



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Rytis Balnys

**VIDAUS DEGIMO VARIKLIO ALYVOS KOKYBĖS POKYČIŲ
TYRIMAS EKSPLOATACIJOS METU**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas:
dr. Darius Mažeika

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

**VIDAUS DEGIMO VARIKLIO ALYVOS KOKYBĖS POKYČIŲ
TYRIMAS EKSPLOATACIJOS METU**

Baigiamasis magistro projektas
Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Vadovas

(parašas) dr. Darius Mažeika
(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Kazimieras Juzėnas
(data)

Projektą atliko

(parašas) Rytis Balnys
(data)

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS KATEDRA

Suderinta:

Studijų krypties programų vadovas
prof. Artūras Keršys

Transporto inžinerijos katedros vedėjas
doc. Rolandas Makaras

2016 m. vasario mėn. 8 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: *Ryčiui Balniui*

1. Projekto tema: „*Vidaus degimo variklio alyvos kokybės pokyčių tyrimas eksploatacijos metu*“
„*Research of combustion engine oil quality changes, during vehicle exploitation*“

Patvirtinta: 2017 m. balandžio mėn. 21 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-8

2. Projekto tikslas: Nustatyti variklinės alyvos kokybės pokyčius, automobilio eksploatacijos metu
3. Projekto uždaviniai ir reikalavimai: 1. Išnagrinėti vidaus degimo variklio gedimus, kuriuos nulėmė nepakankamas tepimas 2. Išnagrinėti alyvos kokybės rodiklius, bei alyvos kokybės pokyčių priežastis
4. Surinkti atidirbusios alyvos mėginius, esant tam tikram kilometražui 5. Ištirti alyvos kokybės pokyčius, eksploatavus automobilį tam tikrą kilometrų kiekį 6. Ištirti alyvos kokybės pokyčius, dažniau keičiant alyvos filtrą 7. Susisteminti rezultatus
4. Projekto konsultantai (nurodant projekto skyrius)¹:

5. Užduoties išdavimo terminas: 2016 m. vasario mėn. 8 d.

Užbaigto projekto pateikimo terminas: 2017 m. gegužės mėn. 18 d.

Vadovas: Dr. Darius Mažeika _____
(vardas, pavardė) (parašas)

Užduotį gavau: Rytis Balnys _____
(studento vardas, pavardė) (parašas)

¹ Esant reikalui, suderinus su katedros vedėju



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Rytis Balnys

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Vidaus degimo variklio alyvos kokybės pokyčių tyrimas eksploatacijos metu“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 17 . Gegužės 18d .
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, Ryčio Balnio, baigiamasis projektas tema „*Vidaus degimo variklio alyvos kokybės pokyčių tyrimas eksploatacijos metu*“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Balnys Rytis. VIDAUS DEGIMO VARIKLIO ALYVOS KOKYBĖS POKYČIŲ TYRIMAS EKSPLOATACIJOS METU. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Darius Mažeika; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologiniai mokslai, transporto priemonių inžinerija

Reikšminiai žodžiai: *variklinė alyva, tepimas, užterštumas, alyvos kokybė, timken testas, dilimo dalelės*

Kaunas, 2017. 52 p.

SANTRAUKA

Literatūros apžvalgoje išsamiai išanalizuota automobilių variklinės alyvos paskirtis, kokybės rodikliai. Preliminariai aprašyta, kaip yra klasifikuojama automobilių variklinė alyva, kaip atskirti aukštos kokybės alyvą, bei į ką atkreipti dėmesį renkantis alyvą automobiliui. Išanalizuoti automobilio vidaus degimo variklio gedimai, kuriuos nulemia neefektyvus tepimas dėl prastos alyvos kokybės. Taip pat aprašyta, kokie tyrimai ir eksperimentai atliekami norint nustatyti alyvos kokybę, tepimo savybes.

Darbo tikslas atlikti eksperimentą, kurio metu nustatoma variklinės alyvos kokybės pokyčiai automobilį eksploatuojant tam tikrą kilometrų kiekį. Pasirinkta penki skirtingi automobiliai, kurie turi identiškus vidaus degimo variklius, eksploatavimo sąlygos parinktos taip pat panašios. Atliekant eksperimentą naudojama vienos rūšies variklinė alyva, bei alyvos filtrai. Atliktas bandymas, kurio metu alyvos keitimo intervalo viduryje buvo keičiamas tik alyvos filtras nekeičiant alyvos. Šio bandymo tikslas – nustatyti ar sumažėja alyvos užterštumas intervalo pabaigoje, lyginant su alyva, kuri buvo eksploatuojama visą intervalą nekeičiant alyvos filtro.

Alyvos kokybei ir užterštumui tikrinti buvo atlikta panaudotų alyvos filtrų analizė, alyvos tyrimas mikroskopu ir *timken* testas. Atliekant filtrų analizę dėmesys buvo skiriamas objektams aptiktiems alyvos filtro medžiagoje, pagal matomas dilimo daleles bei kitus teršalus nustatyta, kuri alyva labiausiai užteršta, taip pat pagal dilimo dalelių pobūdį aprašyta galima variklio būklė ir gedimai.

Atliekant tyrimą mikroskopu suskaičiuotas dalelių skaičius tenkantis $0,36 \text{ mm}^2$, bei nustatyta, kurioje alyvoje daugiausiai kietųjų dalelių. Remiantis literatūros šaltiniais aprašyta alyvoje aptiktų dalelių pobūdis.

Timken testo metu iširta, su kuria alyva gaunamas didžiausias išdilimas.

Atlikus bandymus nustatyta, kad alyvos kokybė pagerėja, o užterštumas sumažėja, kai alyvos keitimo intervalo viduryje pakeičiamas tik alyvos filtras. Darome išvadą, kad alyvos filtras neatitarnauja viso alyvos keitimo intervalo ir užsikemša greičiau nei būna keičiama alyva, kadangi atlikus bandymus matoma – su pakeistu alyvos filtru intervalo viduryje, alyva išlieka beveik tokio pat užterštumo kaip ir įpusėjus intervalui.

Balnys Rytis. RESEARCH OF COMBUSTION ENGINE OIL QUALITY CHANGES, DURING VEHICLE EXPLOITATION. *Master's thesis in transport engineering / supervisor assoc. prof. Darius Mažeika. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.*

Research area and field: Technological Science, Transport Engineering

Key words: *engine oil, lubrication, contamination, oil quality, timken test, wear particles*

Kaunas, 2017. 52 p.

SUMMARY

In the review was exhaustively analyzed vehicle lube oil purpose and quality indicators. In this work I describe how lube oil is classified, how to understand which lube oil is high quality, which one is not and what is important when choosing lube oil. Identify vehicle internal combustion engine failures which are because of ineffective lubrications, ineffective because of bad quality lube oil. Also, I describe what research and experiments are used when we want to determine lube oil quality and lubrication properties.

Work objective is to do an experiment and to determine lube oil quality changes when vehicle are operate a certain amount of kilometres. I chose five different vehicles, which have the same internal combustion engine and operation conditions are similar. In the experiment I chose the same specific lube oil and in the middle of interval oil filter was changed. The purpose of the experiment is to determine, maybe lube oil pollution in the end of interval is lower when oil filter was changed in the middle of interval then lube oil in the end of interval when oil filter is not changed all interval.

To check lube oil filters quality and pollution were made used lube oil analysis, lube oil survey with microscope, *timken* test. In filters analysis the main attention was assigned to objects which was found in the filter of lube oil. By the visible wear particles and other pollutants found which lube oil is the most contaminated and by the wear particles specification was described potential engine condition and failures.

During research with microscope was calculated the number of particles which belongs to $0,36 \mu\text{m}^2$, also established lube oil with the most solid particles. On the basis of literature sources I tried to describe the nature of particles which were found.

During *timken* test investigated with which the lube oil is obtained by maximum abrasion.

The tests found that the lube oil quality is improved and pollution is reduced when in the middle of interval only the lube oil filter is replaced. Therefore, lube oil filter does not serve the entire lube oil change interval and clogged faster than the lube oil is changed, because after the test we can see that with changed lube oil filter in the middle of the range, the lube oil remains almost the same as pollution as in the middle of the range.

Turinys

Įvadas	8
1. APŽVALGA	10
1.1. Rodikliai, nusakantys alyvos kokybę	10
1.2. Alyvos priedai	12
1.3. Alyvų klasifikacija	13
1.4. Alyvos keitimo intervalai ir keitimo būtinumas	14
1.5. Alyvos kokybės tyrimai	15
1.5.1. Keturių rutuliukų testas	16
1.5.2. Alyvos oksidacijos tyrimai.....	17
1.5.3. <i>Timken</i> testas	17
1.5.4. Klampos nustatymo testas.....	18
1.6. Veiksniai, bloginantys alyvos kokybę	19
1.6.1. Alyvos klampa	19
1.7. Lengvųjų automobilių vidaus degimo variklių gedimai, dėl alyvos nekokybiškumo, ar netinkamo tepimo.....	21
2. TYRIMŲ METODIKA.....	24
2.1. Kietųjų dalelių alyvoje nustatymas	24
2.1.1. Tyrimo metodas	24
2.1.3. Tyrimų eiga	26
2.2. Alyvos filtrų vizualinė analizė	28
2.3. <i>Timken</i> testas	28
2.3.1. Naudojama įranga	28
2.3.2. Tyrimo metodas ir eiga	29
3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	32
3.1. Kietųjų dalelių alyvoje nustatymas	32
3.2. Alyvos filtrų vizualinė analizė, rezultatų aptarimas.....	39
3.3. <i>Timken</i> testas	43
4. EKONOMINIS VERTINIMAS.....	46
DARBO APTARIMAS.....	49
IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	50
LITERATŪRA.....	51
PRIEDAI.....	53

Ivadas

Vidaus degimo variklis vis dar yra populiariausias energijos šaltinis, tiek automobiliuose, tiek kitoje technikoje susijusioje su transportu, keleivių ar krovinių pervežimu bei gabenimu. Yra suprojektuota nemažai tipų variklių, pvz.: rotorinis, radialinis ir kt., tačiau dažniausiai naudojamas – keturtaktis vidaus degimo variklis. Tokio tipo variklis susideda iš daug atskirų mazgų bei detalių, kurios yra atsakingos viena už kitą. Tam, kad variklis dirbtų optimaliu režimu, būtina, kad visi automobilio agregatai veiktų nepriekaištingai. Kadangi variklyje yra daug besisukančių ir besitrinančių detalių, labai svarbią funkciją atlieka variklinė alyva, žinoma, nekalbant apie kitus skysčius, tokius kaip aušinimo ir pan. Alyva skirta trinties ir dilimo mažinimui, plauna bei aušina variklio mazgus, saugo metalinius paviršius nuo korozijos. Kadangi dažniausiai kiekviename skirtingame automobilyje yra suprojektuotas ir skirtingos konstrukcijos variklis, logiška, kad gamintojai yra nustatę, kokios rūšies ir savybių alyvą reikia naudoti. Nesilaikant gamintojų nurodymų dažniausiai susiduriama su variklio gedimais.

Automobilių variklinės alyvos tepimo ir kitos savybės priklauso nuo jos kokybės rodiklių. Gaminant alyvas, pagrindinė alyvų sudedamoji dalis yra bazinė alyva, kuri sudaro mažiausiai 70% viso alyvos kiekio, kitus 30% sudaro alyvų priedai. Būtent priedai ir sudaro pagrindines alyvos tepimo savybes. Priedai gali būti įvairūs: mažinantys dilimą, reguliuojantys alyvos klampą skirtingose temperatūrose, mažinantys alyvos oksidaciją, plaunamieji ir t.t. Automobilio eksploatacijos metu keičiasi ir alyvos kokybė bei jos fizinės ir cheminės savybės. Vienas iš svarbiausių alyvos kokybės rodiklių yra alyvos klampa. Klampos padidėjimas arba sumažėjimas neigiamai veikia variklio mazgus. Klampos didėjimo priežastimi dažniausiai tampa į alyvą patekusios įvairios nepageidaujamos priemaišos, tai gali būti suodžiai, dulkės, mazgų dilimo dalelės. Klampos mažėjimo priežastis – į alyvą patekęs nesudegęs kuras, aušinimo skystis. Nekeičiant alyvos nustatytu laiku, užterštumas greitai didėja, todėl pradeda kimštis alyvos filtras ir laikui bėgant jis pradeda visiškai nefiltruoti alyvos, ima kimštis tepimo kanalai, pradeda kaisti alkūninio veleno slydimo guoliai, užsikemša hidrauliniai pakėlikai ir kt. Dėl šių priežasčių variklis sugenda ir dažnai dėl sukeltų gedimų reikalingas kapitalinis variklio remontas.

Mažėjant naftos ištekliams ir tobulėjant technologijoms, automobilių variklių bei alyvos gamintojai, didindami alyvos ir variklių mazgų kokybę, leidžia didinti ir alyvos keitimo intervalą. Šiomis dienomis alyvos keitimo intervalo vidurkis siekia apie 30 tūkstančių kilometrų, o neretai ir 50 tūkstančių ar daugiau. Gamintojai projektuodami variklį, jo konstrukciją, atlieka tyrimus, kurių eigoje nustato, kokio tipo ir kokių savybių alyva labiausiai tinka būtent tam varikliui. Todėl renkantis variklinę alyvą būtina įsitikinti, ar ji atitinka gamintojų nustatytus reikalavimus.

Taigi apibendrinant galima teigti, kad laikantis visų nurodymų, turėtume išvengti tam tikrų gedimų, kuriuos nulemia nepakankamas tepimas, tačiau neretai pasitaiko atveju, kad net ir laikantis nustatytų reikalavimų susiduriama su minėtais gedimais. Kyla klausimas, ar tikrai nėra per didelis alyvos keitimo intervalas skirtas automobiliams. Galbūt atsižvelgiant į automobilio eksploatacines sąlygas reikėtų vienais ar kitais atvejais mažinti kilometrų kiekį tarp alyvos keitimų, o galbūt imtis kitų priemonių.

Problema :

Pasitaikantys vidaus degimo variklių gedimai dėl nepakankamo, neefektyvaus variklio tepimo

Tiriamasis objektas:

Automobilių variklinė alyva

Darbo tikslas:

Nustatyti variklinės alyvos kokybės pokyčius, automobilio eksploatacijos metu

Uždaviniai :

1. Išnagrinėti vidaus degimo variklio gedimus, kuriuos nulėmė nepakankamas tepimas
2. Išnagrinėti alyvos kokybės rodiklius, bei alyvos kokybės pokyčių priežastis
4. Surinkti atidirbusios alyvos mėginius, esant tam tikram nuvažiuotam atstumui
5. Ištirti alyvos kokybės pokyčius, eksploatavus automobilį tam tikrą kilometrų kiekį
6. Ištirti alyvos kokybės pokyčius, dažniau keičiant alyvos filtrą
7. Susisteminti rezultatus

1. APŽVALGA

1.1. Rodikliai, nusakantys alyvos kokybę

Šiuo metu yra nemažai alyvos rūšių, kurios yra suskirstytos pagal savo atliekamą paskirtį. Norint užtikrinti kokybišką, optimalų ir ilgą vidaus degimo variklio darbą, tiek variklio agregatai, tiek atskiros detalės turi būti pagamintos kokybiškai bei tiksliai. Užtikrinus prieš tai minėtus kriterijus, toliau labai svarbią, ir kone svarbiausią poziciją užima variklio tepimas – tepimo sistema, kadangi esant blogam tepimui, pradeda greitai dilti tam tikros variklio besisukančios, besitrinančios bei kitos detalės, dėl to sumažėja jo ilgaamžiškumas. Gaminant automobilius, pastariesiems, kurie yra skirti eksploatuoti skirtingomis sąlygomis arba yra skirtingų klasių, skiriasi ir jų vidaus degimo varikliai, vieni yra pritaikyti didelėmis apkrovomis dirbti, kiti – sunkiomis darbo sąlygomis (dulkės, aukštikalnės ir kt.), dar kiti galbūt yra tiesiog miesto automobiliai. Atsižvelgdamas į šias sąlygas, gamintojas nustato, kokios specifikacijos alyvą kiekvienam skirtingam vidaus degimo varikliui naudoti. Taigi yra nustatyti alyvos kokybės rodikliai, kuriuos alyva turi atitikti, norint užtikrinti gerą variklio tepimą. Pagrindiniai alyvų kokybės rodikliai pateikti 1.1 lentelėje. [1]

1.1. lentelė Alyvos kokybės rodikliai [1]

Kokybės rodiklis	
Alyvos klampa:	
Dinaminė	mm ² /s, cSt
Kinematinė	Pa*s, cP
Alyvos tankis	
Pliūpsnio temperatūra:	
Uždarame inde	PMC
Atvirame inde	COC
Stingimo temperatūra	
Klampos indeksas	
Spalva	Spalvos laispniai
Alyvos neutralizacijos skaičius:	
Bendras rūgščių skaičius	TAN
Bendras šarmų skaičius	TBT
Putojimas	Putojimo tendencija
Koksingumas	Anglies liekanos
Sieros kiekis	

Peleningumas	
Nusėdimas	
Korozijos testas	
Timken testas	Strigties testas
Oksidacija	Oksidacijos laikas

Automobilių variklinės alyvos dažniausiai yra skirstomos į tris pagrindines grupes:

- mineralinės alyvos;
- pusiau sintetinės alyvos;
- sintetinės alyvos.

Tačiau reikėtų atkreipti dėmesį į tai, kad visų variklinių alyvų pagrindas, jas gaminant, yra bazinė alyva. Taigi, bazinė alyva yra pagrindas, bet pagrindines alyvos savybes dažniausiai nusako priedai, maišomi su bazine alyva. Toliau šiek tiek plačiau bus aptartos mineralinės, pusiau sintetinės ir sintetinės alyvos.

Mineralinės alyvos dažniausiai naudojamos senesniems automobiliams, kadangi šių alyvų klampumas ir efektyvumas, lyginant su sintetinėmis ir pusiau sintetinėmis alyvomis, mažėja greičiau. Privalumas būtų tas, kad mineralinės alyvos neveikia variklio sandarinimo mazgų, tai yra, guminių riebokšlių ir kt. [2].

Pusiau sintetinė alyva yra tam tikrų proporcijų sintetinių ir mineralinių alyvų mišinys. Ši alyva yra kokybiškesnė ir ilgaamžiškesnė nei prieš tai minėta mineralinė alyva, tačiau ji taip pat skirta automobilių varikliams, kuriems nereikia labai aukštos kokybės alyvos [2].

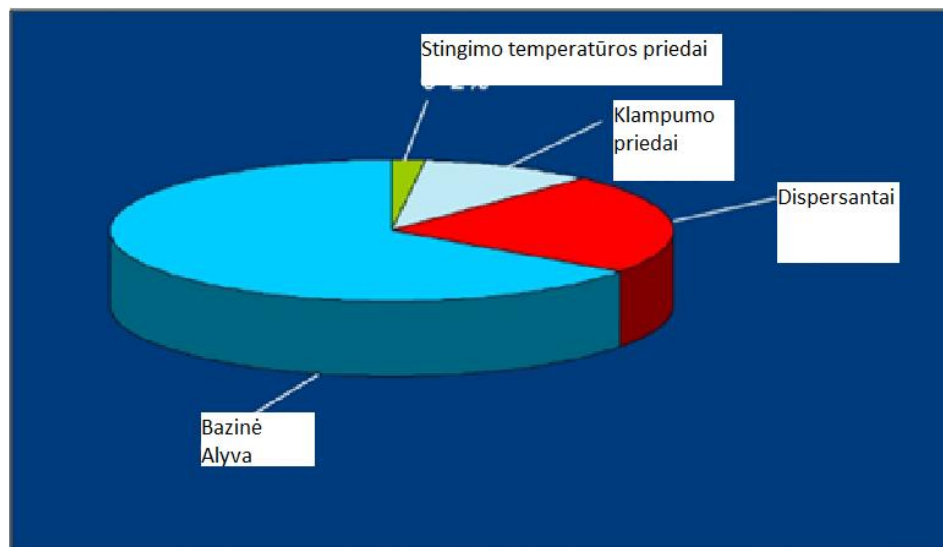
Sintetinė alyva yra gaminama iš sintetinių bazinių alyvų, kurios yra gaunamos naudojant įvairias chemines reakcijas. Ši alyva yra skirta šiuolaikiniams automobilių varikliams, kurių gamintojai nustato naudoti tik tam tikros rūšies aukštos kokybės variklines alyvas. Gaminant šias alyvas siekiama maksimaliai užtikrinti variklio mazgų tepimą, kiek įmanoma padidinti variklio eksploatacinį veikimą. Ši alyva yra pritaikyta būti efektyvi tiek esant žemomis, tiek aukštomis eksploatacijos temperatūromis [2].

Apibendrinant galime teigti, kad norint užtikrinti optimalų ir ilgaamžį variklio tarnavimą, alyva turi visada turėti tam tikras savybes, veikliąsias medžiagas, turi gerai prikibti prie detalių paviršių, sudaryti tvirtą plėvelę, plauti teršalus nuo detalių paviršių, užtikrinti tepimą esant plačiam temperatūrų diapazonui. Pasenus alyvai, kai ji praranda daugumą savo savybių, kiekvienas gamintojas nusako terminą, kada reikia keisti alyvą nauja [12].

1.2. Alyvos priedai

Alyvos priedai yra skirti pagerinti alyvos kokybę ir jai suteikti tam tikras savybes. Ko gero kiekviena automobilių dalimis besiverčianti įmonė prekiauja alyva. Žmonės, pirkdami alyvą, neretai sulaukia pasiūlymų įsigyti alyvos priedų. Alyvos priedų gali būti įvairių, kurie padidina vienokias ar kitokias alyvos savybes, kurios suteikia tiek alyvai, tiek automobilio varikliui ilgaamžiškumo. Pagrindiniai alyvų priedai yra šie: [1]

- klampumo priedai;
- dilimą mažinantys priedai;
- antikoroziniai priedai;
- antioksidaciniai priedai;
- plovimo priedai;
- specialūs priedai.



1.1. pav. Tipinė alyvos sudėtis: Bazinė alyva 70-95%, dispersantai 2-30%, klampumo priedai 0-15%, stingimo temperatūros priedai 0-2% [3]

Kaip matome 1.1 paveiksle pavaizduota, kokie priedai ir kiek procentų gali būti naudojama alyvoje. Alyvos pagrindą, mažiausiai 70 %, sudaro bazinė alyva, likusius 30 % – priedai. Variklyje alyvą veikia skirtingos darbo sąlygos, dėl kurių keičiasi ir jos savybės. Norint užtikrinti, kad alyva neprarastų savo tepimo savybių įvairiomis darbo sąlygomis yra naudojami įvairūs priedai. Dėl aukštos temperatūros variklio darbo metu vyksta oksidacija, todėl yra naudojami antioksidantai, didelis temperatūrų pokytis veikia alyvos klampumą, esant aukštai temperatūrai klampa mažėja, o esant žemai – didėja, taigi dėl šios priežasties naudojami klampumo indeksu modifikatoriai. Kadangi alyvai tenka atlaikyti dideles apkrovas, reikia užtikrinti tepimą ir tokiu metu. Norint tai užtikrinti naudojami priedai dilimo mažinimui. Kadangi alyvos funkcija ne tik tepti vidaus degimo variklio mazgus, bet ir plauti

patekusius nešvarumus, nepageidautinas medžiagas ir daleles, susikaupusius suodžius ir t. t., siekiant pagerinti šią alyvos funkciją taip pat naudojami specialūs priedai [10].

Taigi atsižvelgus į variklio darbo pobūdį ir sąlygas, atlikus tam tikrus tyrimus, yra gaminamos alyvos, kuriose yra panaudoti priedai, kurie privalo užtikrinti efektyvų alyvos darbą įvairiuose temperatūrose ir esant įvairiems darbo režimams bei apkrovoms. Priedai gali sulėtinti arba ir visai panaikinti nepageidaujamus procesus, vykstančius alyvoje jos darbo metu.

1.3. Alyvų klasifikacija

Kaip minima literatūros šaltiniuose alyvos kokybė bei jos paskirtis yra skirstomos pagal tris specifikacijas: pagal amerikiečių „API Engine Service Classification System“, europiečių „CCMC European Oil Sequence For Service – Fill Oils“, bei „ACEA European Oil Sequence“. API ir ACEA yra alyvos kokybės bei paskirties ženklai. Alyvos klampą nusako raidės SAE ir po jų einantys skaičiai. Renkantis variklinę alyvą būtina atkreipti dėmesį, ar ant pakuotės yra raidės API, CCMC, ACEA, SAE, nes būtent jos ir nusako, kad alyva yra geros kokybės ir savybių [10].

ACEA klasifikacija – Europoje gaminami automobiliai, lyginant su Amerikiečių gaminamais, dažniausiai turi mažesnio darbinio tūrio vidaus degimo variklius, todėl apkrovos minėtuose varikliuose yra didesnės, taigi ir dauguma alyvų klasifikuojamų pagal API specifikacijas neatitinka reikalavimų europietiškiems automobiliams. Europos automobilių gamintojai sudarė savo klasifikacijas skirtas jų gaminamiems automobiliams ir nuo 1996m., buvo pradėta taikyti ACEA klasifikacija skirta Europos rinkai [11].

API klasifikacija – tai Amerikos alyvų kokybės klasifikacija. Šioje specifikacijoje alyvos kokybė nurodoma didžiosiomis raidėmis pvz., A, B, C, ir t.t. Alyvos kokybė būna aukštesnė tada, kai abėcėlės raidė būna kuo toliau nuo pradžios. Jei automobilis turi benzininį variklį, tai prieš kokybės grupės raidę dar rašoma raidė – S, jei automobilis dyzeliniu varikliu, tada rašoma raidė – C, o jei alyva tinka tiek benzininiam, tiek dyzeliniam varikliams, rašomos abi raidės [11].

Klasifikacija pagal klampą (SAE): kadangi automobiliai turi labai daug skirtingų variklių, jie eksploatuojami skirtingomis darbo sąlygomis bei temperatūromis, todėl reikalinga ir skirtingo klampumo alyva. Pagal metų laikus variklinės alyvos skirstomos į žieminės, vasarines bei visasezono alyvas. Žieminės alyvos yra suskirstytos į šešias klases, t.y., skaičiai nuo 0 iki 25 kas 5 ir dar rašoma raidė W kuri reiškia žiema (Winter), pvz., 5W, 10W. Vasarinės alyvos žymimos tik skaičiais, kurie prasideda nuo 20 iki 60 kas 10. Kuo didesnis skaičius, tiek vasarinėje, tiek žieminėje alyvoje, tuo ir klampa yra didesnė. Esant visasezonei alyvai žymėjimas tiesiog sukombinuojamas su vasarinės ir žieminės alyvos žymėjimu, pvz., 10W/40, 5W/30 ir t.t. Pirmas skaičius reiškia alyvos klampumą žiemą, o antras vasarą. Ant prekinės pakuotės dažniausiai galima matyti užrašus SAE 5W/40, SAE 10W/40, raidės SAE rašomos tam, kad nurodytų, jog skaičiai reiškia alyvos klampos indeksus [11].

1.4. Alyvos keitimo intervalai ir keitimo būtinumas

Lyginant alyvos keitimo intervalus, kurie buvo rekomenduojami prieš 20 – 30 metų ir su šiomis dienomis rekomenduojamais, matoma, kad leistini intervalai yra žymiai didesni. Mažėjant naftos ištekliams bei tobulėjant technologijoms imtasi sprendimų, kurie leidžia taupyti išteklius ir didinant alyvos bei agregatų kokybę, pailginti alyvos keitimo intervalus, taip sutaupant išteklius.

Šiuolaikiniams automobiliams gamintojai alyvos keitimo intervalus rekomenduoja tokius, kurie svyruoja nuo 8000 iki 60000 km. Keitimo intervalai priklauso nuo automobilio tepimo sistemos konstrukcijos bei nuo filtravimo sistemos. Pavyzdžiui, *Ford* gamintojai, savo automobiliams rekomenduoja alyvą keisti kas 20000 – 50000 km., priklausomai nuo automobilio ir jo vidaus degimo variklio. Žinoma, alyva bei filtrai turi atitikti nustatytus reikalavimus, kadangi gamintojai griežtai draudžia naudoti kitokios specifikacijos alyvas. Tačiau pažvelgus į kitą gamintoją, kaip *Nissan*, matome, kad šis gamintojas savo automobiliams rekomenduoja keisti alyvą 8000 – 30000 km. intervalu [5].

Ekspluatuojant automobilį, laikui bėgant, keičiasi alyvos fizinės ir cheminės savybės, kitaip tariant, alyva praranda savo veikliąsias medžiagas, kurias suteikia alyvos priedai. Senstant alyvai, dažniausiai didėja ir jos klampa, kurią veikia įvairios nepageidaujamos priemaišos bei alyvos oksidacija, kuri pasireiškia dėl temperatūrų pokyčių. Alyvos ilgaamžiškumas taip pat priklauso nuo variklio konstrukcijos, alyvos talpos – karterio dydžio, bei pilamo alyvos kiekio į variklį, tepimo sistemos, alyvos siurblių našumo, oro, alyvos bei kuro filtravimo sistemos konstrukcijos.



1.2. pav. Skirtumas, tarp naujo filtro ir visiškai užkimšto filtro [13]

Taigi nekeičiant alyvos laiku, stipriai didėja jos užterštumas bei mažėja veikliųjų medžiagų efektyvumas. Nepakeitus alyvos laiku, tolesnės pasekmės gali būti – spartus variklio detalių užterštumo didėjimas, taip pat padidėja mechaninis ir korozinis dilimai, alyvos filtrų užsikimšimas, tepimo kanalų užsikimšimas ir t. t. [11]. 1.2 paveiksle pavaizduota kas nutinka kai nesilaikoma nustatytų reikalavimų ir alyva nekeičiama laiku, alyvos filtras visiškai užsikemša, o esant alyvos slėgiui filtras nepraleisdamas alyvos netgi praranda savo formą, jį deformuoja, arba kitaip tariant jį sugniuždo.

Alyvų bei automobilių variklių gamintojai atlieka tyrimus, po kurių nustato alyvos keitimo periodiškumą bei nurodo, kokios specifikacijos alyvas reikia naudoti tam tikram varikliui [11].

1.5. Alyvos kokybės tyrimai

Gali būti atliekami įvairūs alyvos tyrimai, pradedant nuo jos užterštumo ir baigiant chemine sudėtimi. Atliekant tokius tyrimus ir norint nustatyti problemas, reikia kaupti informaciją ir laikytis tam tikrų užsibrėžtų tikslų. Norint iširti alyvą dėl tam tikrų priežasčių ir norint gauti tikslesnius duomenis ir rezultatus, reikia nusistatyti, koku režimu automobilis važiuos, kokia alyva, kokie filtrai bus naudojami, koks kilometrų ar darbo valandų kiekis bus sunaudotas. Laikantis užsibrėžtų tikslų bus gauti tinkami rezultatai. [4]

Kadangi kasmet yra išleidžiama milijardai pinigų, keičiant ar remontuojant mazgus, kurių veikimas sutriko, dėl prasto ar nepakankamo tepimo, tikslinga organizuoti tyrimus, kurie, galbūt padėtų sumažinti problemą. 1.2 lentelėje pateikta, kokie dažniausiai alyvų tyrimai yra atliekami [4].

1.2. lentelė Dažniausiai atliekami alyvos kokybės nustatymo bandymai [4]

Kategorija	Tyrimo objektas	Analizės metodai
Dilimas	Dalelių skaičius ir pasiskirstymas	Tyrimas mikroskopu
	Dėvėjimosi dalelių formos	Ferografija
	Metalo dalelės	Besisukančio disko elektrodo (RDE) Spektroskopija
Užterštumas	Smėlis ir purvas	Tyrimas mikroskopu
	Nesudegęs kuras	Fuel Sniffer, dujų chromatografijos (GC)
	Vanduo	Infared (IR)*, Karl Fischer Titration (KF)
	Aušinimo skystis (Glikolis)	(IR) infraraudonieji spinduliai
	Suodžiai	(IR), suodžių skaitiklis
	Kiti pašaliniai skysčiai	
Nuovargis	Oksidacija, nitracija, sulfatinimas	(IR)
	Klampus	Klumpumo testai
	Rūgščių skaičius (AN), arba bazių skaičius (BN)	Titration

Automobilių variklių gamintojai, projektuodami, bei konstruodami variklius, atlieka tyrimus, kurių eigoje nustato, kokia, kokių savybių alyva yra tinkamiausia būtent projektuojamai konstrukcijai. Pasirinkus kitokio tipo, ar specifikacijos alyvą, gamintojas neatsako už pasekmes, kurios gali atsitikti naudojant netinkamo tipo alyvą.

1.5.1. Keturių rutuliukų testas

Vertinant automobilio variklio ilgaamžiškumą ir norint nustatyti tam tikrų mazgų eksploatacijos požymius, svarbi diagnostinė priemonė yra tiek panaudota alyva, tiek pačios variklio dalys, kurios susijusios su tepimu. Atliekant tyrimus yra tiriami ir analizuojami metalų paviršiai, tai gali būti slydimo guolių, cilindro sienelių, velenų paviršiai ir t. t. Pagal dilimo požymius ant darbinių paviršių, galima nustatyti dilimo pobūdį ir priežastį. Tuo tarpu tiriant alyvą, jos užterštumą taip pat galima nustatyti dilimo pobūdį ar tam tikros variklio sistemos gedimą, kaip pavyzdys – atliekant tyrimus galima nustatyti ar alyvoje nėra aušinimo skysčio, ar kuro priemaišų [7].

Keturių rutuliukų testas yra naudojamas tirti apsaugą nuo dilimo esant aukštam alyvos slėgiui. Šiam testui atlikti yra naudojamas specialus diagnostikos stendas.

Buvo atliktas keturių rutuliukų tyrimas, tyrimo objektas – automobilių variklinės alyvos. Buvo naudojami keli alyvos bandiniai: nauja švari alyva, du naudotos dyzelinio variklio alyvos ir du naudotos benzininio variklio alyvos mėginiai [7]. Po kiekvieno alyvos bandinio keitimo buvo keičiami ir nauji rutuliukai. Atlikus bandymus rutuliukai išimami iš testavimo stendo, nuvalomi ir toliau jų paviršius yra tiriamas mikroskopu. Rezultatai pateikti 1.3 lentelėje.

1.3. lentelė Rutuliukų įbrėžimų matavimo rezultatai [7]

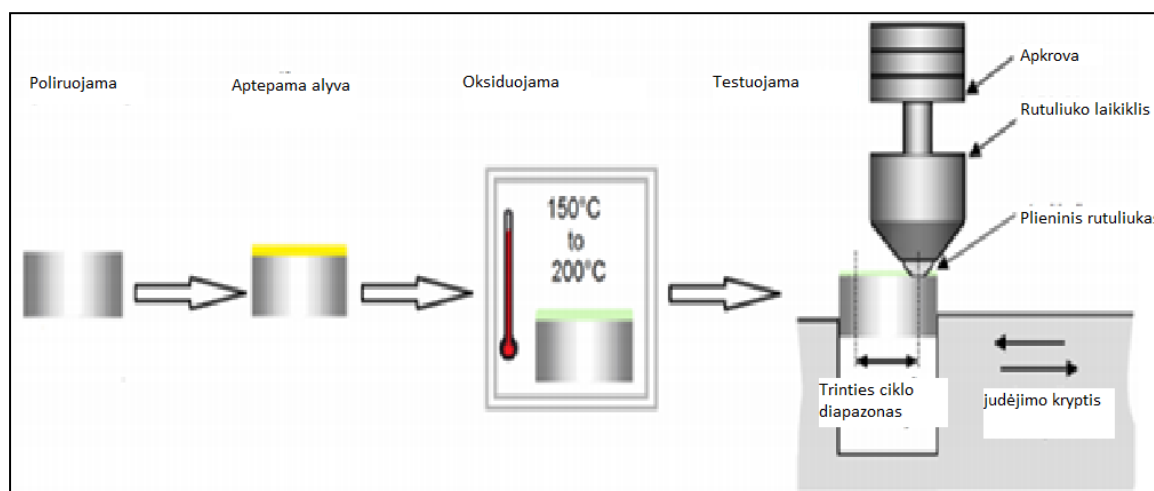
Variklinė alyva	mm			Vid. dilimo įbrėžimas, mm
	Rutuliukas Nr. 1	Rutuliukas Nr. 2	Rutuliukas Nr. 3	
Nenaudota dyzelinė variklinė alyva (D)	67	71	62	66,67
Naudota dyzelinė alyva (D1)	128	113	122	121
Naudota dyzelinė alyva (D2)	119	129	134	127,33
Nenaudota benzininė variklinė alyva (P)	53	61,5	54	56,17
Naudota benzininė variklinė alyva (P1)	91,5	78,5	87	85,66
Naudota benzininė variklinė alyva (P2)	157,2	160	160	159,06

Paanalizavus 1.3 lentelę matyti, kad daugiausiai žalos rutuliukų paviršiui padarė naudota benzininio variklio alyva – P2. Galime teigti, kad pastaroji alyva buvo labiausiai užteršta.

Taigi matome, kad turint naudotos alyvos mėginį ir testavimo įrangą, nesudėtingai galime nustatyti alyvos poveikį trinties paviršiams, bei įvertinti alyvos tepimo savybes.

1.5.2. Alyvos oksidacijos tyrimai

Alyvos oksidaciją labiausiai įtakoja jos darbo temperatūra, užterštumas bei sąveika su metalais. Oksidacijos tyrimai dažniausiai yra atliekami norint nustatyti kokioje temperatūroje labiausiai pasireiškia ir kaip tai paveikia alyvą bei darbinį paviršių. Tokiam tyrimui atlikti yra naudojami mažanglio plieno bandiniai [9].



1.4. pav. Alyvos oksidacijos bandymo schema

Paveiksle pavaizduota schema kokia tvarka atliekami oksidacijos bandymai. Bandinys pirmiausiai yra nupoliruojamas, tada švariai nuvalomas, kad neliktų jokių nešvarumų ar pašalinių medžiagų, toliau padengimas alyvos plėvele, dedamas į krosnį ir oksiduojamas tam tikrą laiką nustatytoje temperatūroje. Atlikus oksidacijos procesą, bandiniai išimami atvėsunami ir toliau atliekami tribologiniai tyrimai [9].

1.5.3. *Timken* testas

Timken testas yra tarptautinius standartus atitinkantis testas, tai amerikos standartus (ASTM Nr D 2782) atitinkantis testo metodas. Jam atlikti yra naudojamas specialus stendas (1.5. paveikslas).



1.5. pav. *Timken* bandymų stendas [16]

Timken apkrovos mašina yra naudojama, kai norima patikrinti alyvos savybes, esant didelei apkrovai, arba tam tikros medžiagos tribologines savybes, pvz., guolių ilgaamžiškumui tikrinti. *Timken* stendas turi elektrinį variklį, kuris dažniausiai dirba esant 800 – 1200 aps/min, taip pat, gali turėti amperažo skaitiklį, kuris nurodo amperažą dylant bandiniams, pagal tai galima spęsti dilimo intensyvumą ir trinties jėgą [16].

Atlikus bandymą, toliau yra analizuojami nudilinti bandiniai, pagal išdilimo pobūdį galima įvertinti alyvos bei bandinio medžiagos kokybę. Šis testas dažnai naudojamas norint įvertinti alyvos priedų įtaką dilimui mažinti [16].

1.5.4. Klamos nustatymo testas

Alyvos klampa analizuojama esant tam tikromis temperatūromis. Dažniausiai atliekami tyrimai kai temperatūra yra 40⁰C ir 100⁰C. Alyvos klamos matavimas paprastai yra apibrėžtas dviem būdais, tai gali būti kinematinė klampa arba dinaminis klampumas. Vienas iš būdų nustatyti klampą tai yra pripilti skirtingos alyvos į skirtingas stiklines, paversti jas ant šono ir stebėti, kuri alyva greičiau ištekės iš stiklinės, ta kuri ištekės greičiau reiškia, kad jos klampa yra mažesnė nei tos, kuri ištekėjo lėčiau. Kitas būdas norint nustatyti dinaminį klampumą, tai lygiai taip pat prisipilti alyvą į skirtingas stiklines, tačiau šiuo atveju dar reikia dviejų metalinių stypų, kuriais alyva bus maišoma. Maišant alyvas tokiu pat greičiu atsiras skirtinga jėga, tai reiškia, kad alyvų klampa skiriasi, ir toje stiklinėje kur bus, didesnis pasipriešinimas maišant, bus ir didesnė alyvos klampa. Toliau bus aptartas vienas iš būdų kaip nustatoma alyvos klampa [17].

Vienas iš būdų nustatyti alyvos klampą – naudoti rotorinį viskozimetrą (1.6. pav.). Tam yra naudojamas stiklinis indas, į kurį pilama pasirinkta alyva, į alyvą merkiamas rotorius, pasirenkama norima temperatūra ir toliau paleidžiamas aparatas, rotorius sukasi alyvoje nustatyto sukimosi dažniu, tuo tarpu yra matuojamas ir sukimo momentas. Remiantis alyvos sukeliamu pasipriešinimu gaunami rezultatai, dėl to nustatoma alyvos klampa. Šiuo metodu nustatoma klampa išreiškiama tokiais vienetais: $mPa \cdot s$ SI vienetais. Šis metodas visuotinai vadinamas *Brookfield* metodu ir yra aprašyta pagal ASTM D2983 standartus [17].



1.6. pav. Rotorinis viskozimetras

1.6. Veiksniai, bloginantys alyvos kokybę

Alyvos kokybę, t. y. pastarosios darbingumo būklę, nusako fizikiniai-cheminiai rodikliai bei jos užterštumas įvairiomis priemaišomis. Priemaišos gali būti įvairios, dėl variklio aušinimo sistemos gedimo, į tepimo sistemą gali patekti aušinimo skysčio, dėl prastos arba nesandarios oro filtravimo sistemos į variklį – tepimo sistemą pakliūna dulkės, t. y. kietosios dalelės kurios yra labai pavojingos vidaus degimo variklio agregatams, kuriems yra būtinas idealus tepimas. Prie teršalų alyvoje prisideda nesudegęs kuras, deginių teršalai, t. y. suodžiai, variklio mazgų dilimo dalelės ir kt. 1.7 paveiksle yra pavyzdys, kaip atrodo vidaus degimo variklio vidus, kai alyva yra nekeičiama laiku [4].



1.7. pav. Stipriai užteršta alyva, užkemša alyvos paėmimo kanalus, rodykle pažymėtas alyvos paėmimo kalanas

Didėjant alyvos užterštumui, dėl nepageidaujamų priemaišų, taip pat didėja ir alyvos klampa. Pradelsus alyvos keitimo terminą, ima kimštis alyvos filtras ir po tam tikro laiko jis pradeda visai nefiltruoti alyvos, tokiu atveju alyvos užterštumas ima didėti labai greitai ir laikui bėgant variklis sugenda dėl užsikimšusių tepimo kanalų ir nepakankamo tepimo.

1.6.1. Alyvos klampa

Kaip jau anksčiau minėta alyvos klampa yra labai svarbi alyvos charakteristika kuri stipriai įtakoja tepimo savybes ir kokybę. Nuo jos priklauso tepimo plėvelės storis, slydimo guolių temperatūra, aušinamosios savybės ir kt. Yra nemažas sąrašas priežasčių, dėl kurių keičiasi alyvos klampa [8].

Klumpumo didėjimo priežastys:

- nepakankamas alyvos lygis variklyje;
- oksidacija. Tai procesas kuris priklauso nuo temperatūros, užterštumo bei sąlyčio su deguonimi;
- nitracija. Šis procesas labiau pasireiškia benzininiuose varikliuose su dujine įranga, dėl didelio kiekio NO_x;
- Sulfatinimas;
- suodžiai. Suodžių padidėjimo priežastimis gali tapti, kuro tiekimo, oro filtravimo, oro pripūtimo, ekologinių sistemų gedimai;
- užteršimas netirpiomis medžiagomis. Dažniausia priežastis netinkama, nesandari ar nekokybiška oro filtravimo sistema, dėl kurios nesandarumo patenka dulkės ir kitos kietosios dalelės;
- vanduo;
- alyvos maišymas su didesnės klampos alyva.

Klumpumo mažėjimo priežastys:

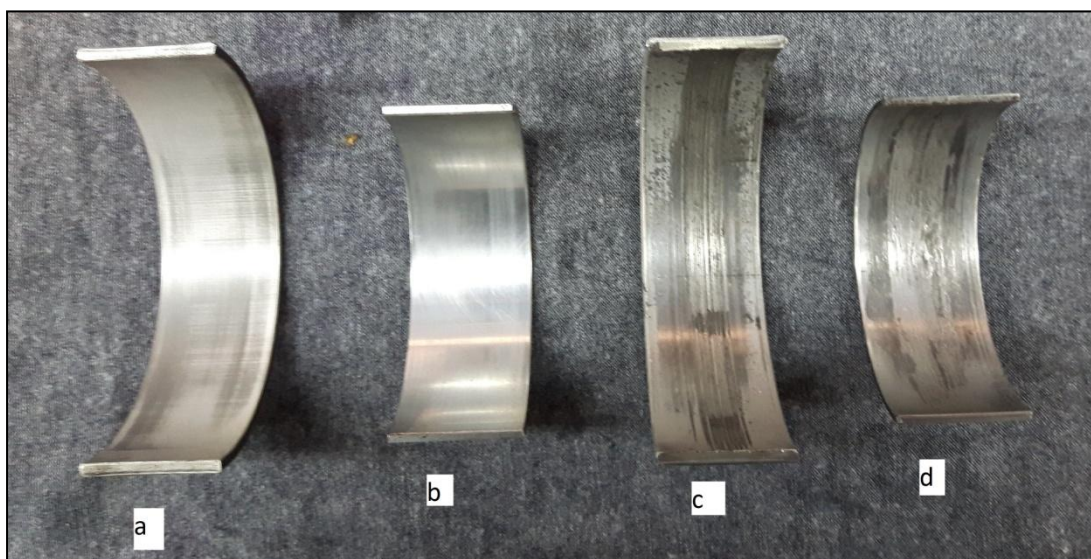
Pagrindinės priežastys, dėl kurių mažėja alyvos klampumas tai praskiedimas kuru arba aušinimo skysčiu. Kuras į alyvą gali patekti per cilindrų sieneles, dėl blogo – per daug riebaus kuro mišinio, kai darbo metu nespėja sudegti visas kuras. Aušinimo skystis gali patekti, dėl aušinimo sistemos nesandarumo tarp variklio galvutės ir cilindrų bloko, neretai pasitaiko atveju, kai variklio galvutėje atsiranda mikro įtrūkimų, per kuriuos aušinimo skystis patenka į alyvą. Žinoma mikro įtrūkimų gali atsirasti ir cilindrų bloke, tačiau toks atvejis rečiau pasitaiko [6, 8].

Kiekvienas gamintojas konstruodamas automobilius dažniausiai pasiūlo net po kelis ar keliolika skirtingų tipų, bei skirtingų konstrukcijų variklius. Atsižvelgiant į tai dažniausiai yra nurodoma ir alyvos klampa, kuri turi būti naudojama būtent tam varikliui. Variklių alyvas pagal klampą klasifikuoja Amerikos automobilių inžinierių sąjunga „SAE“ [11].

1.7. Lengvųjų automobilių vidaus degimo variklių gedimai, dėl alyvos nekokybiškumo, ar netinkamo tepimo

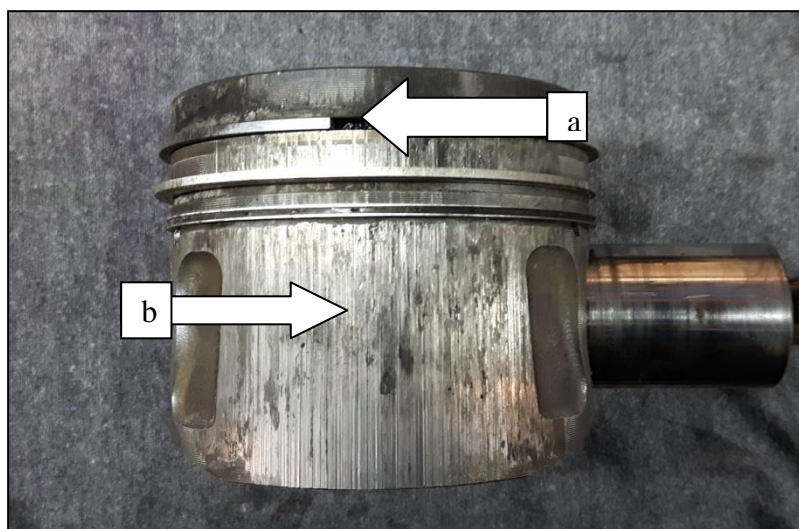
Ekspluatuojant automobilius pasitaiko vidaus degimo variklių gedimų. Dažnai sugenda tik tam tikri papildomi agregatai, tačiau neretai pasitaiko rimtų gedimų, dėl kurių transporto priemonės varikliui prireikia kapitalinio remonto. Didelės reikšmės variklio darbo resursams turi jo eksploatavimo sąlygos, tai yra darbo režimai, jų dažnas pasikeitimas. Ne paslaptis, kad eksploatuojant automobilį, kai darbo režimas yra sunkus, t. y. dažni stabdymai bei įsibėgėjimai, jo variklio resursai mažėja greičiau nei eksploatuojant nuolatinį režimą. Tai turi įtakos ir variklinės alyvos kokybei, važinėjant automobiliu trumpus atstumus, kai variklis nėra išilęs iki darbinės temperatūros, į alyvą patenka daugiau nešvarumų dėl riebesnio kuro mišinio ir pan.

Prastėjant alyvos kokybei ir didėjant jos užterštumui, eksploatuojant variklį, atsiranda intensyvesnis dilimas, o padidėjus dilimui padidėja ir dilimo dalelių, kurios taip pat teršia alyvą. Toliau eksploatuojant, alyvos filtras pradeda kimštis ir nepakankamai arba visai nevalo alyvos. Filtrui nefiltruojant alyvos, jos užterštumas ima sparčiai didėti. Alyvai praradus savo tepimo savybes pirmiausiai pradeda kaisti alkūninio veleno slydimo guoliai ir tarp jų pradeda plyšinėti alyvos plėvelė, todėl suardomas guolių frikcinis sluoksnis [6]. 1.8 paveiksle pavaizduota, kaip atrodo alkūninio veleno slydimo guoliai, dirbę nepakankamo tepimo režimu.



1.8. pav. Alkūninio veleno slydimo guoliai: a – geros būklės pagrindinis slydimo guolis, b – geros būklės švaistiklinis slydimo guolis, c – stipriai pažeistas pagrindinis slydimo guolis, d – stipriai pažeistas švaistiklinis slydimo guolis

Ekspluatuojant variklį su pažeistais slydimo guoliais, atsiranda pašaliniai garsai, vėliau slydimo guolių dilimo dalelės pradeda veikti kitus variklio mazgus, atsiranda neleistinas laisvumas tarp stūmoklio ir stūmoklio piršto, esant tokiam laisvumui, pradeda dilti cilindro sienelės, bei pačio stūmoklio sienelės, todėl variklis dažniausiai tiesiog užstringa. 1.9 paveiksle pavaizduota pastaroji situacija. Po tokio gedimo neretai variklis tampa neremontuojamas, arba tenka remontuoti cilindro gilzes. Norint išvengti tokių gedimų, rekomenduojama keičiant alyvą įsitikinti, ar alyva atitinka gamintojų nustatytus reikalavimus, bei keisti alyvą laiku, nepradelsus keitimo intervalo ribos.



1.9. pav. Pažeistas vidaus degimo variklio stūmoklis, a – nuodegos žiedo lizde; b – įbrėžimai

Dar vienas vidaus degimo variklio mazgas yra turbokompresorius. Neretai turbokompresorius yra įmontuotas variklio viršuje. Esant tokiai situacijai turbokompresoriaus tepimas gaunasi aukščiausiam taške, todėl bet koks alyvos slėgio pakitimas labai greit gali įtakoti ir pačio turbokompresoriaus darbą, kadangi turbinos ašelė sukasi labai dideliu sukimosi dažniu, o temperatūra irgi didelė, nes per ją praeina išmetamosios dujos. Esant užterštai alyvai ir kaip minėta labai dideliems sukimosi dažniams galime teigti, kad turbokompresorius gauna didžiausią poveikį. Išdilus turbinos ašelei per ją pradeda veržtis alyva, kuri patenka į įsiurbimo kanalą, kur toliau sudega kartu su kuro mišiniu. Galiausiai stipriai mažėja alyvos kiekis, kas įtakoja dar didesnę ir spartesnę jos užteršimą.

Apibendrinimas

Atlikus problematikos apžvalgą, buvo nustatyta pagrindinės variklinės alyvos savybės, sudėtis ir paskirtis bei apžvelgtos pasėkmės, kurios gali nutikti parenkant netinkamą, reikalavimų neatitinkančią alyvą. Yra nemažai variklių gedimų, kurių pobūdis ar priežastys yra netinkamas, nepakankamas tepimas dėl laiku nepakeistos, per daug užterštos alyvos naudojimo.

Norint nustatyti alyvos kokybę yra naudojama daug įvairių būdų. Apžvalgoje buvo išanalizuoti keturi populiarūs alyvos kokybės nustatymo būdai: keturių rutuliukų testas, alyvos oksidacijos tyrimo metodas, *timken* testas esant didelėms apkrovoms, bei alyvos klampos nustatymo būdas.

Tobulėjant technologijoms, bet mažėjant naftos ištekliams, alyvų bei automobilių gamintojai vis siekia didinant alyvos kokybę tuo pačiu didinti ir alyvos keitimo intervalą. Ne paslaptis, kad nemažai daliai šiuolaikinių automobilių suteikiamas intervalas siekia 50000 km ir daugiau. Tačiau neretai pasitaiko gedimų, kuriuos nulėmė nepakankamas tepimas. Kyla klausimas, ar gali alyva, su kuria automobilis nuvažiavo 40000 – 50000 km, būti tinkama naudojimui ir nedaryti žalos variklio mazgams. Žinome, kad eksploatuojant automobilį skirtingais darbo režimais, proporcingai yra paveikiama ir alyva, jei automobilis dažniau dirba didelėmis apkrovomis, tai ir alyvai tenka didesnė apkrova, todėl ji greičiau praranda savo tepimo bei kitas savybes. Galbūt eksploatuojant automobilį sunkesnėmis sąlygomis, turėtų būti trumpinamas intervalas, ar imtasi priemonių alyvos užterštumui mažinti, pvz., keisti filtrus keitimo intervalo tarpe.

2. TYRIMŲ METODIKA

2.1. Kietųjų dalelių alyvoje nustatymas

Kaip jau buvo minėta ankstesniuose skyriuose, alyva gali užsiteršti įvairiais būdais ir įvairiomis medžiagomis, kurios gali būti dylančių metalinių detalių dalelės, dulkės ar smėlis. Ištyrus šių dalelių kiekį automobilio variklinėje alyvoje, galime charakterizuoti oro filtravimo sistemos efektyvumą, bei nustatyti variklio dilimo pobūdį bei intensyvumą. Automobilio variklyje gali pasireikšti abrazyvinis, korozinis ir vandenilinis dilimai. Korozinis dilimas dažniausiai gali pasitaikyti alkūninio veleno pagrindiniuose bei švaistikliniuose slydimo guoliuose, pastarieji dažniausiai būna padengti antifrikciniu sluoksniu, kuris dažniausiai yra švino ir vario lydinys. Korozinis dilimas pasireiškia dėl alyvos oksidacijos.

Eksplatuojant automobilį, kaip ir ankščiau minėta, gamintojas yra nustatęs tam tikrą alyvos keitimo intervalą. Tačiau net ir keičiant alyvą laiku pasitaiko variklį ar jo mazgų gedimų dėl nepakankamo tepimo. Šio tyrimo metu bus akcentuojamas alyvos užteršimas kietosiomis dalelėmis.

2.1.1. Tyrimo metodas

Tyrimo eigoje bus tiriami penki automobiliai. Kad gauti kuo tikslesnius duomenis bei rezultatus, reikalinga, kad visi penki automobiliai būtų parinkti su vienodais vidaus degimo varikliais ir būtų eksploatuojami panašiomis sąlygomis, t.y. apkrovos ir darbo režimai būtų kuo panašesni. 2.1 lentelėje pateikta pasirinktų automobilių duomenys.

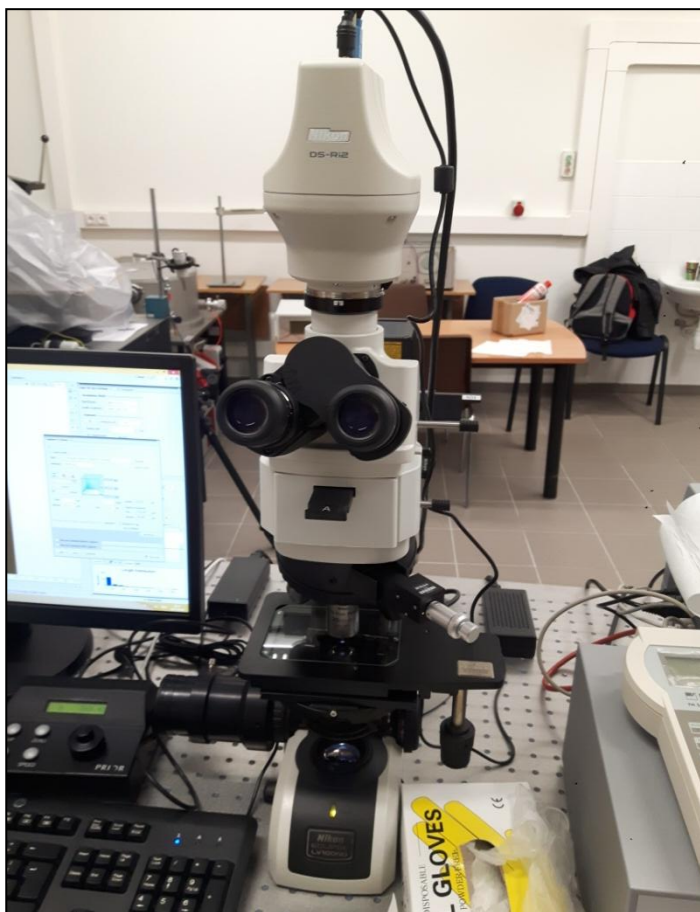
2.1. lentelė Tyrimams atlikti parinktų automobilių duomenys

Nr.	Automobilis	Pagaminimo metai	Variklio darbinis tūris, l	Variklio galia, kW	Alyvos keitimo intervalas, km
1.	Ford Transit	2013	2.2	103	50000
2.	Ford Transit	2013	2.2	103	50000
3.	Ford Transit	2012	2.2	103	50000
4.	Ford Transit	2014	2.2	103	50000
5.	Ford Transit	2012	2.2	103	50000

Automobilių gamintojai, kurių automobilių variklinė alyva bus tiriama, deklaruoja 50000 kilometrų alyvos keitimo intervalą. Lyginant su kai kuriais kitais lengvaisiais automobiliais, tai gana nemažas kiekis kilometrų, pavyzdžiui, automobiliui *Ford Focus*, su dyzeliniu vidaus degimo varikliu, skiriamas kur kas mažesnis – 20000 kilometrų intervalas, nors alyva rekomenduojama tos pačios specifikacijos. Dėl šios priežasties ir kyla klausimas – ar nėra per didelis kiekis kilometrų, skirtas automobiliui *Ford Transit*.

2.1.2 Naudojama įranga

Šiems tyrimams naudojamas mikroskopas *Nikon* (2.1. pav.), norint pamatyti kietąsias daleles alyvoje, buvo pasirinktas objektyvas – *Nikon TU Plan Fluor 20x/0.45 A.*, bei fotografijoms gauti buvo naudojamas fotoaparatas *Nikon DS-Ri2* su 16x megapikselių raiškos kamera.



2.1. pav. Mikroskopas *Nikon*

Fotografijoms apdoroti buvo naudojamas programinė įranga – *NIS-Elements D*. Šios programos pagalba, padarius tiriamo objekto nuotrauką, galima iš karto pamatuoti medžiagoje matomų objektų matmenis.

2.1.3. Tyrimų eiga

Tyrimui atlikti buvo renkami alyvos mėginiai iš penkių automobilių. Automobiliui atvykus atlikti techninį aptarnavimą, keičiant alyvą buvo paimama 40 ml., atidirbusios alyvos, kuri buvo saugiai patalpinta į sandarų mėgintuvėlį. Kai kuriuose šaltiniuose yra minima, kad alyvos filtras neretai užsiteršia greičiau nei ateina alyvos keitimo laikas ir alyva per apsauginį vožtuvą teka toliau nebefiltruojama, dėl šios priežasties užteršimas ima sparčiai didėti ir gali padaryti didelę žalą varikliui ar jo mazgams. Taigi nuspręsta padaryti eksperimentą ir eksploatuojant automobilį, įpusėjus alyvos keitimo intervalui (~25000 km.), nekeičiant pačios alyvos, pakeisti tik alyvos filtrą, tuo pačiu paimti atidirbusios alyvos mėginį, bei panaudotą filtrą, o suėjus 50000 km., vėl keičiama alyva ir imami mėginiai.

2.2. lentelė Alyvos mėginių ėmimo kilometražai

Automobilis	Mėginio nr.	Pravažiuota, km	
		Be filtro keitimo intervalo tarpe	Su filtro keitimu intervalo tarpe
Nr. 1	1	49000	
	6		48000
	11	20000	
Nr. 2	2	47500	
	7		49000
	12	22000	
Nr. 3	3	51500	
	8		50100
	13	24500	
Nr. 4	4	48650	
	9		47000
	14	23000	
Nr.5	5	47800	
	10		49000
	15	23400	

2.2. lentelėje pateikiama tvarka, kuria buvo imami alyvos ir filtrų mėginiai. Kadangi yra labai sunku sukontroliuoti tikslų alyvos mėginio ėmimo kilometražą, gaunama iki 3000 kilometrų paklaida. Tačiau atsižvelgus į tai, kad pilnas keitimo intervalas sudaro 50000 kilometrų, galima manyti, kad 3000 kilometrų neturės didelės įtakos. Alyvos ir alyvos filtrų mėginiai atitinka tą patį kilometrų kiekį, todėl ir žymėjimo skaičius yra tas pats.



2.2. pav Alyvos ir filtrų mėginiai

Atliekant bandymus ir eksploatuojant automobilius, buvo naudojama originali *Ford* kompanijos alyva, kuri atitinka automobilio variklio gamintojo nustatytus reikalavimus. Alyvos specifikacijos pateiktos 2.3 lentelėje.

2.3. lentelė Naudojamos variklinės alyvos specifikacijos

Alyvos pavadinimas	Alyvos klampa	Alyvos specifikacijos
Ford FORMULA <i>F</i>	SAE 5W-30	ACEA A5/B5 WSS-M2C913-C WSS-M2C913-B WSS-M2C913-A

Ši alyva tinka daugumai *Ford* automobilių. Tai pilnai sintetinė alyva, kuri pasižymi aukšta kokybe. Sumažina variklio mazgų trintį ir kuro suvartojimą. Pasižymi puikia variklio apsauga ir plovimo kokybe. Užtikrina optimalų variklio paleidimą esant žemai temperatūrai bei sumažina CO² išmetamųjų dujų kiekį [14].

2.2 Alyvos filtrų vizualinė analizė

Eksploatuojant automobilį, kaip jau anksčiau minėta, alyva laikui bėgant praranda savo veikliąsias medžiagas, jos klampa dažniausiai ima didėti, kadangi didėja užterštumas įvairiomis nepageidaujamomis priemaisomis. Šioje vietoje svarbus elementas yra alyvos filtras, nes visi nešvarumai, kietosios dalelės kaupiasi filtre, jo medžiagoje.

Filtrai dažniausiai turi apsauginį vožtuvą, kuris skirtas tam, kad jei filtras pradeda kimštis ir pro jį nebeprateka alyva, tam kad visai nenutraukti tepimo į variklio mazgus, atsidaro apsauginis vožtuvas ir praleidžia alyva tekėti toliau, tačiau ji tampa nebefiltruojama.

Ruošiantis tyrimams ir renkant informaciją, būsimiems tyrimams atlikti, buvo renkami panaudotų alyvos filtrų mėginiai. Tiriamų automobilių filtrai turi metalinį korpusą, taigi norint paimti filtro medžiagos mėginį, filtro korpusas buvo kerpamas specialiomis skardai kirpti žirkklėmis, kadangi naudojant kitas priemones, pvz., elektrinį pjaustytuvą su abrazyviniu diskeliu į filtrą patektų nepageidaujamų abrazyvinių priemaišų, kurios neleistų gauti tikslių rezultatų. Panaikinus filtro metalinį korpusą, buvo atkerpama po gabalėlį medžiagos, kuri vėliau sandariai patalpinama į indą, kur filtro medžiaga per tam tikrą laiką nusivarva.

2.3 Timken testas

Eksploatuojant automobilį alyvos kokybė. Alyvai prarandant savo veikliąsias medžiagas ir joje atsiradus priemaišų, padidėja ir darbinių paviršių dilimas. Šio tyrimo metu, bus analizuojami sukaupti atidirbusių alyvų mėginiai, kadangi tikslinga nustatyti, kokį skirtingą poveikį atlieka, tam tikrą kilometrų kiekį, atidirbusi alyva.

2.3.1 Naudojama įranga

Tyrimam atlikti bus naudojamas stendas dilimo nustatymui, kuris vyks esant skirtingų savybių alyvomis. Bandymui atlikti naudojamas *Timken* bandymų stendas. 2.4 paveiksle pavaizduotos stendo pagrindinės dalys.

Rezultatų matavimams naudotas mikrometras. Matavimo įrankio charakteristika pateikta 2.4 lentelėje.

2.4. lentelė Mikrometro matavimo charakteristikos

Prietaiso pavadinimas	Matavimo ribos, mm	Tikslumas, mm
Mikrometras	0 – 25	0,01



2.4. pav. Timken bandymų stendas, 1 – svirtis skirta apkrovai, 2 – bandinys, 3 – alyvos vonelė, 4 – elektros variklis, 5 – velenas, 6 – diržinė pavara

Kaip jau anksčiau minėta, šis stendas naudojamas norint analizuoti pasirinktos alyvos ar bandinio medžiagos savybes.

Veikimo principas:

Timken aparatas turi elektros variklį (4), kuris suka veleną (5) 800 aps/min dažniu. Pradedant bandymą, bandinys (2) yra įstatomas į svirtį, toliau alyvos vonelė (3) yra pripildoma analizuojamos alyvos ir aparatas paleidžiamas. Aparatui padirbus keliolika sekundžių ant svirties (1) uždedamas pasirinktas svoris ir toliau bandinys dilinamas pasirinktą laiką. Atliekant bandymus dažniausiai duodama pastovi apkrova bei pastovus dilinimo laikas. Po bandymų, bandiniai išimami iš svirties ir toliau tiriami kitais metodais.

2.3.2 Tyrimo metodas ir eiga

Buvo pagaminti bandiniai, kurie panaudoti tyrimų eigoje. Įstačius bandinį į testavimo stendą (2.4 pav.), alyvos vonelė pripildoma alyva. Aparatas paleidžiamas, kai dar neuždėta jokia apkrova, pasileidus stendui ant apkrovos svirties uždedama apkrova ir toliau pasirinktą laiką dilinamas bandinys. 2.5 paveiksle pavaizduota kaip išdyla bandinys su nauja, nenaudota alyva, jį testuojant 7 minutes.



2.5. pav. Bandinys, po 7 minučių dilinimo

Atliekant tolimesnius bandymus, buvo nusistatytas vieno bandinio dilinimo laikas ir apkrova. Norint gauti tikslus parodymus, reikalinga, kad su visais bandiniais bei skirtingais alyvų mėginiais būtų išlaikyta ta pati apkrova bei dilinimo laikas. Bandymo tvarka pateikta 2.5. lentelėje.

2.5. lentelė Bandymų metu naudojamos apkrovos ir laikas

Bandinio Nr.	Alyvos mėginio Nr.	Apkrova, kg	Dilimo laikas, min
1	1	2,5	7
2	2	2,5	7
3	3	2,5	7
4	4	2,5	7
5	5	2,5	7
6	6	2,5	7
7	7	2,5	7
8	8	2,5	7
9	9	2,5	7
10	10	2,5	7
11	11	2,5	7
12	12	2,5	7
13	13	2,5	7
14	14	2,5	7
15	15	2,5	7

Kad gauti tikslus matavimus, reikalinga pritaikyti matavimo metodą, kuriuo būtų tiksliai išmatuota, tam pasirinktas guolio riedmuo, kuris gerai prilgustų prie išdilusio paviršiaus. Matavimo metodas pavaizduotas 2.6 paveiksle.



2.6. pav. Atliekamas bandinio išdilimo matavimas

Pradedant bandymus, pirmiausiai bandinys buvo dilinamas su švaria neeksploatuota alyva, išmatuojamas išdilimas ir vėliau, tyrimo eigoje, rezultatai bus lyginami su eksploatuotomis alyvomis.

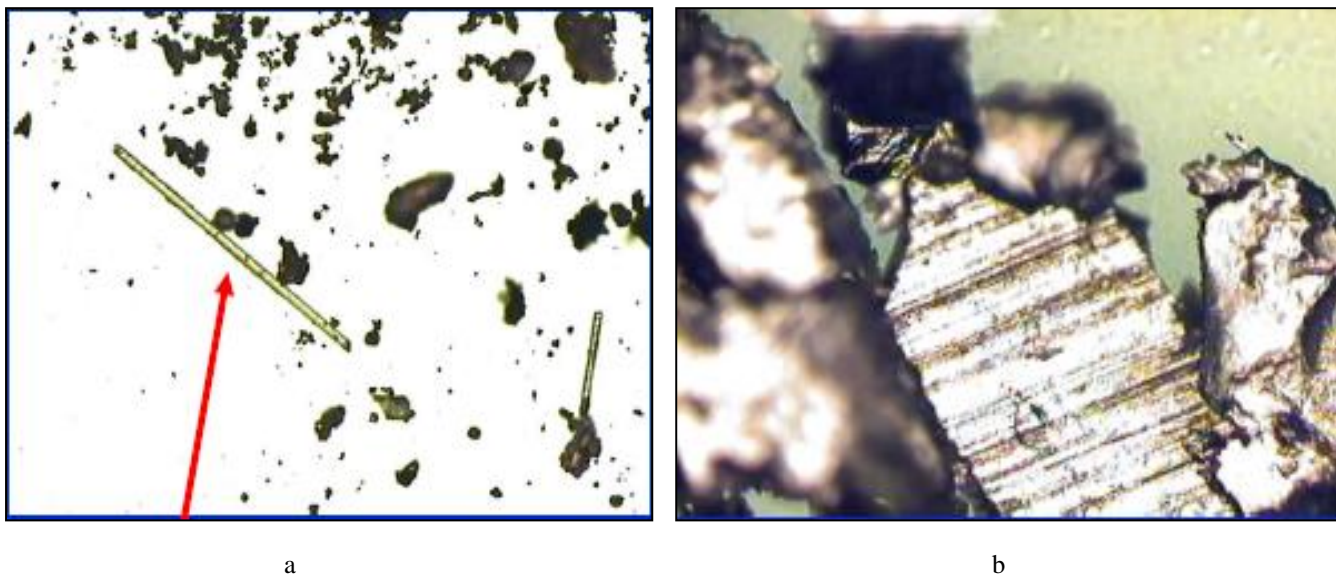
Po kiekvieno bandymo buvo keičiamas kitas alyvos mėginys, alyvos vonelė buvo išplaunama su specialiu alyvą ir riebalus plaunančiu skysčiu, kad neliktų nepageidaujamų priemaišų, nes dilinant bandinį, jo dilimo dalelės kaupiasi alyvoje, dėl ko vėliau blogėja alyvos tepimo savybės.

3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

3.1. Kietųjų dalelių alyvoje nustatymas

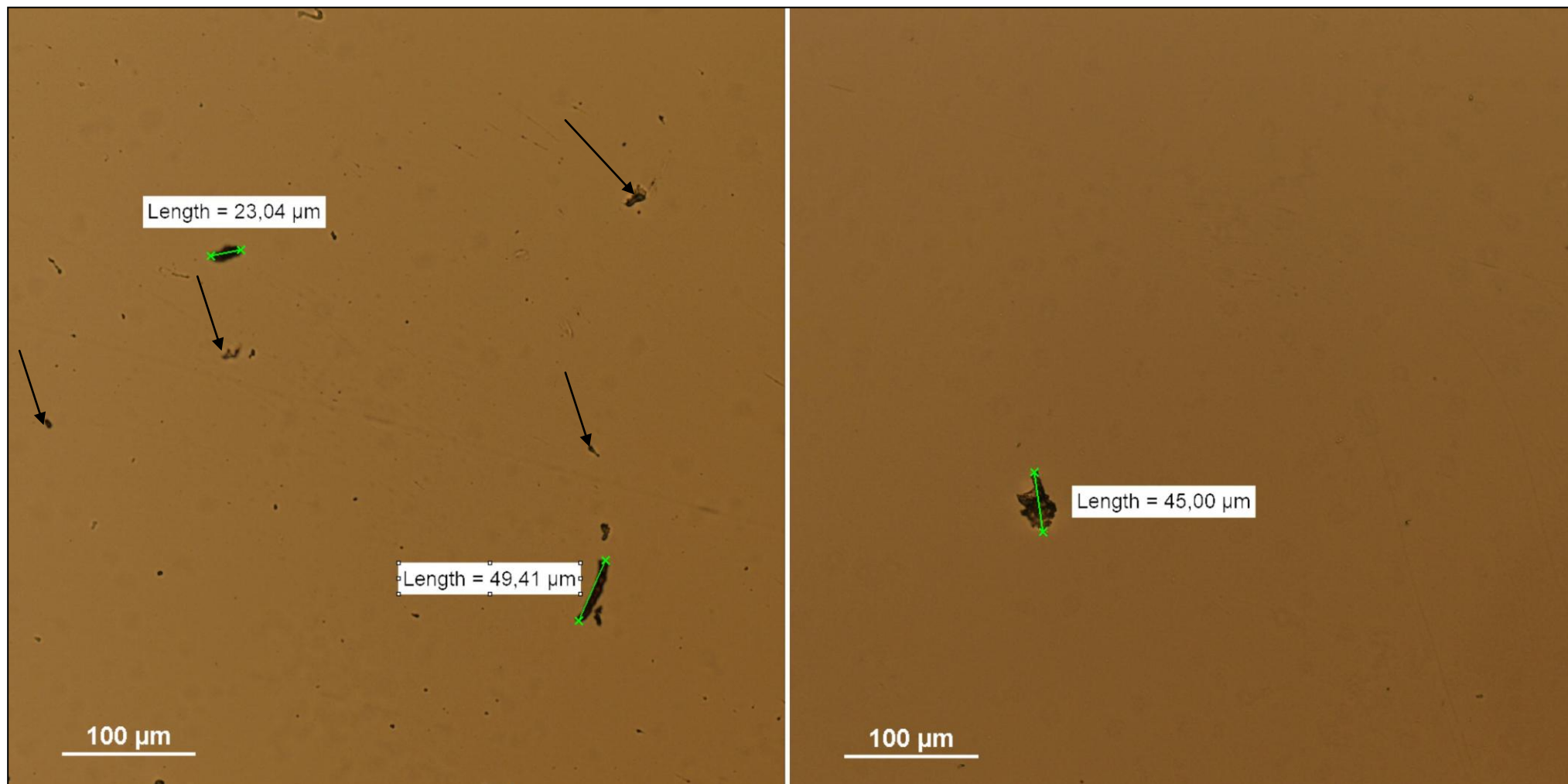
Surinkus visus alyvos mėginius, toliau jie tyrinėjami mikroskopu, šiuo bandymu norima nustatyti, kaip kinta alyvos užterštumas keičiantis pravažiuotam kilometrų kiekiui. Tyrinėjant alyvos mėginius mikroskopu, didžiausias dėmesys bus skirtas kietosioms dalelėmis ir jų kiekiui alyvoje. Atlikus visų mėginių mikroskopinę analizę, bus lyginami rezultatai norint patikrinti, ar pasikeičia alyvos užterštumas pakeitus alyvos filtrą alyvos keitimo intervalo viduryje.

Vertinant mikroskopu rastų objektų pobūdį, buvo remtasi jau atliktais panašiais tyrimais, kuriuose išsamiai aprašyta kiekvieno objekto charakteristikos. Straipsniuose aprašyta, kaip pagal objekto formą, spalvą, paviršiaus stuktūrą bei matmenis galima dalinai spręsti, kokios medžiagos dalelė yra, taip pat galima nuspręsti, pagal paviršiaus profilį, kokio pobūdžio gali vyrauti dilimas.

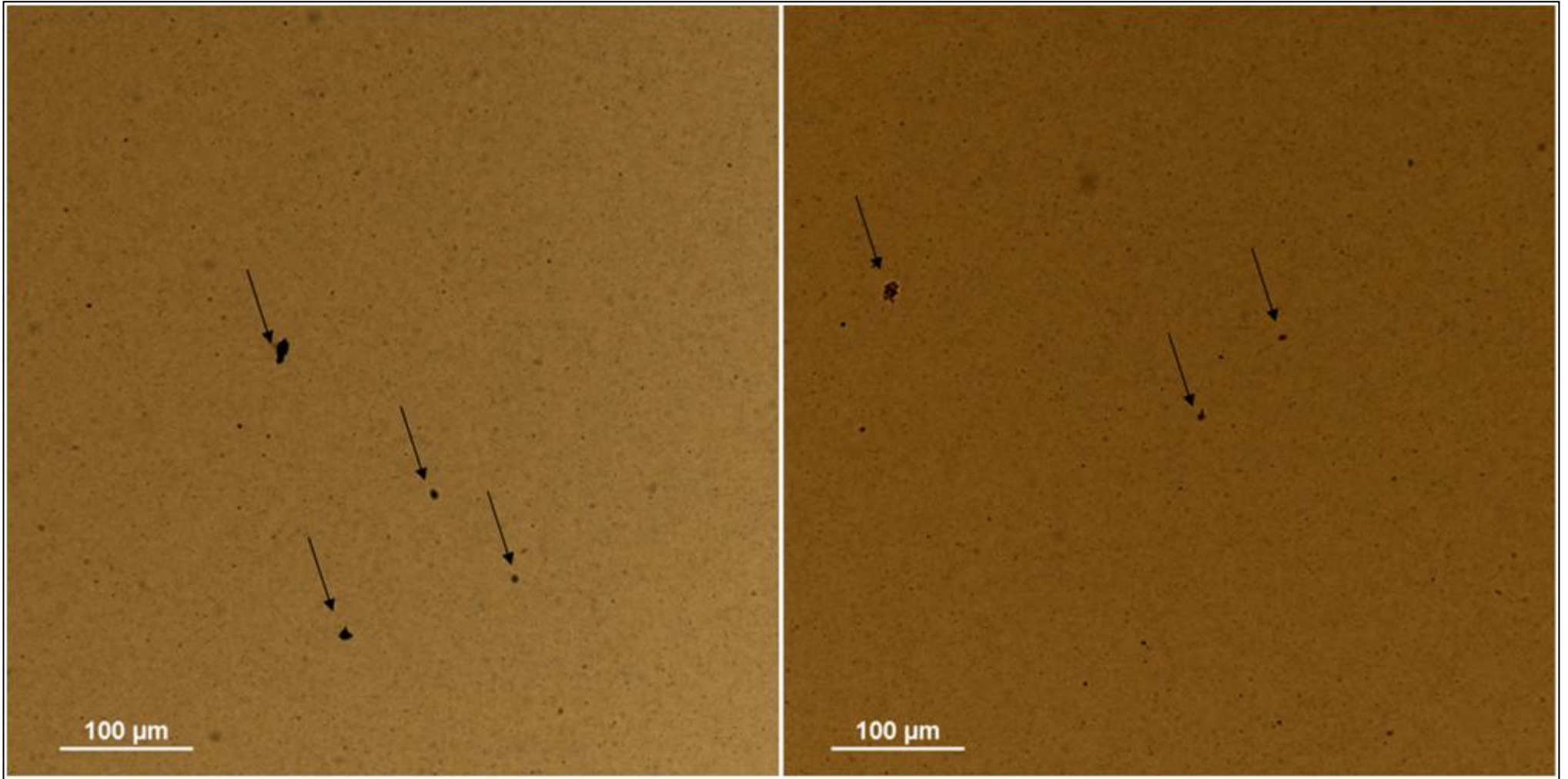


3.1. pav. a – Naudotos variklinės alyvos mikroskopinė nuotrauka (200x) [18], b – Dilimo dalelės paviršiaus profilis (1000x) [18]

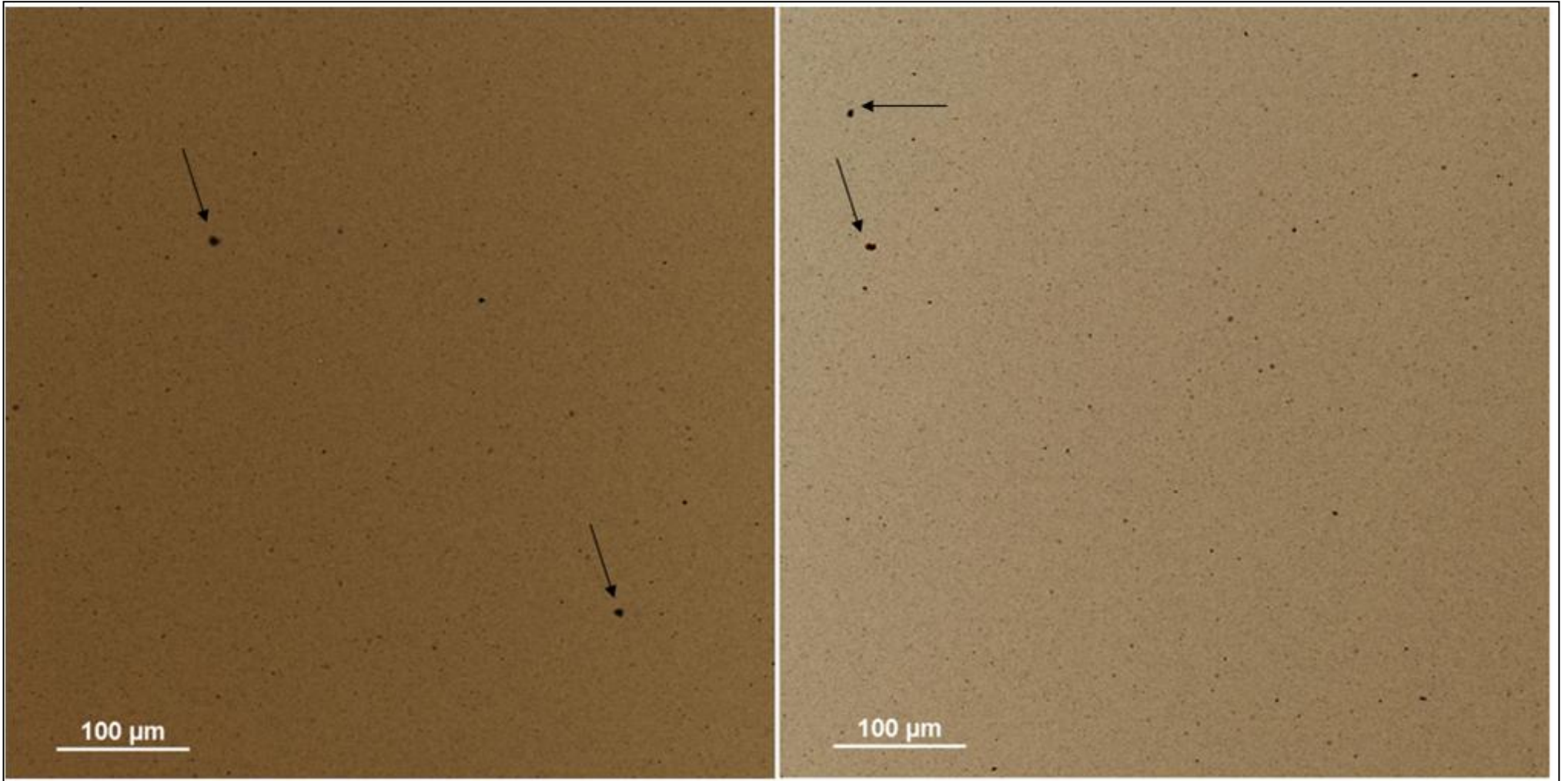
3.1. paveiksle a pavaizduota alyva, kurioje matomos nepageidautinos dalelės. b paveiksle pavaizduotas dilimo dalelės paviršius, jame matomos dilimo žymės, t.y., išilginiai įbrėžimai, iš kurių galima spręsti, kad ši dalelė galimai gali būti cilindro sienelių atplaiša arba iš ten, kur vyrauja slydimo tintis [18, 19]. Tyrinėjant mėginius ir norint tiksliau nusakyti alyvos užterštumo pobūdį, buvo atliekamos dvi fotografijos kiekvienam mėginiui.



3.2. pav. Alyva Nr. 1 (49000 km.)



3.3. pav. Alyva Nr. 6 (48000 km.)



3.4. Alyva Nr. 11 (20000 km.)

Aukščiau pateiktuose paveiksluose (3.2, 3.3, 3.4) pateikta pirmo automobilio alyvos mėginiai, padidinti 200 kartų. Atliekant mikroskopinių nuotraukų analizę ir tyrinėjant aptiktus objektus, didesnės nei 10µm dalelės buvo išmatuotos ir pažymėtos nuotraukose, kitos, mažesnės matomos dalelės, pažymėtos rodyklėmis.

Tyrinėjant mikroskopines nuotraukas ir jose matomus objektus, nustatyta, kad pagal matmenis didžiausios ir daugiausiai dalelių pastebėta pirmose penkiose fotografijose, kurios buvo padarytos su alyva, atidirbusia maždaug po 50000 km. Pirmame mėginyje (3.2 pav.) aptiktų didžiausių dalelių matmenys siekė 49µm ir 45µm. Lyginant pirmus penkis mėginius, dalelių kiekis ir matmenys yra labai panašūs, tačiau didžiausios dalelės aptiktos ketvirtajame mėginyje (žr. priedą), kuriame didžiausia dalelė siekia beveik 150µm. Pagal šių objektų matmenis ir formą, remiantis šaltiniais - [18, 19], galima teigti, kad tai yra metalo drožlė, kuri gali būti atsiradusi dėl medžiagos nuovargio ir detalių trinties. Atsižvelgiant į tai, kad tokio dydžio dalelės neprateka pro filtro medžiagą, t.y alyvos filtras jas sulaiko, galima teigti, kad alyvos filtras ne pilnu pajėgumu filtravo alyvą, kitaip tariant, dalis alyvos pratekėdavo filtruojama, o dalis pratekėdavo per apsauginį vožtuvą, dėl to, kad filtras jau buvo pradėjęs kimštis. Toliau tyrinėjant pirmus penkis mėginius pastebėta, kad pagal dalelių kiekį alyvoje, daugiausiai jų matoma trečiajame mėginyje. Teoriškai tai yra normalu, kad šioje alyvoje aptikta daugiausiai teršalų, kadangi ši alyva, buvo eksploatuojama 51500 km, tai yra daugiausiai iš visų rinktų alyvos mėginių.

Tyrinėjant mėginius 6, 7, 8, 9, 10 (žr. priedą), kurie atitarnavo taip pat maždaug po 50000 km, tačiau ties 25000 km riba, buvo pakeistas alyvos filtras, matomas skirtumas lyginant su pirmais penkiais mėginiais. Šiuose alyvos mėginiuose pastebima šiek tiek mažiau pašalinių objektų, be to didžiausia aptikta dalelė siekia tik 20µm, tai kelis kartus mažesnės dalelės, nei aptiktos pirmuose mėginiuose. 6, 7, 8, 10 alyvos mėginiuose pastebimi neryškūs juodi taškeliai, tai - suodžiai [20].

Mėginiuose, kurių kilometražas iki 25000 km (11, 12, 13, 14, 15) (žr. priedą), pastebimos dalelės siekia tik iki 10µm, lyginant su pirmaisiais dešimt alyvos mėginių, šiuose pašalinių objektų matoma mažiausiai. Daugiausiai pastebimas suodžių požymis, bei smulkios dalelės, kurių formą ir matmenis sunku įžiūrėti.

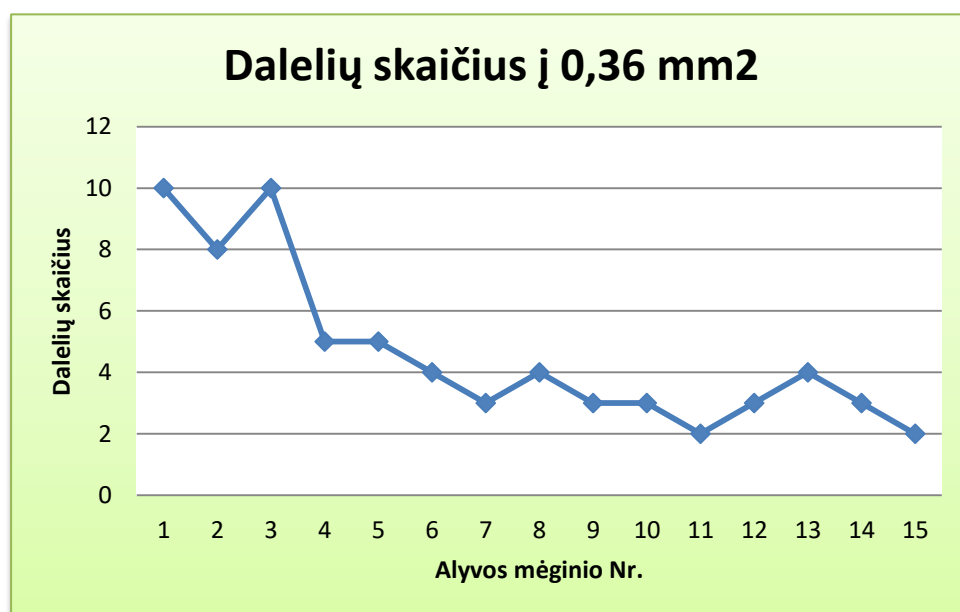
Toliau buvo sudaryta 3.1. lentelė, kurioje aprašoma dalelių, didesnių nei 5µm, skaičius, tenkantis 0,36 mm² tyrinėjam alyvos tepinėlio plotui.

3.1. lentelė Dalelių kiekis 0,36 mm² alyvos plote

Alyvos mėginio numeris	Pravažiuota kilometrų	Dalelių skaičius į 0,36 mm ²
1	49000	10
2	47500	8
3	51500	10
4	48650	5

5	47800	5
6	48000	4
7	49000	3
8	50100	4
9	47000	3
10	49000	3
11	20000	2
12	22000	3
13	24500	4
14	23000	3
15	23400	2

Iš 3.1. lentelės matoma, kaip pasiskirsto dalelių kiekis $0,36 \text{ mm}^2$ plote. Daugiausiai dalelių suskaičiuota pirmame ir trečiame alyvos mėginiuose, kaip matoma tai daugiausiai kilometrų atitarnavusi alyva.



3.5. pav. Dalelių skaičius tenkantis $0,36 \text{ mm}^2$ plotui

Apibendrinimas

Išanalizavus visus alyvos mėginius, lyginant pagal kilometražą, labiausiai užteršti ir daugiausiai pašalinių objektų rasta pirmuose penkiuose mėginiuose, kur alyvos eksploatavimo laikas siekia 50000 kilometrų. Šiuo atveju, alyva stipriai užteršta, alyvos filtras neefektyviai filtruoja alyvą,

variklio mazgai su labiau užteršta alyva dyla greičiau, ko pasekoje, užterštumas didėja daug sparčiau, nei esant švariai alyvai.

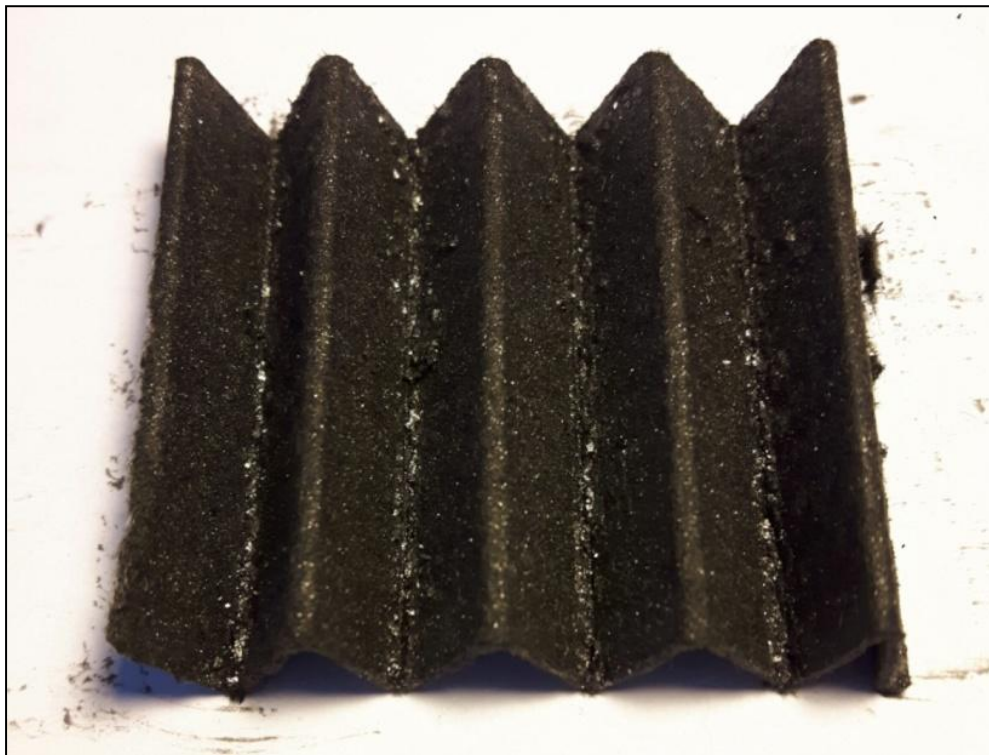
Po analizės matome, kad švariausia alyva yra ta, kuri buvo eksploatuojama apie 25000 km, šioje alyvoje, nebuvo pastebėta ryškių objektų, kurie galėtų kelti didelę grėsmę vidaus degimo variklio mazgams. Galime teigti, kad alyvos filtras ir visa filtravimo sistema, gerai filtruoja alyvą, filtras neužsikimšęs ir efektyviai veikia.

Atlikus eksperimentą ir pakeitus alyvos filtrą, alyvos keitimo intervalo viduryje, po mikroskopinės analizės matoma, kad dalelių kiekis ir matmenys yra daug mažesni, nei pilną intervalą atitarnavusios alyvos mėginiuose. Galime teigti, kad keisti alyvos filtrą intervalo intarpe yra efektyvu ir tikslinga, kadangi matomas ryškus skirtumas.

3.2. Alyvos filtrų vizualinė analizė, rezultatų aptarimas

Surinkus visus mėginius, toliau jie kruopščiai analizuojami vizualiai. Filtrų mėginiai buvo imami trimis etapais. Pirmasis etapas, kai automobilis pravažiuoja maždaug 25000 kilometrų, antrasis etapas, kai pravažiuojamas maksimalus leistinas kilometrų kiekis, t.y., 50000 kilometrų ir trečiasis etapas, kai automobilis pravažiuoja maksimalų leistiną kilometrų kiekį, tačiau filtras būna atitarnavęs tik pusę intervalo kiekio, t.y., maždaug ties 25000 kilometrų riba būna pakeistas tik alyvos filtras.

Atlikus vizualinę analizę nustatyta, kad labiausiai užterštas, buvo filtro mėginys Nr. 3., (3.6 pav) kai automobilis pravažiavo 51500 kilometrų.



3.6 pav. Alyvos filtro medžiagos mėginys – Nr.3

Išanalizavus filtro skiautės paviršių, matoma daugybė dilimo dalelių, iš to galima teigti, kad kai kurie automobilio mazgai gali būti pažeisti ir sparčiai dyla. Prie visų teršalų pastebėta ir plastmasinių kompozitų dalelių, tai reiškia jog stipriai dyla paskirstymo grandinės šliaužikliai bei tempikliai, kadangi tai vienintelis mazgas variklyje, kuriame yra detalės pagamintos būtent iš tokios medžiagos, kuri buvo aptikta alyvos filtre. Be minėtų dalelių, filtro medžiagoje dar pastebėta nemažai nuodegų gabalėlių, kurios taip pat stipriai kemša alyvos filtrą ir blogina alyvos filtravimo kokybę.

Toliau analizuojant filtrų mėginius buvo nustatytas mažiausiai užterštas filtras – Nr. 12, (3.7. pav.)

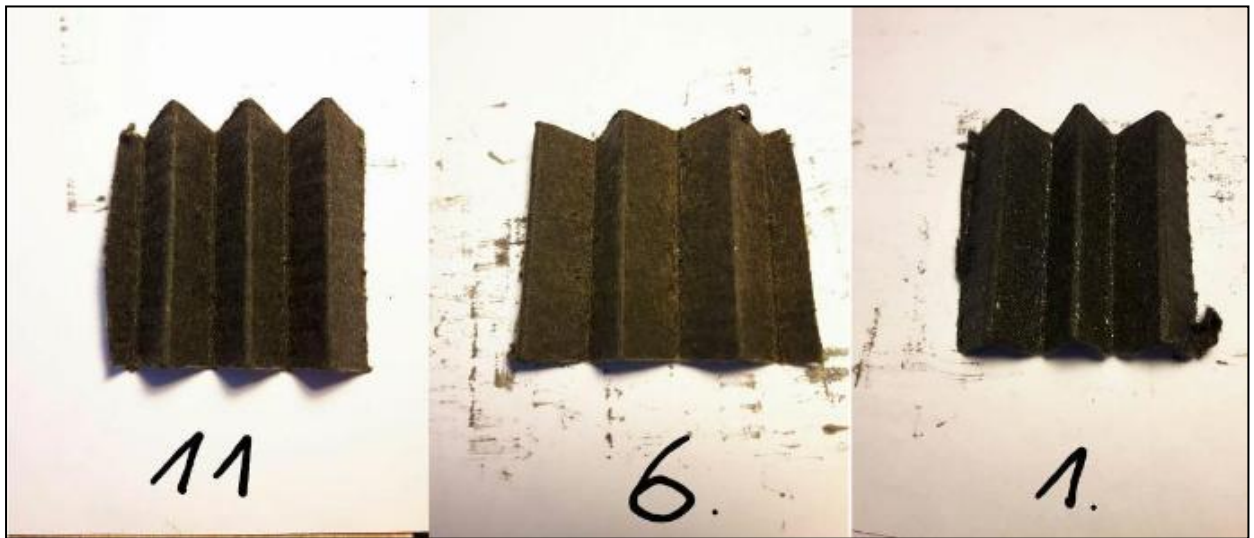


3.7. pav. Alyvos filtro medžiagos mėginys Nr. 12

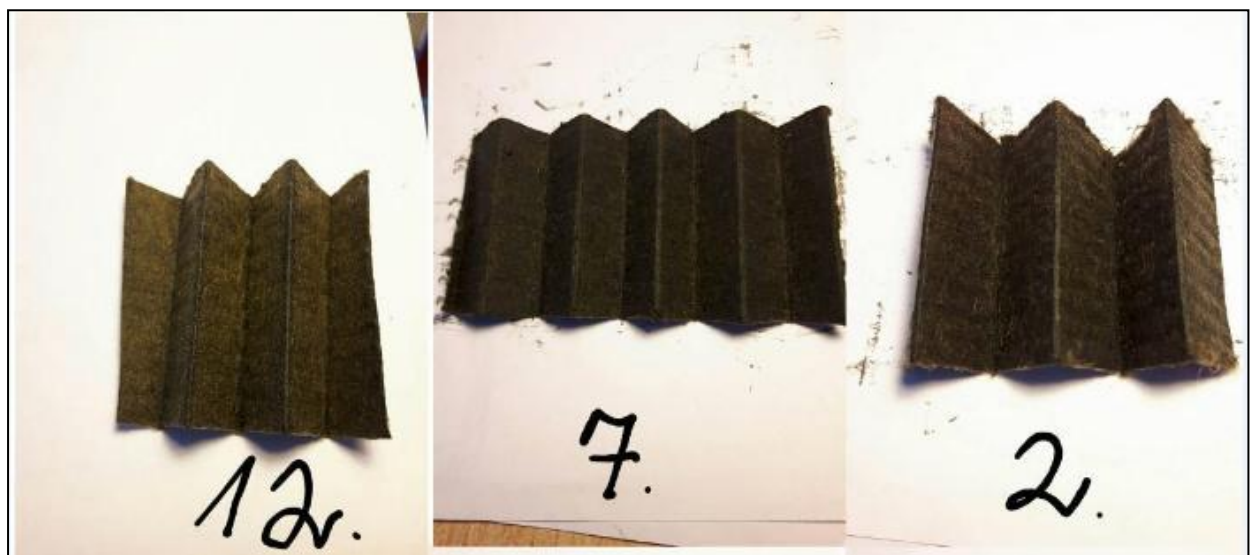
Analizuojant filtro mėginį Nr. 12 pastebėta tik nuodegų dalelių. Kadangi nepastebėta metalo dilimo dalelių galima teigti, kad variklio darbiniai paviršiai yra tvarkingi, ir jo darbo metu nevyrauja abrazyvinis dilimas.

Atsižvelgiant į alyvos filtro medžiagos spalvą ir lyginant su labiausiai užteršto filtro medžiaga, galima teigti, kad mažiau užteršto filtro spalva yra žymiai šviesesnė, taigi tai reiškia, kad ir alyva yra mažiau užteršta nuodegomis ir suodžiais. Esant tokiai filtro būsenai galime daryti išvadą, kad jis puikiai atlieka savo paskirtį, nėra užsikimšęs ir filtruoja alyvą efektyviai.

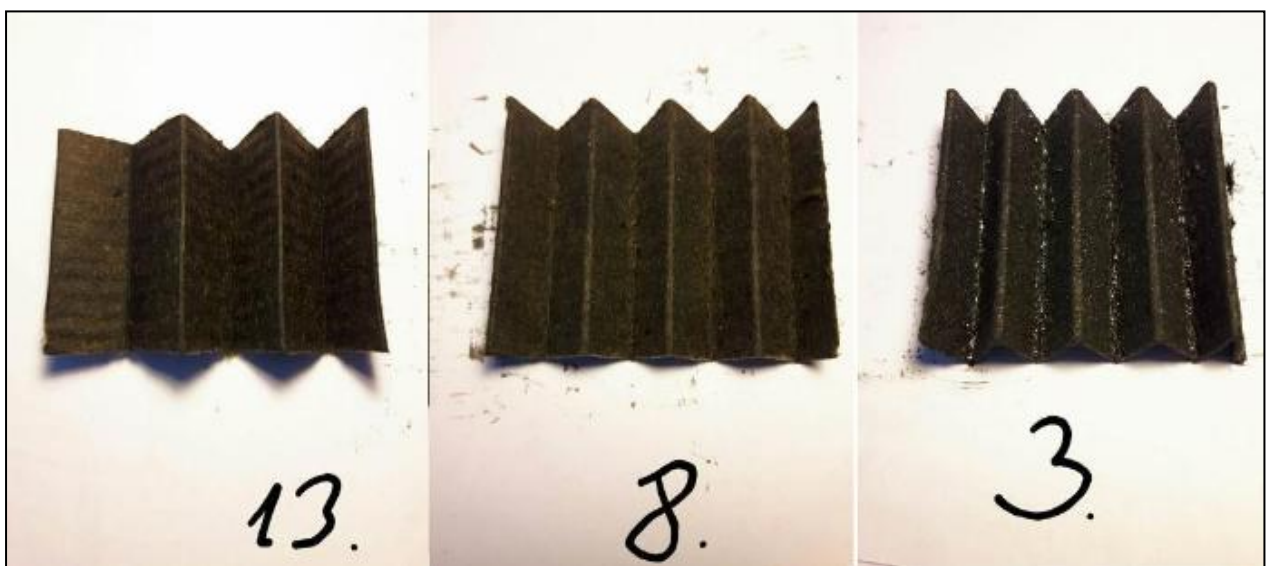
Filtrai, kurie buvo imami po 50000 kilometrų, tačiau įmontuoti ties 25000 kilometrų riba, yra daug švaresni nei tie, su kuriais buvo pravažiuotas pilnas keitimo intervalas, bet labiau užteršti nei tie, kurie atitarnavo pirmus 25000 kilometrų. Taigi, galime daryti išvadą, kad po kurio laiko, net ir pakeitus filtrą, alyva jau būna praradusi dalį veikliųjų medžiagų, ko pasekoje, atsiranda šiek tiek didesnis dilimas ir alyva tampa labiau užteršta.



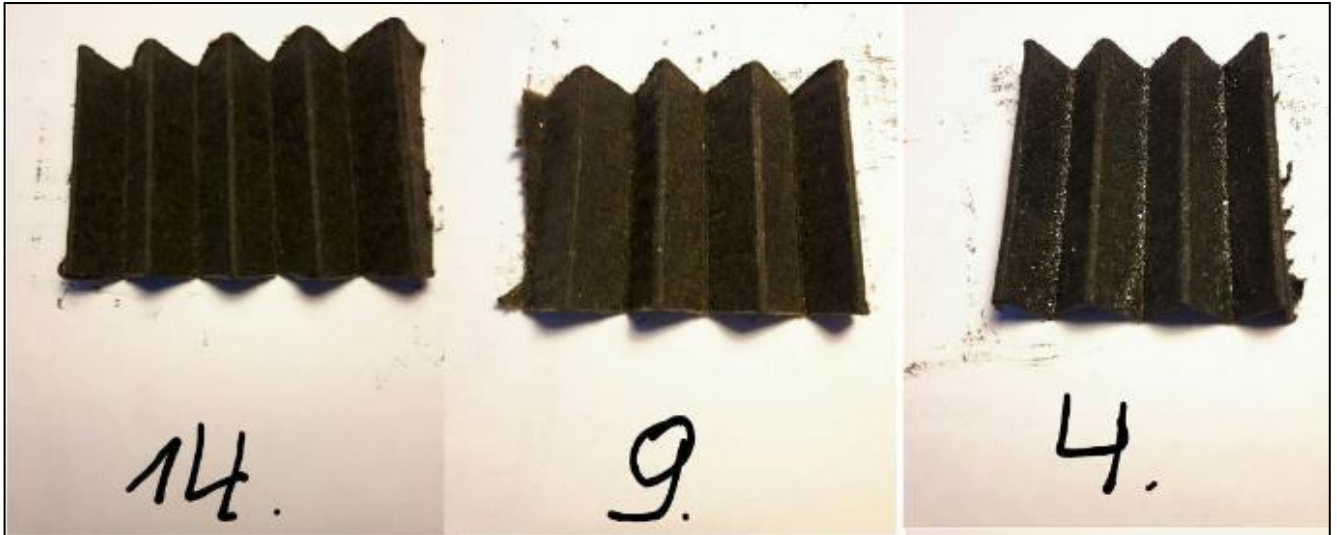
3.8. pav. Automobilio Nr. 1 alyvos filtrų mėginiai



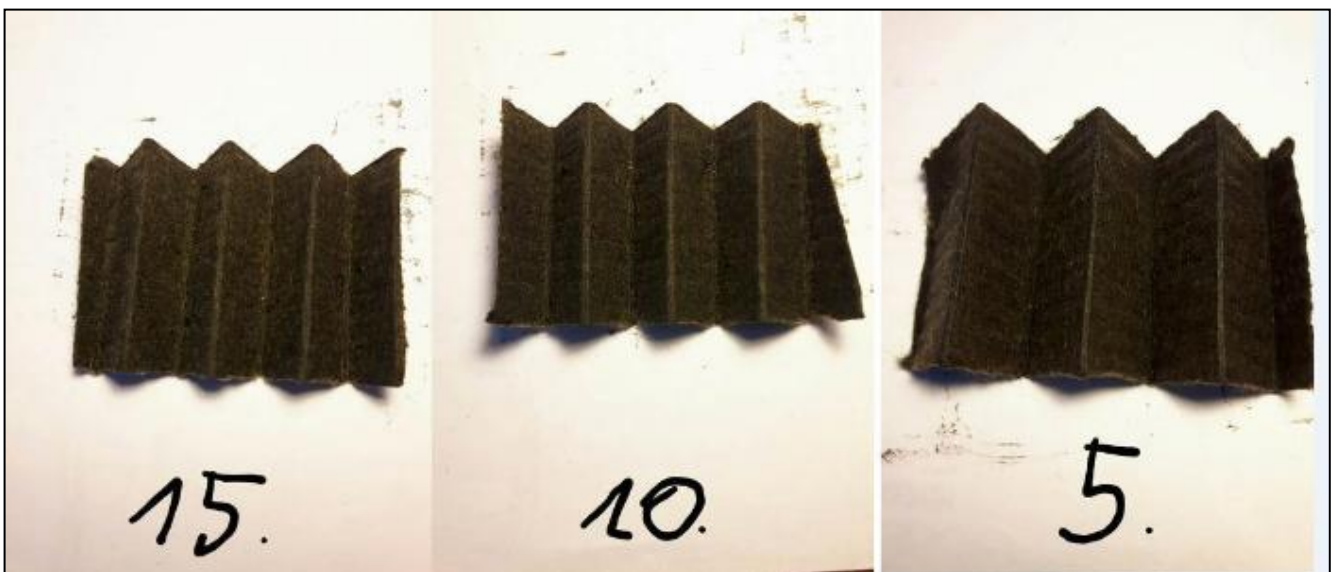
3.9. pav. Automobilio Nr. 2 alyvos filtrų mėginiai



3.10. pav. Automobilio Nr. 3 alyvos filtrų mėginiai



3.11. pav. Automobilio Nr. 4 alyvos filtrų mėginiai



3.12. pav. Automobilio Nr. 5 alyvos filtrų mėginiai

Taigi darome išvadą, kad keičiant filtrą alyvos keitimo intervale, padidiname alyvos filtravimo efektyvumą ir sumažiname užterštumą, nors ir alyva bet koku atveju praranda dalį savo savybių, tačiau sumažiname riziką atsirasti dilimui dėl abrazyvinių dalelių. Kadangi filtro būklė, aptikta variklyje, kuris pravažiavo apytiksliai 50000 kilometrų, buvo prasta, ir jo filtravimo efektyvumas buvo stipriai sumažėjas.

3.3 Timken testas

Pirmiausiai bandinys išbandomas su nauja alyva, rezultatai pateikti 3.3. lentelėje

3.3. lentelė Išdilimo rezultatai naudojant naują, nenaudotą alyvą

Alyvos mėginys	Bandinio skersmuo, mm	Matavimo rezultatas po dilinimo, mm	Išdilimas, mm
Nauja alyva	12,15	11,97	0,18

Atlikus eksperimentą su visais bandiniais ir visais alyvos mėginiais, bandinių išdilimas matuojamas mikrometru. Matavimų rezultatai pateikiami 3.4 lentelėje.

3.4. lentelė Išdilimų rezultatai

Bandinio nr	Bandinio skersmuo, mm	Matavimo rezultatas po dilinimo, mm	Išdilimas, mm
1	12,16	11,51	0,65
2	12,12	11,53	0,59
3	12,17	11,35	0,82
4	12,15	11,49	0,66
5	11,93	11,25	0,70
6	11,98	11,20	0,69
7	12,14	11,98	0,16
8	11,42	11,23	0,19
9	12,17	11,53	0,64
10	11,93	11,23	0,70
11	11,95	11,39	0,56
12	12,18	12,00	0,18
13	12,13	11,97	0,16
14	12,14	12,01	0,13
15	12,19	11,53	0,66

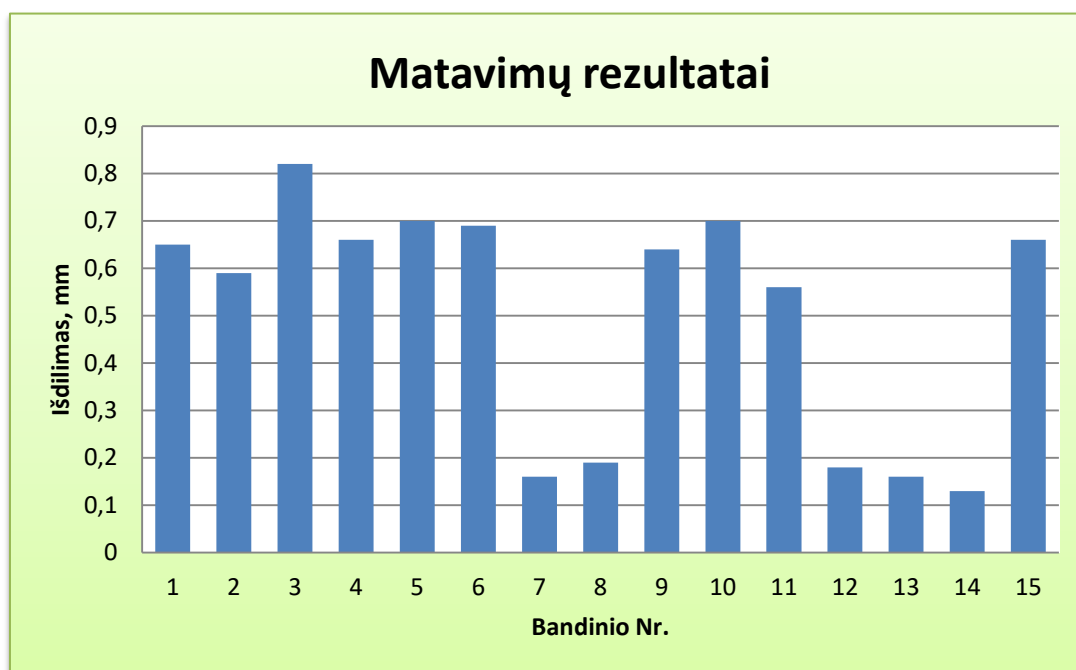
Atlikus matavimus ir palyginus išdilimus, kurie buvo atlikti su nauja alyva ir su eksploatuotomis alyvomis, matoma, kad išdilimai su visą intervalo laiką eksploatuotomis alyvomis yra žymiai didesni nei išdilimai su nauja alyva, nes su nauja alyva bandinys išdilo 0,18 mm, o su apytiksliai 50000 kilometrų atidirusia alyva išdilimo vidurkis siekia – 0,684 mm, tai daugiau nei tris kartus didesnis išdilimas. Išvedus vidurkį išdilimų, kurie buvo gauti naudojant alyvą, kuri tarnavo apie 50000 kilometrų, tačiau ties 25000 kilometrų buvo pakeistas tik alyvos filtras vidutinis išdilimas siekia

0,476 mm, tai šiek tiek daugiau nei du kartus didesnis išdilimas lyginant su naujos alyvos išdilimo padariniais.

Galime daryti prielaidą, kad alyvos keitimo intervalo intarpe pakeistas alyvos filtras pagerina alyvos tepimo savybes intervalo pabaigoje. Paskaičiavus vidurkį išdilimų, kurie buvo atlikti naudojant mažiausiai atidirbusią alyvą, t.y., apie 25000 kilometrų, vidurkis siekia 0,338 mm, tai nepilnai du kartus didesnis išdilimas nei su nauja alyva. Kai kurie išdilimai buvo netgi mažesni arba lygūs su išdilimais gautais naudojant švarią alyvą. Pavyzdžiui 12, 13, 14 bandiniai buvo išdilo 0,18 mm, 0,16mm, 0,13 mm, o tai beveik tiek pat kaip ir su nauja alyva. 11, 12 bandiniai išdilo daug daugiau, tačiau tai galėjo įtakoti ir pačio vidaus degimo variklio būklė.

Lyginant visus rezultatus galime teigti, kad alyva atitarnavusi 25000 kilometrų, dar nebūna praradusi savo tepimo savybių, kadangi išdilimai beveik tokie patys kaip ir išdilimai atlikti su nauja alyva.

Iš gautų rezultatų buvo sudarytas grafikas (3.1. pav.), iš kurio matome, mažiausius, bei didžiausius išdilimus.

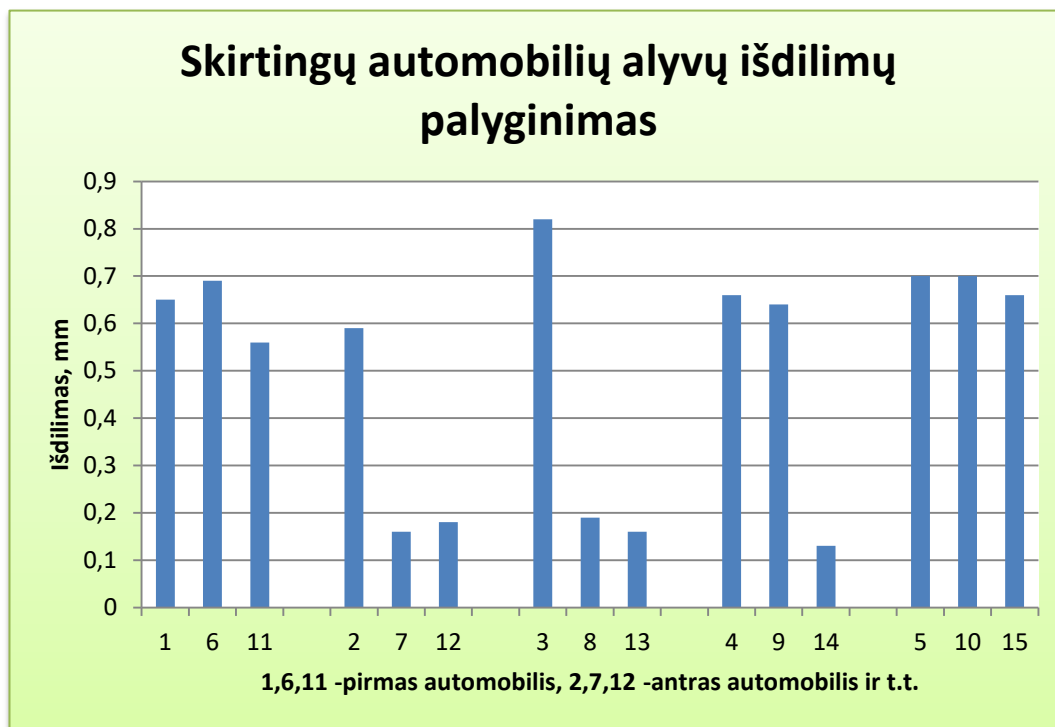


3.1. pav. Matavimų rezultatai

Analizuojant gautus rezultatus matome, kad mažiausiai – 0,13 mm išdilo 14-tas bandinys, o daugiausiai – 0,82 mm, kaip ir tikėtasi 3-čias bandinys. Pastarasis buvo testuojamas su alyva, kuri buvo eksploatuojama 51500 kilometrų, analizuojant alyvos filtrą, kuris buvo paimtas kartu su ta pačia alyva, iš to paties automobilio, nustatėme, kad jis buvo labiausiai užterštas ir tikėtina, kad jo filtravimo efektyvumas buvo mažiausias lyginant su visais kitais. Taigi, prie viso to gavome ir didžiausią išdilimą.

Galime teigti, kad alyva, kuri buvo eksploatuojama 51500 kilometrų lyginant su kitomis buvo labiausiai užteršta ir turėjo mažiausiai veikliųjų medžiagų.

Atsižvelgus į tai, kad alyvos mėginiai buvo imami trimis etapais, paanalizavus rezultatus matome, kad mažiausi išdilimai yra gauti su alyva, kuri buvo eksploatuojama tik puse leistino kilometrų kiekio, o didžiausi, kai alyva eksploatuojama visą leistiną intervalą, t.y., apie 50000 kilometrų.



3.2. pav. Pirmo, antro, trečio, ketvirto ir penkto automobilių alyvų dilimo bandymų palyginimas

3.2. paveiksle pavaizduota visų penkių automobilių alyvų dilimo bandymo rezultatai. Iš palyginimo matome, kad bandiniai labiausiai dilo su penkto automobilio variklinės alyvos mėginiais, o mažiausiai su antro automobilio.

Variklinės alyvos kokybė taip pat priklauso nuo pačio vidaus degimo variklio kokybės, pvz., trečio automobilio alyva, kuri buvo paimta pirmu, antru ėmimo etapu (2.2 skyrius), sukėlė nedidelį išdilimą lyginant su kitais matavimais, tačiau atliekant bandymą su alyva, eksploatuota visą intervalo laiką, išdilimo rezultatai buvo tris kart didesni.

Galime daryti preliminarią išvadą, kad eksploatacijos metu variklis patyrė tam tikro mazgo gedimą, kurio eigoje alyvos užterštumas padidėjo arba sumažėjo alyvos kitos tepimo savybės.

4. EKONOMINIS VERTINIMAS

Atlikus tyrimus nustatyta, kad tikslinga šiek tiek trumpinti alyvos keitimo intervalą automobiliams *Ford transit*. Taip pat nustatyta, kad pakeitus alyvos filtrą, kai jis atitarnauja pusę viso keitimo intervalo, alyva keitimo intervalo pabaigoje turi geresnes savybes, nei ta, kuri atitarnavo visą intervalo laiką su tuo pačiu filtru. Šioje dalyje bus paskaičiuota, koks ekonominis skirtumas gautūsi jei alyva būtų keičiama dažniau, o alyvos filtras būtų keičiamas anksčiau nei numatyta.

Visų tyrimų eigoje buvo analizuojami komercinės paskirties automobiliai, o tai reiškia, kad tokie automobiliai nuvažiuoja daug daugiau kilometrų nei paprasti miesto automobiliai. Jei vidutinis žmogus per metus nuvažiuoja apie 20000 kilometrų, tai tuo tarpu komercinis automobilis per metus nuvažiuoja kelis kartus daugiau. Tiriami automobiliai šiuo atveju 50000 kilometrų nuvažiuoja maždaug per 3 – 4 mėnesius. Toliau lentelėje pateikiami duomenys, kiek kainuoja alyvos pakeitimas vienam automobiliui.

4.1 lentelė Alyvos keitimo kaina automobiliui *Ford Transit*

Darbo arba detalės pavadinimas	Vnt. skaičius	Vertė, EUR	
		Vieneto kaina, EUR	Suma, EUR
Alyva	10	7	70
Alyvos filtras	1	15	15
Karterio sandarinimo varžtas	1	2	3
Remonto darbai	0,8	34	27
Vienkartinis keitimas:			115
Viso per metus (3 keitimai):			345

4.1 lentelėje pateikta detalių ir darbų kainos automobiliui *Ford transit*, esant standartinei situacijai, kai alyva su filtru, keičiama gamintojo nustatytu metu. Pasikeisti alyvą vieną kartą kartu su alyvos filtru kainuoja 115 eurų. Atsižvelgus į tai, kad komercinės paskirties automobilis nuvažiuoja 50000 kilometrų per maždaug 4 mėnesius, apskaičiuota, kad per metus išlaidos alyvos ir filtro keitimui siekia 345 eurus.

Toliau sudaroma lentelė, kurioje aprašyti alyvos keitimo ekonominiai kaštai, kai alyva bus keičiama tyrimo eigoje nustatytais optimaliais režimais.

4.2. lentelė Alyvos keitimo kaina automobiliui *Ford Transit*, keičiant alyvos filtrą intervalo tarpe

Darbo arba detalės pavadinimas	Vnt. skaičius	Vertė, EUR	
		Vieneto kaina, EUR	Suma, EUR
Alyva	10	7	70
Alyvos filtras	2	15	30
Karterio sandarinimo varžtas	1	2	3
Remonto darbai (alyvos ir filtro keitimas)	0,8	34	27
Alyvos filtro keitimas	0,2	34	6,8
Vienkartinis keitimas:			115
Viso per metus (4 keitimai)			547,2

4.2 lentelėje pateikti ekonominiai kaštai, kiek kainuotų alyvos keitimas per metus, jei alyva būtų keičiama kas 40000 kilometrų, o kas 20000 kilometrų būtų pakeistas tik alyvos filtras. Tokiu atveju, prisidėjus 4 papildomiems alyvos filtrams ir filtro keitimo kainai, gaunamas 202,2 eurų skirtumas. Tai salyginai nėra mažas skirtumas kainos atžvilgiu, tačiau pagal atliktų tyrimų rezultatus, matome, kad toks variantas yra tikslingas, kadangi keičiant alyvą dažniau, tuo pačiu dažniau keičiant ir alyvos filtrą, alyvos kokybė intervalo pabaigoje yra kur kas geresnės kokybės nei ta, kuri atitarnauja visą intervalo laiką be filtro pakeitimo.

Ekspluatuojant automobilį įprastinėmis sąlygomis, t.y., nustatytomis gamintojo, kaip jau minėta, pasitaiko atveju, kai automobilio variklis sugenda dėl tepimo sistemos sutrikimo, tokiu atveju remonto kaštai gali išaugti iki kelių tūkstančių eurų. Toliau lentelėje pateiktos remonto išlaidų kainos, kai varikliui reikalingas kapitalinis remontas.

4.3 lentelė Automobilio *Ford Transit* variklio kapitalinio remonto preliminari kaina

Darbų ir detalių pavadinimas	Vnt skaičius	Vertė, EUR	
		Vieneto kaina, EUR	Suma, EUR
Remonto darbai	15	32	480
Datalių kaina	-	-	1500
Detalių apdirbimo kaina	-	-	400
Pagalbinės medžiagos	2	15	30
Viso:			2410

4.3. lentelėje pateikta automobilio *Ford transit 2.2* 1 darbinio tūrio variklio kapitalinio remonto išlaidos. Kadangi vidaus degimo variklio kapitalinis remontas reikalauja nemažai sudėtingų operacijų bei daug skirtingų naujų detalių, todėl kaina apytiskliai siekia 2410 eurų. Tai pakankamai didelė suma. Atsižvelgus į tai, kad neretai kapitalinio remonto prireikia tada, kai sutrinka tepimo sistemos, galime daryti išvadą, kad tikslinga ir apsimoka rinktis rekomenduojamą variantą, t.y, alyvą keisti dažniau bei keisti filtrą intervalo tarpe. Žinant tai, kad šis būdas pagerina alyvos kokybę, galime teigti, kad pasirinkus jį, variklio ilgaamžiškumas padidėtų ir sumažėtų tikimybė, kad variklis patirs gedimą dėl alyvos įtakos ir tepimo sutrikimo. Iš gautų ekonominių skaičiavimų matome, kad už sumą, kuri būtų reikalinga variklio kapitaliniam remontui galima 20 kartų pasikeisti variklio alyvą kartu su filtru.

DARBO APTARIMAS

Rengiant šį baigiamąjį projektą, buvo remtasi panašiais atliktais ar atliekamais tyrimais. Šiame darbe didžiausias dėmesys buvo skiriamas alyvos užterštumui, jos poveikui variklio detalėms bei mazgams. Nagrinėjant užterštumą buvo skaičiuojamos dalelės esančios alyvoje, pagal tai sprendžiama ar dažniau keičiamas alyvos filtras pagerina alyvos kokybę ir sumažina jos užterštumą.

Lyginant darbą su kitais panašiais darbais matomi skirtumai tokie, kad kituose darbuose dažniausiai yra tiriama dalelių esančių alyvoje medžiaga, tyrinėjama dalelių atsiradimo priežastys. Taip pat tiriama pati alyvos cheminė sudėtis. Tačiau neretai yra nevertinamas filtro atliekamas darbas.

Šis darbas unikalus tuo, kad jame nagrinėjama alyvos filtro įtaka alyvos kokybei. Buvo nagrinėjama alyvos filtrų medžiaga ir joje esantys teršalai, t. y., kietosios, akimi matomos nepageidautinos dalelės.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Tyrimo eigoje buvo surinkti alyvos mėginiai iš penkių skirtingų automobilių, kurių varikliai identiški, o naudojama variklinė alyva bei alyvos filtrai visuose automobiliuose buvo vienodi. Norint gauti tikslesnius duomenis buvo parenkami automobiliai, kurių eksploatacijos sąlygos panašios.

2. Atlikus alyvos mėginių mikroskopinę analizę, remiantis literatūros šaltiniais, buvo nustatytas alyvos užterštumo pobūdis. Pagal alyvoje matomų objektų formą ir vizualinę išvaizdą nustatyta, kokio pabūdžio dalelė gali būti, t.y., ar tai metalo dalelė, nuodegos, dulkės ar pan.

3. Mikroskopinės analizės metu nustatyti labiausiai užteršti alyvos mėginiai: 1 (49000 km.), 2 (47500 km.), 3 (51500 km.), 4 (48650 km.). Šiuose mėginiuose pastebėta daugiausiai pašalinių objektų. Lyginant visus surinktus alyvos mėginius nustatyta, kad mažiausiai užteršti mėginiai yra tie, kurių kilometražas siekia iki 25000 km., o labiausiai užteršti tie, kurių kilometražas siekia apie 50000 km.

4. Renkant alyvos mėginius buvo atliktas eksperimentas - kaip jau anksčiau minėta automobilio alyvos keitimo intervalas siekia 50000 km., eksperimento metu buvo keičiamas tik alyvos filtras, kai automobilis pravažiuoja maždaug 25000 km., o alyva nekeičiama, toliau eksploatuojant automobilį mėginys buvo imamas po 50000 km. Atlikus šį eksperimentą ir rezultatus lyginant su visų alyvos mėginių rezultatais, pastebėta, kad alyvos užterštumas žymiai sumažėja, kai alyvos keitimo intervalo tarpe būna pakeistas tik alyvos filtras.

5. Buvo atlikta panaudotų alyvos filtrų vizualinė analizė, kurios metu nustatyta, kad labiausiai užterštas filtras yra Nr. 3 (51500 km.). Jame matoma daugybė metalo dilimo dalelių bei kitų pašalinių objektų.

6. *Timken* testo metu nustatyta, kad mėginio Nr. 3 (51500 km.) alyvos kokybė prasčiausia, nes su šia alyva bandinys išdilo labiausiai – 0,82 mm., o su nauja alyva bandinys išdilo tik 0,18 mm., o tai yra 0,64 mm. skirtumas. Taip pat nustatyta, kad išdilimai mažesni, kai buvo testuojama su alyva, kurios intervalo tarpe buvo keistas tik alyvos filtras. Taigi atlikus tyrimą nustatyta, kad alyvos kokybė, jos tepimo savybės pagerėja, o užterštumas sumažėja, kai alyvos keitimo intervalo tarpe yra keičiamas tik alyvos filtras ir toliau eksploatuojant tą pačią alyvą iki keitimo intervalo pabaigos.

Renkantis alyvą automobiliui visada būtina įsitikinti, ar perkama alyva atitinka automobilio variklio gamintojo nustatytus reikalavimus, t.y., specifikacijas. Eksploatuojant automobilį sunkiomis sąlygomis, patartina mažinti alyvos keitimo intervalą, kadangi sunkiomis sąlygomis eksploatuojamas variklis padaro didesnę žalą variklinei alyvai. Remiantis atliktais tyrimais nustatyta, kad efektyvu keisti alyvos filtrą anksčiau nei yra keičiama pati alyva. Būtina reguliariai tikrinti alyvos lygį, kadangi jam sumažėjus alyvos savybės prastėja labai sparčiau.

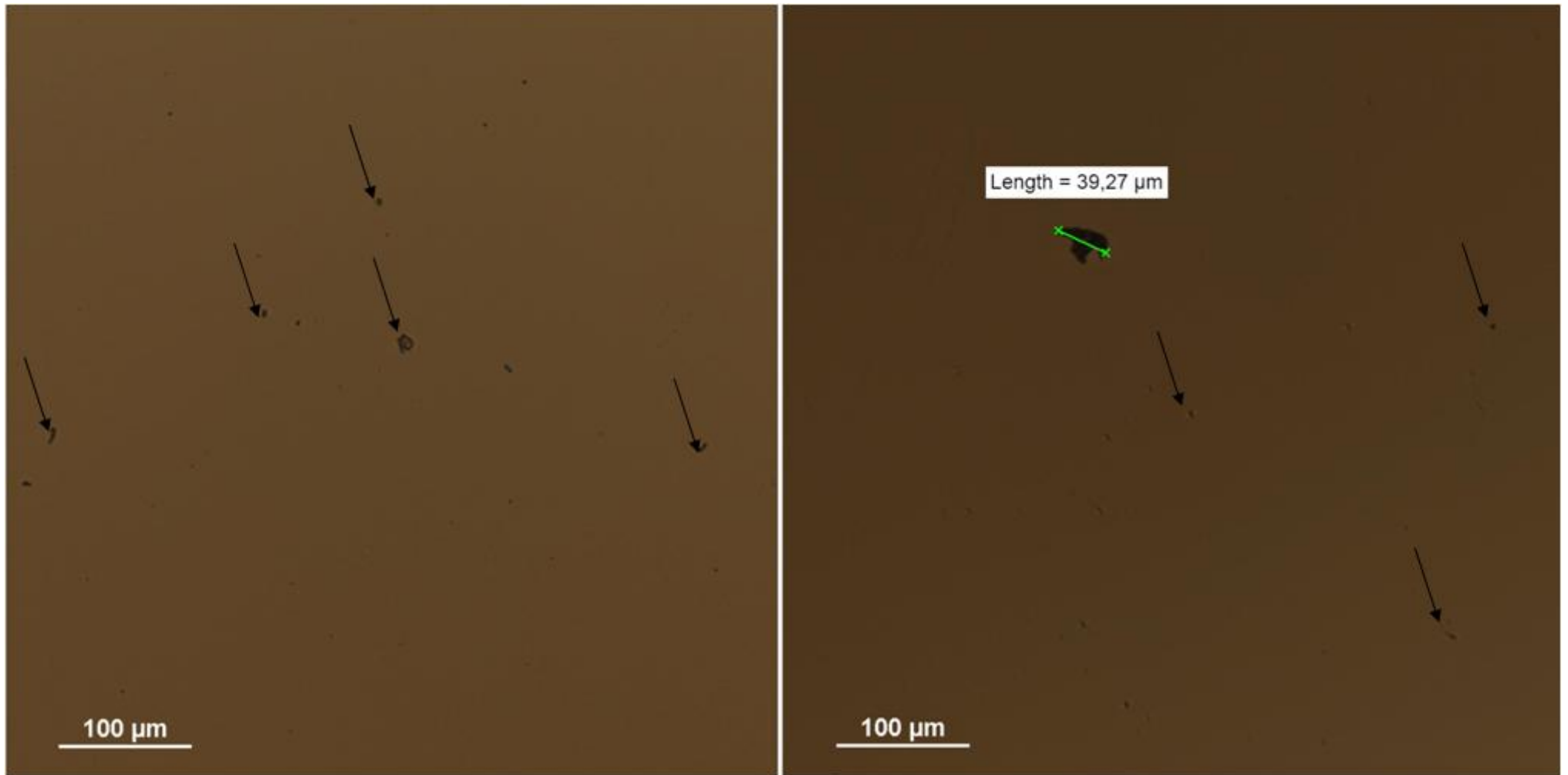
LITERATŪRA

1. Tribologija, paskaitų medžiaga, Doc. E.Juzėnas, Kauno Technologijos Universitetas
2. Žurnalas - Aktualijos, Comma Oil & Chemicals Ltd informacija Nr. 21, 2015, ketv.
3. Chevron corporation, The Basics of Lubricant Additives, March 2009
[žiūrėta 2017-04-30] Prieiga per internetą: <https://www.slideshare.net/biodieselautomotive/basics-of-lubricant-additives>;
4. Predictive Equipment Maintenance 5-11p
[žiūrėta 2017-05-01] Prieiga per internetą:
https://www.spectrosci.com/default/assets/File/SpectroSci_OilAnalysisHandbook_FINAL_2014-08.pdf
5. [žiūrėta 2017-04-26] Prieiga per internetą:
<http://www.nissancommercialvehicles.com/media/pdf/2015-nissan-service-maintenance-guide.pdf>
6. Kaikaris P. , Bružas A., Basakirskas A., Mačiulis A. Automobilių remontininko rengimas Trečioji knyga. Vilnius, 2008m. 221-222p
7. Tribological analysis of extreme pressure and anti-wear properties of engine lubricating oil using four ball tester; Gautam Yadava*, Sudhir Tiwarib , M. L. Jainc Shri G. S.Institute of Technology and Scienc , 23 Park Road, Indore 452010, India, [žiūrėta 2017-04-20] Prieiga per internetą:
<http://www.pmme.co.in/papers/EMT-060.pdf>
8. Used Engine Oil Analysis – User Interpretation Guide 16-17p., elaborated by the CIMAC Working Group ‘Marine Lubricants’ in May [žiūrėta 2017-04-28] Prieiga per internetą:
[2011.http://www.cimac.com/cms/upload/Publication_Press/Recommendations/Recommendation_30.pdf](http://www.cimac.com/cms/upload/Publication_Press/Recommendations/Recommendation_30.pdf)
9. Miniaturization of lubricant degradation testing for natural gas engines, D. Bražinskienė, A. Ručinskienė, S. Asadauskas† Tribology Group, Center for Physical Sciences & Technology, Vilnius, Lithuania, [žiūrėta 2017-04-12] Prieiga per internetą:
<http://greentribology.asu.lt/index.php/Balttrib/article/view/balttrib.2015.01/pdf>
10. Baltėnas R. Sologubas L. Sologubas R. Automobilių degalai ir tepalai. Vilnius. 1998. 58-64p
11. Jučas P. Eksploatacinės medžiagos. Kaunas. 2007. 61-67p
12. P.Gerigk, D.Bruhn, D.Danner, L.Endruschat, J.Gobert, H.Gross, D.Komoll. Automobiliai. 2006. 261-279p
13. Service vs MOT what is the difference [žiūrėta 2017-04-21] Prieiga per internetą:
<http://www.awautotek.co.uk/blog/difference-between-service-MOT>

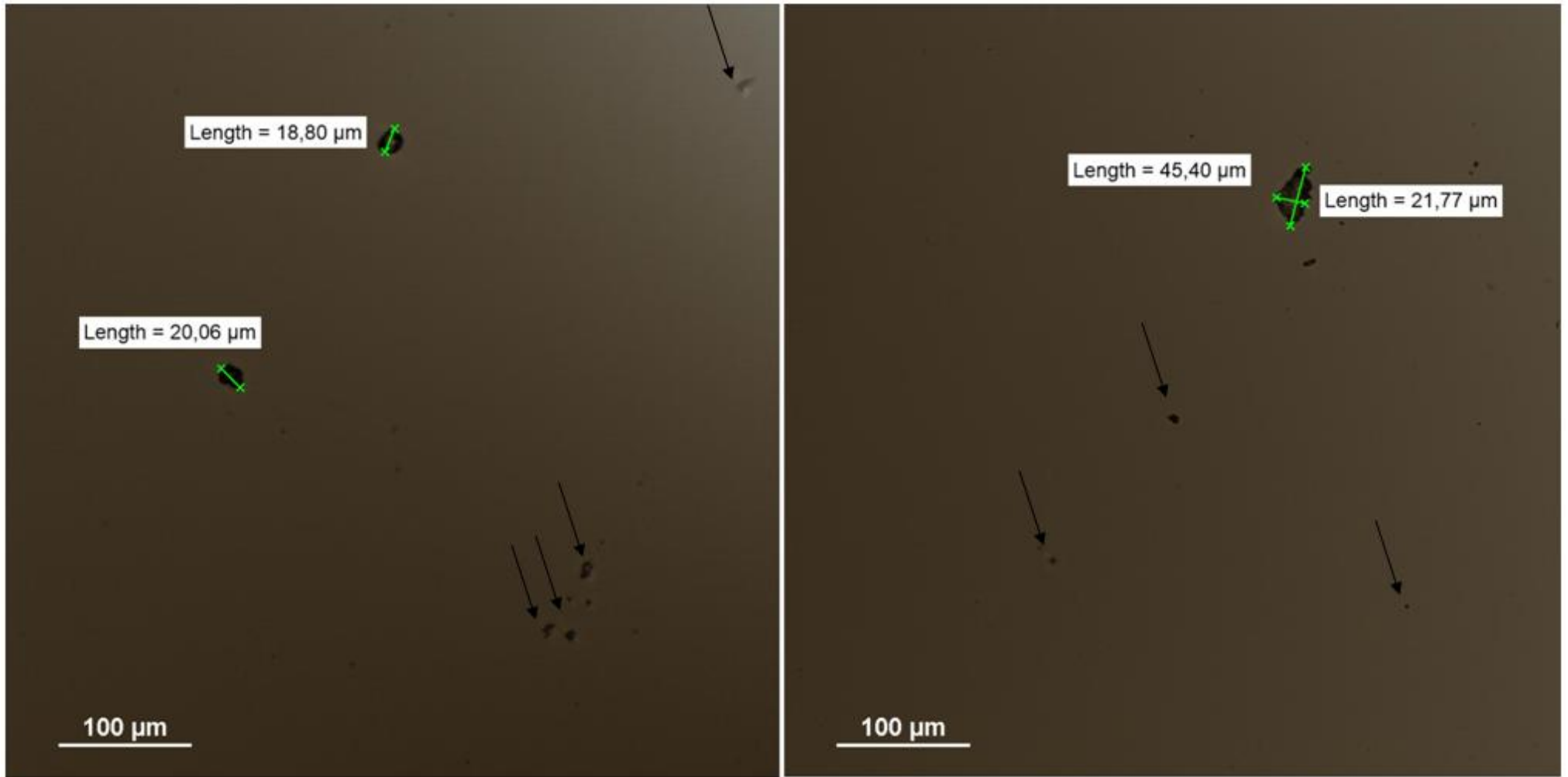
14. Original Ford Motor Oil [žiūrėta 2017-04-19] Prieiga per internetą:
<http://www.mytyres.co.uk/oil/product/engine-oil/ford/187>
16. TIMKEN LOAD MACHINE (ASTM D 2782 Test Method) [žiūrėta 2017-04-29] Prieiga per internetą: <http://lupromaxmagnaindonesia.blogspot.lt/2013/07/pengujian.html>
17. Oil Viscosity - How It's Measured and Reported [žiūrėta 2017-04-28] Prieiga per internetą:
<http://machinerylubrication.com/Read/411/oil-viscosity>
18. Used Lube Oil Analysis and Analytical Ferrography [žiūrėta 2017-03-25] Prieiga per internetą:
<http://www.stlehouston.com/2HoustonSTLE/20132014/Program/Used%20Lube%20Oil%20Analysis%20and%20Analytical%20Ferrography.pdf>
19. Microscopic technique to determine various wear modes of used engine. 2013
[žiūrėta 2017-04-29] Prieiga per internetą:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213879X1300031X>
20. Ferrographic & Oil Analysis At Vibe Institute Piedmont Chapter May 2008
[žiūrėta 2017-04-29] Prieiga per internetą:
<http://www.vibration.org/Presentation/May%202008/Ferrographic%20&%20Oil%20Analysis.pdf>

PRIEDAI

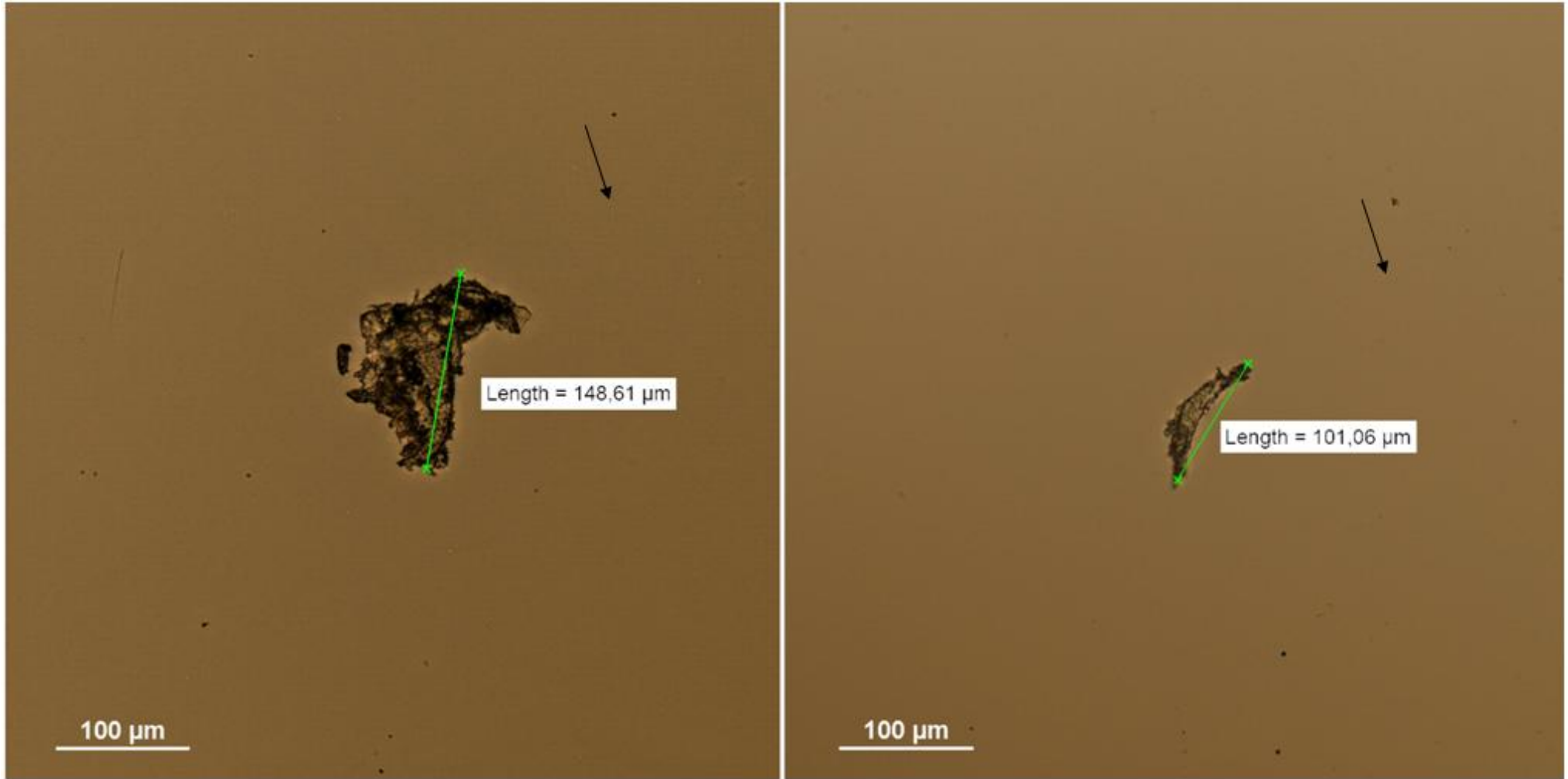
Alyvos mėginių mikroskopinės fotografijos



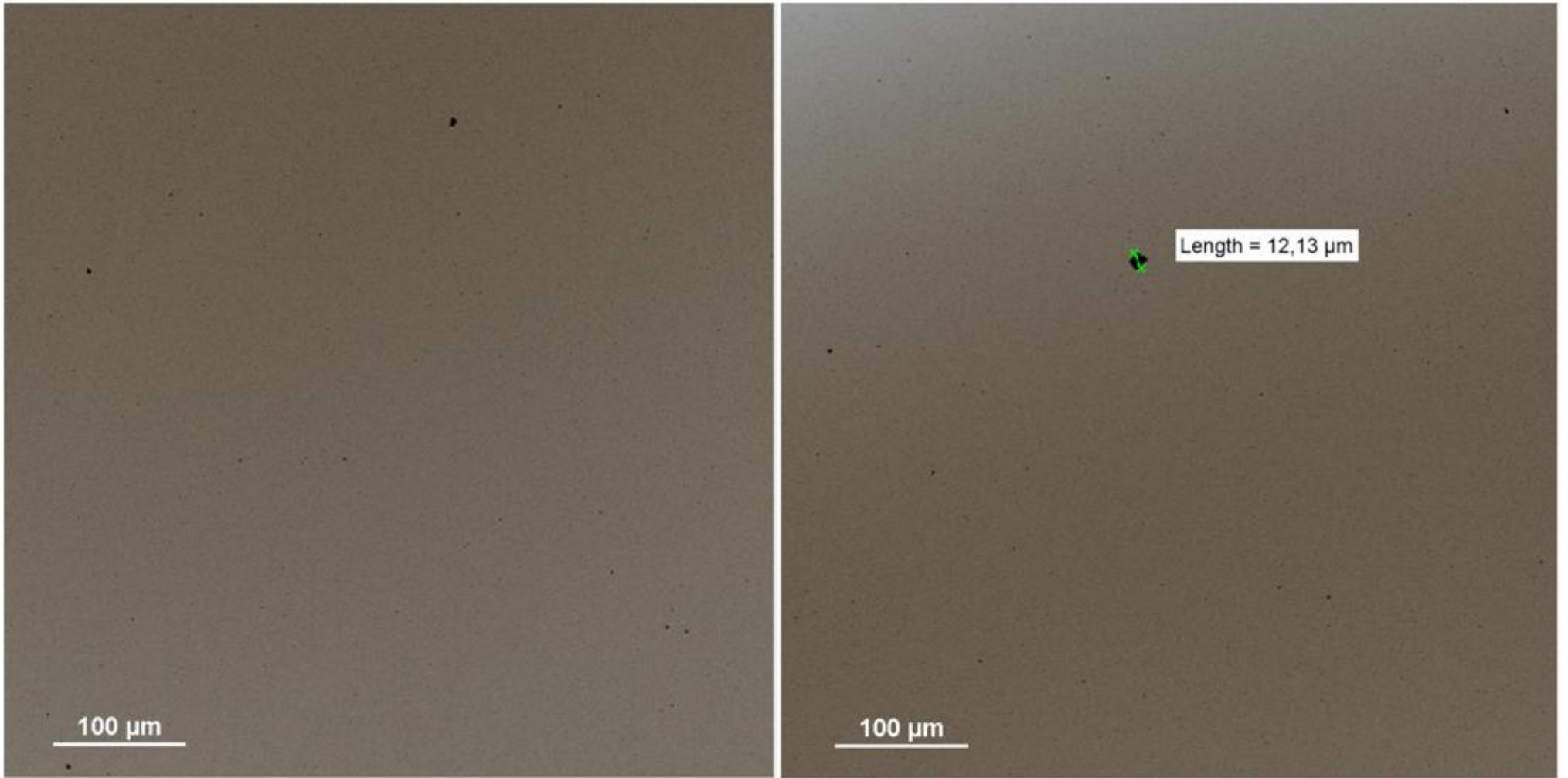
1 pav. Alyva Nr. 2 (47500 km.)



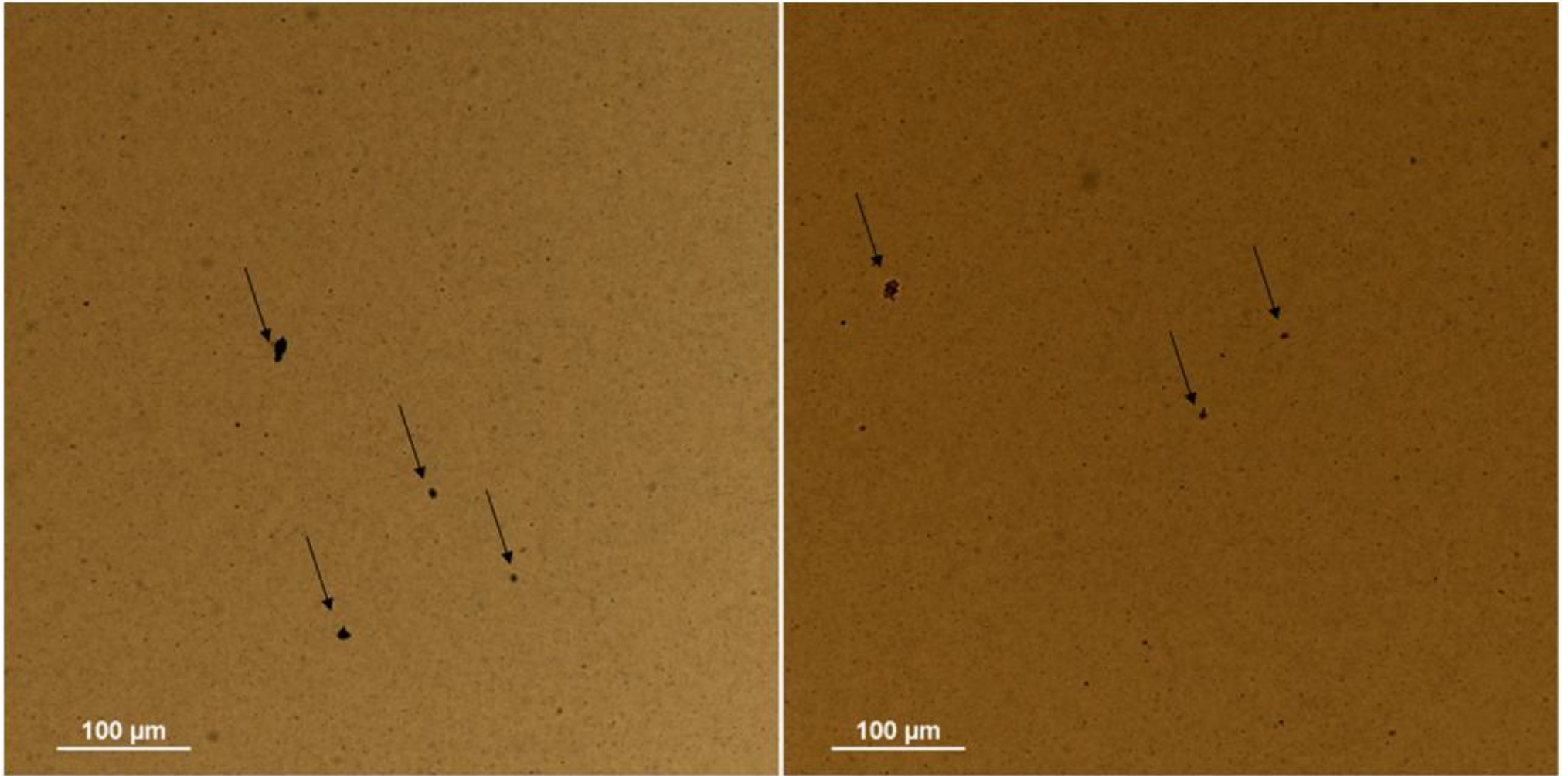
2 pav. Alyva Nr. 3 (51500 km.)



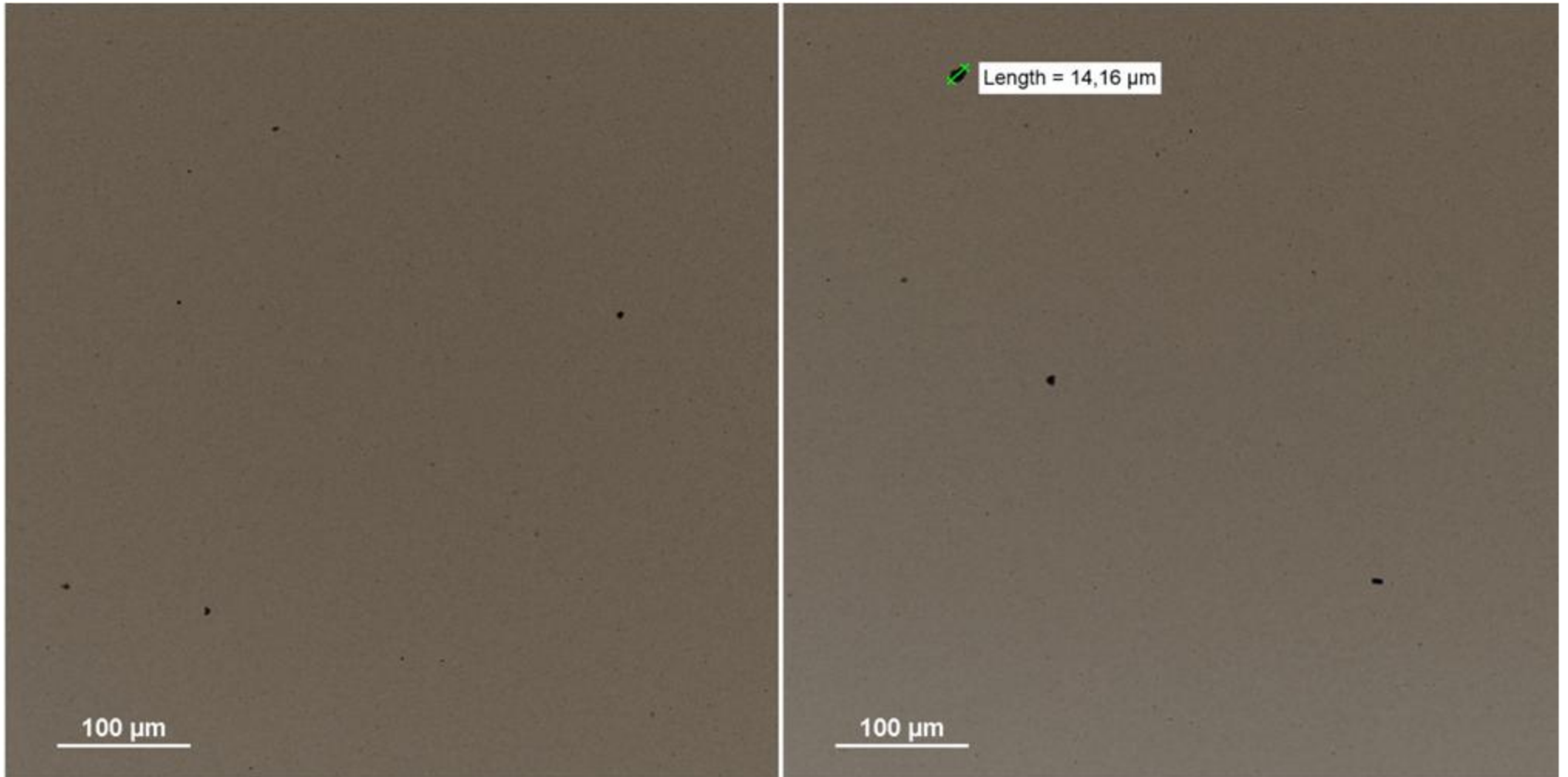
3. pav Alyva Nr. 4 (486500 km.)



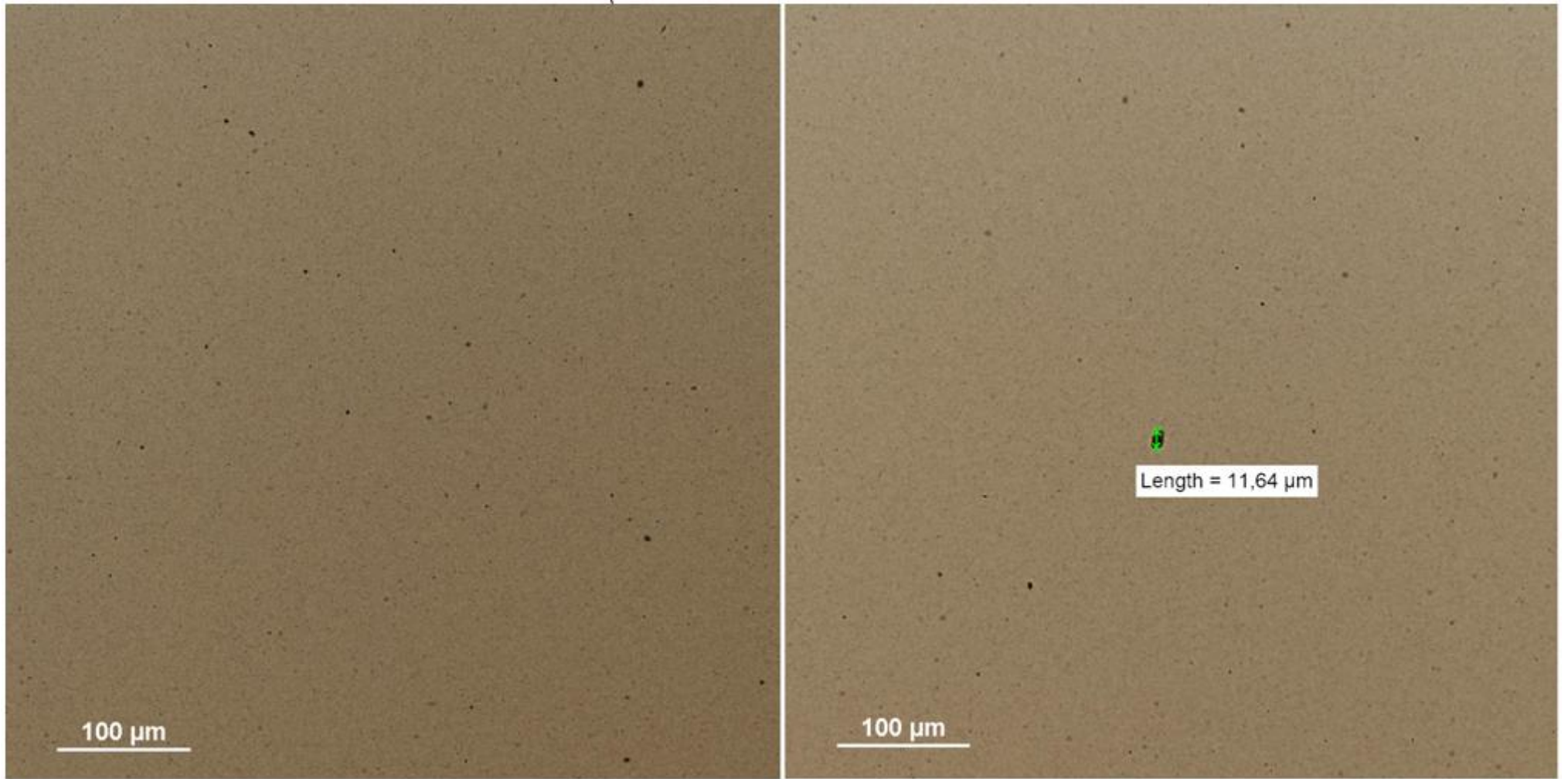
4. pav. Alyva Nr. 5 (47800 km.)



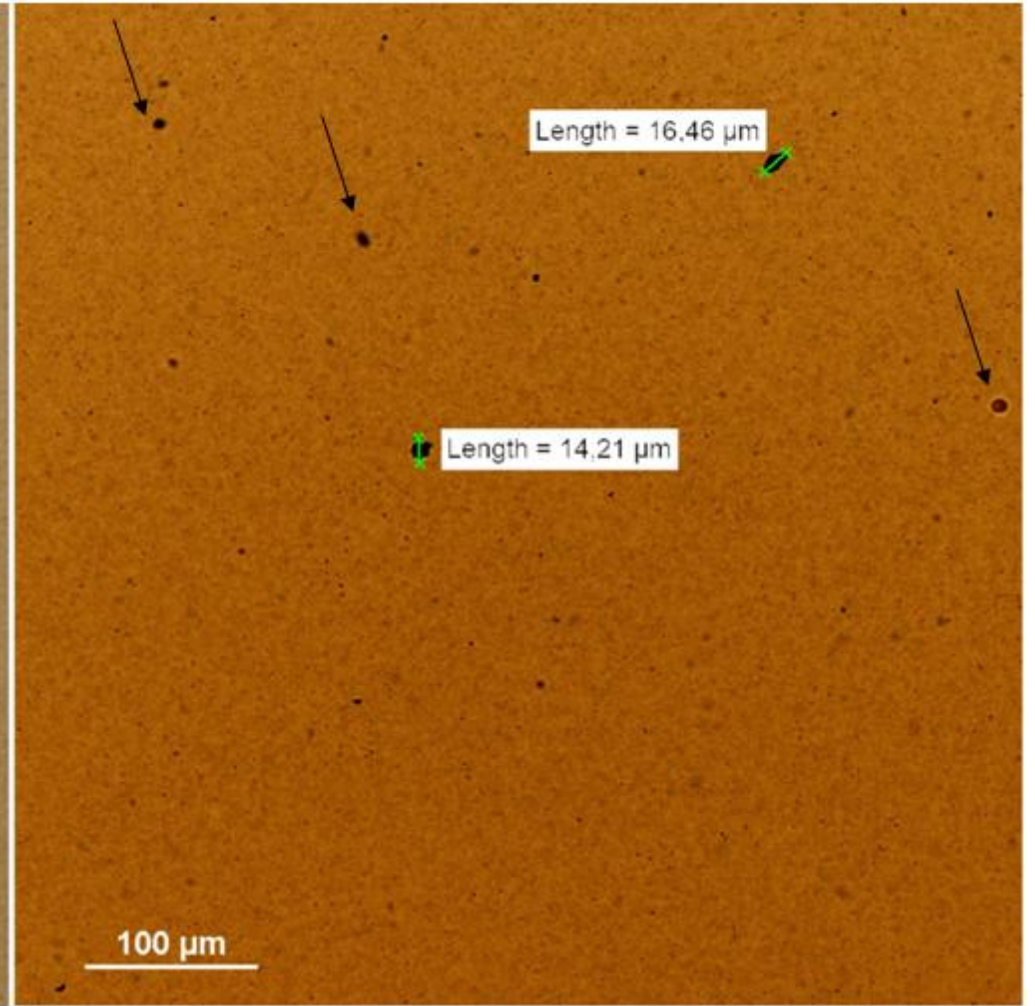
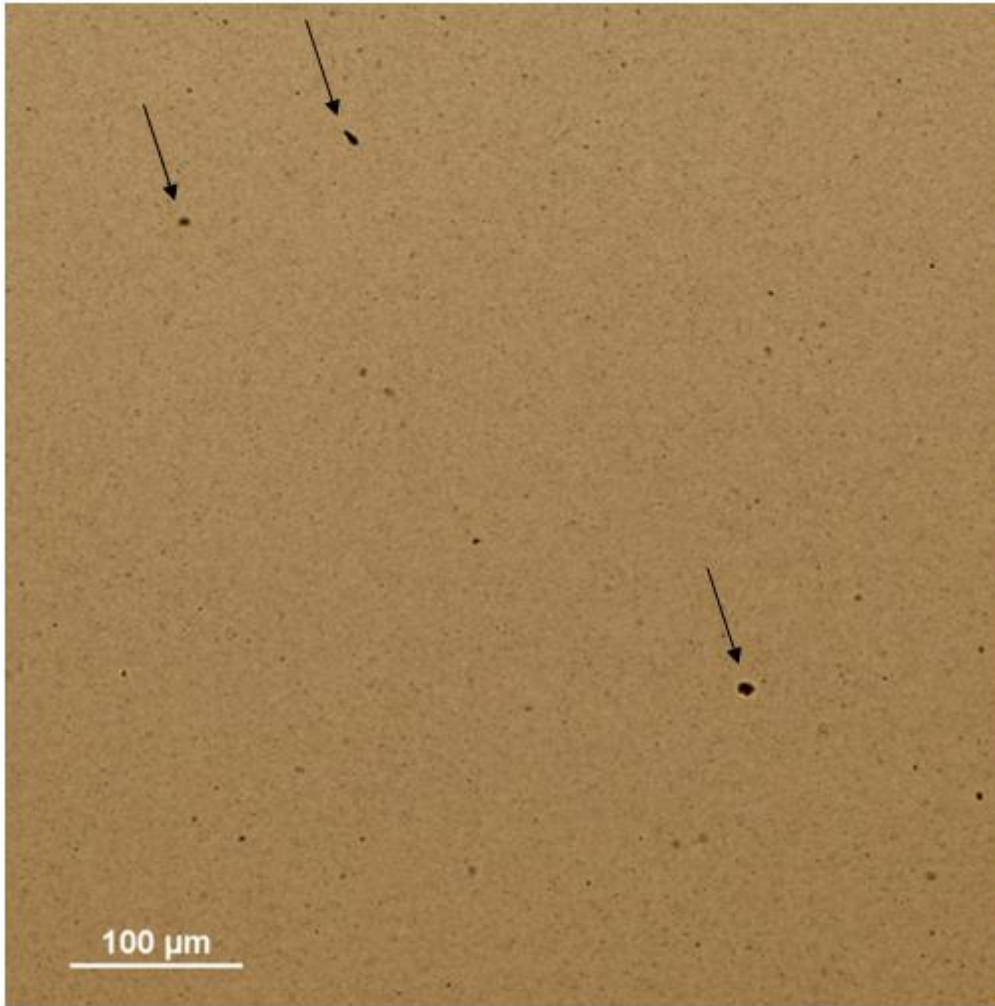
5. pav. Alyva Nr. 6 (48000 km.)



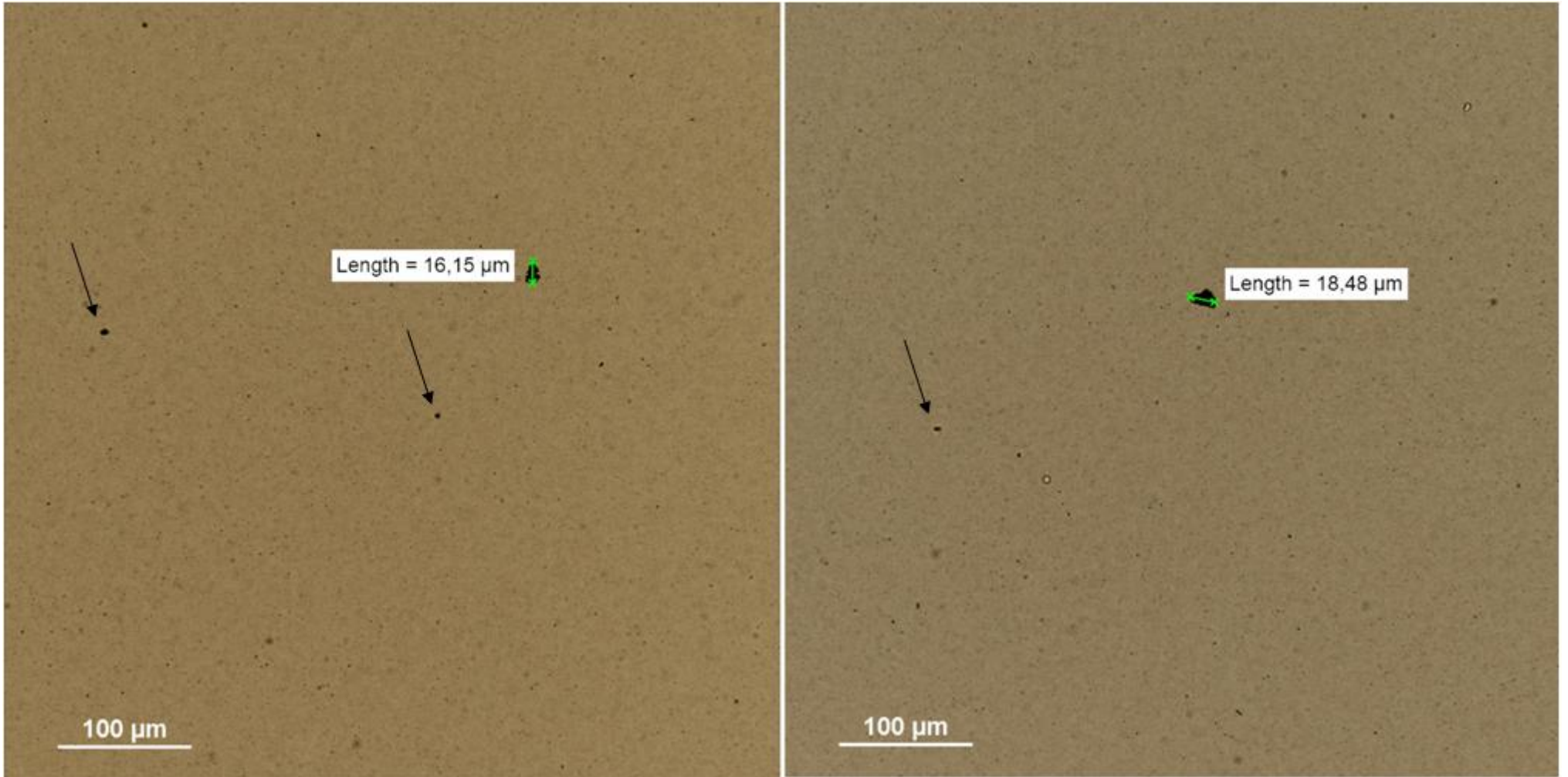
6 . pav. Alyva Nr. 7 (49000 km.)



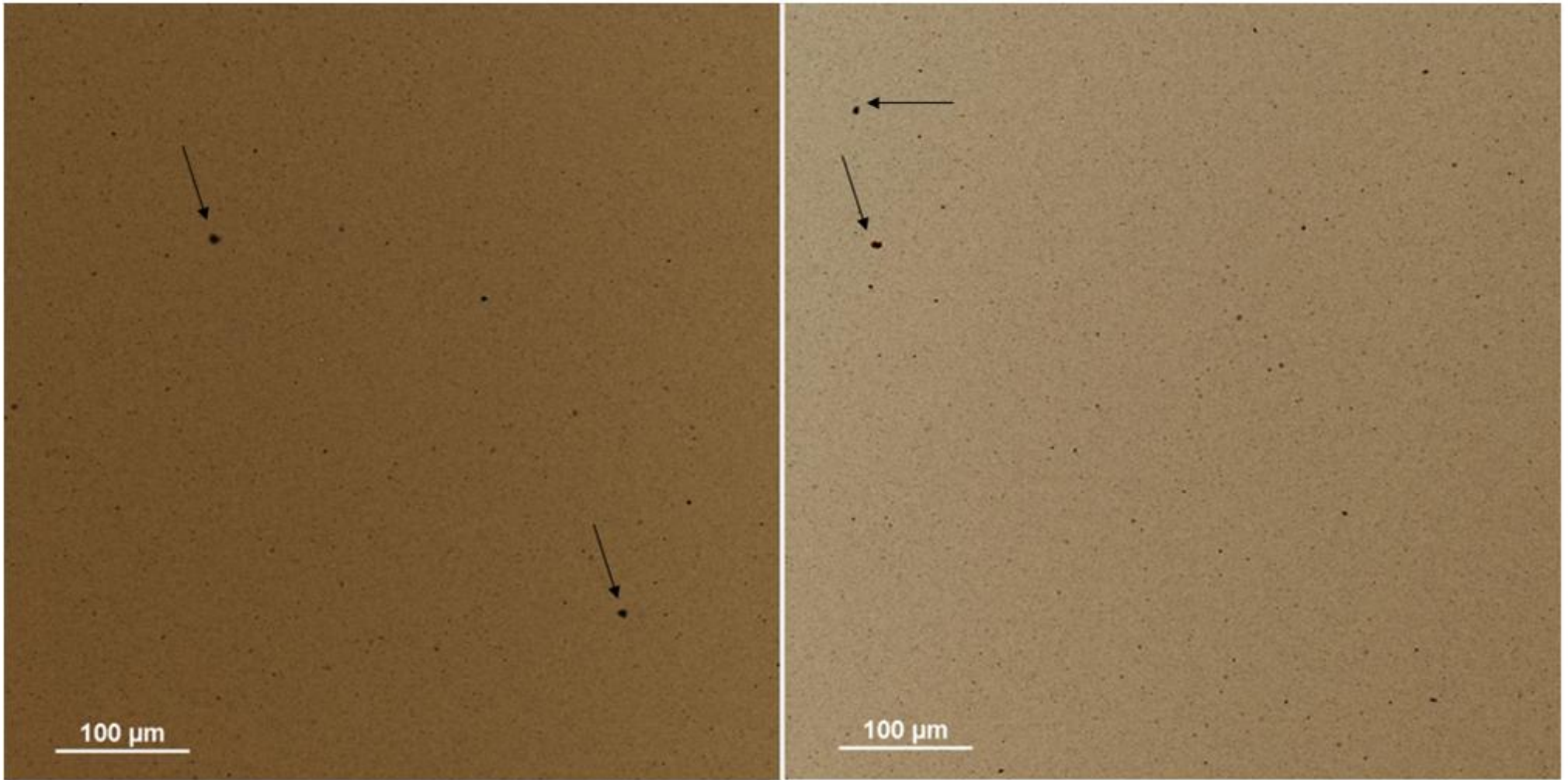
7. pav. Alyva Nr. 8 (50100 km.)



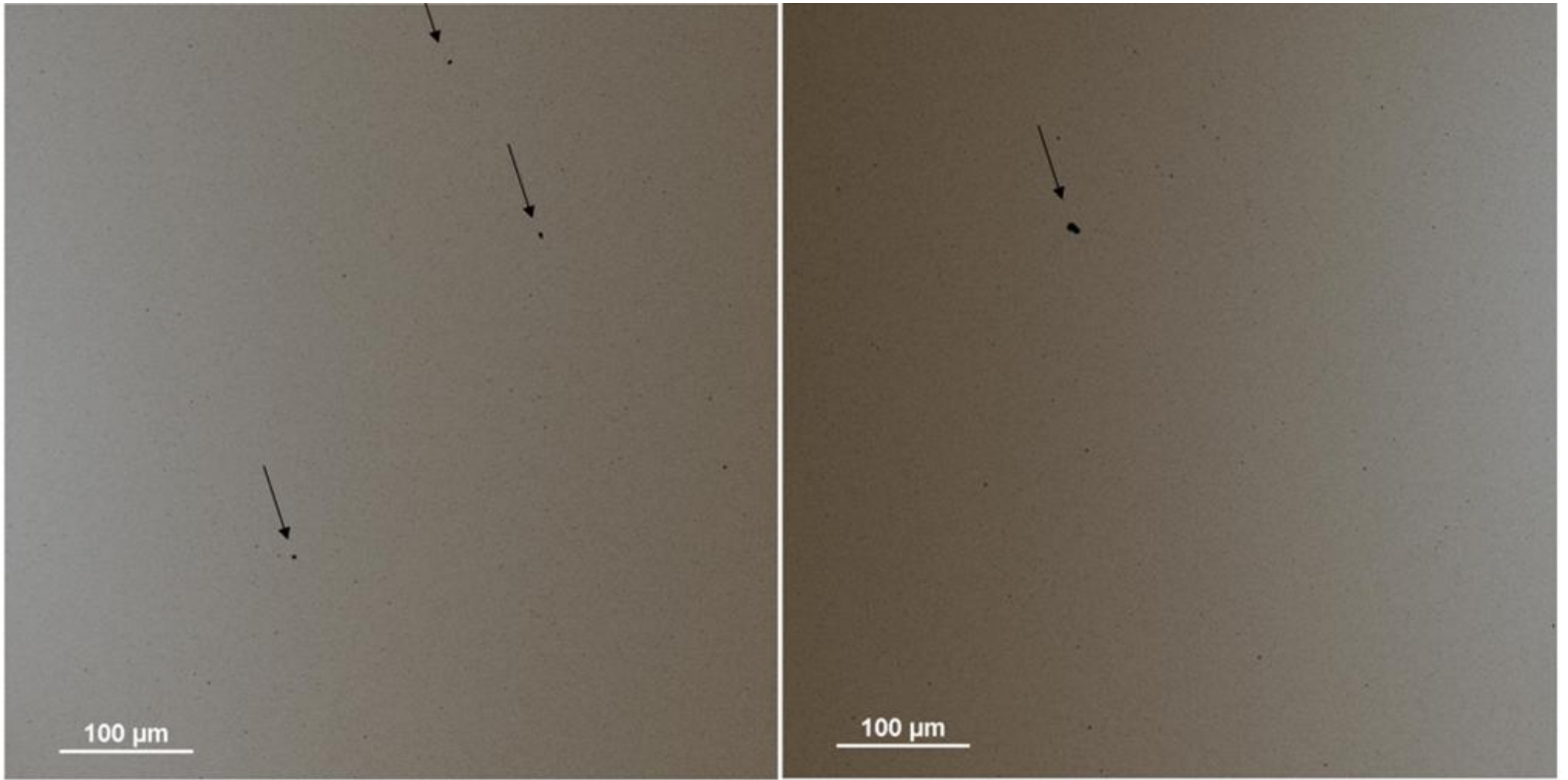
8. pav. Alyva Nr. 9 (47000 km.)



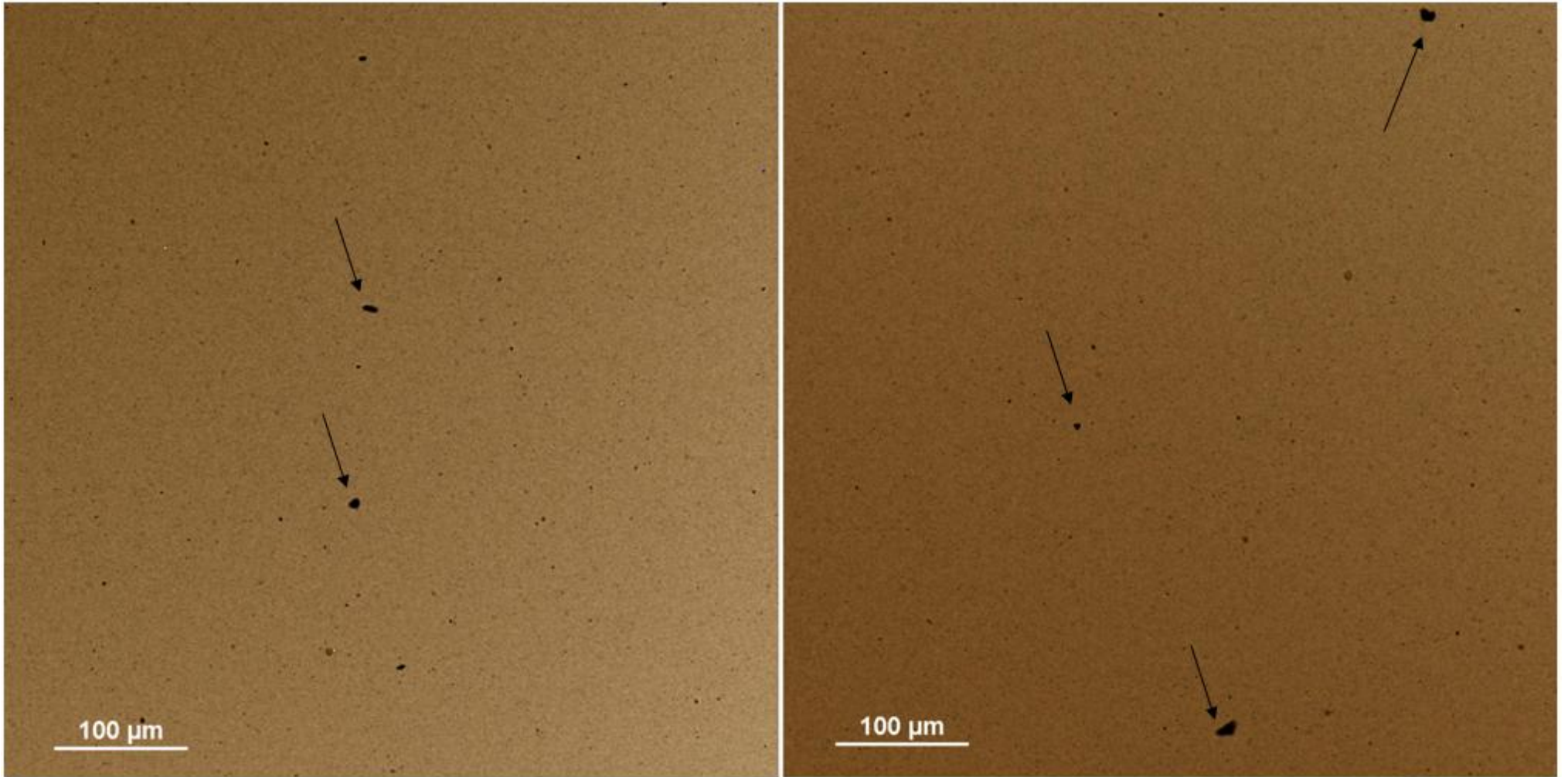
9. pav. Alyva Nr. 10 (49000 km.)



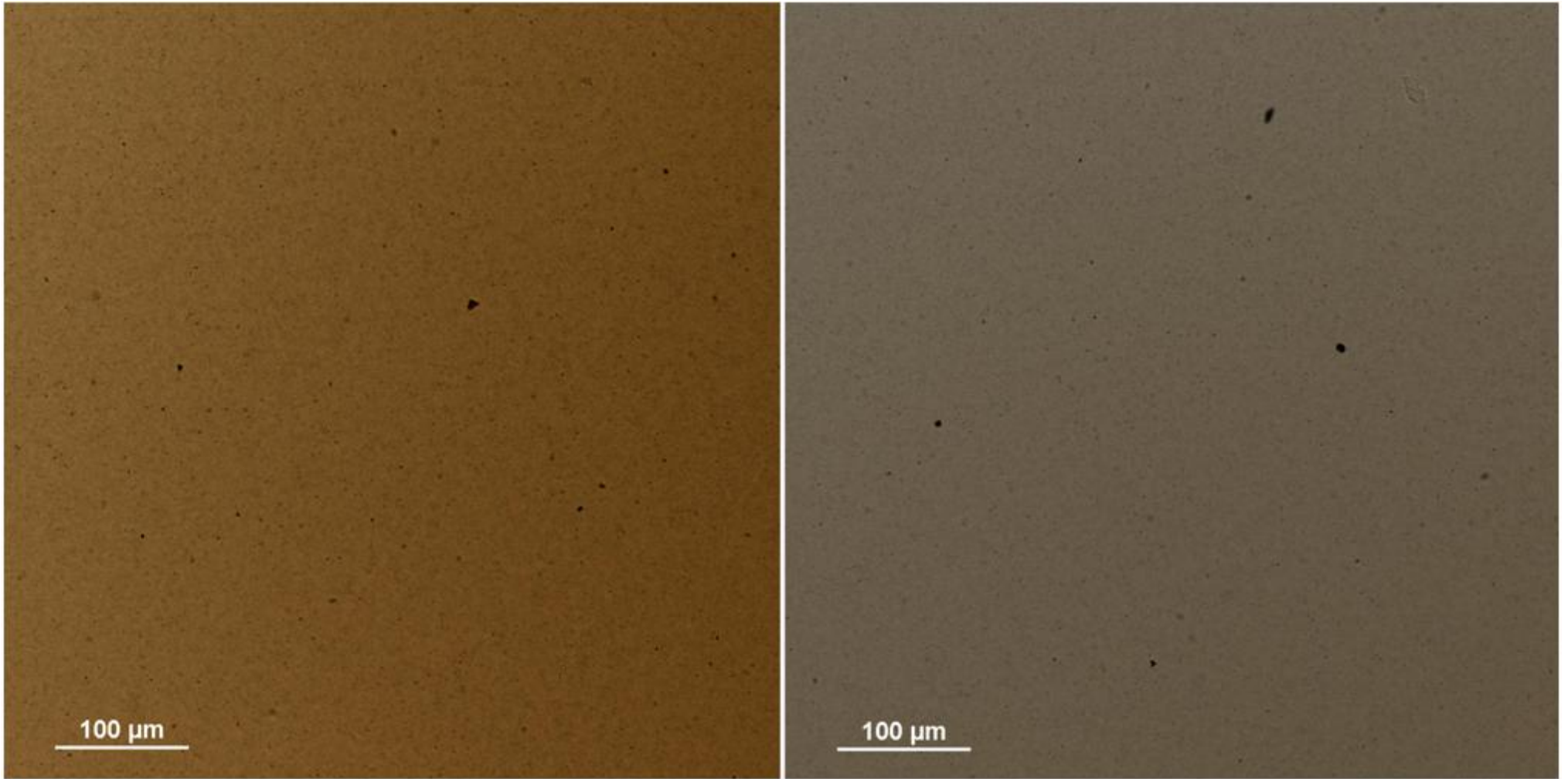
10 pav. Alyva Nr. 11 (20000 km.)



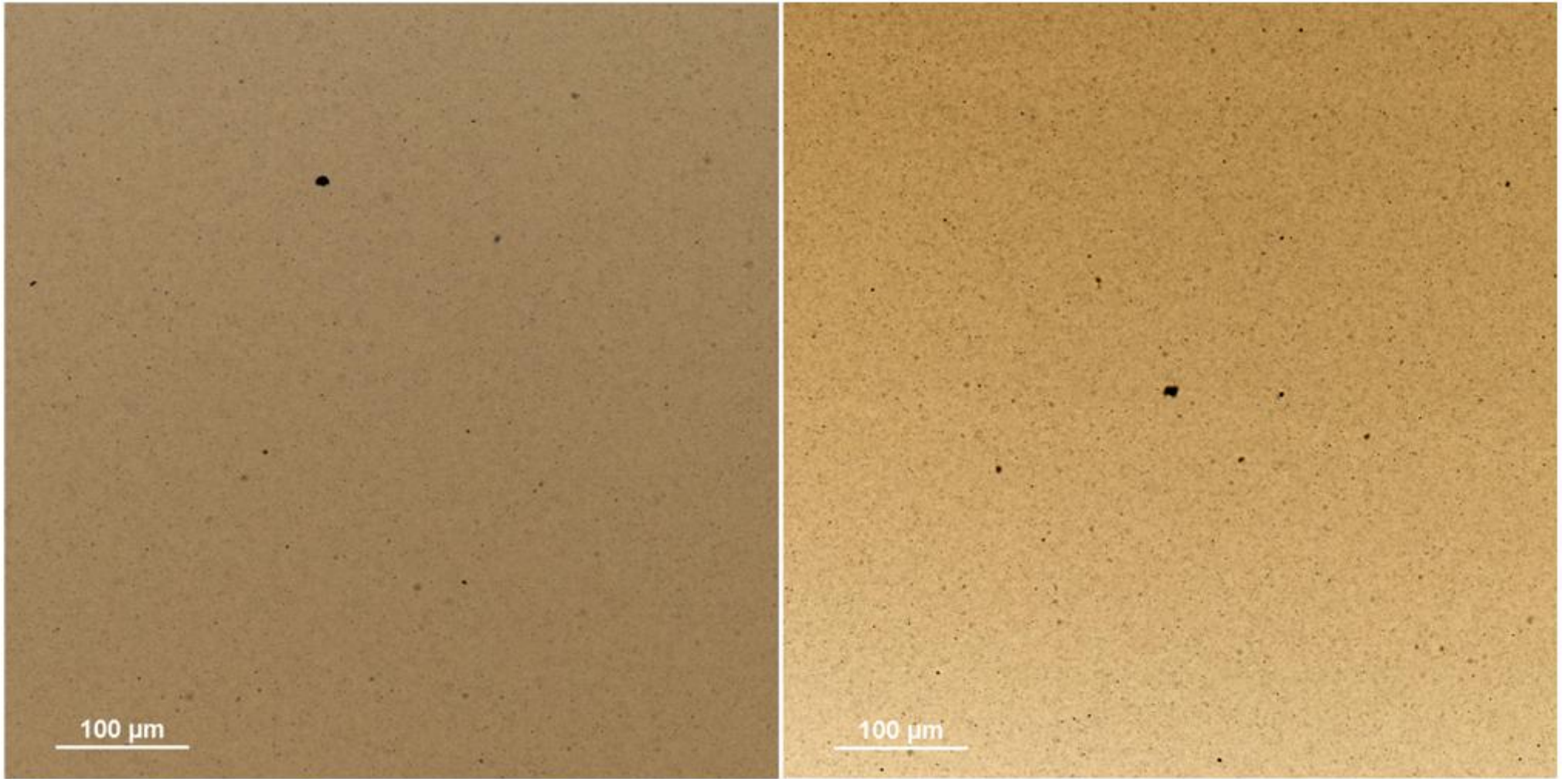
11. pav. Alyva Nr. 12 (22000 km.)



12. pav. Alyva Nr. 13 (24500 km.)



13. pav. Alyva Nr. 14 (23000 km.)



14. pav. Alyva Nr. 15 (23400 km.)