaukana todellisesta, yli kymmenkertaisesta ammuksen tai sirpaleen osumasta.

7.3 Tulosten yhteenveto

Tulokset kerättiin lopulliseen taulukkoon 12 ja arvioitiin havaittujen ominaisuuksien perusteella. Arviointi toteutettiin asteikolla 0–5 kokeellisesti havaitun perusteella.

Taulukko 12. Kokeellisten tulosten yhteenveto.

Kriteeri (0–5)	J1	J2	T1	T2	O1	O2
Paikkausvaikutus	0	0	3	3	0	2
Helppokäyttöisyys	1	4	3	3	4	4
Kenttäkelpoisuus	0	0	4	3	-	1
Saatavuus	4	4	5	4	4	4
Loppuarvosana	1,25 (H)	2 (H)	3,75	3,25	2,67 (H)	2,75

Taulukkoon 12 on kerätty arviot kunkin menetelmän pätevyydestä kentällä havaitun perusteella. Punaisella on merkitty ne tuotteet, joiden paikkavaikutusta ei ole havaittu. Nämä tuotteet saivat myös huonoimmat arvosanat, ja merkinnän hylätty (H). Tarkastellessa kokonaiskuvaa nousee esiin lähes yksinomaan teippien käytettävyys. Näistä T1 saa parhaan arvion, ja sille voidaan ehdottaa jatkotoimenpiteitä kokeiden puolesta.

8 POHDINTA

Olemassa olevan tieteellisen tiedon vähäisyys yllätti koko prosessin aikana. Osittain se selittyi sillä, että valmistajilla ei ole välttämättä tarvetta todistaa tilapäiskäyttöön suunnatun tuotteen suorituskykyä ostajakunnalle. Lähes kaikki paikkaustuotteet ovat suunnattu siviilimarkkinoille ja kevyelle henkilöautokalustolle. Tyypillinen ostopäätös saatetaan siis tehdä melko nopeasti yllättävän vuodon sattuessa.

Lähteinä työssä käytettiin pääsääntöisesti Tampereen korkeakoulujen Andor-palvelun, SAE Mobiluksen ja muiden tietokantojen luotettavia tieteellisiä julkaisuja. Kartoitusta varten käytiin yliopiston yhteisten kirjastojen tarjoama tiedonhaku-kurssi koko opinnäytetyöprosessin alkuvaiheessa. Vaikka osa aineistoista oli vanhempaa, oli ne sähköiseksi muuttamisen yhteydessä usein päivitetty vastaamaan ajantasaista tietoa.

Painetuista lähteistä tärkeimpiä olivat Boschin autotekniset käsikirjat sekä Suomen Puolustusvoimien ajoneuvojen vaiheita tiiviisti seuranneen Markku Mäkipirkin teokset. Lisäksi asiantuntijahaastattelut niin Millogilla kuin sähköpostitse kansainvälisten tahojen välillä mahdollistivat tämän työn toteutumisen.

Muihin ajoneuvokäytössä oleviin nesteisiin verrattuna, (öljyt ja polttoaineet) paikkausaineille ei ole ilmoitettu mitään luokituksia, vaatimuksia tai niitä valvovaa kattojärjestöä. Tällaisia ovat esimerkiksi kansainvälisestikin tunnetun API:n tekemät moottoriöljyluokitukset ja standardit. Ainoa merkintä, joka työssä tuli vastaan oli Motul -tuotteissa esiintynyt TÜV Nord -merkintä. Se takaa tuotteen laadun ja turvallisuuden, muttei tarkentanut paikkaamisen tehokkuuteen liittyviä seikkoja.

Monien tuotteiden käyttöohjeiden perusteella voi jo tehdä päätelmän, ettei ohjeiden mukainen käyttö ole ajallisesti erityisen nopea toimenpide.

Testeistä saadut tulokset todistavat, ettei menetelmistä ole hyötyä realististen vuotojen paikkauksessa.

Jos testitapahtumassa optimoiduin seossuhtein käytetyt aineet eivät kyenneet pyöreään yksipuolisen reiän tai siistin viillon paikkaamiseen, ei niillä ole edellytyksiä todellisten halkaisijaltaan kymmenkertaisten epäsymmetristen läpäreikien paikkaamiseen. Tilaajan tarpeisiin nähden mikään menetelmä ei täysin yltänyt luotettavuuden, tehokkuuden tai käytettävyyden osa-alueilta vaatimusten tasolle.

Tutkimusta aiheesta on suoritettava lisää laajemman kokonaiskuvan hahmottamiseksi. Esimerkiksi aktiivinen yhteys tekniseen testikeskukseen parantaisi testien luotettavuutta ja tieteellistä arvoa. Taustatyötä aineiden kemiallisesta perustasta voisi laajentaa aina tuotenäytteiden laboratoriotutkimuksiin asti.

LÄHTEET

Asiakastieto Oy. 2021. Yritykset. Yleiskuva. Millog Oy. Verkkojulkaisu. Viitattu 4.4.2023. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/millog-oy/20518595/yleiskuva>

ASTM. D3147-21. 2021. Standard Test Method for Testing Stop-Leak Additives for Engine Coolants. Standardi. Verkkojulkaisu. Julkaistu 15.12.1994. Päivitetty 8.4.2021. Viitattu 14.2.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://com-pass.astm.org/document/?contentCode=ASTM%7CD3147-21%7Cen-US>

Bedding S., Carruthers P., Mayer M. ym. Tekniset asiantuntijat. 2023. Paikkausaineiden tutkimustulokset. Sähköpostitiedustelu. 14.2.2023.

Beierer, P. 2007. Experimental and numerical analysis of the hydraulic circuit of a high pressure common rail diesel fuel injection system. Automaatio-, kone- ja materiaalitekniikan tiedekunta. Tampereen teknillinen yliopisto. Väitöskirja. Julkaistu 21.12.2007. Viitattu 16.2. 2023. <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/114046>

Bowen, R. 2005. How To Rebuild and Modify Your Manual Transmission. E-kirja. Saint Paul: MotorBooks International. Julkaistu 10.11.2005. Viitattu 6.3.2023. https://www.google.fi/books/edition/How_To_Rebuild_and_Modify_Your_Manual_Tr/TsBde1ereuAC?hl=fi&gbpv=1&dq=how+to+rebuild+and+modify+your+manual+transmission&pg=PA90&printsec=frontcover

GlobalSpec. 2023. Plastics, Elastomers and Polymers. Polymers and Plastic Resins Information. Verkkojulkaisu. Viitattu 23.3.2023. [Polymers and Plastic Resins Selection Guide: Types, Features, Applications | GlobalSpec](#)

Haapaniemi, H. 2003. Autoteknillinen taskukirja. Bosch. 6. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy.

Hodges, P. 1996. Hydraulic Fluids. E-kirja. Burlington: Elsevier Science. Viitattu 14.3.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://doi.org/10.1016/B978-034067652-3/50001-4>

Holt Lloyd International Ltd. 2019. Automotive engine cooling system stop-leak formulation. European Patent Office. Patentihakemus. Verkkojulkaisu. Julkaistu

03.04.2019. Viitattu 29.3.2023. <https://data.epo.org/publication-server/document?iDocId=5889787&iFormat=0>

Hooper, K. Käyttöoikeuksien asiantuntija. 2023. ASTM D3147-21 Standard Test Method for Testing Stop-Leak Additives for Engine Coolants. Kuvankäyttö-oikeuksien tiedustelu. Sähköpostiviesti 12.4.2023.

Kahma, T. 2018. Voitelujärjestelmän tavoitteet: voitelu, eli kitkan vähentäminen. Karelia Ammattikorkeakoulu. Verkkojulkaisu. Viitattu 10.2.2023. <https://slideplayer.fi/slide/12570961/>

Kiencke, U. & Nielsen, L. 2005. Automotive Control Systems

For Engine, Driveline, and Vehicle. E-kirja. 2. painos. Heidelberg: Springer Berlin. Viitattu 27.3.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://doi.org.libproxy.tuni.fi/10.1007/b137654>

K-Seal. 2019. Case Studies. Artikkelikokoelma käyttäjien kokemuksista. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.2.2023. <https://www.kseal.com/case-studies>

Lilja, T. Järjestelmäasiantuntija. 2023. Henkilöhaastattelu 7.3.2023. Haastatellut Salonen, O. Tampere.

Mahle GmbH. 2016. Pistons and engine testing. E-kirja. 2. painos. KG: Stuttgart. Julkaistu 8.3.2016. Viitattu 25.1.2023. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-09941-1>

Manuals Plus. 2021. Bars' Leaks Liquid. Product Technical Information. PDF. Viitattu 17.4.2023. [BARS Leaks Liquid Radiator Sealant Instructions \(manuals.plus\)](#)

McCarthy, S. 2022. Case Study: Boat Owner Repairs Pinhole Leak in Rubber Hose Connected to Engine. Sylmasta Co. Verkkojulkaisu. Julkaistu 13.10.2022. Viitattu 23.2.2023. <https://sylmasta.com/case-study-boat-engine-rubber-hose-pinhole-leak-pipe-repair/>

Metropolia AMK. 2009. Koneautomaatio. Hydraulipumput. Julkaistu 26.8.2009. Viitattu 28.3.2023

<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/9.+Hydrauliikkapumput>

Millog. 2023a. Asiantuntijahaastattelut 7.2.2023. Työnjohto ja tekninen osasto. Haastattelut Salonen, O. Tampere.

Millog. 2023b. Korjaamokäsikirjat. Viitattu 17.2.2023. Ei julkinen tiedosto.

Millog-yhtiöt. 2022. Toimipisteet. Rekryjulkaisu. Viitattu 4.4.2023. Ei julkinen tiedosto.

Motul. 2017a. Engine Oil Stop Leak. Technical Data Sheet. PDF. Viitattu 15.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. https://d23zpyj32c5wn3.cloudfront.net/images/product_descriptions/technical_data_sheets/84033/Engine_Oil_Stop_Leak_%28GB%29.pdf?1516110087

Motul. 2017b. Radiator Stop Leak. Technical Data Sheet. PDF. Viitattu 13.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. https://d23zpyj32c5wn3.cloudfront.net/images/product_descriptions/technical_data_sheets/84038/Radiator_Stop_Leak_%28GB%29.pdf?1516110473

Muoviteollisuus Ry. 2023. Muovitieto. Muovisanastoa. Verkkojulkaisu. Viitattu 29.3.2023. [Muovisanastoa | Muoviteollisuus ry \(plastics.fi\)](https://www.muoviteollisuus.fi/muovisanastoa)

Mäkipirtti, M. 2013. Suomalaiset sotilasajoneuvot. Multilift DROPS. 1. painos. Tampere: Apali Oy.

Polaris Sales Inc. 2004. Sportsman 6x6 Service Manual. Korjaamokäsikirja. 1. painos. Minnesota: Polaris Sales Inc.

Puolustusvoimat. 2023. Kalustokuvasto. Ajoneuvot. Verkkosivu. Viitattu 1.3.2023. <https://puolustusvoimat.fi/kalusto#/category/view/id/38348302?page-size=15>

Robert Bosch GmbH. 2018. Automotive Handbook 10. painos. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, The Atrium.

Sahari, J. Järjestelmäasiantuntija. 2023. Henkilöhaastattelu 21.2.2023. Haastattelut Salonen, O. Tampere.

Salonen, N. 2018. Simulations of a Cooling Water System. Kemian ja biotekniikan tutkinto-ohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Kandidaatintyö. Viitattu 25.1.2023. <https://trepo.tuni.fi//handle/123456789/25834>

Scholz, C. & Starý, P. 2013. Common Rail Injector Leak Testing. Journal of Middle European Construction and Design of Cars. 11. painos. Verkkoartikkeli. Julkaistu 13.3.2013. Viitattu 2.3.2023. <http://archive.sciendo.com/MECDC/mecdc.2013.11.issue-3/mecdc-2013-0013/mecdc-2013-0013.pdf>

Schwarze, H. & Hagemann, T. 2023. Advances in Lubricated Bearings. E-kirja. Uud. Painos. Basel:MDPI. Viitattu 18.3.2023. Vaatii käyttöoikeuden. [10.3390/books978-3-0365-6290-2](https://www.mdpi.com/10.3390/books978-3-0365-6290-2)

Sclar, D. 2011. Auto repair for dummies. E-kirja. Hoboken: John Wiley & Sons Co. Viitattu 30.1.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tampere/reader.action?docID=888150>

Sparks, T. & Chase, G. 2016. Filters and Filtration Handbook. E-kirja. 6. painos. Oxford:Elsevier. Viitattu 10.2.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://app-knovel.com.libproxy.tuni.fi/kn/resources/kpFFHE0014/toc>

Tenner, A. 2016. Chair Polymer Chemistry. Twin Polymerization. University of Technology Chemnitz. Kemian tiedekunnan verkkojulkaisu. Julkaistu 4.2.2016. Viitattu 3.4.2023. [Twin Polymerization | Spange Group | Chair Polymer Chemistry | Institute of Chemistry | Faculty of Natural Sciences | TU Chemnitz \(tu-chemnitz.de\)](https://www.tu-chemnitz.de/~chemn/ChairPolymerChemistry/)

United States Army Materiel Command. 1975. Engineering Design Handbook. Military Vehicle Power Plant Cooling. Skannattu E-kirjaksi. 1. painos. Alexandria: Army Materiel Command. Alkuperäinen paperiversio julkaistu 1.6.1975. Viitattu 25.1.2023. Vaatii käyttöoikeuden. https://app-knovel.com.libproxy.tuni.fi/kn/resources/kpEDHMOVPP2/toc?issue_id=kpEDHMOVPP2&hierarchy=toggle-content

Venetis, T. 2009. High-Mileage Motor Oils. Service Station & Garage Management. Verkkoartikkeli. Viitattu 27.3.2023. Vaatii käyttöoikeuden.


<https://www.proquest.com/docview/209925733?accountid=14242&parentSessionId=%2BFfTYI-XlwplZzmy5%2BhAQEZwVBhrMQ4x0i8HSOoD24Sw%3D&pq-origsite=primo>

Würth Oy. 2023. Dokumentit. Silikonikorjausteippi. PDF-käyttötiedote. Julkaistu 18.02.2023. Viitattu 4.4.2023. https://media.wuerth.com/stmedia/wuerth/documents/documents/LANG_fi/525085642.pdf

Zhiqiang, C., Feiyue M., Xiangbo L. Huaying L. & Shousong H. 2017. Research on influence factor about the dynamic characteristic of armored vehicle hydraulic-driven fan system. Academy of Armored Force Engineering. Konferenssijulkaisu. Julkaistu 6.1.2017. Viitattu 17.3.2023 <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.4971954>

LIITTEET

Liite 1. Bars' Leaks tekninen tiedote (Manuals Plus 2021)


PRODUCT TECHNICAL INFORMATION

Engine
Head Gaskets & Seals
Transmission
Power Steering
Cooling System

Bar's Leaks Liquid

Your vehicle's cooling system plays a critical role in its overall operation. Leaking seals and gaskets reduce the cooling systems capacity and functionality thereby causing an engine to run hotter and increase the potential to do further damage. In addition, cavitation - or the formation of cavities in the coolant when going through the water pump - cause intense micro explosions which over time will damage the impellers of the water pump affecting the flow of coolant.

Description:
Bar's Leaks Liquid is specially designed to seal minor leaks and drips in cooling system, reduce or eliminate cavitation and lubricate cooling system components. **Bar's Leaks Liquid** works on leaking plastic, aluminum and metal radiators, heater cores, blocks, head gaskets and freeze plugs. In addition, Rhizex particles will break up the low pressure cavities caused by cavitation and reduce or eliminate these internal micro-explosions.


Directions:
 Shake well and pour entire contents into radiator (not overflow tank) after engine cools. Replace radiator cap and drive or run engine at least 15 minutes. If leaks persist, use second application. Use one bottle for 4 cylinder engines and two bottles for 6 & 8 cylinder engines. For best results, use **Bar's Nural** or **Bar's 10 Minute Flush** to clean cooling system for dirty radiators.
NOTE: Mechanical attention may be necessary if leaks continue after treatment.

Benefits:

- 🔥 Seals leaks in the entire cooling system
- 🔥 Helps keep the cooling system clean
- 🔥 Reduces or eliminates cavitation damage
- 🔥 Lubricates cooling system components

Warnings:
 Always be careful when working near an engine or radiator. Be careful when removing the radiator cap.
DANGER: Opening cooling system while engine is hot or running may cause severe burns.






**Bar's Liquid Radiator
Stop Leak w/ Water Pump Lube
150 g.**

Physical Characteristics:

Physical state: Liquid
 Color: Light Brown
 Odor: Characteristic
 pH: N/A
 Vapor pressure: @20°C: Not Known
 Vapor density (air = 1): >1
 Solubility: Not Soluble
 Freezing point: Not Known
 Specific gravity: 0.85 g/mL
 Flash point: >100°C

Rhizex at Work





Check Fluid Level

Bar's Products International, Ltd.
www.barsgroup.com
CONTACT: Main@BarsGroup.com

IMPORTANT NOTE: Information contained in this document is subject to change at any time without notice as a result of continuous product research and development. Small deviations which can occur during the normal manufacturing process of the product will not affect the quality of the product. Although this text is composed with great care, Bar's Products International and Bar's Products Europe B.V. accept no liability for damages resulting from omissions and/or inaccuracies in the text. The reader is advised to choose the final product in consultation with the supplier.

Liite 2. Motul Radiator Stop Leak Tekninen esite. (Motul 2017b)



RADIATOR STOP LEAK

**Radiator sealant to stop cooling leakages
Seal additive to add to cooling systems
For all liquid cooled cooling systems**

TYPE OF USE

MOTUL RADIATOR STOP LEAK is designed to be used in all types of Gasoline and Diesel engines, naturally aspirated or turbocharged, with or without catalytic converter, using all kind of fuel.

MOTUL RADIATOR STOP LEAK effectively seals critical micro cracks and small leaks. Works quickly and easily in all liquid cooled, closed cooling systems.

MOTUL RADIATOR STOP LEAK is applicable to seal water coolers and heat exchangers, leaking water pumps, valves, loose connections and cracked coolant hoses without clogging the cooling system.

Recommended for use in passenger cars, commercial vehicles...etc. and industrial heat exchangers.

Can be used in a curative mode or in preventive mode use as well.

Compatible with all types of coolants (inorganic, hybrid, lowbrid & OAT).

Provides a perfect lubrication during sealing process of the coolant circuit.

PERFORMANCE

MOTUL RADIATOR STOP LEAK, added to engine cooling circuit, allows to:

- Seals critical micro cracks and small leaks without clogging the cooling system
- Improves the performance of valves, thermostats and water pumps
- Decreases engine temperature

RECOMMENDATIONS

Check coolant level.

Add MOTUL RADIATOR STOP LEAK to warm coolant in the cooling system.

Move all heater controls to "hot" position.

Let the engine idle for approx. 10 minutes.

Check again the coolant level and test if the sealing was successful.

Attention: Open radiator filling cap slowly and successively - system under pressure - risk of burning!

300 ml is sufficient for cooling systems of 12 L capacity.

Do not exceed the recommended proportion.

SECURITY

Refer to the MSDS sheet and the information mentioned on the product label.

We retain the right to modify the general characteristics of our products in order to offer to our customers the latest technical development

Product specifications are definitive from the order which is subject to our general conditions of sale and warranty. Made in FRANCE

MOTUL - 119 Bd Félix Faure - 93303 AUBERVILLIERS CEDEX - BP 94 - Tel: 33 1 48 11 70 00 - Fax: 33 1 48 33 28 79 - Web Site: www.motul.com

04/17

Liite 3. Würth Silikonikorjausteipin tekninen esite. (Würth 2023)

1(3)



Silikonikorjausteippi

Erittäin kestävä itsevulkanoituva silikoniteippi välittömiin korjaus- ja tiivistystöihin.

Kestää useita eri aineita.

Vesi- ja ilmatiivis sekunneissa.

Erittäin monipuolinen.

Helppo ja nopea käyttää.

Soveltuu hyvin pikakorjauksiin ja hätätapauksiin.

Toimii myös kosteilla ja öljyisillä pinnoilla ja veden alla.

Irtoaa jättämättä jälkiä.

Pysyvästi elastinen.

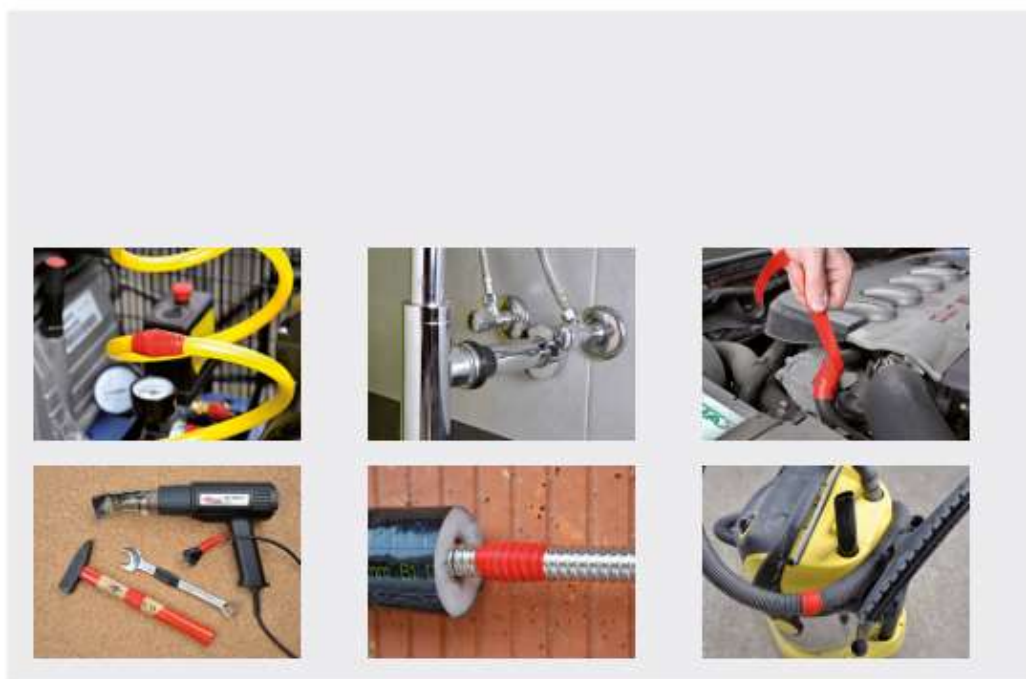
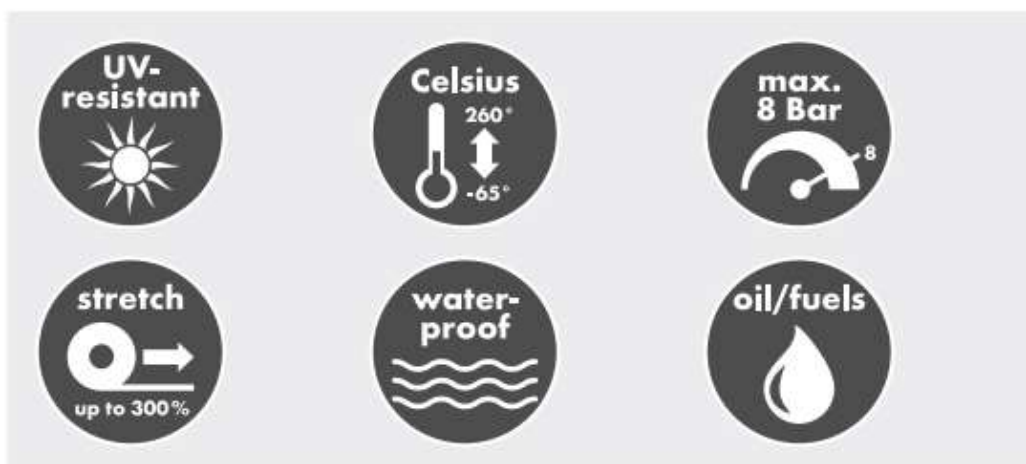


Tukimateriaali	Silikoni
Leveys	25 mm
Kokonaispituus (L1)	3 m
Kokonaispaksuus	1,5 mm
Käsitelylämpötila vähint./enint.	15 - 40 °C
Lämmönkestävyys vähint./enint.	-50 - 260 °C
UV-säteilyn kestävyys	Kyllä
Säilyvyysaika tuotannosta/edellytykset	60 Kuukautta/säilytys viileässä ja kuivassa paikassa
Tuotteen paino	87 g

Väri	Tuotenumero	Kappalemäärä
Musta	0985 077 200	1
Punainen	0985 077 201	1

Lisätiedot ja -kuvat

- Putkien ja letkujen korjaamiseen ja tiivistämiseen 8 baarin asti (Ø 1")
- Lämmitys- ja jäähdytysputkille, liitäntöille, vesiputkille jne.
- Jäähdytin-, öljy- ja puutarhaletkujen, paineilmaosien ja muiden vastaavien tiivistämiseen ja korjaamiseen
- Rakennuskoneiden ja muiden vastaavien letkujen korjaamiseen ja tiivistämiseen
- Työkalujen kahvojen suojaamiseen
- Voidaan käyttää myös veneissä, retkeilyssä jne.



C101_300A021004_Rev: 0.235_Stroke 18_07_2023

Ohjeet

Teippi sulautuu itseensä, kun sitä kierretään kohteen ympärille jännitettynä. Lisätietoja saat teknisestä selosteesta.

**Huomautus**

Teippi ei ole itseliimautuva. Vain tilapäisiin korjauksiin. Ei voida käyttää uudelleen. Paikan vaihtoa ei suositella kiinnittymisen jälkeen.

Tämä tiedote on vain kokemukseemme perustuva suositus. Sopivuus varmistettava etukäteen. Tuotetta on käytettävä sen teknisten tietojen ja sovellettavien säännösten mukaisesti.

Liite 4. Scotch Vulkanoituvan teipin käyttöohje.

Scotch

4704B
1xQ 3 m x 25 mm

104479203

Self-Bonding Tape



GE Anti-leak tape. Specially designed for temporary repairs to tubes, pipes, drains.
1. Remove the liner. 2. Position the tape on the leak. 3. Wrap the tape tightly and make sure it overlaps itself. 4. Cut the tape. ATTENTION: Welds to itself at room temperature. Avoid contact with grease or petrol.

IT Nastro per sigillare. Appositamente progettato per temporanee riparazioni di tubi, condotti.
1. Rimuovere la pellicola. 2. Posizionare il nastro sulla perdita. 3. Avvolgere il nastro saldamente e sovrapponeendolo. 4. Tagliare il nastro. ATTENZIONE: Saldare a temperatura ambiente. Evitare contatto con il grasso o la benzina.

SE Stoppa läckage tejp. Kan användas för tillfälliga reparationer av rör och slangar.
1. Ta bort skyddspapperet. 2. Passa in över läckaget. 3. Tejpa tätt med överlappande varv. 4. Skär av teipen. VIKTIGT: Teipen är självvulkaniserande i rumstemperatur. Undvik kontakt med fett eller bensin.

DENI Stopper lekkasjer/lækager. Spesielt beregnet for midlertidige reparasjoner av rør, slanger og sluk/afløb. 1. Fjern dekkpapiret. 2. Plassér tapen over lekkasjen. 3. Påfør tapen stramt og sørg for at den overlapper seg selv. 4. Kutt/klip tapen. VIKTIG: Tapen vulkaniserer til seg selv i rom/stuetemperatur. Unngå kontakt med fett eller bensin.

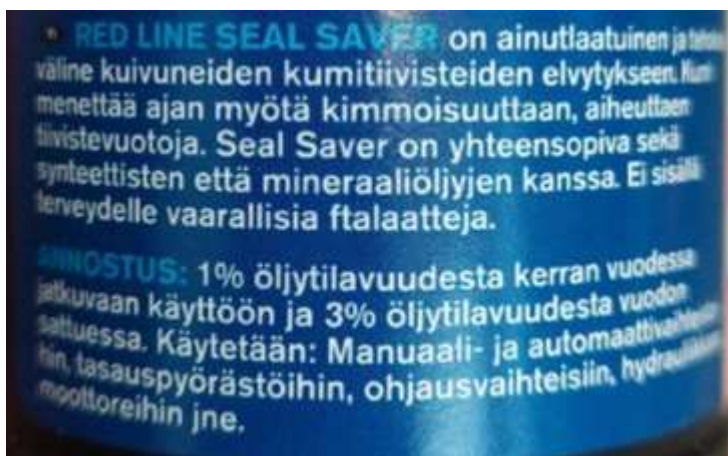
FI Tiivistysteippi. Suunniteltu erityisesti väliaikaiseen korjaukseen. Sopii esimerkiksi putkien ja viemäreiden korjaustöihin. 1. Poista teipin suojapaperi. 2. Aseta teippi vuotokohtaan. 3. Asenna teippi tiukasti limittäen. 4. Leikkaa teippi. HUOM: Kiinnittyy itseensä huoneenlämmössä. Vältä kontaktia öljyjen ja bensiinin kanssa.


3 100340 009538

Made in Italy
3M and Scotch are trademarks of 3M.
© 2018, 3M. All rights reserved
3M Deutschland GmbH
Carl-Schurz-Strasse 1
41453 Neuss
GERMANY
+49 (0)2131 140

 
DV-2921-0114-9/0418
3100012153/0418
3M

Liite 5. Red Line Seal Saver käyttöohje.



Liite 6. Motul Engine Oil Leak Stop tekninen esite. (Motul 2017a)



ENGINE OIL STOP LEAK

**Engine oil sealant to stop oil leakages
Seal additive to add to engine oil circuit
For closed loop oil circuit**

TYPE OF USE

MOTUL ENGINE OIL STOP LEAK is designed to be used in all types of 4 Stroke, Gasoline and Diesel engines, naturally aspirated or turbocharged, with or without catalytic converter, using all kind of fuel. MOTUL ENGINE OIL STOP LEAK effectively seals critical small oil leaks, seepages and leakages. Works quickly and easily in all closed loop oil circuit. Based on a highly effective additive package to stop loss of engine oil caused by leakage. Keeps engine gaskets flexible and stops oil leaking through seals. Compatible with all mineral and synthetic engine oils. Recommended for use in passenger cars, commercial vehicles...etc. and all closed loop oil circuit engines.

PERFORMANCE

MOTUL ENGINE OIL STOP LEAK, added to engine oil circuit, allows to:

- Seal critical small leaks, seepages and leakages
- Stop loss of engine oil caused by leakage

RECOMMENDATIONS

One dose of 300 ml is sufficient to treat 5 L of engine oil. Add MOTUL ENGINE OIL STOP LEAK to the engine oil. For larger volumes add 50 ml of MOTUL ENGINE OIL STOP LEAK per additional liter of engine oil. Works during operation.
Attention: Check engine oil level before application!
Do not exceed the recommended proportion.

SECURITY

Refer to the MSDS sheet and the information mentioned on the product label.

Liite 7. Testiyhteenveto

1(6)

Tutkimus- ja opinnäytetyö

Ensimmäinen testausvaihe

Laatinut: Otto Salonen

YHTEENVETO TESTEISTÄ TO 13.4.2023

Olosuhteet: +4°C – 13 °C. Tuulinen sää.

Testattavat tuotteet:

TUOTE 1: Bars' Liquid Leak -nestemäinen paikka-aine 150 g

TUOTE 2: Holts Wondarweld 500 ml

TUOTE 3: Würthin Silikonikorjausteippi 3 m x25 mm

TUOTE 4: Scotch Vulkanoituva Silikoniteippi 3 m x25 mm

TUOTE 5: Red Line Seal Saver 177 ml

TUOTE 6: Motul Engine Oil Stop Leak 300 ml

1. Jäähdytinpaikka-aineet

Ensimmäisenä testattiin Tuote 1. Valmistaja ilmoittanut seuraavat lähtötiedot:

- Soveltuu **5-12 l** järjestelmiin (= ei raskas kalusto)
- Yhteensopiva yleisimpien jäähdytysnesteiden ja kaikkien nykyaikaisten jäähdytysjärjestelmien kanssa
- Kaadetaan kylmään/jäähtyneeseen järjestelmään
- Moottoria käytettävä **väh. 15 min** vaikutuksen takaamiseksi
- Luvattu **väh. 12 kk suojaus**
- Virallisesti huuhdeltava järjestelmä jos ajettu **+ 40 000 km/ 2 v**
- Ilmoitettu paikkauskyky **max 0,9 mm**
- Ei saa kaataa paisuntasäiliöön matalamman virtausnopeuden vuoksi. Täytettävä ylävesiletkusta tms.
- Ei erikseen mainintaa suodattimellisen järjestelmän soveltuvuudesta

Käytettiin ajoneuvoon A). (Defender TD5 XXX-X) Porattu 1 mm reikä jäähdyttimen kennoon.

Tehty seuraavat havainnot:

- Käyttö kohtalaista, ei täysin nestemäistä vaan ennemminkin tahnaa. Purkin tyhjentämisen **kesto 5 min** hitaan imeytymisen takia
- Hienoista tiputtavaa vuotoa tyhjäkäynnillä, korotettu 2000 rpm ajotilannetta simuloiden --> neste roiskuu esteettä ulos kennosta.
- **Ei minkäänlaista vaikutusta yli 2 h** käytön jälkeen reiän tilkitsemisessä.
- Jos ei paikkaa 1 mm toispuolista reikää --> mitkä edellytykset 7,62 tai 12,7 mm läpireiälle?



KUVA 1. Tuotteen 1. testaustapahtumat.

Toisena testikohteena Holts Wondarweld (Tuote 2). Tälle ei kuitenkaan edellytyksiä toimia kenttäoloissa pelkkien käyttövaatimusten puolesta:

- Termostaatti irrotettava
- Järjestelmä huuhdeltava kokonaisvaltaisesti
- Paikkaus tehtävä ainoastaan vedellä (ei yhteensopiva jäähdytinnesteiden kanssa)

--> Toimenpiteet kestävät ajallisesti letkun tai kennonvaihdon verran. Tämän aineen (2) käyttö tehtävä joka tapauksessa lähes korjaamo-olosuhteissa.

2. Teipit

Teippejä testattiin ajoneuvolle B). (Defender TD5 XXX-X) Ensimmäisenä Würthin Silikonikorjausteippi (Tuote 3). Tälle porattiin 7,5 mm reikä ylävesiletkuun (KUVA 2A). Teippi käärittiin tiukasti venyttämällä letkun ympärille. Sidos varmistettiin normaalilla sähköteipillä, jossa on liimapinta vulkanoituvasta teipistä poiketen. Sähköteippi otettiin pois 10 min moottorin käytön jälkeen tulosten vääristymisen välttämiseksi. Jo 5 min käytön jälkeen teippi saavutti tiiveyden eikä nestettä vuotanut (KUVA 2C). Kuitenkin moottorin lämmettyä nestettä alkoi tihkumaan teipin ja letkun välistä (2E)

Toisena teippinä oli Scotch vulkanoituva teippi (Tuote 4). Tälle tehtiin 1 cm mittainen pitkittäinen viilto veitsellä vesiletkuun (KUVA 2B). Tuotetta käärittiin viillon päälle (KUVA 2D) mukaisesti. Teippi käyttäytyi hyvin samankaltaisesti kuin Tuote 3 käytettävyydeltään ja ominaisuuksiltaan. Molemmat teipit olivat ilmoitetuilta mitoiltaan identtiset. Tuote 4. alkoi

kuitenkin päästämään jäähdytinnestettä aiemmin moottorin lämmitessä ja korotetuilla kierrosnopeuksilla (KUVA 2F). Havainto oli mielenkiintoinen, sillä Tuotteella 4, paikattu letku sekä vuotokohta olivat pienempiä kuin Tuotteella 3.



KUVA 2. Teippien (3) ja (4) testausmenetelmät.

3. Öljypaikka-aineet

Öljyvuojojen paikkaukseen tarkoitetuista aineista Red Line Seal Saver (Tuote 5.) testattiin Ajoneuvon B) voitelujärjestelmään. Pakkaus (177 ml) kaadettiin öljytilaan ja venttiilinsuojakotelon tiivisteestä porattiin läpi 2,5 mm reikä. Moottori käynnistettiin ja vuotojen esiintymisiä alettiin seuraamaan. Niitä ei kuitenkaan tällaisessa loisketilassa päässyt syntymään, vaan lähtökohtaisesti moottori vuoti huohotuskaasuja ja vähäisen määrän nestettä (KUVA 3). Korkeamman paineen sovelluksiin (öljynsuodattimet, öljypohjat, letkut) tällaisen tuotteen testaaminen ei ole järkevää, sillä koko järjestelmän öljytilavuus pääsee vuotamaan moottorin käydessä ennen aineen sekoittumista, saati vaikutusta.



KUVA 3. Tuotteen 5. testausilanne.

Testikentällä tehtyjen havaintojen perusteella todettiin, että öljynpaikka-aineiden testaus siirretään pienempään kokeelliseen mittakaavaan. Tätä varten luotiin erillinen testipenkki, jossa simuloidaan Tuotteen 6 avulla ideaalitulannetta puhtaan öljy-lisäaine-sekoituksen ja staattisen nestepatsaan avulla. Öljylaatuna toimi tunnetun valmistajan täyssynteettinen 5W-40, joka täyttää mm. API: SL ja SM luokat. Testilaitteiston välineistö on esitetty seuraavasti (KUVA 6A).



KUVA 4. Valumatestit Tuotteelle 6.

Testattava liuos valmistettiin 200 ml moottoriöljystä ja 20 ml paikka-aineen sekoitteesta mittakannun ja lääkeruiskun avulla (KUVA 6B). Seos tehtiin tarkoituksella yltäkyläiseksi (10 %) tulosten aikaansaamiseksi. Tuotteelle 6, valmistajan ilmoittama riittävä seossuhde on 6 %. Seos kaadettiin korkilliseen pääastiaan, johon painettiin kuumennetuin neuloin 0,61; 0,72 sekä 1,20 mm reiät.

Seos kaadettiin testiastiaan, johon laitettiin myös tavanomainen NBR-kumista valmistettu o-rengas. Tarkoituksena oli seurata mahdollisia turpoamisvaikutuksia. Vaikutuksen alla tiivisterengas oli yli kaksi vuorokautta. Sille on ilmoitettu mitat ennen ja jälkeen öljykylvyn Taulukossa 1.

Seoksen paikkavaikutus ei alkanut ensimmäisellä vaikutuskerralla, joten neste kaadettiin valuma-astiasta uudestaan pääastiaan kahteen kertaan. Toisen kiertokerran jälkeen paikka-aineen vaikutus alkoi. Seos tukki kaksi alinta ja pienintä reikää. Tämän jälkeen seos kaadettiin pääastiaan vielä kahteen otteeseen. Tehokas vaikutusaika aineelle oli vuodon loppuessa noin 6 h 38 min. Testipenkin tulokset on esitetty (TAULUKKO 1).

Liite 8. Holts Wondarweld käyttöohjeet

Wondarweld on raskaan sarjan korjausaine.

TIVISTÄÄ SUURIA HALKEAMIA: MOOTTORIN LÖHKÖ, SYLINTERIN KANNENTIVISTE, VESIPUMPUN TIVISTEET

TUOTTEEN KÄYTTÖTARKOITUS

ULKOISET VIUDET (JÄÄHDYTYSNESTE VUOTAA ULOS)	
ONGELMA	SEURAUUS
Halkeamat sylinterikanissa tai moottorin lohkoissa.	Jäähdytysnestä näkyy, lämpötila nousee.
SISÄINEN VIUDET (ÖLJYÄ JÄÄHDYTYSNESTESSÄ & JÄÄHDYTYSNESTETTÄ ÖLJYSSÄ)	
ONGELMA	SEURAUUS
Vaurio sylinterikanin tiivisteessä.	Jäähdytysnestettä öljyssä, öljyn saastutuma jäähdytysnestä, näyttää rs. "majoneesilla".
Kaasu jäähdytysnestessä, sisäiset halkeamat & vaurioitunut sylinterikanentiviste.	Heikentynyt puristus, kuplia paisuntasäiliössä, vaalea pakokaasu.

Varoitukset Ennen Käyttöä:

- Tämä tuote on tarkoitettu vain kokeneelle tai ammattimaiselle mekaanikolle. Suosittelemme käyttäjä lukemaan huolellisesti kaikki nämä käyttöohjeet ennen käyttöä.
- Wondarweld ei ole yhteensopiva pakkausteiden tai jäähdytysaineiden kanssa. Ennen käyttöä, tyhjennä ja huuhtele jäähdytysjärjestelmä runsaalla vedellä, lämmityslaitteen säätöventtiili auki-asennossa. Käytön jälkeen, tyhjennä ja huuhtele runsaalla vedellä ennen jäähdytysjärjestelmän täyttämistä pakkausteella/jäähdytysnestellä.
- Älä koskaan kaada Wondarweldiä öljyn sekaan, sillä se voi aiheuttaa vakavan moottorivaurion. Jos öljy muuttuu punaiseksi, vaihda öljy välittömästi.**
- Wondarweldiä ei saa kaataa suoraan sylintereihin. Se ei ole tarkoitettu männänsenkaiden ja sylinterin tiiviyden parantamiseen.
- Älä käytä Wondarweldiä jos ajoneuvo on käytön aikana alttiina alle 0°C lämpötilalle.
- Wondarweld ei sovellu sylinteriputkilla varustettuihin moottoreihin. Soveltuu vain kiertösynterisiin moottoreihin.

Käyttöohjeet Ja Annostelu:

- Yksi 500ml pullo riittää 15 litran jäähdytysjärjestelmälle, 8 litran

järjestelmälle riittää pullo pullo sisästä, Wondarweldin pitoisuus jäähdytysjärjestelmän tilavuudesta tulee olla 3 % ja 6 % väliä.

- Ravista pulloa hyvin ennen käyttöä, sisältö voi saostua ajan saatossa.

1) Ulkoisiin Vuotoihin (Jäähdytysnestä Vuotaa) & Sisäisiin Vuotoihin (Öljyä Jäähdytysnestessä Tai Jäähdytysnestettä Öljyssä).

- Kun moottori on jäähtynyt, irrota ylempi vesilietku (sylinterikaninen aukko) ja termostaatti.
- Kaada tarvittava määrä Wondarweldiä sylinterikanen aukkoon, kiinnitä termostaatti ja ylempi vesilietku takaisin paikoilleen.
- Täytä jäähdytysjärjestelmä puhtaalla vedellä.
- Ulkoiset halkeamat, tuki näkyvät vesivuodot teräsvillailla.
- Tehtäksesi korjauksen, käytä moottoria kunnes vuoto lakkaa (tyypillisesti 15 minuutin ja 2 tunnin välillä). On tärkeää lisätä järjestelmään korjauksen aikana lisää puhdasta vettä, jos se on tarpeellista. Kun Wondarweldiä on järjestelmässä, käytä autoasi vain alhaisella nopeudella/rasituksella.
- Korjaamisen jälkeen anna moottorin jäähtyä ensin, tyhjennä jäähdytysjärjestelmä ja huuhtele järjestelmä runsaalla vedellä, ennen järjestelmän täyttämistä pakkausteella/jäähdytysnestellä.

2) Sisäisiin Vuotoihin (Kaasua Jäähdytysnestessä)

- Pyrittäessä tehokkaaseen korjaamiseen tällaisessa tapauksessa, on tarpeellista poistaa vahingoittuneet sylinterin puristukset ja käyttää moottoria yhtä sylinteriä vajaanpana.
- Polttoaineen ruiskutusjärjestelmällä varustetuille autoille, kun moottori on jäähtynyt, irrota sytytystulppa ja bensiniputki vaurioituneelta sylinteriltä.

Varoitus: Jos bensiniputkea ei irroteta, se voi vaurioittaa kataisyaattoria. Seuraa tätä prosessia jos bensiniputki on irrotettavissa. Älä seuraa tätä prosessia jos moottori on varustettu kaasuttimella tai jos bensiniputkea ei voi irrottaa. Modernissa elektronisessa sytytysjärjestelmässä moottorin käyttäminen, kun sytytystulppa on irrotettu, sytytystulpan täytyy olla kytketty tulparjohtoonsa maadoitettuna moottoriin, jotta estetään sytytyspuolen vauriot.

- Dieselmoottorissa, kun moottori on jäähtynyt irrota ruiskutuspuun polttoaineputki ja joko hehkutulppa tai ruiskutuspuun.
- Seuraa kohtia a) sta c):n 1) kohdasta edellä.
- Käytä moottoria 15 minuutin ajan vähennetyllä sylinterimäärällä.
- Korjaamisen jälkeen anna moottorin jäähtyä ensin, tyhjennä jäähdytysjärjestelmä ja huuhtele järjestelmä runsaalla vedellä, ennen järjestelmän täyttämistä pakkausteella/jäähdytysnestellä.