

**ÚRAD LOGISTICKÉHO ZABEZPEČENIA  
OZBROJENÝCH SÍL SLOVENSKEJ REPUBLIKY  
BULL-12-6**

## **BULLETIN č. 6**

# **VLASTNOSTI A TRIBODIAGNOSTIKA MAZÍV V PREVÁDZKE MOTOROVÝCH VOZIDIEL**

**TRENČÍN 2014**



ÚRAD LOGISTICKÉHO ZABEZPEČENIA OZBROJENÝCH SÍL  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

BULL-12-6



**BULLETIN č. 6**  
**ÚRADU LOGISTICKÉHO ZABEZPEČENIA**  
**OZBROJENÝCH SÍL SR**

**Vlastnosti a tribodiagnostika mazív**  
**v prevádzke motorových vozidiel**



TRENČÍN 2014

## Redakčná rada

|                                 |            |       |           |                          |
|---------------------------------|------------|-------|-----------|--------------------------|
| <b>Predseda:</b>                | brig.gen.  | Ing.  | Juraj     | <b>KRIŠTOFOVIČ</b>       |
| <b>Výkonná podpredsedníčka:</b> |            | Dr.   | Ľudmila   | <b>LUKÁČIKOVÁ</b>        |
| <b>Sekretár:</b>                |            |       | Adriana   | <b>ORAVCOVÁ</b>          |
| <b>Členovia:</b>                | plk.gšt.   | Ing.  | Ján       | <b>ŽARNOVICKÝ</b>        |
|                                 | pplk.      | Ing.  | Peter     | <b>DOLINAY</b>           |
|                                 | mjr.       | Mgr.  | Peter     | <b>ŠURAB</b>             |
|                                 | kpt.       | Ing.  | Miroslav  | <b>ZABADAL</b>           |
|                                 | kpt.       | Ing.  | Ján       | <b>POLÁČEK</b>           |
|                                 | kpt.       | Ing.  | Marcel    | <b>NYÁRJAS</b>           |
|                                 | kpt.       | Ing.  | Marián    | <b>BALAJ</b>             |
|                                 | npor.      | Ing.  | Štefan    | <b>BORŽENSKÝ</b>         |
|                                 | nrtm.      | PhDr. | Katarína  | <b>MAJERČÍKOVÁ, PhD.</b> |
|                                 | prof. doc. | Ing.  | Peter     | <b>DROPPA, PhD.</b>      |
|                                 |            | Ing.  | Jozef     | <b>PŠENÁK</b>            |
|                                 |            | Ing.  | Stanislav | <b>TŘETINA</b>           |
|                                 |            | Mgr.  | Ján       | <b>SIVÁK</b>             |
|                                 |            | Ing.  | Ľubomír   | <b>MIČO</b>              |
|                                 |            | Ing.  | Ladislav  | <b>MARKÓ</b>             |
|                                 |            | Ing.  | Jozef     | <b>KYSELICA</b>          |
|                                 |            | Ing.  | Peter     | <b>MATEJ</b>             |

## Autori

*Ing. Miroslav MARKO, PhD.*

*prof. Ing. Peter DROPPA, PhD.*

*Ing. Mário ŠTIAVNICKÝ, PhD.*

*Ing. Štěpán PAVLOV, PhD.*

**Katedra strojárstva**

**Akadémia ozbrojených síl gen. M.R.Štefánika**

**Liptovský Mikuláš**

Kontaktná adresa:

Úrad logistickeho zabezpečenia OS SR

Bulletinová služba

Smetanova 6

911 49 Trenčín

Telefón: 0960 33 10 24, 0960 33 10 25

E-mail: bulletin@mil.sk



**ÚRAD LOGISTICKÉHO ZABEZPEČENIA OZBROJENÝCH SÍL**  
**SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

**BULL-12-6**



**BULLETIN č. 6**  
**ÚRADU LOGISTICKÉHO ZABEZPEČENIA**  
**OZBROJENÝCH SÍL SR**

**(Pre potreby rezortu MO SR)**

**Vlastnosti a tribo diagnostika mazív**  
**v prevádzke motorových vozidiel**

**TRENČÍN 2014**

# OBSAH

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 ÚVOD DO TRIBOLÓGIE A TRIBOTECHNIKY .....</b>                     | <b>8</b>  |
| 1.1 Historický vývoj .....                                            | 8         |
| 1.2 Tribotechnika .....                                               | 10        |
| <b>2 TRENIE, OPOTREBENIE A MAZANIE .....</b>                          | <b>12</b> |
| 2.1 Trenie .....                                                      | 12        |
| 2.1.1 Trenie dvoch ineraktívnych plôch v pokojovom stave .....        | 13        |
| 2.1.2 Súčiniteľ pokojového trenia .....                               | 13        |
| 2.1.3 Druhy trení podľa typu pohybu .....                             | 14        |
| 2.1.4 Druhy trení .....                                               | 18        |
| 2.2 Opotrebenie .....                                                 | 18        |
| 2.2.1 Druhy opotrebení .....                                          | 18        |
| 2.2.2 Časový priebeh opotrebenia .....                                | 22        |
| 2.2.3 Mechanizmus adhezívneho opotrebenia .....                       | 23        |
| 2.3 Mazanie .....                                                     | 24        |
| 2.3.1 Druhy mazania .....                                             | 25        |
| 2.3.2 Viskozita tekutín .....                                         | 27        |
| 2.3.3 Vnútorné trenie kvapalín .....                                  | 27        |
| 2.3.4 Charakteristika prúdenia .....                                  | 29        |
| <b>3 ROPA A UHL'OVODÍKY .....</b>                                     | <b>30</b> |
| 3.1 Uhl'ovodíky .....                                                 | 30        |
| 3.1.1 Možné delenie zlúčenín uhlíka .....                             | 31        |
| 3.1.2 Anorganické zlúčeniny .....                                     | 31        |
| 3.1.3 Organické zlúčeniny .....                                       | 31        |
| 3.1.4 Alifatické uhl'ovodíky .....                                    | 32        |
| 3.1.5 Nasýtené uhl'ovodíky .....                                      | 32        |
| 3.1.6 Nenasýtené uhl'ovodíky s jednou a dvojnou väzbou .....          | 34        |
| 3.1.7 Nenasýtené uhl'ovodíky s dvoma dvojnými väzbami .....           | 35        |
| 3.1.8 Nenasýtené uhl'ovodíky s trojnou väzbou .....                   | 36        |
| 3.1.9 Alicyklické uhl'ovodíky .....                                   | 36        |
| 3.1.10 Aromatické uhl'ovodíky .....                                   | 37        |
| 3.1.11 Heterocyklické zlúčeniny .....                                 | 37        |
| 3.2 Ropa .....                                                        | 39        |
| 3.2.1 Základné fyzikálno-chemické vlastnosti .....                    | 39        |
| <b>4 MAZACIE SÚSTAVY .....</b>                                        | <b>43</b> |
| 4.1 Rozdelenie mazacích sústav .....                                  | 43        |
| 4.1.1 Možné zloženie mazacej sústavy s mokrou kľukovou skriňou .....  | 43        |
| 4.1.2 Možné zloženie mazacej sústavy so suchou kľukovou skriňou ..... | 44        |
| 4.1.3 Rozbor parametrov pracovného priestoru „PIEST-VALEC“ .....      | 45        |
| 4.1.4 Pracovné valce piestových spaľovacích motorov (PSM) .....       | 45        |
| 4.1.5 Piestová podskupina .....                                       | 48        |
| 4.1.6 Piesty PSM .....                                                | 48        |
| <b>5 MAZIVÁ .....</b>                                                 | <b>57</b> |
| 5.1 Motorové oleje .....                                              | 57        |
| 5.1.1 Základné pojmy .....                                            | 57        |
| 5.1.2 Základový olej .....                                            | 57        |
| 5.1.3 Aditíva-prísady .....                                           | 58        |
| 5.1.4 Významné inštitúcie v oblasti olejárskeho priemyslu .....       | 62        |
| 5.1.5 Viskozitná špecifikácia .....                                   | 63        |
| 5.1.6 Výkonostná charakteristika .....                                | 65        |

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.1.7 Špecifikácia API .....                                                 | 65         |
| 5.1.8 Klasifikácia motorových olejov podľa ACEA .....                        | 67         |
| 5.1.9 Klasifikácia motorových olejov podľa výrobcov automobilov .....        | 67         |
| 5.2 Prevodové oleje .....                                                    | 73         |
| 5.2.1 Viskozitná klasifikácia prevodových olejov podľa SAE J300, J306A ..... | 74         |
| 5.2.2 Výkonostná charakteristika prevodových olejov API .....                | 76         |
| 5.2.3 Kvapaliny do hydrodynamických prevodoviek .....                        | 78         |
| 5.3 Plastické mazivá .....                                                   | 80         |
| 5.3.1 Skladba plastických mazív .....                                        | 81         |
| 5.3.2 Základový olej .....                                                   | 81         |
| 5.3.3 Prísady (aditíva) .....                                                | 82         |
| 5.3.4 Vybrané typy plastických mazív .....                                   | 83         |
| 5.3.5 Špeciálne plastické mazivá .....                                       | 84         |
| 5.3.6 NLGI klasifikácia (penetračná klasifikácia) .....                      | 84         |
| 5.3.7 Znášanlivosť pri zmene typu plastického maziva .....                   | 85         |
| 5.3.8 Klasifikačný systém DIN .....                                          | 87         |
| 5.3.9 Klasifikačný stupeň ISO .....                                          | 90         |
| 5.3.10 Označovanie plastických mazív podľa ISO 6743/9 .....                  | 90         |
| 5.3.11 Označovanie plastických mazív podľa DIN 51 502 .....                  | 91         |
| 5.3.12 Príčiny výpadkov a porúch valivých ložísk .....                       | 92         |
| 5.3.13 Podmienky pre výber plastického maziva .....                          | 93         |
| <b>6 TRIBODIAGNOSTIKA MOTOROVÝCH OLEJOV .....</b>                            | <b>94</b>  |
| <b>7 ŠPECIFIKÁCIE MSU ŽILINA .....</b>                                       | <b>175</b> |
| LITERATÚRA .....                                                             | 204        |
| ZDROJE OBRÁZKOV .....                                                        | 207        |
| PRÍLOHY .....                                                                | 210        |

**prof. Ing. Peter DROPPA, Phd. (15%)**

mobil.: +421 907 827038,

e-mail: [peter.dropa@aos.sk](mailto:peter.dropa@aos.sk)

**Ing. Miroslav MARKO, Phd. (55%)**

mobil.: +421 905 319080,

e-mail: [mikro\\_makro@pobox.sk](mailto:mikro_makro@pobox.sk), [miroslav.marko@aos.sk](mailto:miroslav.marko@aos.sk);

Certifikovaný Tribotechnik II,

Certifikačný orgán pre certifikáciu personálu v technickej diagnostike, COPT' TD,

Vihorlatská 8, 949 01 Nitra,

Člen výboru Slovenskej spoločnosti pre tribológiu a tribotechniku (SSTT),

Kočeľova č.15, 815 94 Bratislava.

**Ing. Štepan PAVLOV, PhD. (15%)**

mobil.: +421 907 819600,

e-mail: [stepan.pavlov@aos.sk](mailto:stepan.pavlov@aos.sk)

**Ing. Mário ŠTIAVNICKÝ, PhD (15%)**

mobil.: +421 904 504519,

e-mail: [mario.stiavnicky@aos.sk](mailto:mario.stiavnicky@aos.sk)





## Vybrané aspekty tribotechniky, tribochémie a úvod do petrochémie

V súčasnosti nadobúda veľký význam starostlivosť o stroje, strojné zariadenia a ich olejové systémy. V tejto súvislosti má tribotechnika, preventívna údržba (ošetrovanie) a **tribotechnická diagnostika** nový rozmer a dôležitosť.

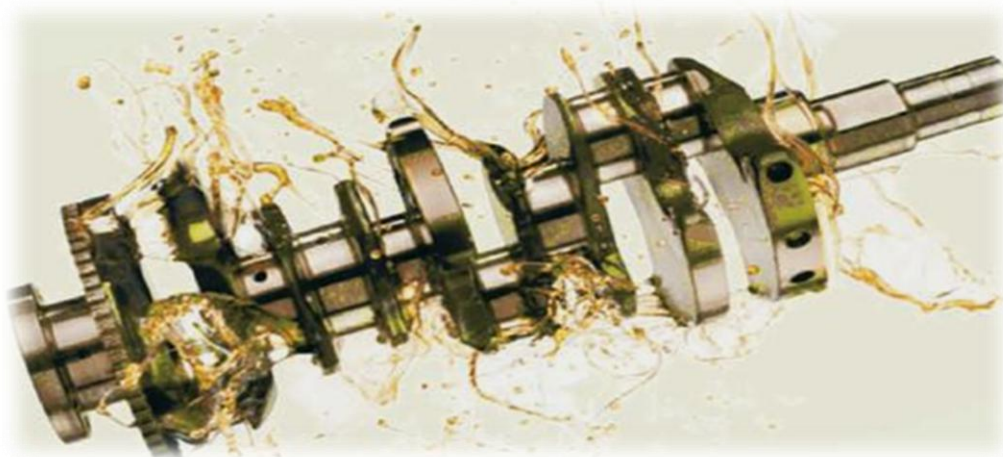
**Tribotechnika** a jej podsystem **tribotechnická diagnostika** vychádza z poznania, že mazivo (oleje, plastické mazivá, účelové kvapaliny po čase používania odrážajú určitý stav kontaktných - interaktívnych plôch a ich podmienky prevádzkovania. Preto je stav maziva veľmi dobrým a rýchlym informačným systémom o stave stroja.

**Tribochémia** sa zaoberá chemickým pôsobením stavov, ktoré vznikajú pri kontaktných procesoch interaktívnych plôch za prítomnosti aktívneho chemického média. **Tribochémia** je súčasťou fyzikálnej chémie.



Obrázok 1. Ilustračný obrázok [1]

# 1. ÚVOD DO TRIBOLÓGIE A TRIBOTECHNIKY



Obrázok 2. Ilustračný obrázok [2]

V odbornej starostlivosti o základné prostriedky sú požiadavky kladené na predĺženie správneho technického stavu a prevádzkovej schopnosti, čo predstavuje podstatné zníženie prestojov z dôvodu chýb a porúch.

Z hľadiska starostlivosti o stroje a zariadenia ponúka organizovaná tribotechnika významnú pomoc pri riešení nedostatkov technického stavu v smeroch pracovných kapacít, materiálových otázok, náhradných súčiastok, opravárenských priestorov, finančných prostriedkov a tiež investičných nárokov. Treba pripomenúť vplyv na nároky týkajúce sa starostlivosti o techniku, znižovanie spotreby ropných výrobkov, elektrickej energie a tiež ochranu životného prostredia.

Je všeobecne známe, že sú kladené stále väčšie požiadavky na stroje a zariadenia vo všetkých odvetviach nášho hospodárstva. Do jednotlivých odvetví priemyslu sú postupne zavádzané nové stroje a zariadenia, ktoré si vyžadujú pozornejšiu a kvalifikovanejšiu obsluhu a údržbu (ošetrovanie). Životnosť a spoľahlivosť strojov, počet náhradných súčiastok závisí často od úrovne navrhnutých trecích dvojíc (uzlov) a ich mazania. S uvedenými technicko-ekonomickými problémami sa zaoberá vedný odbor tribológia a v rámci vedného odboru tiež tribotechnika a tribodiagnostika. Nové náročné úlohy sa dajú zvládnuť len využívaním poznatkov vedecko-technickej základne, t. j. uplatňovaním nových poznatkov vedy a techniky v praxi.

## 1.1 Historický vývoj

Tribológia, tribotechnika i tribochémia má svoju históriu. Vieme, že technická funkcia väčšiny inžinierskych systémov, ako sú stroje zariadenia, automobily a podobne, závisí od pohybu a interakcie (kontakte). Pri pohybe a interakcii vzniká trenie a jeho dôsledkopotrebovanie. Toto je jeden z najstarších problémov, s ktorým sa stretávame od dávnoveku, pritom niekedy s neriešiteľnými výsledkami. V minulosti sa s ním stretli starí Egypťania pri premiestňovaní stavebného materiálu na stavbu pyramíd, pričom na prekonanie trenia používali tekuté mazivo, olivový olej, a tým si zabezpečovali znižovanie trecej sily potrebnej na ťahanie veľkých celkov. V Mezopotámii už začali používať k premiestňovaniu nákladov valivý pohyb-valivé trenie. Vedecké štúdie o dynamike pohybu a o zákonoch trenia sa viažu už ku Galileovi, ktorý vyslovil princíp zotrvačnosti. „Ak teleso nie je vychýlené vonkajšou silou a ak nie je brzdené trecou silou, zostáva v priamočiarnom pohybe s konštantnou rýchlosťou“. Ďalší stupeň vedeckého vývoja dynamiky urobil Isaac Newton so základnými

zákonmi dynamiky. Po Galileovi a Newtonovi, Amontons v roku 1699 a Coulomb v roku 1785 formulovali zákonitosti trenia, pričom Coulomb zhotovil špeciálny tribometer. Výsledky oboch ukázali, že trecia sila je úmerná normálovému zaťaženiu. Podiel trecej sily k normálovému zaťaženiu nazývame koeficientom trenia, ktorý tiež závisí od veľkosti kontaktnej plochy. Leonardo da Vinci v polovici 15. storočia zo svojich experimentov vyslovil poznatok, že trecia sila je štvrtina zo zaťaženia a je konštantná pre všetky materiály ( $F=0,25$ ). Anglický vedec Desagulier v roku 1724 vyslovil predpoklad o adhézii medzi molekulami pri trení. Túto hypotézu potvrdil Hardy v roku 1919 a Tomlison v roku 1929. Rozvinul ju ďalej Derjagin v roku 1934. Dlhé roky boli spory s mechanickou a molekulárnou teóriou trenia. Spor skončil v roku 1939, keď prof. Kragel'skij vyslovil dvojakú podstatu trenia, čím vznikla molekulárno-mechanická teória trenia. Bowden a Tabor nezávisle od toho vyslovili túto ideu v roku 1943. Táto teória bola potom prijatá ako generálna teória trenia.

Ako je známe, koncepcia tribológie a názov tribológia sa zaviedli v roku 1966 a boli prijaté Aklamáciou 9. marca 1966, keď sa objavili v správe Britského ministerstva školstva a vied, ktorá sa odvtedy stala všeobecne známou ako Jostova správa. Jej základným zistením bolo, že vzájomnou interakciou povrchov v relatívnom pohybe vznikajúce trenie a opotrebovanie obsahuje viac disciplín, t. j. konštrukciu, fyziku, chémiu, metalurgiu, atď., čo sa predtým neposudzovalo ako také a výsledkom boli veľké ekonomické straty, ktorým sa v mnohých prípadoch dalo predísť. Práve Jostova správa prispela k tomu, že sa tribológia na celom svete považuje za zdroj praktických ekonomických úspor, že sa profesionálna činnosť na úseku tribológie rozšírila po celom svete. Korene tribologických a tribotechnických poznatkov siahajú hlboko do minulosti. Existujú o tom dôkazy, uverejnené v mnohých publikáciách. Prvé správy o mazaní strojov a zariadení sú z druhej polovice 19. storočia. Vznik a rozvoj priemyselnej výroby dal podnet k zavádzaniu väčšieho množstva strojov do prevádzky. Každé takéto zariadenie obsahovalo niekoľko miest so vzájomným pohybom, ktoré si vyžadovali pravidelné mazanie. Mazanie a dopĺňovanie olejov vykonávali obsluhy strojov. Mazacie prostriedky prevažne dodávali a zabezpečovali olejárske spoločnosti.

S rastom priemyselnej výroby po 1. svetovej vojne dochádza nielen k značnému rozšíreniu strojového parku, ale začali sa tiež uplatňovať nové metódy organizácie práce a riadenia.

Stroje a zariadenia sa stávali výkonnejšie, ale aj zložitejšie, a tým náročnejšie na údržbu a mazanie, čím vznikla požiadavka na organizované mazanie.

Vznikla samostatná funkcia mazačov, ktorí zabezpečovali potrebné mazanie a dopĺňovanie mazív do strojov a zariadení, čím vznikli mazacie služby, ktorých úroveň bola veľmi rozdielna a jednotlivé výrobné organizácie ich organizovali podľa svojich potrieb a možností.

Uvedieme definíciu, ktorá bola formulovaná v roku 1966.

**Tribológia je veda a technológia o vzájomnom pôsobení povrchov pri ich relatívnom pohybe a o práci s tým spojenej.** V tomto novom komplexnom názve sa dostáva do popredia pojem trenia (tribos-z gréckeho trenie, trieť).

Iná definícia hovorí, že Tribológia je veda a technológia v súčasnej praxi a teórii, ktorá rieši vzájomné pôsobenie kontaktných plôch počas ich relatívneho pohybu spolu s ich súvisiacimi subjektami a procesmi. Alebo ďalšia definícia hovorí, že Tribológia je učenie o vedeckom výskume a technickom (technologickom) používaní zákonitostí a poznatkov pre iné vedné odbory, ako sú trenie, opotrebenie a mazanie.

Tribológia [3,73] je veľmi široký pojem, ktorý možno zhruba vysvetliť takto: **je to interdisciplinárna veda o trení a opotrebovaní tuhých telies, ako aj o možnostiach, ako zmenšiť trenie a opotrebovanie vzájomne sa pohybujúcich telies.** Patria sem záležitosti konštrukčné, materiálové, metalografické, výrobné a tiež vhodné použitie mazív a prevádzkových materiálov. Komplexný pojem tribológie ako vedy dnes pozostáva z niekoľkých samostatných vedných disciplín, ako sú napríklad:

- ❖ **tribotechnika**, zaoberá sa o technických a ekonomických procesoch trenia a opotrebenia v kontaktných uzloch, kde vedecky zdôvodňuje opatrenia v konštrukcii, technológii výrobe, prevádzke a údržbe. Kde nezastupiteľnou súčasťou je technika a technológia mazania vrátane ochrany techniky proti opotrebeniu. Súčasťou tribotechniky je **tribodiagnostika**, ktorá sa zaoberá kontrolou, meraním, vyhodnocovaním, zdôvodňovaním, navrhovaním postupov na odstránenie nežiaducich účinkov kontaktných procesov, či návrhov technologických postupov,
- ❖ **tribofyzika**, rieši fyzikálne aspekty kontaktných procesov za pohybu,
- ❖ **tribochémia**, zaoberá sa chemickým pôsobením a aspektami kontaktných procesov s chemicky aktívnym médium vstupujúcim do tohto interaktívneho procesu,
- ❖ **tribomechanika**, sa zaoberá mechanikou (kinematikou a statikou) trenia počas kontaktných procesov,
- ❖ **tribometalurgia**, sa zaoberá zložením a stavom kontaktných povrchov,
- ❖ **tribobiológia**, sa zaoberá biologickými aspektami pôsobenia kontaktných procesov v prirodzených tribologických systémoch, atď.

Praktické využívanie poznatkov tribológie v oblasti trenia, mazania a opotrebovania nazývame **tribotechnika** (predtým technika mazania). **Tribotechnika** sa zaoberá v širokom meradle všetkými prostriedkami a pracovnými postupmi, ktoré majú vplyv na znižovanie trenia a opotrebovania.

Ide o oblasť techniky, ktorá sa zaoberá:

- ❖ **mazacími prostriedkami** (tuhé, tekuté, plynné),
- ❖ **mazacími zariadeniami** (mazacie lisy a pod.),
- ❖ **pracovnými postupmi mazania**.

Čo sa týka **mazacích prostriedkov**, používajú sa prevažne ropné mazacie prostriedky. V niektorých prípadoch syntetické, semisyntetické (polosyntetické) alebo iné mazacie prostriedky ako napr. ekologické mazivá (rastlinné oleje).

Pod pojmom **mazacie zariadenia** (mazacia technika) rozumieme technické zariadenia, ktorými zabezpečujeme mazanie v trecích miestach (uzloch). Ide o priemyselné mazacie zariadenie ako napr. mazacie lisy, mazacie hlavice, potrubné systémy ako aj ďalšie prvky, slúžiace na dopravu maziva do trecieho miesta.

O tribológii sa všeobecne vie, že čerpá tiež z poznatkov prírodných vied. Ide o náročnú špecializáciu, pre ktorú sú predpokladom strojárské a chemické znalosti, tiež odborná prax v oboch odboroch. Zavedením pojmu tribológia sa poukázalo na hospodársky veľmi dôležitú samostatnú technickú problematiku, čo je nesporný pokrok.

## 1.2 Tribotechnika

Tribotechnika a jej súčasť tribotechnická diagnostika je jednou z metód bezdemontážnej technickej diagnostiky. Využíva mazivo ako médium pre získavanie informácií o zmenách v trecích uzloch. Jej poslaním je zistiť, vyhodnotiť a oznámiť výskyt cudzích látok v mazive a jeho zmenu, a to z hľadiska kvantitatívneho a kvalitatívneho. Vhodná interpretácia výsledkov umožní nielen včasné upozornenie na príznaky vznikajúcej poruchy, ale v rade prípadov dovoľí i lokalizovať miesto vzniku mechanickej poruchy. Tribotechnická diagnostika by sa mala aplikovať tam, kde je sústredená drahá technika, u ktorej by poruchy vyvolali veľké výpadky a tým vysoké finančné straty. Vo svete má tento trend neustále stúpajúcu tendenciu pre značný ekonomický význam.

Pri zavádzaní a využívaní nových, neustále komplikovanejších mechanických systémov sa s ohľadom na súčasné poznatky v oblasti trenia, opotrebovania a mazania umožňuje riešiť



komplex aktuálnych úloh, vznikajúcich v rôznych sférach činnosti spoločnosti v jednotlivých odvetviach národného hospodárstva.

V poslednom čase sa v priemyselne vyspelých krajinách venuje zvýšená pozornosť problémom trenia, opotrebovania a mazania.

V súčasnej tribológii či už teoretickej alebo praktickej sa na základe vykonaných analýz rozvíja činnosť v nasledovných oblastiach:

- ❖ **triboanalýza** (teoretické poznatky z tribotechniky, tribofyziky a tribochémie),
- ❖ **tribotechnická náuka o materiáloch** (výber konštrukčných materiálov, trecích dvojíc a štúdium ich vlastností),
- ❖ **tribotechnológia** (stanovenie vhodných postupov a metód pre dosiahnutie požadovaných tribochemických vlastností trecích povrchov),
- ❖ **tribotechnika** (praktické využívanie poznatkov tribológie v praxi),
- ❖ **tribotechnická kontrola** (tribomonitoring, zahŕňa dva základné smery a to tribometriu a tribodiagnostiku),
- ❖ **tribometria** je súhrn metód a prostriedkov na meranie hlavných parametrov trecieho kontaktu (trecia sila, opotrebovanie, teplota, drsnosť povrchu a pod.),
- ❖ **tribodiagnostika** je súhrn metód a prostriedkov kontinuálnej kontroly a riadenia stavu trecích parametrov súčiastok strojov),
- ❖ **triboinformatika** (výmena informácií o najnovších vedeckých poznatkoch v tribológii, tribotechnike a tribodiagnostike, štúdium zákonitostí, tvorby, transformácie a uchovanie informácií za účelom ich využitia vo vede, výrobe a školstve), atď.

Uvedené čiastkové technické oblasti vedného odboru tribológie sú veľmi dôležité pre zabezpečenie spoľahlivého stavu a chodu výrobných strojov a zariadení a majú zásadný vplyv na ich životnosť.

Mimoriadna pozornosť sa venuje tiež aplikácii mazacích prostriedkov pre niektoré vybrané typy strojov a zariadení, ako sú napr. kĺzne a valivé ložiská, ozubené prevody, mechanizmy, turbíny, kompresory a spaľovacie motory.

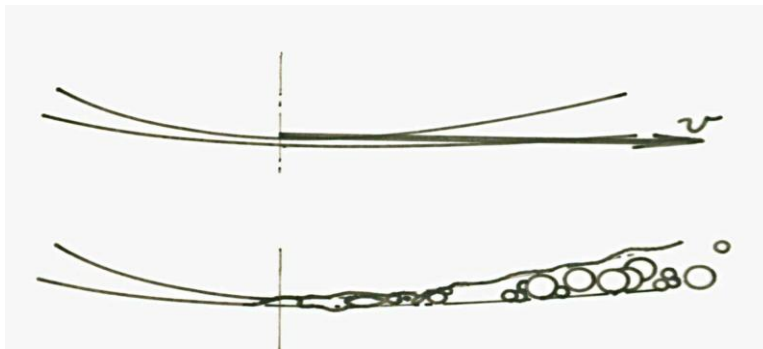
V oblasti špeciálnych mazív sa tribológia venuje napríklad technologickým mazivám pre trieskové a tvárniace operácie, t. j. rezným a emulgačným olejom.

V súčasnosti je dôležité, aby táto činnosť bola organizovaná, t. j. organizovaná tribotechnika by mala mať miesto v každom strojárskom subjekte. Umožňuje racionálne a ekonomické využívanie mazív, včasnú indikáciu vznikajúcich porúch pri prevádzke strojných zariadení.



Obrázok 3. Ilustračný obrázok; záťažový typ prevádzky [3]

## 2. TRENIE, OPOTREBENIE A MAZANIE



Obrázok 4. Ilustračný obrázok; trenie-opotrebenie-mazanie [4]

Pri zaoberaní sa teóriou trenia a opotrebenia nemožno opomenúť výnimočné postavenie spaľovacích motorov medzi strojnými skupinami. Dôvodom je skutočnosť, že v spaľovacom motore sa vyskytujú prakticky všetky druhy trenia a opotrebenia.

### 2.1 Trenie

**Trenie je jav, ktorý vzniká pri pohybe telies v materiálovom prostredí.**

**Tuhá látka**, tuhé skupenstvo je jedno z troch hlavných skupenstiev. Tuhá látka sa vyznačuje pevným, často pravidelným usporiadaním častíc. Teleso z tuhej látky udržuje svoj tvar, aj keď nie je uzavreté do nejakého objemu. Sily medzi časticami tuhej látky sú obvykle silnejšie ako sily, ktoré by spôsobili jeho rozpad, najčastejšie ide o gravitačnú silu s veľkosťou porovnateľnou s pozemskými podmienkami.

**Kvapalina** alebo kvapalné skupenstvo alebo kvapalná látka je tekutá forma látky a jedno zo skupenstiev, pri ktorom sú častice relatívne blízko pri sebe, ale nie sú viazané v pevných polohách a môžu sa pohybovať v celom objeme.

Vonkajšie prejavy kvapalín:

- ❖ sú tekuté,
- ❖ sú ľahko deliteľné,
- ❖ kvapalné telesá nemajú svoj tvar, ale majú tvar podľa nádoby, v ktorej sa nachádzajú,
- ❖ kvapalné telesá majú vlastný objem,
- ❖ kvapalné telesá majú voľný povrch (hladinu),
- ❖ kvapaliny tvoria kvapky (vďaka slabým príťažlivým silám medzi časticami),
- ❖ kvapaliny sú ťažko stlačiteľné,
- ❖ elektrický prúd vo vodivých kvapalinách sa prenáša iónmi,
- ❖ teplo sa v kvapalinách môže šíriť prúdením,
- ❖ kvapaliny sa snažia zaujať čo možno najmenší povrch.

**Plyn** alebo plynné skupenstvo alebo plynná látka je jedno zo základných skupenstiev, v ktorom sú jednotlivé častice látky relatívne ďaleko od seba, voľne sa pohybujú v priestore a pôsobia na ne zanedbateľne malé príťažlivé sily. V porovnaní s kvapalinami a tuhými látkami majú plyny omnoho menšiu hustotu a viskozitu a sú stlačiteľné. Plyn patrí s kvapalinou do skupiny „tekutín“. Na zjednodušené skúmanie vlastností plynov sa používa ideálny plyn. Skutočný plyn alebo reálny plyn má na rozdiel od ideálneho plynu i viskozitu. Častice plynu nedržia pohromade žiadne sily (resp. ich pôsobenie je zanedbateľné), pohybujú sa chaoticky (neusporiadane) rozličnou rýchlosťou a ovplyvňujú sa len pri vzájomných, náhodných zrážkach. Rýchlosť častíc je rôznorodá, rozdelenie rýchlostí častíc opisuje Maxwelllova-



Boltzmannova štatistika. Nárazy častíc na steny nádoby, v ktorej je plyn uzavretý, pôsobia na ne silou, ktorá sa prejavuje ako tlak plynu v uzavretej nádobe. V prípade, že sa plyn nachádza v uzavretej nádobe, po jej otvorení difunduje do okolia. Tento jav je praktickým dôsledkom druhej termodynamickedy. Okamžitý stav určitého množstva ideálneho plynu je určený tromi stavovými veličinami - tlakom, teplotou a objemom. Tieto tri veličiny sú navzájom závislé a ich vzťah (zmeny) opisuje stavová rovnica ideálneho plynu (1):

$$p.V = n.R.T \quad (1)$$

$p$  - tlak [Pa],  $V$  - objem [ $m^3$ ],  $n$  - látkové množstvo [mol],  $R$  - univerzálna plynová konštanta [ $8,314472 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ ],  $T$  - termodynamická teplota [K]

Pri každom trení existuje trecia sila, ktorá pôsobí vždy proti smeru pohybu (príp. proti zmene kludového stavu pri kludovom trení).

Podľa stavu, v akom sa telesá nachádzajú, delíme trenie na:

- ❖ statické - trenie, ktoré pôsobí, keď sú telesá v klude. Z hľadiska pohybu je rýchlosť ( $v$ ) medzi kontaktnými povrchmi nulová ( $v = 0$ ),
- ❖ kinetické - trenie za pohybu. Je to stav, v ktorom sa telesá vo svojich dotykových bodoch voči sebe relatívne posúvajú ( $v \neq 0$ ). V technickej praxi sa zaoberáme práve týmto druhom trenia,
- ❖ trenie pri prechode zo stavu kludu do stavu pohybu.

Trenie za pohybu môžeme rozdeliť podľa relatívneho pohybu funkčných povrchov na trenie **klzné**, **valivé**. Špecifickým prípadom môže byť i trenie kombinované.

### 2.1.1 Trenie dvoch ineraktívnych plôch v kludovom stave

Kľudové trenie (tiež statické, ďalej uvádzané ako kludové) je trenie, vznikajúce medzi telesami, ktoré sa vzhľadom k sebe nepohybujú - sú v klude (2, 3). Výpočet teoretickej kludovej trecej sily:

$$F_T = f_0 \cdot F_N \quad (2)$$

$F_T$  - je kludová trecia sila, kde rýchlosť  $v=0$  [N],  $f_0$  - je súčiniteľ kludového trenia [-],  $F_N$  - je kolmá tlaková sila medzi telesami [N]

$$F_N = m \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

$F_T$  - je kludová trecia sila [N],  $F_N$  - je kolmá tlaková sila medzi telesami [N]

Kľudové trenie býva väčšie ako šmykové trenie medzi rovnakými telesami.

### 2.1.2 Súčiniteľ kludového trenia

Súčiniteľ kludového trenia je fyzikálna veličina, ktorá udáva pomer trecej sily a kolmej tlakovej sily pri kludovom trení. Hodnota súčiniteľa kludového trenia závisí od konkrétnej dvojice látok na povrchu telies, medzi ktorými je kludové trenie. Súčiniteľ kludového trenia býva väčší než súčiniteľ šmykového trenia pre rovnaké telesá.



Obrázok 5. Ilustračný obrázok, model vzniku trenia-prehnaná drsnosť [4]

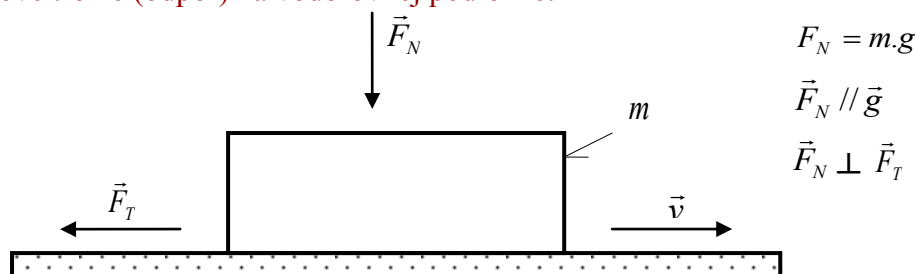
Tabuľka 1. Prehľad súčiniteľov klúdového trenia

| Materiál 1 | Materiál 2   | Hodnota súčiniteľa klúdového trenia |
|------------|--------------|-------------------------------------|
| oceľ       | oceľ         | 0.15                                |
| oceľ       | drevo        | 0.55                                |
| guma       | ľad          | 0.15                                |
| guma       | mokrý asfalt | 0.35                                |
| guma       | suchý asfalt | 0.55                                |

### 2.1.3 Druhy trení podľa typu pohybu:

- ❖ klízne trenie,
- ❖ valivé trenie,
- ❖ alebo ich kombinácia (tzv. kombinované trenie).

Klzné-šmykové trenie (odpor) na vodorovnej podložke:



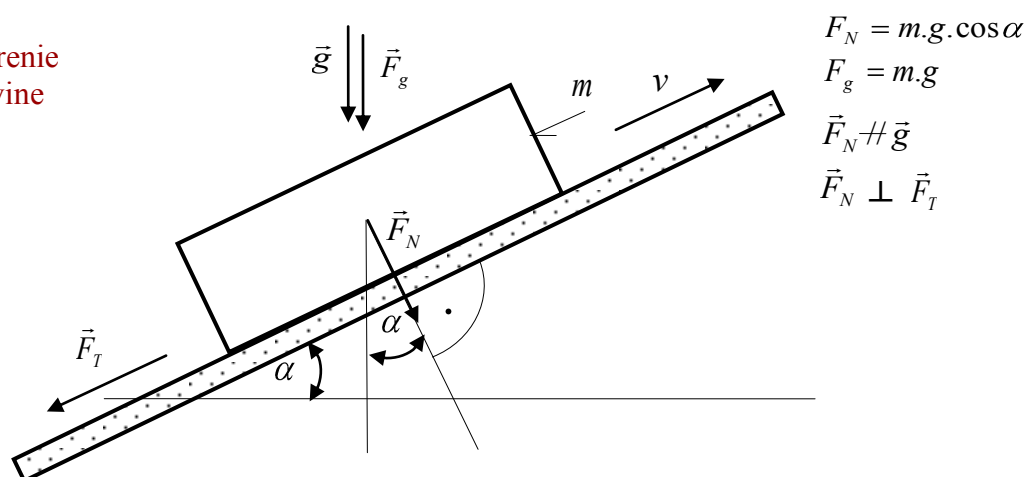
Obrázok 6a Klzné-šmykové trenie:  $v$  - rýchlosť [m/s],  $g$  - tiažové zrýchlenie [m/s],  $F_T$  - trecia sila [N],  $F_N$  - normálová sila, je kolmá tlaková sila medzi telesami [N],  $m$  - hmotnosť [kg]

Výpočet šmykovej trecej sily:

$$F_T = \mu \cdot F_N \quad (4)$$

$F_T$  - trecia sila [N],  $F_N$  - normálová sila, je kolmá tlaková sila medzi telesami [N],  $\mu$  - koeficient trenia [-]

Klzné-šmykové trenie na naklonenej rovine



Obrázok 6 b. Klzné-šmykové trenie:  $v$  - rýchlosť [m/s],  $g$  - tiažové zrýchlenie [m/s],  $F_T$  - trecia sila [N],  $F_N$  - normálová sila, je kolmá tlaková sila medzi telesami [N],  $F_g$  - gravitačná sila,  $m$  - hmotnosť [kg],  $\alpha$  - uhol naklonenia od vodorovnej roviny [°]

Výpočet šmykovej trecej sily na naklonenej rovine:  $F_T = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha = \mu \cdot F_N$  (5)

$F_T$  - trecia sila [N],  $F_N$  - normálová sila, je kolmá tlaková sila medzi telesami [N],  $\mu$  - koeficient trenia,  $\alpha$  - uhol naklonenia od vodorovnej roviny [°]

**Klzné-šmykové trenie** je trenie, ktoré vzniká pri posuvnom pohybe medzi telesami (4) je definované základnými rysmi, ktorými sú:

- ❖ trecia sila je úmerná normálnemu zaťaženiu,
- ❖ koeficient trenia je nezávislý od plochy dotyku,
- ❖ statický koeficient trenia je vyšší ako kinetický,
- ❖ koeficient trenia nezávisí od rýchlosti klzania.

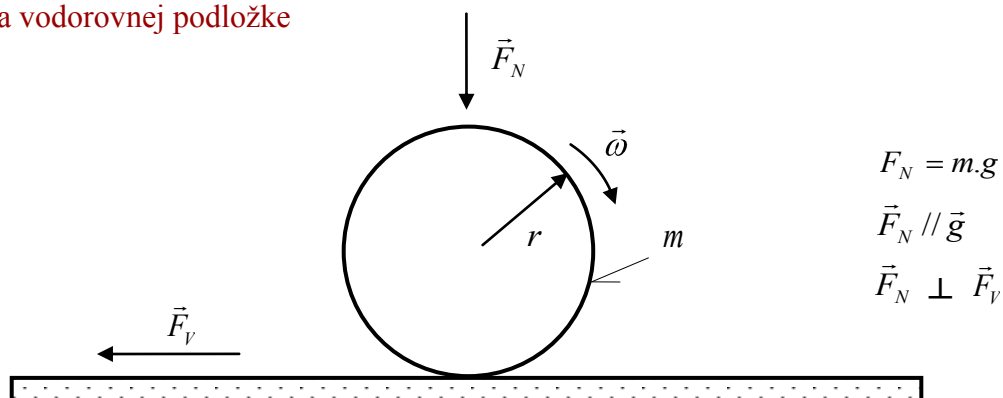
### Súčiniteľ klzného-šmykového trenia

Súčiniteľ šmykového trenia je fyzikálna veličina, ktorá udáva pomer trecej sily a kolmej tlakovej sily pri šmykovom trení. Hodnoty súčiniteľa šmykového trenia závisia od konkrétnej dvojice látok na povrchu a od drsnosti telies, medzi ktorými šmykové trenie prebieha.

Tabuľka 2. Prehľad súčiniteľov klzného - šmykového trenia

| Materiál 1 | Materiál 2 | Hodnota súčiniteľa šmykového trenia |
|------------|------------|-------------------------------------|
| ocel'      | ocel'      | 0,1                                 |
| ocel'      | drevo      | 0,35                                |
| drevo      | drevo      | 0,3                                 |
| ocel'      | ľad        | 0,027                               |

### Valivé trenie na vodorovnej podložke



Obrázok 7a. Valivé trenie,  $\omega$  - uhlová rýchlosť [m/s],  $g$  - gravitačné zrýchlenie [m/s]  
 $F_V$  - valivá trecia sila [N],  $F_N$  - je kolmá tlaková sila medzi telesami [N],  
 $r$  - polomer [m],  $m$  - hmotnosť [kg]

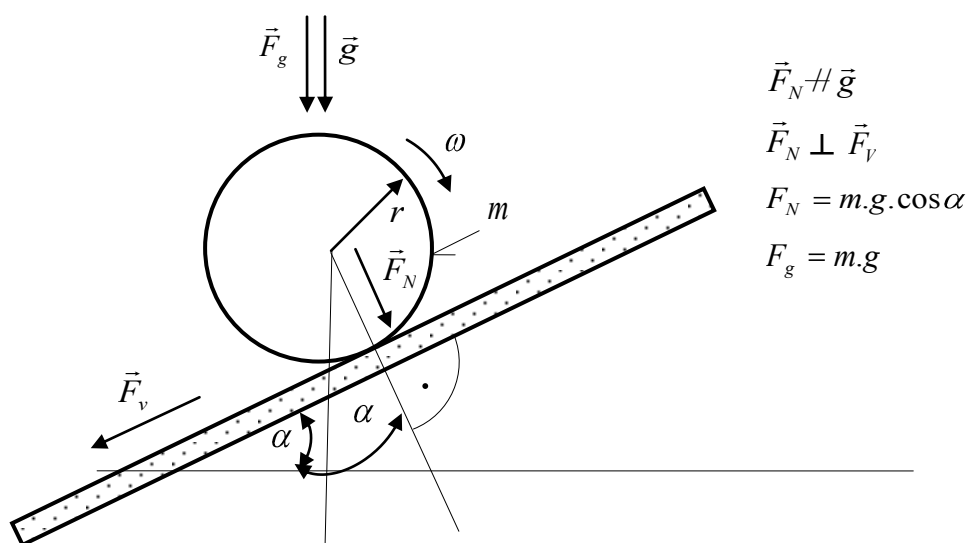
### Výpočet sily valivého trenia

Valivý odpor je druh trenia, ktorý vzniká medzi telesom kruhového prierezu pri jeho valivom pohybe a podložkou, ktorá je v rovine.

$$F_V = \frac{\xi \cdot F_N}{r} \quad (5)$$

$F_V$  - valivá trecia sila-valivý odpor [N],  $F_N$  - kolmé zaťaženie trecej plochy-normálové zaťaženie [N],  $\xi$  - súčiniteľ valivého trenia - odporu pri jednotkovom polomere kola

## Valivé trenie na naklonenej rovine



Obrázok 7b. Valivé trenie,  $\omega$  - uhlová rýchlosť [m/s],  $g$  - gravitačné zrychlenie [m/s],  $F_g$  - gravitačná sila,  $F_v$  - valivá trecia sila [N],  $F_N$  - je kolmá tlaková sila medzi telesami [N],  $r$  - polomer [m],  $m$  - hmotnosť [kg]  $\alpha$  - uhol naklonenia od vodorovnej roviny [°]

### Výpočet sily valivého trenia na naklonenej rovine

Valivý odpor je druh trenia, ktorý vzniká medzi telesom kruhového prierezu pri jeho valivom pohybe a podložkou, ktorá je naklonená.

$$F_v = \frac{\xi \cdot F_N}{r} = \frac{\xi \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha}{r} \quad (6)$$

Hodnoty ramena valivého trenia závisia na konkrétnej dvojici kontaktných materiálov, medzi ktorými je valivý odpor.

Tabuľka 3. Prehľad súčiniteľov valivého trenia

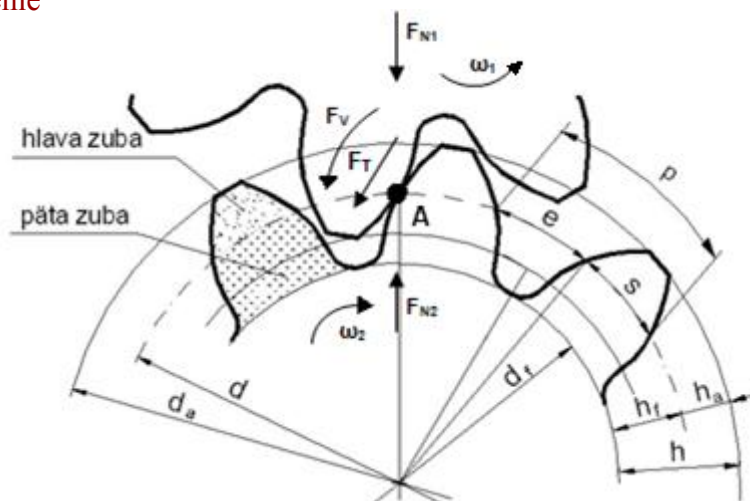
| Materiál 1     | Materiál 2 | Hodnota súčiniteľa valivého trenia |
|----------------|------------|------------------------------------|
| drevo          | drevo      | 0,0008                             |
| ocel'          | ocel'      | 0,00003                            |
| pneumatika     | asfalt     | 0,016                              |
| oceľové koleso | koľajnica  | 0,0005                             |
| drevo          | ľad        | 0.035                              |

### Základné vplyvy pôsobiace na hodnotu valivého trenia (odporu):

- ❖ mikroskopické preklzy,
- ❖ elastická deformácia,
- ❖ plastická deformácia,
- ❖ - adhézne účinky - rozrušovanie povrchu ako dôsledok rozrušenia mikrospojov, ktoré vznikajú pri dotyku povrchov dvoch telies.

Pri geometrickej predstave o vzájomnom odval'ovaní dvoch telies neuvažujeme o zmenách ich tvaru a vzniku preklzu. Avšak táto predstava sa líši od skutočných pomerov. Normálová sila  $F_N$  pri odval'ovaní k sebe telesá pritláča a vyvoláva deformáciu v mieste dotyku.

## Kombinované trenie



Obrázok 8. Možný prípad kombinovaného trenia, A - bod dotyku,  $\omega_{1,2}$  - uhlové rýchlosti,  $F_{N1,2}$  - kolmé normálové sily,  $F_T$  - trecia sila-odpor,  $F_V$  - valivá trecia sila-odpor [19]

Kombinované trenie je kombináciou obidvoch druhov základných trení t. j. klzného a valivého trenia, s ktorým sa stretávame najmä ak ide o ozubené kolesá a do istej miery vo valivých ložiskách.

**Výpočet sily kombinovaného trenia** v prípade, že sila  $F_N$  je orientovaná kolmo na rozhranie trecích plôch, je daná vzťahom:

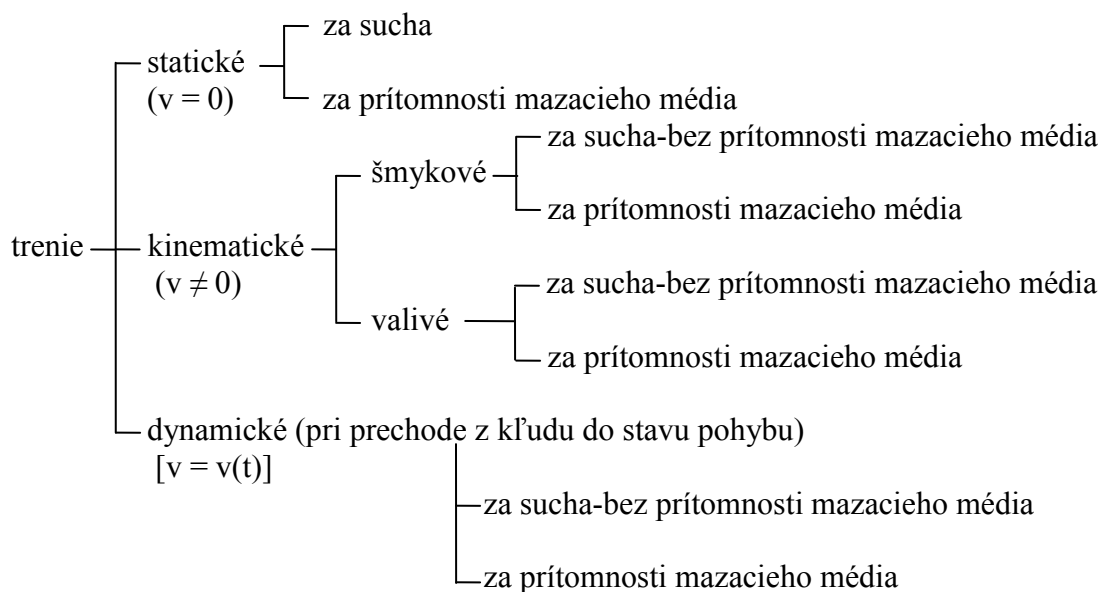
$$F_K = F_N \left( \mu + \frac{\xi}{r} \right), \quad (6)$$

$F_K$  - kombinované trenie [N],  $F_N$  - kolmé zaťaženie trecej plochy-normálové zaťaženie [N],  $r$  - polomer valivého telesa [mm],  $\xi$  - súčiniteľ valivého odporu

Trenie je niekedy nutné a potrebné. Inokedy sa ho snažíme obmedziť na najmenšiu možnú mieru. Autá využívajú trenie v brzdách a spojkách a môžu vďaka nemu brzdiť alebo sa rozbiehať. Ľudia môžu využitím trenia spájať predmety klincami, dokonca vďaka treniu dokážeme chodiť. Trenie je škodlivé najmä tým, že v niektorých prípadoch pôsobí ako nežiaduci odpor voči pohybu a na jeho prekonanie je potrebná energia, ktorá je zároveň stratou užitočného výkonu stroja. Odhaduje sa, že asi tretina vyrobenej energie sa spotrebuje na premáhanie trenia. Aj dôkladne opracované trecie plochy vykazujú nepostrehnuteľne malé hrbolčeky a jamky, ktoré do seba pri pohybe zapadajú, olamujú sa a spôsobujú značné opotrebenie a zvýšenie teploty. Rozrušovanie a oter trecích plôch nastáva nielen pôsobením tlaku a váhy, ktoré k sebe plochy pritláčajú, ale aj pôsobením príťažlivých síl kovov, keď sa hrbolčeky k sebe priblížia na malú vzdialenosť. Dôjde k vzájomnému spojeniu, zvareniu a následnému odtrhovaniu, pričom sa povrch plôch zdrsňuje a značne opotrebuje. Tento druh trenia nazývame **trením za sucha**. **Trenie počas mazania** nastáva vtedy, keď medzi dve po sebe pohybujúce sa telesá zavedieme látku, ktorá nepovolí ich priamy dotyk a tým zmenší treciu silu medzi týmito telesami. Táto látka musí mať určité vlastnosti, akými sú: dobrá zmáčavosť, mechanická a chemická stálosť, istá únosnosť, musí mať malé vnútorné trenie a musí byť hospodársky prístupná. Látky, ktoré majú tieto vlastnosti, nazývame mazivami a privádzanie mazív medzi trecie plochy nazývame mazaním.



### 2.1.4 Druhy trení



Obrázok 9. Druhy trení

## 2.2 Opotrebenie

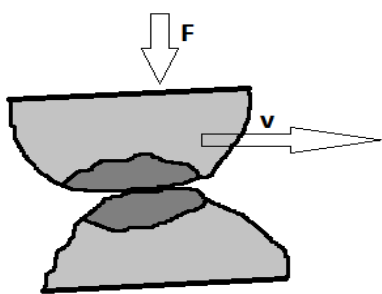
Opotrebenie je definované ako nežiaduca zmena povrchu alebo rozmerov tuhých telies, spôsobených buď vzájomným pôsobením funkčných povrchov, alebo funkčného povrchu a média, ktoré opotrebenie vyvoláva pri ich vzájomnom relatívnom pohybe. Prejavuje sa ako odstraňovanie alebo premiestňovanie častíc hmoty z funkčného povrchu mechanickými účinkami, prípadne doprevádzané i inými vplyvmi, napr. chemickými, elektrochemickými alebo elektrickými. Podľa EU STN 01 5050 sa rozdeľujú opotrebenia na základné druhy.

### 2.2.1 Druhy opotrebení:

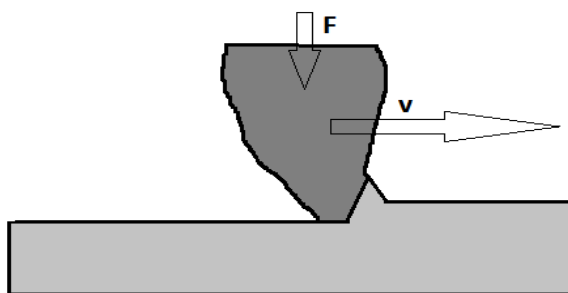
- ❖ adhezívne opotrebenie,
- ❖ abrazívne opotrebenie,
- ❖ erozívne opotrebenie,
- ❖ kavitačné opotrebenie,
- ❖ únavové opotrebenie,
- ❖ vibračné opotrebenie,
- ❖ korozívne opotrebenie.

Schematické znázornenie hlavných druhov opotrebení je na týchto obrázkoch.

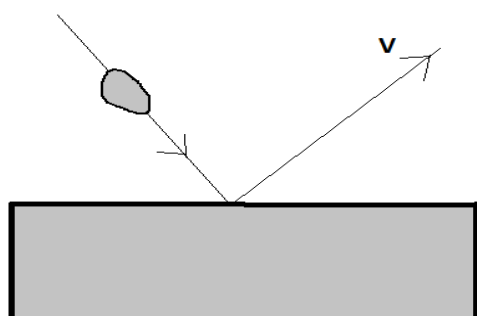
Uvedené základné druhy opotrebenia schématicky vyjadrujú základné konštantné situácie vyvolávajúce uvedené druhy rozrušovania funkčných povrchov. V praxi sú najčastejšie opotrebenia s kombináciou viacerých druhov opotrebení, dôsledkom čoho je známa mnohotvárnosť procesov opotrebenia.



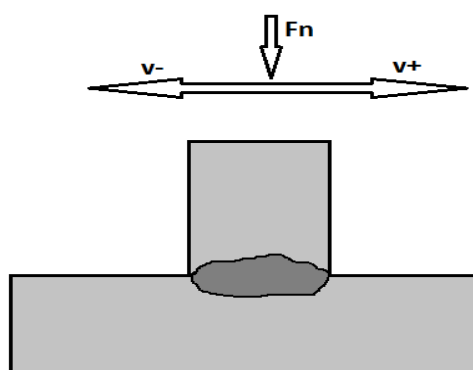
adhezívne opotrebenie



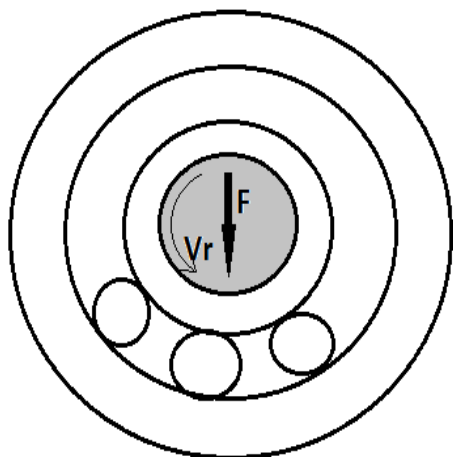
abrazívne opotrebenie



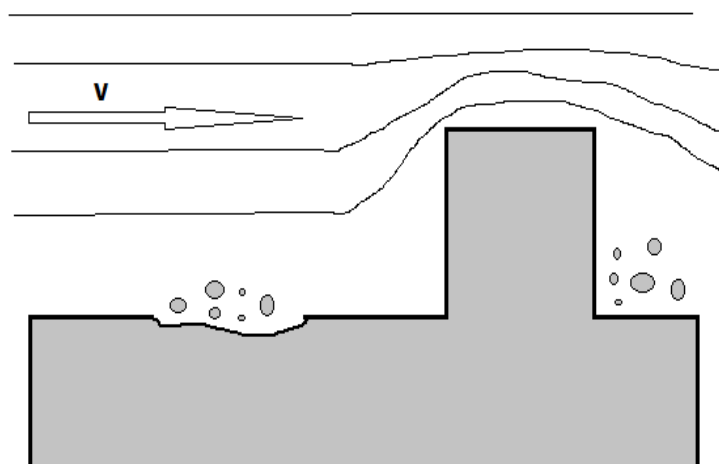
erozívne opotrebenie



vibračné opotrebenie



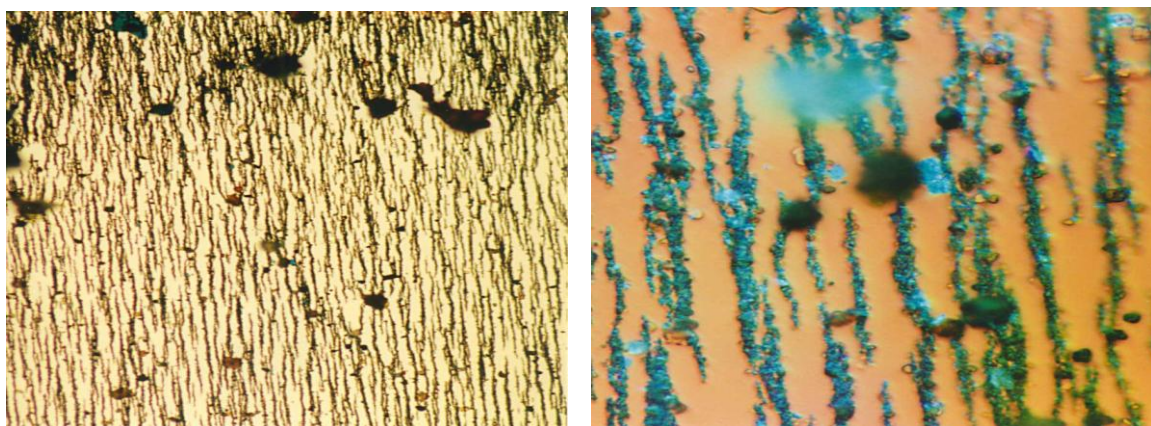
únavové opotrebenie



kavitačné opotrebenie

Obrázok 10. Druhy opotrebení

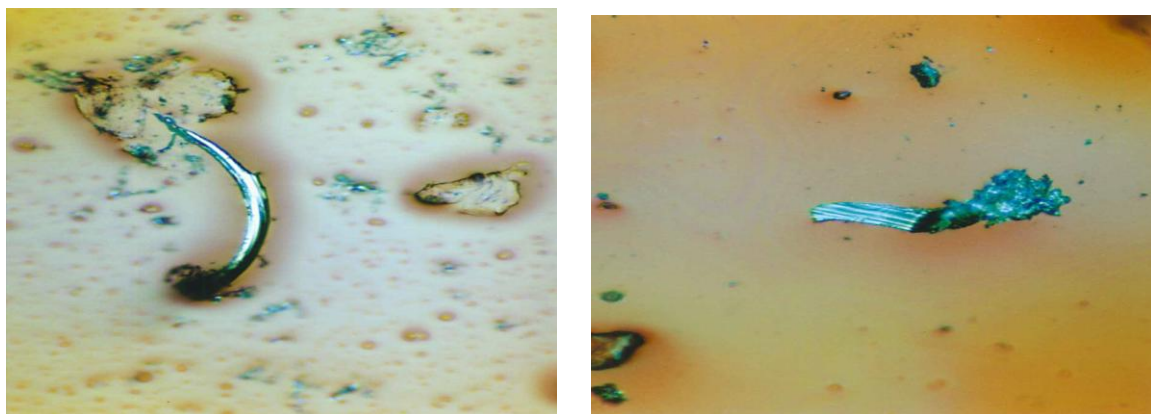
### Ukážka kontaktných plôch a produktov opotrebenia



Obrázok 11. Adhezívne opotrebenie

Ľavý obrázok, ukážka povrchu submikronového feromagnetického oteru zo vznetového motoru.

Pravý obrázok, to isté zväčšené 500 x.



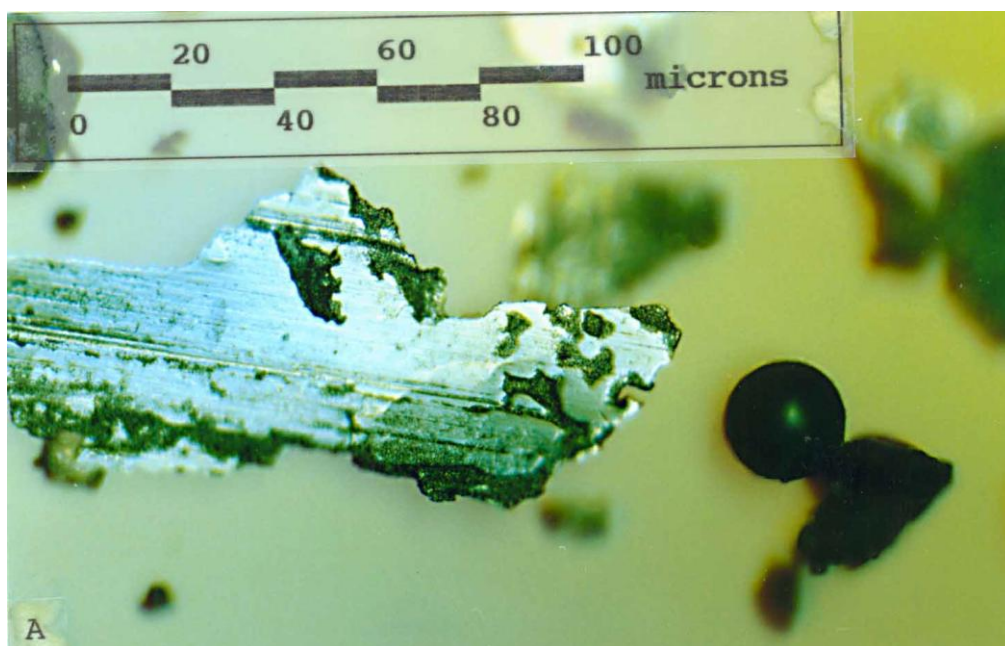
Obrázok 12. Abrázívne opotrebenie

Ľavý obrázok, oceľová častica silného rezného opotrebenia, absencia abrazívnych zŕn v zornom poli ukazuje na to, že dochádza k dvojdobej abrazii, kedy povrch tvrdšieho člena trecej dvojice preniká do mäkšieho člena trecej dvojice a oddeľuje z neho triesky. Zväčšené 1.000 x. Pravý obrázok, častica vzniknutá kombináciou klzno-rezného opotrebenia. Objekt-veľká únavová klzná častica, ktorá sa druhotne dostala medzi koruny zubov ozubených kolies. Tak vznikla spodná časť objektu-skrojéná, so stopami nerovností jedného zo zubov počas šmýkania sa trecej dvojice.

Zväčšené 500 x.



Obrázok 13. Únavové opotrebenie [5] Na povrchu sú patrné jamky únavového vydrolovania (pitting a mikropitting). Zväčšené 200 x.



Obrázok 14. Valivé trenie [5]  
 V jeho dôsledku vzniknutá únava-pitting a deštrukcia.  
 Častica nájdená vo ferografickom vyšetrení oleja.

**Adhezívne opotrebenie** je charakterizované rozrušovaním povrchu ako výsledok porušovania mikrospojov, ktoré vznikajú interakciou medzi dotýkajúcimi povrchmi, vplyvom podmienok a intenzity pôsobiacich faktorov dochádza k rozdielnej intenzite opotrebenia. Extrémnym prípadom adhézneho opotrebenia je zadieranie. Typickým príkladom výskytu tohto opotrebenia sú klzné uloženia.

**Abrazívne opotrebenie** je charakterizované oddeľovaním častíc materiálu z funkčného povrchu ryhovacím účinkom tvrdého drsného povrchu druhého telesa alebo účinkom abrazívnych častíc.

**Erozívne opotrebenie** je charakterizované poškodzovaním funkčného povrchu časticami unášanými prúdom kvapaliny alebo prúdom plynu. Intenzita erozívneho opotrebenia je v rozhodujúcej miere ovplyvňovaná rýchlosťou toku, druhom, veľkosťou a tvrdosťou častíc, ako aj uhlom dopadu častice na funkčný povrch. Typické príklady erozívneho opotrebenia sú opotrebenie obežných kolies čerpadiel, opotrebenie cyklónov, lopatiek ventilátorov, potrubí a pod.

**Kavitačné opotrebenie** vyvoláva poškodzovanie povrchu súčiastok v oblasti zanikania kavitačných dutín. Kavitačné dutiny vznikajú pri náhlom poklese tlaku v kvapaline zmenou podmienok prúdenia. Pri zanikanií kavitačných dutín dochádza k vzniku hydrodynamických rázov, čo spôsobuje namáhanie povrchov, ktoré sú nablízku. Okrem tlakových účinkov sa na rozrušenie povrchov súčiastok podieľajú aj ďalšie faktory, najmä chemické a elektrochemické. S kavitačným opotrebením sa stretávame v súčiastkach vodných turbín, čerpadiel, ale i v klzných ložiskách, v hydraulických systémoch a pod.

**Únavové opotrebenie** je charakterizované postupnou kumuláciou porúch v povrchovej vrstve ako výsledok opakovaných stykových napätí. Typickým príkladom únavového opotrebenia sú valivé ložiská, ozubené kolesá a ďalšie.

**Vibračné opotrebenie** vzniká pri vzájomnom kmitavom tangenciálnom posune funkčných povrchov pri pôsobení normálneho zaťaženia. Amplitúdy vibrácie sú zvyčajne veľmi malé. V praxi je často tento druh opotrebenia považovaný za korózne napadnutie. Najčastejšie sa vyskytuje v rôznych pohyblivých uloženiach. Časté sú tiež prípady narušenia styčných povrchov nalisovaných spojov, čo sťažuje rozoberanie týchto spojov pri oprave.



**Korozívne opotrebenie:** môže byť zavinené koróziou dvojakého druhu:

- ❖ chemickou,
- ❖ vibračnou.

Príčinou **chemickej korózie** sú nežiaduce reakcie kyslíka, vody, organických a anorganických kyselín s materiálom trecej dvojice. Je to prakticky nepretržitý proces - korózia je odstraňovaná z povrchu oterom, ale nový povrch je voči spomínaným látkam ešte reaktívnejší a dej prebieha s väčšou intenzitou.

Príčinou **vibračnej korózie** je trenie hlavne železných povrchov v miestach, kde dochádza k ich opakovanému napätiu dôsledkom vibrácií. Produktom je zväčša hnedý  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  alebo čierny  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

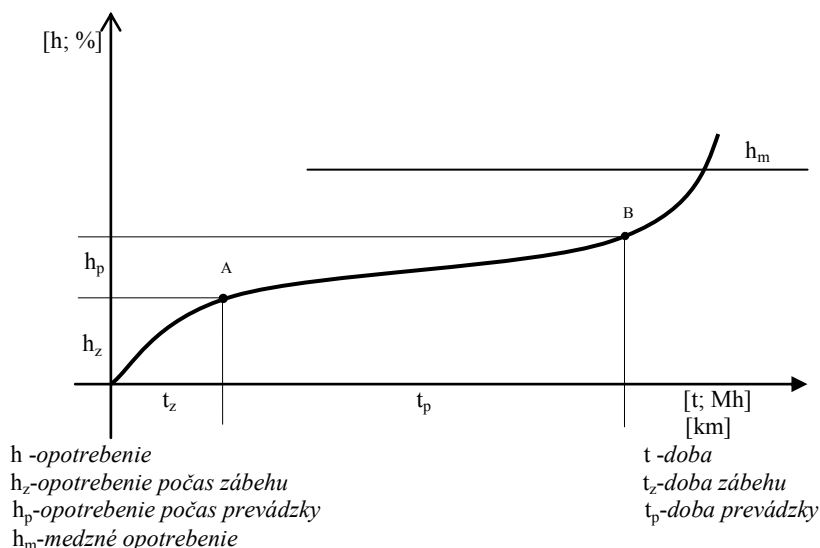
Uvedené druhy opotrebenia vyplývajú zo špecifik funkčného pôsobenia na vznik rozrušovania povrchu a typických podmienok ich prejavu. Z hľadiska základných mechanizmov, ktoré vedú k procesu rozrušovania funkčných povrchov rozlišujeme tieto mechanizmy opotrebenia:

- ❖ mechanizmus adhezívneho opotrebenia,
- ❖ mechanizmus abrazívneho opotrebenia,
- ❖ mechanizmus únavového opotrebenia,
- ❖ mechanizmus korozívneho opotrebenia.

## 2.2.2 Časový priebeh opotrebenia

Charakteristický časový priebeh opotrebenia je znázornený na Obrázku 15.

Tento časový priebeh opotrebenia možno rozdeliť na tri časové úseky, líšiace sa rýchlosťou opotrebenia. V čase  $t_z$  prebieha zábeh, pričom pôvodná akosť povrchu súčiastky daná opracovaním sa pomerne rýchlo mení (zabieha sa).



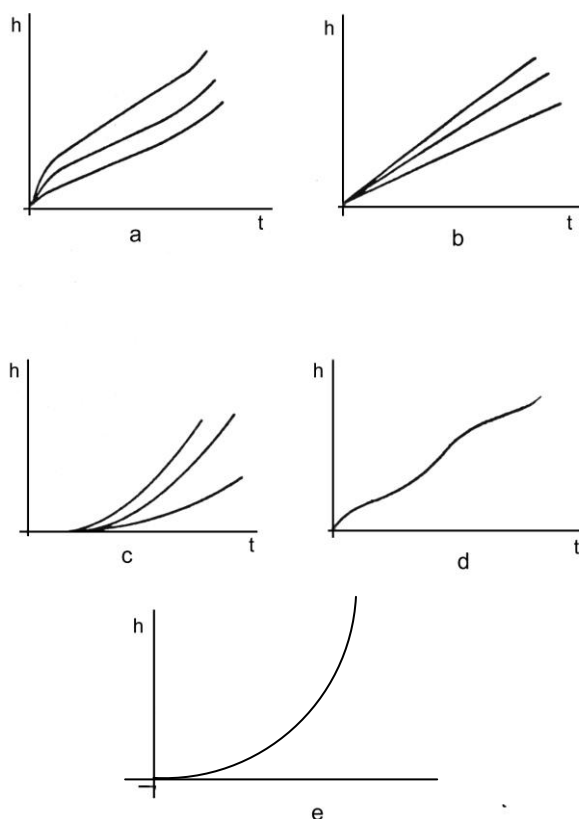
Obrázok 15. Schematické znázornenie priebehu opotrebenia

Časový úsek  $t_p$  označujeme ako **normálne prevádzkové opotrebenie** strojovej súčiastky. Tento úsek je najdlhší a je charakteristický ustálenou rýchlosťou opotrebenia. Ohraničuje oblasť zrýchleného opotrebenia (od bodu B ďalej) označovaného ako havarijné opotrebenie. V tomto časovom úseku bezprostredne hrozí vznik poruchy, a preto súčiastka by mala byť vymenená po dosiahnutí medzného opotrebenia bodu B. Premennivé prevádzkové podmienky vedú k variabilite zmeny rýchlosti opotrebenia. Tieto zmeny sú spôsobené radom vplyvov,



ako napr. zmenami v zaťažení stroja, rozdielnou kvalitou obsluhy, rozdielnou kvalitou údržby, klimatickými podmienkami a podobne.

Príklady zjednodušených modelov časového priebehu opotrebenia v praxi sú na Obrázku 16. Priebeh „a“, je charakteristický pre klzné uloženie. Priebeh „b“, je typický pre abrazívne opotrebenie, kde opotrebenie je lineárnou funkciou času. Priebeh „c“, je charakteristický pre tie typy opotrebenia, ktoré sa vyznačujú obdobím latentného narušovania (kumuláciou porúch) ako napr. únavové a kavitačné opotrebenie. Priebeh „d“, je neustálený priebeh opotrebenia. Priebeh „e“, je typický pre klzné dvojice, kde dochádza k prenosu hmoty.



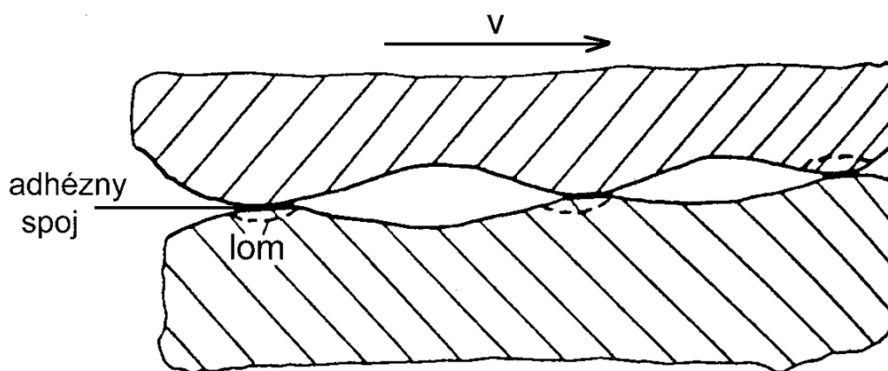
Obrázok 16. Rôzne časové priebehy opotrebenia

### 2.2.3 Mechanizmus adhezívneho opotrebenia

V mechanizme adhezívneho opotrebenia majú rozhodujúci význam interakcie medzi materiálmi trecej dvojice. Povrchy reálnych tuhých telies nie sú dokonale hladké. Preto pri styku dvoch povrchov dochádza ku skutočnému kontaktu v určitých dotykových plôškach.

Ich vytváranie je sprevádzané ich elastickou a plastickou deformáciou. Na obnažených dotykových plôškach sa vplyvom adhézných síl tvoria mikrospoje. Vytvorené mikrospoje sa pôsobením tangenciálnych síl pri pohybe porušujú buď v pôvodnej ploche dotyku mikronerovnosti, alebo pod povrchom jedného z dvojice materiálov, Obrázok 17.

Porušenie mikrospoja pod povrchom niektorého z materiálov vlastne vedie k oddelovaniu čiastočiek materiálu z pôvodného povrchu a ich prenos na protiahlý povrch. V ďalšej fáze účinkom zdrsnenia a spevnenia dochádza k tvorbe voľných častíc opotrebenia. Na proces adhezívneho opotrebenia vplyva celý rad faktorov, z ktorých najdôležitejšie sú zaťaženie, klzná rýchlosť, materiály trecej dvojice, okolité prostredie a niektoré ďalšie.



Obrázok 17. Tvorba a porušovanie adhézných spojov

Vplyv veľkosti zaťaženia na adhezívne opotrebenie možno všeobecne vyjadriť priamou úmernosťou medzi opotrebením a pôsobiacim zaťažením. Táto závislosť platí iba v určitom rozsahu zaťaženia. Pri dosiahnutí kritického zaťaženia vzrastie opotrebenie skokom na niekoľkonásobne vyššiu hodnotu. Zároveň vzrastie i drsnosť povrchu a veľkosť častíc opotrebenia. Táto skutočnosť svedčí o tom, že pri „kritickom“ zaťažení dôjde k výraznej zmene charakteru tvorby a porušovania mikrospojov.

Vplyvom deformačných a trecích procesov v povrchovej vrstve dochádza aj k vzrastu teplôt. Toto uľahčuje vznik a urýchľuje priebeh chemických reakcií medzi materiálom povrchovej vrstvy a okolitým prostredím, čo môže podstatne ovplyvňovať proces adhezívneho opotrebenia, niekedy i pozitívne. Pri zvýšených teplotách sa tiež môžu meniť mechanické vlastnosti povrchových vrstiev trecích dvojíc.

Mimoriadny význam má u klzných uložení kombinácia použitých materiálov z hľadiska ich fyzikálnych a chemických vlastností. Preukázal sa významný vplyv vzájomnej rozpustnosti dvojice kovov v tuhom stave na ich odolnosť proti adhezívnemu opotrebeniu. Ďalším dôležitým faktorom je typ kryštalickej mriežky. Kovy s kubickou plošne centrovanou mriežkou sa opotrebovávajú podstatne rýchlejšie ako kovy s hexagonálnou mriežkou. Z mechanických vlastností sú najdôležitejšie tvrdosť a medza klzu.

Proces adhezívneho opotrebenia zvlášť v počiatočných fázach je významne ovplyvňovaný aj výrobnou technológiou. Každá výrobná technológia zanechá charakteristický mikro a makro reliéf povrchu ako aj zvyškové napätia. Z tohto pohľadu možno hovoriť o potrebe voľby optimálnej drsnosti povrchu, čo sa prejaví aj na čase zábehu. Veľký význam má aj zvyškové napätie ako dôsledok spevnenia povrchu pri obrábaní. Rastom zvyškových tlakových napätí rastie odolnosť proti opotrebeniu. Z toho vyplýva význam zvolenej hlavne dokončovacej technológie, ale aj použitých parametrov.

## 2.3 Mazanie

Mazanie je najúčinnnejší prostriedok na elimináciu trenia a jeho negatívnych dôsledkov, t. j. opotrebenia povrchov súčiastok a strát energie. Ľudia už v dávnych dobách hľadali spôsob, ako znížiť námahu potrebnú na šmýkanie alebo ťahanie bremien s veľkou hmotnosťou. Všimli si, že menej sily musia vynaložiť po daždi, keď je povrch vlhký. Odtiaľ to bol už len krôčik k využívaniu iných druhov kvapalín ako mazív. Základom dokonalého mazania je dostať vhodné mazivo na vhodné miesto, vo vhodnom čase a vo vhodnom množstve. V prvom rade musíme zdefinovať hlavné úlohy mazania, ktorými sú:

- ❖ zníženie trenia,
- ❖ ochrana proti skorému opotrebeniu,
- ❖ zamedzenie vniku vody na treciu plochu,
- ❖ odvod nečistôt z trecích plôch,

- ❖ odvod tepla - chladenie,
- ❖ zníženie hlučnosti,
- ❖ tesniaci a elektroizolačný činiteľ,
- ❖ tlmenie rázov,
- ❖ prenos síl,
- ❖ a ochrana proti korózii.

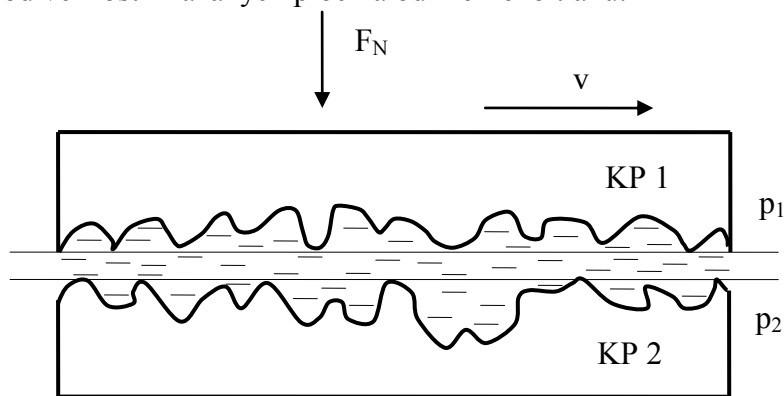
### 2.3.1 Druhy mazania

Podľa podielu mazania pri pohybe dvoch telies rozlišujeme mazanie:

- ❖ kvapalné,
- ❖ polosuché (polokvapalné),
- ❖ suché.

#### Kvapalné mazanie (trenie)

Kvapalné mazanie vzniká, ak sa povrchy styčných plôch pri pohybe neotierajú, ale sú oddelené súvislou vrstvou maziva. Na každej styčnej ploche sa zachytia vrstvičky maziva, ktoré sa po sebe pohybujú, čiže trenie prebieha v mazacej vrstve, ktorá prenáša všetky tlaky a vylučuje kovový styk trecích plôch. Trenie je teda vnútorným trením v mazive a jeho veľkosť nezávisí od materiálu telies alebo od drsnosti styčných plôch, ale od vlastností mazacej vrstvy, od veľkosti mazaných plôch a od merneho tlaku.



Obrázok 18. Kvapalné mazanie (trenie)

Na dosiahnutie kvapalného mazania pomocou kvapalnej vrstvy musí byť táto vrstva schopná prenášať zaťaženie, ktorým sú telesá k sebe navzájom pritláčané. Aby bola táto vrstva únosná, nestačí súdržnosť molekúl kvapaliny, ale musí sa v nej príslušný tlak vytvoriť. To môžeme dosiahnuť tromi metódami.

**Prvá metóda** je **hydrostatická**. Kvapalinu medzi trecie plochy zavedieme už pod tlakom. Táto metóda je však veľmi náročná na realizáciu, hospodárnosť výroby telies a na dosiahnutie rovnováhy medzi tlakom kvapaliny a zaťažením, prenášaným z jedného telesa na druhé. Preto sa táto metóda používa len vtedy, ak sa nepredpokladá vytvorenie kvapalného mazania hydrodynamickým tlakom. A to pri veľkých tlakoch a malých rýchlostiach alebo má naopak význam pri presnom uložení s malými tlakmi a veľkými rýchlosťami.

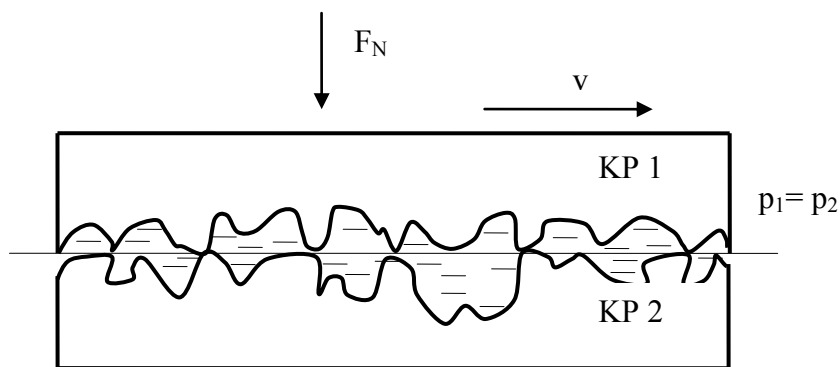
**Druhá metóda** je **hydrodynamická**, založená na vzniku klinovej vrstvy medzi trecími plochami. Klinovú vrstvu dostaneme, ak je povrch jedného telesa naklonený voči povrchu druhého telesa v smere pohybu. V tejto vrstve sa hromadí kvapalina a pod vplyvom rýchlostných rozdielov sa vytvorí hydrodynamický tlak. Takže hydrodynamický tlak vzniká v kvapaline, ktorá je vedená do zužujúceho sa priestoru a závisí od zošikmenia plochy, od klznej rýchlosti a od vhodného maziva v dostatočnom množstve. Nestačí teda len privádzať

mazivo, ale je nevyhnutné aj prispôsobenie styčných plôch. Po dodržaní týchto podmienok môže byť vyvedený tlak v rovnováhe s tlakom zo zaťaženia telies.

**Poslednou metódou** je metóda **elastohydrodynamická**. Elastohydrodynamické mazanie existuje pri čiastočnom hydrodynamickom, aj pri hydrodynamickom mazaní a dochádza k nemu, keď sa valivé teleso odvaľuje pod vysokým zaťažením po obežnej dráhe a tlak, ktorý vzniká v bode dotyku, spôsobuje mikrodeformácie. Deformované plochy sú krátkodobo pritlačené k sebe a ľahko sploštené (pružná deformácia). Elastická deformácia má hodnotu porovnateľnú s hrúbkou hydrodynamického mazacieho filmu. Mohlo by sa zdať, že z miesta dotyku sa vytlačí mazivo a dôjde k dotyku kovu s kovem, ale nie je to tak. Namiesto toho prudko vzrástla viskozita. Po prevalení valivého telesa ďalej, sa tvar dotykových plôch a viskozita vráti do pôvodného stavu.

#### **Polosuché (polokvapalné) mazanie (trenie)**

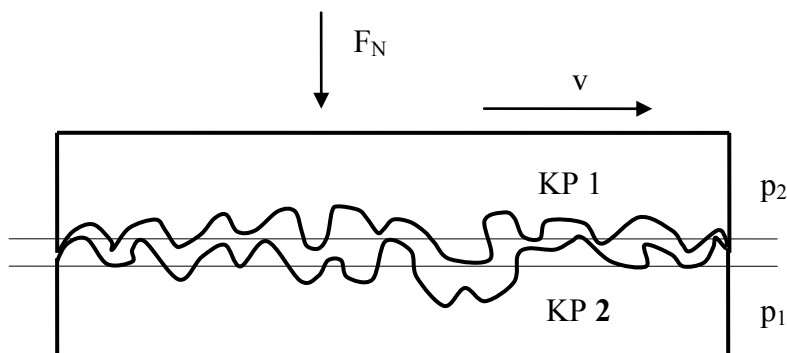
Polosuché mazanie nastáva, ak je prívod maziva nepostačujúci, kvapalná vrstva je málo únosná alebo k jej vytvoreniu nedôjde. V takomto prípade nastane také priblíženie plôch, že ich vzájomnému dotyku zabráňuje len medzná vrstva maziva. Táto vrstva sa skladá z molekúl s veľkou polaritou, čiže značnou priľnavosťou k povrchu. Únosnosť medznej vrstvy závisí od jej hrúbky, ktorá však ani v najideálnejšom prípade nedosiahne postačujúcu hodnotu. Medzná vrstva preto síce bráni vzniku studených zvarov, ale nedokáže oddeliť všetky povrchové nerovnosti. Preto aj pri polosuchom mazaní dochádza k určitému opotrebeniu. Veľkosť trecej sily závisí od druhu maziva, aj od materiálu a od drsnosti povrchov.



Obrázok 19. Polosuché mazanie (trenie)

#### **Suché mazanie (trenie)**

K suchému mazaniu dochádza pri dotyku dvoch suchých povrchov telies v relatívnom pohybe. Avšak termín „suché mazanie“ nie je v technickej praxi celkom správny, pretože na povrchoch telies sú takmer vždy absorbované vrstvy plynu, vlhkosti, u kovov tiež oxidačné vrstvy apod., ktoré ovplyvňujú trenie. Trenie dvoch suchých povrchov vedie k silnému opotrebeniu a končí zadrením.



Obrázok 20. Suché trenie (trenie)

### 2.3.2 Viskozita tekutín (kvapalín)

Pri prúde reálnych tekutín sa prejavuje jav - **viskozita tekutín**. Tento jav sa prejavuje ako odpor proti pohybu častíc tekutín. V roku 1687 anglický fyzik Newton prvý formuloval viskozitu tekutín, ktorá sa experimentálnym skúmaním aj potvrdila. Prúdenie vo vodorovnom smere pozdĺž dosky si predstavíme ako pohyb vrstiev s hrúbkou  $dy$  rovnobežnou s doskou (Obrázok 21). Takému prúdeniu hovoríme **laminárne**. Rýchlosť častíc na doske je nulová. Rýchlosť ostatných vrstiev sa zväčšuje v závislosti od vzdialenosti od dosky, lebo brzdiaci účinok dosky sa znižuje. Jednotlivé vrstvy sa vzájomne po sebe pohybujú rôznymi rýchlosťami, čím dochádza k ich vzájomnému posuvu. Medzi vrstvami pôsobia trecie sily vyvolané viskozitou kvapaliny.

### 2.3.3 Vnútročné trenie kvapalín

**Viskozita kvapalín** sa meria viskozimetrami, z ktorých najbežnejšie sú:

- ❖ výtokové,
- ❖ prietokové,
- ❖ rotačné,
- ❖ telieskové.

Najčastejší-výtokový viskozimeter je Englerov, kde merítkom viskozity sú Englerove stupne- °E (12). Určia sa ako pomer času výtoku  $\tau$  kvapaliny s objemom  $V = 200 \text{ cm}^3$  pri teplote  $t$  k času výtoku  $\tau_v$  vody pri 20 °C.

$$\text{Z toho vyplýva, že: } E = \frac{\tau}{\tau_v} \cdot E_v \quad (12)$$

Čas výtoku vody  $\tau_v$  musí byť v rozpätí 50 až 52 s.

V technickej praxi sa často vyskytujú látky, v ktorých závislosť trecieho napätia od gradientu rýchlosti sa nedá vyjadriť Newtonovým vzťahom. Vlastnosti týchto látok sú vyjadrené krivkami v diagrame a sú určené inými matematickými vzťahmi.

Pre ideálnu plastickú látku platí vzťah:

$$\tau = \tau' + \eta \frac{dv}{dy} \quad (13)$$

Pre nelineárne priebehy vzťah (14): kde pre skutočné plastické látky platí :  $\tau' \neq 0$  ;  $n < 1$ ,

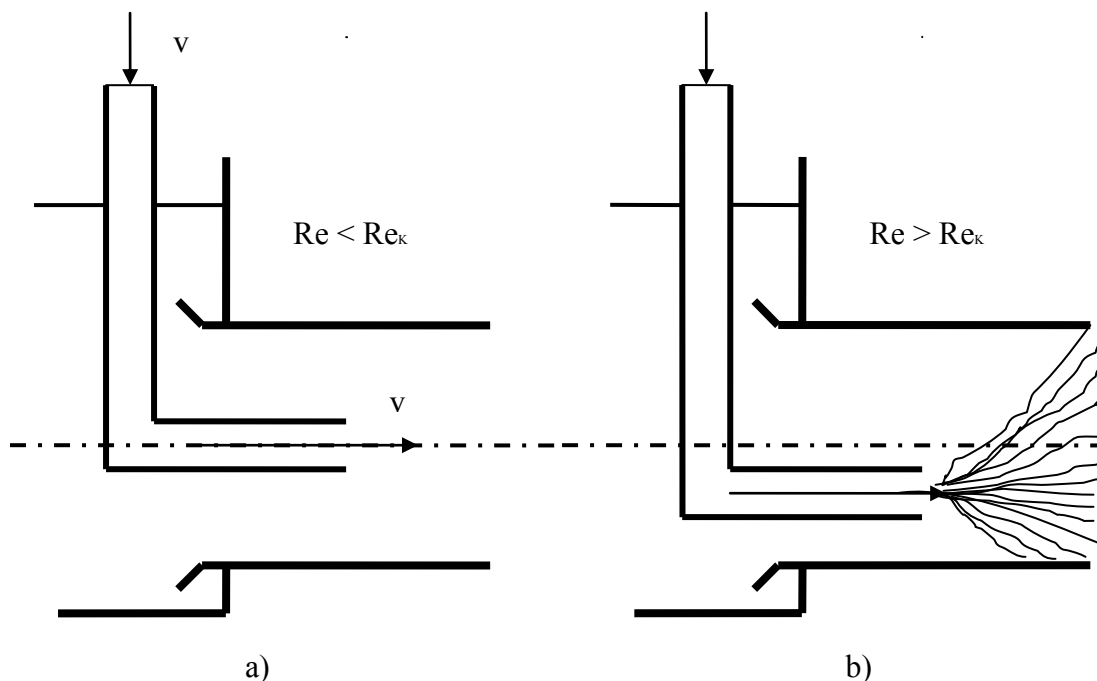
$$\tau = \tau' + k \left( \frac{dv}{dy} \right)^n \quad \begin{array}{ll} \text{pre pseudoplastické látky platí :} & \tau' = 0 ; n < 1, \\ \text{pre dilatantné látky platí :} & \tau' = 0 ; n > 1, \end{array} \quad (14)$$

$k = \text{konštanta.}$

**Laminárne prúdenie** sa vyskytuje aj v potrubí, čo názorne ukazuje Reynoldsov pokus. Do prúdiacej tekutiny sa úzkou trubičkou privádza sfarbená tekutina (Obrázok 21-a). Pri malej rýchlosti prúdu zostane farebné vlákno neporušené, pretože pohyb sa koná vo vrstvách a častice tekutiny sa nepremiešavajú.

Zvýšením rýchlosti nad kritickú hodnotu, dochádza k miešaniu častíc následkom ich podružných (turbulentných) pohybů vo všetkých smeroch. Častice tekutiny neustále prechádzajú z jednej vrstvy do druhej, čím dochádza k výmene kinematickej energie a ich rýchlosti sa vyrovnávajú. Tomuto **prúdeniu hovoríme turbulentné** (Obrázok 21-b).

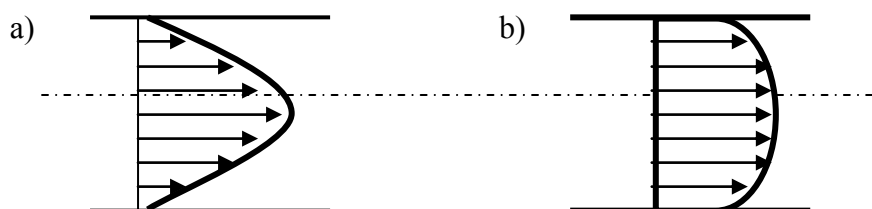




Obrázok 21. Reynoldsov pokus: a) laminárne prúdenie; b) turbulentné prúdenie

Keďže pri premiestňovaní častíc dochádza k zmene hybnosti, bude výsledný odpor proti pohybu väčší než odpor trecieho napätia od viskozity pri laminárnom prúdení. Obidva typy prúdenia sa líšia rýchlostným profilom a veľkosťou hydraulických odporov (strát).

Rýchlostným profilom u laminárneho prúdenia v potrubí je rotačný paraboloid a rýchlostný profil turbulentného prúdenia sa podobá obdĺžniku, a to tým viac, čím väčšia je turbulencia, t. j. čím väčšie je  $Re$  číslo (Reynoldsove).



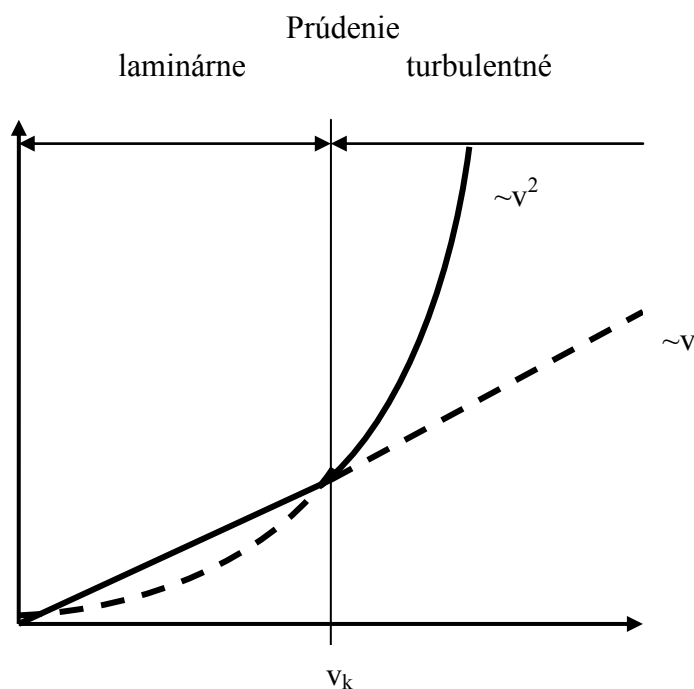
Obrázok 22. Rýchlostný profil: a) laminárne prúdenie; b) turbulentné prúdenie

Hydraulický odpor proti pohybu je ak ide o laminárne prúdenie lineárne závislý od rýchlosti, v prípade turbulentného prúdenia je závislý od druhej mocniny rýchlosti. Prechod laminárneho prúdenia na turbulentné je daný kritickou rýchlosťou  $v$  (Obrázok 21, 22) a je určený Reynoldsovým kritickým číslom  $Re_k$ . Reynoldsove číslo je podobnostné číslo (bezrozmerné číslo vyjadrujúce fyzikálnu podobnosť javov charakteristických zotrvačnými a trecími silami od viskozity), dané pomerom  $Re$  (15),

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (15)$$

kde:  $v$  - stredná rýchlosť tekutiny;  $d$  - vnútorný priemer potrubia;  $\nu$  - kinematická viskozita.

### 2.3.4 Charakteristika prúdenia



Obrázok 23. Charakteristika pri prúdení skutočnej kvapaliny

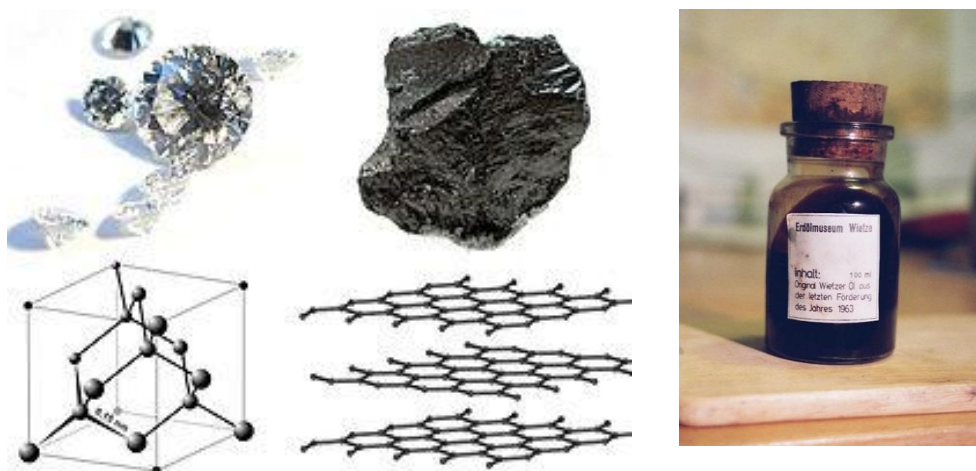
Pre prúdenie v potrubí sa najčastejšie uvádza kritická hodnota  $Re_K = 2320$ . Ak je  $Re < Re_K$  - **prúdenie je laminárne** a ak je  $Re > Re_K$ , ide o **prúdenie turbulentné**. Prechod laminárneho prúdenia na turbulentné závisí aj na ďalších činiteľoch, napr. vplyv zaoblenia potrubia na počiatku, drsnosť stien potrubia, stupeň turbulencie pritekajúceho prúdu, nestabilita laminárneho prúdenia a pod. Skúmaním bolo zistené, že existuje prechodová oblasť pri prúdení skutočnej kvapaliny v rozmedzí  $2320 < Re_K < 14000$ , kedy sa môže vyskytovať laminárne aj turbulentné prúdenie. V praxi sa uplatňujú experimentálne stanovené hodnoty  $Re_K$  pre základné prípady prúdenia (Tabuľka 4).

Tabuľka 4. Kritické hodnoty Reynoldsovho čísla

|                                           |           |
|-------------------------------------------|-----------|
| Geometrický tvar prietokových potrubí     | $Re_K$    |
| Hladké potrubie kruhového prierezu        | 2300      |
| Gumové hadice                             | 1600      |
| Malé sústredné medzery                    | 1100      |
| Malé excentrické medzery                  | 1000      |
| Sústredné medzery s obvodovou drážkou     | 700       |
| Excentrické medzery s obvodovou drážkou   | 400       |
| Rozvádzače kanály valcových posúvačov     | 100 - 250 |
| Ventily s plochým popr., kužeľovým sedlom | 20 - 100  |

Turbulencia je javom, ktorý zvyšuje hydraulický odpor, zvyšuje prenos hybnosti, energie (mechanickej a tepelnej) a hmotnosti.

### 3. ROPA A UHL'OVODÍKY



Obrázok 24. Ilustračný obrázok [6]

#### 3.1 Uhl'ovodíky

Uhl'ovodíky sú zlúčeniny uhlíka-C a vodíka-H ( $H_2$ ).

**Uhlík** je typický nekovový prvok, ktorý sa ako nerast v elementárnom stave vyskytuje v prírode v **dvoch základných modifikáciách** a v posledných približne 20 rokoch bola laboratórne vytvorená **tretia modifikácia**:

**Tuhu alebo grafit** tvorí uhlík, ktorý kryštalizuje v šesťuholníkových šupinkách a patrí medzi najmäkšie známe nerasty. Táto vlastnosť sa využíva napr. pri výrobe ceruziek, v ktorých mletá tuha tvorí základnú zložku tyčinky určenej na písanie a kreslenie.

**Diamant** je zložený z uhlíka, ktorý kryštalizuje v kockovej sústave, je veľmi cenným prírodným nerastom a patrí medzi najtvrdšie materiály. Váha diamantov sa udáva v karátoch.

**Fullerény** sú **novobjavené sférické molekuly**, zložené z päť alebo častejšie zo šesťčlenných kruhov atómov uhlíka. V priestore sú tieto molekuly usporiadané do guľovitého tvaru a sú mimoriadne odolné voči vonkajším fyzikálnym vplyvom. Zatiaľ najstabilnejší známy fullerén je molekula, obsahujúca 60 uhlíkových atómov. Fullerény sa umelo pripravujú pyrolýzou organických zlúčenín laserom. V súčasnosti je výskum vlastností a metód prípravy fullerénov veľmi intenzívne skúmaný v mnohých špičkových vedeckých inštitúciách po celom svete.

**Grafén** je podobný grafitu s tým rozdielom, že je najtenší a najtvrdší materiál na svete. Elektróny grafénu akoby porušovali fyziku. Pohybujú sa takmer rýchlosťou svetla bez toho, aby do seba narážali. To sa dá využiť v tranzistoroch, pamätiach alebo mikroprocesoroch.

**Vodík** (lat. Hydrogenium) je chemický prvok v Periodickej tabuľke prvkov, ktorý má značku H a protónové číslo 1. Vo voľnej prírode sa atómy vodíka nenachádzajú, pri zrode atómového vodíka sa okamžite spája do molekuly  $H_2$ . Zaraďuje sa do prvej aj do siedmej skupiny periodickej sústavy, lebo má vlastnosti prvkov prvej aj siedmej skupiny. Latinský názov pochádza z gréčtiny (hydór = voda, gennaó = vytváram) a objavil ho Henry Cavendish. Slovenský názov je odvodený rovnakou logikou. Vodík bol objavený v roku 1766.

### 3.1.1 Možné delenie zlúčenín uhlíka

Vo všeobecnosti môžeme rodeliť zlúčeniny uhlíka na:

- ❖ anorganické,
- ❖ organické.

### 3.1.2 Anorganické zlúčeniny

V **anorganických zlúčeninách** sa uhlík vyskytuje s oxidačným číslom +II, +IV a -I. Z oxidov je dôležitý najmä oxid uhličitý  $\text{CO}_2$ , ktorý sa zúčastňuje na vytváraní rastlinných tkanív v procese fotosyntézy a súčasne sa vracia do atmosféry pri dýchaní živých organizmov a spaľovaní fosílnych palív. Vo vode sa  $\text{CO}_2$  rozpúšťa za vzniku veľmi slabej kyseliny uhličitej  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Známe sú predovšetkým soli tejto kyseliny, uhličitan vápenatý  $\text{CaCO}_3$  - vápenec a uhličitan horečnatý  $\text{MgCO}_3$  - magnezit. So sírou vytvára uhlík toxickú kvapalnú zlúčeninu nazývanú sírouhlík  $\text{CS}_2$ . Oxid uhlíka s valenciou +2, oxid uhoľnatý  $\text{CO}$  je pomerne toxický plyn, ktorý blokuje krvné farbivo hemoglobín a znemožňuje tak dýchanie. Jeho nebezpečenstvo spočíva najmä v tom, že je bezfarebný a bez zápachu a človek preto jeho prítomnosť v okolí nemôže spoznať svojimi zmyslami. Bol príčinou mnohých smrteľných otráv v uhoľných baniach alebo v domácnostiach, kde sa na vykurovanie používal svietiplyn. S dusíkom tvorí uhlík kyanidový ión  $\text{CN}^-$  a kyanovodík  $\text{HCN}$ , ktorý tiež patrí k mimoriadne toxickým látkam. V tomto prípade však môžeme čuchom určiť jeho silný zápach po horkých mandliach. S kovovými prvkami tvorí uhlík zlúčeniny nazývané karbidy. Najznámejší je karbid vápenatý  $\text{CaC}_2$ , ktorý pri reakcii s vodou uvoľňuje acetylén a v minulosti sa používal v lampách na svietenie, v tzv. karbidkách. Pomerne známy je aj karbid kremíka  $\text{SiC}$  alebo karborundum, ktorý má kryštalickú štruktúru podobnú diamantu a vyznačuje sa mimoriadnou tvrdosťou.

### 3.1.3 Organické zlúčeniny

Je označenie veľkej triedy zlúčenín uhlíka, okrem tých najjednoduchších, ktoré z historických dôvodov klasifikujeme ako anorganické. Organické zlúčeniny skúma organická chémia. Okrem uhlíka takmer všetky organické zlúčeniny obsahujú aj vodík a mnohé z nich pár ďalších prvkov, predovšetkým kyslík, dusík, síru a halogény. Keďže organických zlúčenín poznáme veľmi veľa a každý deň pribudnú nejaké nové (vyše polovica všetkých známych chemikálií je organických), potrebujeme dobrý systém na ich klasifikáciu. **Väčšinou ich zaraďujeme do spoločných tried** podľa tzv. funkčnej skupiny, ktorú nesú. Príkladmi takýchto tried sú alkoholy, aldehydy, alkény a amíny. Veľká skupina organických zlúčenín patrí k aromatickým zlúčeninám - tieto obsahujú benzénové jadro vo svojej štruktúre. Organometalické (organokovové) zlúčeniny predstavujú špeciálnu skupinu organických zlúčenín, ktoré obsahujú kovový atóm. Mnoho z polymérov, vrátane plastov, je takisto organických. Veľa organických zlúčenín hrá dôležitú úlohu v biochémií: antigény, uhľovodíky a sacharidy, enzýmy, hormóny, lipidy a mastné kyseliny, neurotransmitery, nukleové kyseliny, proteíny, peptidy a aminokyselina, vitamíny a tuky a oleje sú niektoré z nich.

**Organické zlúčeniny** sú chemické látky, ktoré obsahujú väzbu C-C. Každý atóm uhlíka je schopný vytvárať celkom 4 tieto tzv. jednoduché väzby, okrem toho aj väzbu dvojité  $\text{C}=\text{C}$  a väzbu trojitú. Môžu preto vznikať dlhé reťazce a molekuly s rozvetvenou alebo cyklickou štruktúrou. Spolu s uhlíkom sa v týchto molekulách viažu aj ďalšie prvky, najmä biogénne prvky vodík, kyslík, dusík, síra a fosfor, ale môžu to byť aj halogény, kremík a mnoho ďalších. Vďaka tomu existuje veľa kombinácií; v súčasnosti poznáme viac ako 10 miliónov organických zlúčenín. Práve vďaka tejto obrovskej rozmanitosti sa organické látky stali

základným stavebným kameňom živej hmoty. Každá bunka živého organizmu obsahuje desiatky tisíc chemických zlúčenín, ktoré majú tú jedinou spoločnú vlastnosť, že ich základný skelet je vytvorený atómami uhlíka v rôznych väzobných stavoch.

**Nasledujúci výpočet typov organických zlúčenín zďaleka nie je úplný a mal by iba informovať o najčastejšie používaných a vyrábaných typoch organických látok.**

**Uhl'ovodíky sú zlúčeniny**, ktoré vo svojej molekule obsahujú iba atómy uhlíka a vodíka. Je možné ich v zásade rozdeliť na:

- ❖ alifatické, ktorých molekuly majú tvar reťazca,
- ❖ alicyklické, ktorých molekuly majú tvar kruhu.

Obidve **tieto skupiny** potom podľa väzieb medzi atómami uhlíka delíme na:

- ❖ alkány s iba jednoduchou väzbou C–C,
- ❖ alkény, obsahujúce minimálne jednu dvojitú väzbu C=C,
- ❖ alkíny, obsahujúce minimálne jednu trojitú väzbu C≡C,
- ❖ aromatické, ktorých molekuly obsahujú aspoň jeden šesťčlenný kruh, tzv. benzénové jadro.

Zlúčeniny, ktoré vo svojej molekule obsahujú C, H a O, možno zhruba rozdeliť do týchto skupín:

- ❖ alkoholy, obsahujúce skupinu C-OH ( $C_nH_nOH$ ),
- ❖ fenoly, ktoré skupinu -OH majú pripojenú k aromatickému jadru,
- ❖ étery, obsahujúce skupinu C-O-C,
- ❖ peroxidy, obsahujúce skupinu C-O-O-C,
- ❖ aldehydy, obsahujúce skupinu HC=O,
- ❖ ketóny, obsahujúce skupinu C-CO-C,
- ❖ karboxylové kyseliny, obsahujúce skupinu -COOH,
- ❖ estery, obsahujúce skupinu R-C-OOR.

### 3.1.4 Alifatické uhl'ovodíky

Sú v organickej chémii označené pre uhl'ovodíky, v molekule ktorých sa nevyskytuje benzénové jadro. Alifatické uhl'ovodíky môžu byť podľa štruktúry molekuly:

- ❖ cyklické (nazývajú sa alicyklické),
- ❖ acyklické.

a podľa druhu chemickej väzby:

- ❖ nasýtené (s jednoduchými väzbami),
- ❖ nenasýtené (s dvojitými a trojitými väzbami).

### 3.1.5 Nasýtené uhl'ovodíky (alkány - parafíny)

Tabuľka 5. Prvých 10 Alkánov

| Počet „C“ | Vzorec                         | Názov                | Synonymá                                                            |
|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1         | CH <sub>4</sub>                | metán                | metylhydrid-(trochu nepresne) bahenný plyn; zemný plyn; banský plyn |
| 2         | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>  | etán                 | Dimetyl; etylhydrid; metylmetán                                     |
| 3         | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  | propán               | Propylhydrid; dimetylmétán                                          |
| 4         | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | bután                | Butylhydrid; metyletylmétán                                         |
| 5         | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> | pentán<br>(n-pentán) | Amylhydrid                                                          |
| 6         | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> | hexán<br>(n-hexán)   | Dipropyl; hexylhydrid                                               |
| 7         | C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> | heptán<br>(n-heptán) | Dipropylmetán; heptylhydrid                                         |



|    |                                 |                             |                           |
|----|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 8  | C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>  | oktán<br>( <i>n</i> -oktán) | Oktylhydrid; dibutyl      |
| 9  | C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>  | nonán<br>( <i>n</i> -nonán) | Nonylhydrid; Shellsol 140 |
| 10 | C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> | dekán<br>( <i>n</i> -dekán) | Decylhydrid               |

**Alkány (starší názov parafíny)** sú organické chemické zlúčeniny, ktoré pozostávajú iba z atómov uhlíka (C) a vodíka (H) (teda sú to uhľovodíky) spojených výlučne jednoduchou kovalentnou väzbou (čiže sú to nasýtené zlúčeniny) bez kruhovej štruktúry (bez cyklov). Alkány tvoria homologický rad, v ktorom sa členy líšia konštantnou relatívnou atómovou hmotnosťou 14.

Každý uhlík musí byť štvorväzbový (tvorí väzby buď C-H, alebo C-C) a každý vodík musí byť spojený s práve jedným uhlíkovým atómom (väzba H-C). Rad pospájaných uhlíkových atómov voláme uhlíková kostra (skelet). Počet uhlíkových (ale i vodíkových) atómov jednoznačne určuje alkán. Vzorce alkánov sa určujú podľa všeobecného vzorca: C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>

Tabuľka 6. Príklad vyjadrenia uhľovodíkov, štruktúrne vyjadrenia uhľovodíkov

| Názov  | Vzorec                          | Rozšírený vzorec                                                                                                                                                         | Štruktúrálny vzorec                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                 |                                                                                                                                                                          | lineárne                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| metán  | CH <sub>4</sub>                 | CH <sub>4</sub>                                                                                                                                                          | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| etán   | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>   | CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>                                                                                                                                         | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| propán | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>   | CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>                                                                                                                        | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| bután  | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>  | CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>                                                                                                       | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| pentán | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>  | CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>                                                                                      | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| hexán  | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>  | CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>                                                                     | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$                                                                                                                                                                                                                             |
| heptán | C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>  | CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>                                                    | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$                                                                                                                                                                      |
| oktán  | C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>  | CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>                                   | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$                                                                                                               |
| nonán  | C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>  | CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>                  | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$                                                        |
| dekán  | C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> | CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub> | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ |

Ak je však niektorý atóm uhlíka viazaný s viac než 2 uhlíkmi dochádza k rozvetveniu reťazca a ku vzniku izoméru. Uhľovodíky s rozvetveným reťazcom sú teda **izoméry** a označujú sa predponou **izo-**.

|            |                                | Například                                                                                            | Rozvetvené                                                                                                                                                                                                                 |
|------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| izohehexán | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> | CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub> | <pre>       H   H   H   H   H                         H - C - C - C - C - C - H                               H   H   H   H   H                                   H - C - H                                       H </pre> |

Alkány nie sú veľmi reaktívne (odtiaľ pôvodný slovenský názov-z lat. *parum affinis* = málo zlúčivý) a majú malú biologickú aktivitu. Na alkány sa však môžeme pozeráť ako na molekulovú kostru, na ktorú sa pripájajú zaujímavé biologicky aktívne/reaktívne časti (funkčné skupiny). Všetky alkány sú horľavé; produktmi horenia sú oxid uhličitý a voda.

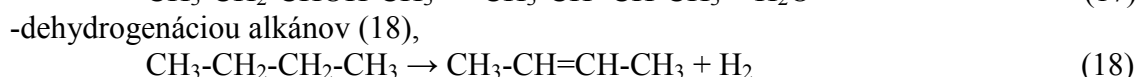
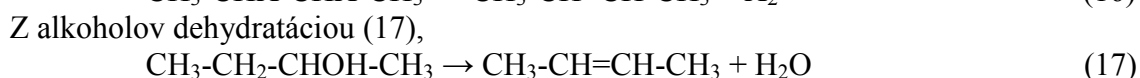
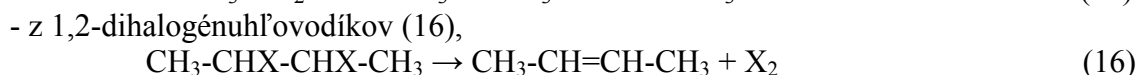
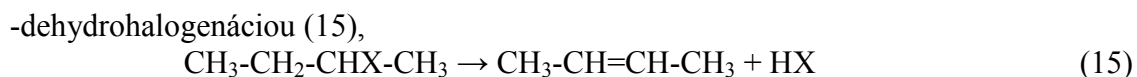
V bežných podmienkach **sú prvé štyri alkány** (metán, etán, propán a bután i izobután) **plyny**, vyššie alkány do počtu uhlíkov 16 (**C<sub>5</sub> až C<sub>16</sub>**) **sú kvapalné**, páchnuce benzínom a vyššie alkány sú **tuhé látky**. Teplota varu i teplota topenia rastie monotónne s rastúcim počtom uhlíkov v reťazci. Alkány sú pomerne stále uhľovodíky. Pri normálnej teplote okolia neoxidujú. Za zvýšených teplôt a za prítomnosti katalyzátorov sa dajú okysličovať až na mastné kyseliny. Majú zlé antidektonačné vlastnosti. Pri teplote nad 500°C sa štiepia (napríklad pri destilácii) na nižšie alkány a alkény, ktoré sa už vyznačujú väčšou antidektonačnou charakteristikou. Alkány sa vyskytujú v zemnom plyne, sú horľavé a ich merná hmotnosť je menšia ako 1.

### 3.1.6 Nenasýtené uhľovodíky s jednou a dvojnou väzbou (alkény - olefiny)

Ich sumárny vzorec je C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>. Kde n- je počet atómov uhlíka a 2n-je počet atómov vodíka. **Alkény**, alebo **alkylény**, alebo **olefiny**, alebo **olefinické uhľovodíky** sú nenasýtené uhľovodíky s dvojitou väzbou v reťazci. Atómy uhlíka spojené 2-nou (dvojnou) väzbou majú sp<sup>2</sup> hybridizáciu. Väzby, ktoré vychádzajú z atómov uhlíka v hybridizácii sp<sup>2</sup>, majú väzbový uhol 120° (2/3π), preto ležia v 1 rovine. 2-ná (dvojná) väzba bráni voľnej rotácii, čo umožňuje vznik stereoizomérov „cis“ a „trans“. Na uhlíkovom reťazci alkénov, kde sú jednoduché väzby medzi atómami uhlíka, a uskutočňuje sa štruktúrna izoméria. Prekrytie orbitálov „p“ väzbe „pi“ je menšie, preto aj jej energia je nižšia než sigma väzba. Väzba C=C je kratšia (0,134 nm) ako jednoduchá väzba C-C (0,154 nm), preto je aj pevnejšia. Skladá sa z jednej pi a jednej sigma kovalentnej väzby.

#### Vznik a príprava

Môžu sa technologicky pripravovať z halogénuhľovodíkov:



#### Zástupcovia

**Etén** - C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (Etylén), je ľahký bezfarebný plyn sladkastej vône. Je horľavý a v určitom pomere so vzduchom výbušný. Získava sa pri chemickom spracovaní niektorých frakcií ropy. Patrí medzi najvýznamnejšie suroviny v modernej technológii. Vyrába sa z neho napríklad: **polyetylén** (PE), **etanol** (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), **vinylchlorid** (CH<sub>2</sub>=CHCl), **rozpušťadlá** s Cl a v jeho

prítomnosti rýchlo dozrieva ovocie (hormón dozrievania), a preto sa dováža zelené tropické ovocie.

**Propén** -  $C_3H_6$  (Propylén), je plynná látka, ktorá sa podobne ako etén, vyrába z ropy. Používa sa hlavne na výrobu **polypropylénu** (PP), **acetónu** ( $CH_3-CO-CH_3$ ), **kuménu** a ďalších organických látok.

### Homologický rad a všeobecné vzorce

Homologický rad závisí od všeobecného vzorca pre daný alkén. Všeobecné vzorce sú uvedené v tabuľke. Ich triviálny názov **olefín** pochádza z francúzskeho jazyka, pretože reakciou eténu s  $Br_2$  vzniká olejovitý dibromid, nazvali ho gas olefaint - olejotvorný plyn.

| Počet väzieb | Vzorec        |
|--------------|---------------|
| 1            | $C_nH_{2n}$   |
| 2            | $C_nH_{2n-2}$ |
| 3            | $C_nH_{2n-4}$ |
| 4            | $C_nH_{2n-6}$ |
| 5            | $C_nH_{2n-8}$ |

Tabuľka 7. Homologický rad

### Názvoslovie

Systémové názvy alkénov sú odvodené z alkánov výmenou prípony -án za -én. Pri alkénoch existuje izoméria polohy násobnej väzby, preto sa jej poloha označuje lokantom pred príponou -én a počet dvojitých väzieb charakteristickou predponou podobne ako v prípade alkínov. Tieto predpony sú uvedené v Tabuľke 8.

| Počet | Predpona | Počet | Predpona  |
|-------|----------|-------|-----------|
| 1     | mono     | 10    | deka      |
| 2     | di       | 11    | undeka    |
| 3     | tri      | 12    | dodeka    |
| 4     | tetra    | 20    | ikoza     |
| 5     | penta    | 30    | triakonta |
| 6     | hexa     | 100   | hekta     |
| 7     | hepta    | 200   | dikta     |
| 8     | okta     | 1000  | kilia     |
| 9     | nona     | 2000  | dília     |

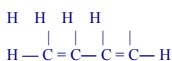
Tabuľka 8. Systémové názvy

**Alkény** (n-alkény) typu  $C_4$  sú za normálnej teploty (prirodzená teplota okolia) plynné, typu  $C_5$  až  $C_{15}$  kvapalné a nad  $C_{15}$  tuhé. So stúpajúcim počtom uhlíkov stúpa bod tuhnutia, bod varu, molekulová a merná hmotnosť.

### 3.1.7 Nenasýtené uhľovodíky s dvoma dvojitými väzbami (alkadieny - diolefiny)

Alkadiény alebo diolefiny (tiež diény) sú nenasýtené alifatické uhľovodíky s dvoma dvojitými väzbami (di- + -en) sumárneho vzorca  $C_nH_{2n-2}$ . Ich názvy sú odvodené od názvov alkánov pripojením koncovky -dien. Napríklad:

- propadién  $C_3H_4$ ,
- butadién  $C_4H_6$ ,



- pentadién  $C_5H_8$ ,
- atď. ...

**Alkény** sú reaktívnejšie ako alkány. Za vyšších teplôt destilujú alkény na nižšie alkény alebo alkadieny. Za prítomnosti katalyzátorov (napríklad kyselín alebo kremičitanov) sa polymerujú do zlúčenín  $(C_nH_{2n})_m$ . - polymér je zlúčenina, ktorá má rovnaké percentuálne zloženie ako základná látka, ale má vyššiu molekulovú váhu a odlišné vlastnosti. Polymerizáciou a súčasne oxidáciou z nich vznikajú pryskyričné látky. Podobné vlastnosti majú tiež alkadiény. Alkény majú lepšie antidetonačné vlastnosti. Tento typ uhľovodíkov sa v rope vyskytuje vo veľmi malom množstve. Tvorí sa však pri destilácii a zvlášť pri krakovaní (špecificky technologický prípad destilácie). Alkény - podľa miesta dvojnej väzby môžeme rozdeliť:

- ❖ kumulované - dvojité väzby sa nachádzajú za sebou,
- ❖ konjugované - medzi dvojitými väzbami sa nachádza jedna jednoduchá, tieto diény sú
- ❖ najstabilnejšie,
- ❖ izolované - dvojité väzby sú oddelené dvomi alebo viacerými jednoduchými väzbami.

### 3.1.8 Nenasýtené uhľovodíky s trojnou väzbou (Alkíny - Acetylény)

**Alkíny** obsahujú trojnú  $C\equiv C$  väzbu, ich sumárny vzorec je  $C_nH_{2n-2}$ . Názvoslovie sa odvodzuje od základného názvu alkánov s koncovkou -ín („-yn“). Najznámejším uhľovodíkom tohto typu je **acetylén** -  $C_2H_2$  /  $H-C\equiv C-H$ . Príklad prípravy acetylénu je nasledovný:  $CaC_2 + 2 H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$ , kde  $CaC_2$  je acetylid vápenatý,  **$C_2H_2$  – acetylén** a  $Ca(OH)_2$  - hydroxid vápenatý. Acetylén sa používa ako technický plyn. A tiež ako palivo do plynových zväračiek a lúč. Kvôli vysokej reaktivite sa používa pri výrobe organických zlúčenín, a keďže má mierne narkotické účinky, používa sa v oblasti medicíny ako narkotikum pri narkózach. Používa sa na výrobu plastov. Alkíny majú podobné vlastnosti ako alkény a alkadiény.

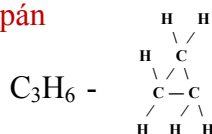
### 3.1.9 Alicyklické uhľovodíky

**Alicyklické uhľovodíky** sú uhľovodíky, ktoré obsahujú uzatvorený cyklus. Sú tvorené len atómami uhlíka a vodíka. Môžu byť:

- ❖ **nasýtené - cykloalkány** ako napríklad - cykloparafíny, polymetylény, polymetény,
- ❖ **nenasýtené - cykloalény** ako napríklad - cykloolefíny, cykloalkadiény.

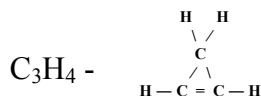
**Cykloalkány** (staršie cykloparafíny) sú nasýtené uhľovodíky so všeobecným vzorcom  $C_nH_{2n}$ , ktorých atómy sú usporiadané do kruhov, pričom najmenší z nich môže byť len trojčlenný. Cykloalkány sú uhľovodíky, ktoré majú v molekule jednoduché väzby C-C a sú uzavretý reťazec. V názvoch cykloalkánov je charakteristická predpona cyklo- (grécky cyklus=kruh). Najvýznamnejší cykloalkán je cyklohexán. Cyklohexán sa nachádza v niektorých ropách. Je to horľavá kvapalná látka, používa sa ako rozpúšťadlo a na výrobu plastov. Viaceré zlúčeniny odvodené od neho sú vonné látky v kveto, plodoch, listoch a iných častiach rastlín. Používajú sa v potravinárstve, kozmetike, ale aj pri výrobe liečiv. Najjednoduchším cykloalkánom je:

**Cyklopropán**



Vlastnosťami sa podobajú alkánom. Majú však vyšší bod varu a mernú hmotnosť. Tiež sa vyznačujú lepšími antidetonačnými vlastnosťami než alkány.

**Cykloalkény** sú uhľovodíky s uzavretým (kruhovým) reťazcom a aspoň jednou dvojitou väzbou. Majú sumárny vzorec  $C_nH_{2n-2}$ , tiež  $C_nH_{2n-4}$ . Svojimi vlastnosťami sa podobajú alkénom.



### 3.1.10 Aromatické uhľovodíky

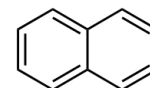
Základom molekuly aromatických uhľovodíkov je uzavretý kruh 6 atómov uhlíka, so striedavým spojením jednoduchou a dvojnou väzbou. Najjednoduchším uhľovodíkom je benzén



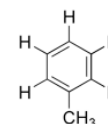
**Benzén** je za normálnych podmienok kvapalina sladkastej vône s teplotou topenia 5,5 °C, teplotou varu 80,1 °C a hustotou približne 879 kg/m<sup>3</sup>. Vo vode sa rozpúšťa len veľmi slabo, avšak v pomere 8,83 ku 91,17 hm% s ňou vytvára azeotrop. Je rozpustný v organických rozpúšťadlách. Patrí medzi horľaviny I. triedy.

- ❖ Mólová hmotnosť: 78,11 g/mol,
- ❖ Viskozita: 0,65 cP,
- ❖ Dipólový moment: 0 D,
- ❖ Teplota vznietenia: 561 °C.

**Naftalén** (alebo naftalín) je biela, kryštalická, aromatická látka, známa ako hlavná prísada do guličiek proti moliam (naftalín). Naftalén je horľavá, toxická látka so slabo narkotickým účinkom. Molekula sa skladá z dvoch benzénových jadier. Získava sa z čiernouhoľného dechtu. Používa sa aj ako dezinfekcia alebo insekticíd, hlavne na mole. Ako náhrada naftalínových guličiek sa dnes viac používa p-Dichlorbenzén.



**Toluén** (systémový názov metylbenzén, tiež fenylnmetán, technicky toluol, skratka Ph-Me) je za normálnych podmienok bezfarebná, vo vode nerozpustná kvapalina s typickým zápachom známym z riedidiel farieb, podobnú vôňu má aj benzén. Tento aromatický uhľovodík je veľmi často používaný ako priemyselná surovina a riedidlo.



### 3.1.11 Heterocyklické zlúčeniny

**Heterocyklická zlúčenina** je pomenovanie organickej zlúčeniny, ktorej molekulu tvorí aspoň jeden uhlíkový cyklus, v ktorom sa však priamo v cykle okrem uhlíka nachádza aj iný prvok, napríklad **kyslík, síra, dusík (najčastejšie)**, vzácnejšie aj **fosfor, selén, telúr a iné**. Takýto cyklus sa nazýva heterocyklus a **neuhlíkový atóm v ňom sa nazýva heteroatóm**, slovo heterocyklus sa alternatívne používa aj ako synonymum výrazu heterocyklická zlúčenina. Heterocyklické zlúčeniny možno rozdeliť z viacerých hľadísk, čo vyplýva z toho, že v heterocykle môže byť nielen jeden, ale aj viac heteroátomov, ktoré môžu byť vo vzájomných rôznych polohách. Heterocyklické zlúčeniny môžu obsahovať aj viacej cyklov, z ktorých nie každý (ale aspoň jeden) musí obsahovať heteroatóm.

**Zlúčeniny s heteroatómami len jedného prvku, môžeme ich rozdeliť na:**

- ❖ kyslíkaté,
- ❖ sírnaté,
- ❖ dusíkaté.



Ak zlúčenina obsahuje len jeden heterocyklus, podľa počtu atómov v tomto cykle rozlišujeme:

- ❖ trojčlánkové,
- ❖ štvorčlánkové,
- ❖ päťčlánkové,
- ❖ šesťčlánkové.

Ich chemické vlastnosti sú podobné vlastnostiam benzénu. Skoro všetky heterocykly majú prírodný pôvod. Tvoria základné štruktúry živého organizmu. Všetky syntetické heterocykly sa získavajú z ropy.

| heteroatóm | nasýtený               | nenasýtený |
|------------|------------------------|------------|
| dusík      | aziridín               | -          |
| kyslík     | oxirán<br>(etylénoxid) | -          |
| síra       | etylénsulfid           | -          |

Tabuľka 9. Nasýtené heteroatómy

### Trojčlánkové heterocykly

Z trojčlánkových heterocyklov sú stabilné len tie, ktoré obsahujú jeden heteroatóm. V porovnaní s inými heterocyklami sú veľmi reaktívne. Najbežnejšie trojčlánkové heterocykly sú:

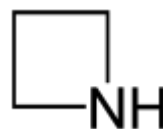
- ❖ dusík (N),
- ❖ kyslík (O),
- ❖ síra (S).



### Štvorčlánkové heterocykly

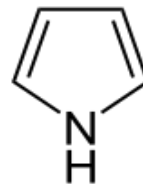
| heteroatóm | nasýtený | nenasýtený |
|------------|----------|------------|
| dusík      | azetidín | -          |
| kyslík     | oxetán   | -          |

Tabuľka 10. Nasýtené heteroatómy

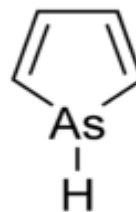
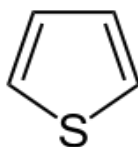
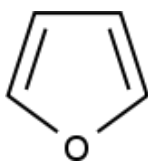


### Päťčlánkové heterocykly

| heteroatóm | nasýtený         | nenasýtený |
|------------|------------------|------------|
| dusík      | pyrolidín        | pyrol      |
| kyslík     | tetrahydrofurán  | furán      |
| síra       | tetrahydrotiofén | tiofén     |
| arzén (As) | -                | arzol      |

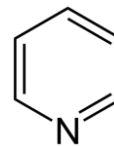


Tabuľka 11. Nasýtené a nasýtené heteroatómy



## Šesťčlánkové heterocykly

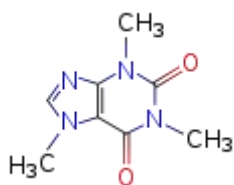
| heteroatóm | nasýtený  | nenasýtený |
|------------|-----------|------------|
| dusík      | piperidín | pyridín    |
| kyslík     | -         | pyrán      |
| Síra       | -         | tiopyrán   |



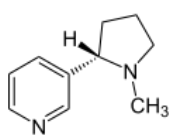
Tabuľka 12. Nasýtené a nasýtené heteroatómy

## Zložitejšie heterocykly

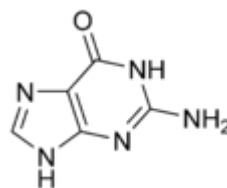
Existuje veľké množstvo zložitejších heterocyklov. Mnohé sú základom alkaloidov. Tu je prehľad niektorých z nich:



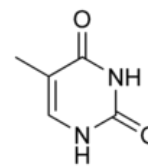
Kofeín



Nikotín



Guanín



Uracil

## 3.2 Ropa

Je horľavá kvapalina tvorená zmesou uhľovodíkov, najmä alkánov, nafténov a menej aj arénov a polárnych zlúčenín (živice, asfaltény a iné). Najmä anglická literatúra dodáva, že ropa môže byť okrem kvapalného skupenstva aj plynná alebo tuhá, ale bežne sa takto označuje iba kvapalná ropa. Je dôležitou nerastnou surovinou a významnou ekonomickou komoditou. Surová ropa nemá veľkú ekonomickú hodnotu, jej hodnota stúpa



Obrázok 25. Ilustračný obrázok [6]

po chemickej úprave, kedy sa z nej vyrábajú kvapalné palivá, rozpúšťadlá a mazadlá. Vznikla pravdepodobne rozkladom zvyškov uhynutých rastlín a živočíchov. Nachádza sa vo vrchných vrstvách zemskej kôry, kde je väčšinou viazaná na usadené horniny, najčastejšie v oblasti kontinentálnych šelfov. Je základnou surovinou petrochemického priemyslu. Náleziská ropy (rezervoáre) sa najčastejšie nachádzajú pod nepriepustnými vrstvami, v hĺbkach až do 8 km pod zemským povrchom. Ropa pri ťažbe alebo vyviera pod tlakom - **ťažba samotokom**, alebo sa čerpá - **mechanizovaná ťažba**. Vyskytuje sa spoločne so zemným plynom a vodou. Z hľadiska slovenskej legislatívy je radená medzi vyhradené suroviny.

### 3.2.1 Základné fyzikálno-chemické vlastnosti

Medzi základné technologické charakteristiky ropy patrí hustota stanovená pri teplote 20° C a atmosférickom tlaku, s korekciou na teplotu 4 °C (kvôli zmenám hustoty vody).

V závislosti od obsahu rozpustených látok sa pohybuje v rozmedzí od 0,61 – 0,85 g/cm<sup>3</sup> pre ľahké ropy, 0,85 – 0,93 g/cm<sup>3</sup> pre stredne ťažké až 0,93 – 1,05 a viac g/cm<sup>3</sup> pre veľmi ťažké ropy. V anglickej terminológii sa zvyknú používať štandardy ASTM - jednotky stupne API (American Petroleum Institute), ktoré určujú hmotnosť 1 ml ropy pri teplote 15,56 °C (1°API = 141,5 / hustota ropy v g/cm<sup>3</sup> - 131,5). Obsah rozpustených látok má vplyv na spôsob jej spracovania. **Ľahké ropy** sú väčšinou svetlé, **ťažké ropy** tmavé. Farba ropy je však značne premenlivá od hnedočervenej, čiernej po žltozelenú až bezfarebnú. Index lomu ropy je 1,39 až 1,60. Má tiež fluorescenčné vlastnosti, ktoré prezrádzajú prítomnosť aromatických uhlíkovodíkov a jej zrelosť. Výhrevnosť ropy sa pohybuje v rozmedzí 43 - 47 MJ/kg. Približnú predstavu o chemickom zložení ropy dávajú tieto hmotnostné podiely základných prvkov:

| Zložka                           | Percentuálne zastúpenie |
|----------------------------------|-------------------------|
| uhlík - C                        | 83 až 87%               |
| vodík - H                        | 10 až 14%               |
| dusík - N                        | 0,1 až 2%               |
| kyslík - O                       | 0,1 až 1,5%             |
| síra - S                         | 0,5 až 6%               |
| kovy                             | menej ako 1000 púm      |
| <i>poznámka: 1 púm = 0,0001%</i> |                         |

Tabuľka 13. Chemické zloženie ropy

### Obsah podľa hmotnosti

Ropa je zmesou okolo 10 000 rôznych zlúčenín, z ktorých nadpolovičnú väčšinu predstavujú kvapalné uhlíkovodíky (tvoria asi 80 - 90 % objemu ropy) a iné neuhlíkaté organické zlúčeniny (4 – 5 %), hlavne obsahujúce síru (okolo štvrtiny zlúčenín), dusíkaté látky (pod 0,1 %), oxidy (okolo 85) a tiež organické molekuly obsahujúce kovy (hlavne vanád a nikel). Medzi ostatné zložky ropy patria rozpustené organické plyny (C<sub>1</sub> - C<sub>4</sub>), ktoré tvoria desatiny až 4 % objemu. Obsah vody je taktiež variabilný od stopového množstva po 10 %. Zastúpenie minerálnych solí, hlavne chloridov, sa pohybuje od 0,1 - 4000 mg/l, ale môže byť i vyššie. Ropa tiež obsahuje roztoky solí, organických kyselín a iných látok. Mechanickú prímes môžu tvoriť častice ílových minerálov, piesku alebo vápenca. Organické častice pevnej fázy sú označované ako bitúmeny alebo asfalt, zatiaľ čo označenie parafín sa používa pre uhlíkovodíky s reťazcom nad C<sub>17</sub>.

### Uhlíkovodíky tvoriace ropu možno rozdeliť do troch základných skupín:

- ❖ parafíny a alkány - nasýtené uhlíkovodíky s jednoduchou alebo viacnásobnou väzbou, bez cyklickej štruktúry,
- ❖ cykloparafíny - (naftény alebo alicyklické uhlíkovodíky) obsahujúce prvky cyklickej štruktúry,
- ❖ arény (aromatické uhlíkovodíky - s benzénovým jadrom),
- ❖ asfaltény, živice a ďalšie odolné látky s veľkou molekulovou hmotnosťou, tvoriace ťažkú frakciu.

### Na základe týchto základných skupín možno ropu deliť na:

- ❖ intermediálne aromatické, vznikajúce v redukčnom morskom prostredí,
- ❖ nafténicko-parafínické a parafínické (cykloparafínické), najčastejšie spájané s deltovým a nemorským prostredím vzniku.

**Pre meranie objemu ropy** sa používa miera **1 barel** = 42 amerických galónov = 35 britských galónov = **158,97 litrov** (US wet galon-3,785411784 lit.~3,79 lit./imperial wet galon-britský-

4,54609 lit.~4,55 lit.). Množstvo ropy sa tiež niekedy udáva v tonách, jednej tone zodpovedá približne 7,33 barelov.

**Na základe týchto základných skupín možno ropu deliť na:**

- ❖ intermediálne aromatické, vznikajúce v redukčnom morskom prostredí,
- ❖ nafténicko-parafinické a parafinické (cykloparafinické), najčastejšie spájané s delťovým a nemorským prostredím vzniku.

Kedysi existovali lokality, kde ropa prirodzene vyrážala na zemský povrch. Dodnes sú takéto ropné pramene ropy známe napr. z Kysúc (Korniansky ropný prameň) a Oravy, vo svete napr. z Kalifornie. Teraz sa ropa získava pomocou vrtov z hlbšie sa nachádzajúcich ložísk umiestnených v ropných pasciach. Väčšinou sa v nálezisku spoločne s ropou nachádza zemný plyn a voda, ktoré sú pod tlakom. Spočiatku možno ropa prúdi z ložiska pod tlakom alebo pomaly vytekať. To sa nazýva primárny spôsob ťažby. Zvyčajne je možné takto získať približne 20 % ropy obsiahnutej v nálezisku. S postupom času tlak klesá až k bodu, keď musia nastúpiť sekundárne metódy, ako je čerpanie ropy pomocou čerpadiel alebo udržiavanie ložiskového tlaku vhodnou injektážou, a to buď spätným pumpovaním zemného plynu, vzduchu, vody, príp. CO<sub>2</sub>. Primárnymi a sekundárnymi metódami sa celkovo darí vyťažiť 25 – 35 % celkového množstva ropy.

### Čerpanie ropy pomocou pumpy

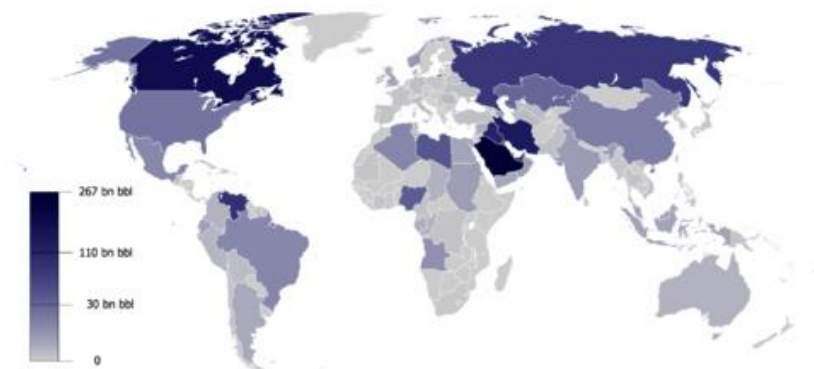
**Terciárne metódy** nastupujú v okamihu, keď už ani sekundárne metódy nestačia na udržanie produkcie a ťažba je ešte stále ekonomická, čo závisí od aktuálnej ceny ropy, kvality ropy a výšky ťažobných nákladov. Ich princípom je zníženie viskozity zostávajúcej ropy, väčšinou injektážou horúcej vodnej pary získavanej často kogeneráciou, pričom sa spaľovaním zemného plynu vyrába elektrina a odpadové teplo sa využije na tvorbu vodnej pary. Niekedy sa tiež ropa zohrieva zapálením časti ropného ložiska. Príležitostne sa tiež používa injektáž detergentov. Terciárne metódy dovoľujú vyťažiť ďalších 5 – 15 % ropy v nálezisku. Väčšina - asi 3/4 ropy sa ťaží na pevnine. No nárast cien ropy po ropnej kríze v 70. rokoch 20. storočia umožnil spoločnostiam viesť nákladnejšiu ťažbu v oblasti plytkých morských šelfov, odkiaľ dnes pochádza 1/4 ropy a 1/5 plynu. Vŕtanie na šelfoch je však 6 - 7-krát drahšie ako na pevnine. Ťažbu ropy výrazne omedzuje možnosť jej prepravy. Stavba ropovodov a plynovodov je ekonomicky veľmi náročná, väčšinou obmedzená na pevninu. Ropa a výrobky z nej sú základnou surovinou pre chemický priemysel, hlavne pre výrobu plastov. Vyrábajú sa z nej aj niektoré lieky, hnojivá a pesticídy. Je dôležitým palivom pre dopravu. Mnohé krajiny používajú surovú ropu aj na výrobu elektriny v tepelných elektrárnach (asi 7 % celkovej svetovej produkcie). Základom spracovania ropy je jej frakčná destilácia, pri ktorej sa oddeľujú pri atmosférickom tlaku jednotlivé skupiny uhl'ovodíkov podľa ich bodu varu. Najľahšie plynné uhl'ovodíky sú metán, etán, propán, bután. Posledné dva sú hlavnou súčasťou automobilového paliva LPG. Petroléter tvoria uhl'ovodíky s dĺžkou reťazca C<sub>5-7</sub> (t<sub>v</sub> asi 30-70 °C). Používajú sa ako rozpúšťadlá, napr. pri chemickom čistení odevov. Ďalšie frakcie sú benzín (C<sub>6-12</sub>; 40-200 °C), petrolej (C<sub>10-15</sub>; 150-300 °C), z ktorého sa vyrába letecký benzín, plynový olej (C<sub>10-20</sub>; 200-300 °C), z ktorého sa získava motorová nafta a ľahký vykurovací olej. Zvyšok (tzv. mazut) sa podrobuje vákuovej destilácii za zníženého tlaku, čím sa oddeľujú ťažké vykurovacie oleje od asfaltu. Uhl'ovodíky s dlhými reťazcami (C<sub>35</sub> a viac) môžu byť hydrokrakovaním rozštiepené, čím vzniknú mazacie oleje. Získané produkty sú ďalej rafinované, aby sa z nich odstránili nežiaduce prímеси ako napr. parafíny.

Ropný priemysel rozdeľuje ropu podľa jej pôvodu (napr. West Texas Intermediate, WTI alebo Brent) a často aj podľa jej hustoty (ľahká-light, stredne ťažká-intermediate a ťažká-heavy); rafinérie ju tiež môžu označovať ako „sladkú“-sweet, čo znamená, že obsahuje

relatívne málo síry, alebo ako „kyslú“-sour, čo znamená, že táto ropa obsahuje viac ako 0,5 % síry a vyžaduje náročnejšie spracovanie, aby vyhovovala súčasným normám.

#### Hlavné svetové typy ropy sú:

- ❖ zmiešaná ropa Brent, obsahuje 15 druhov ropy z nálezísk v Severnom mori. Za cenu tohto typu ropy sa väčšinou predáva ropa z Európy, Afriky a Blízkeho východu určená pre spotrebu na Západe,
- ❖ West Texas Intermediate (WTI), za ktorej cenu sa predáva severoamerická ropa,
- ❖ Dubai, za ktorej cenu sa predáva blízkovýchodná ropa určená pre ázijsko-pacifickú oblasť,
- ❖ Tapis (z Malajzie), za ktorej cenu sa predáva ľahká ropa z Ďalekého východu,
- ❖ Minas (z Indonézie), za ktorej cenu sa predáva ťažká ropa z Ďalekého východu.



Obrázok 26. Preukázané svetové zásoby ropy z roku 2009 [6]

#### Kôš OPEC obsahuje tieto druhy:

- ❖ Arab Light (Saudská Arábia),
- ❖ Bonny Light (Nigéria),
- ❖ Fateh (Spojené arabské emiráty),
- ❖ Isthmus (Mexiko, nepatrí do OPEC-u),
- ❖ Minas (Indonézia),
- ❖ Saharan Blend (Alžírsko),
- ❖ Tia Juana Light (Venezuela).

OPEC sa snaží udržať cenu koša OPEC vo vopred danom rozmedzí pomocou zvyšovania a znižovania produkcie. Ropa typu kôš OPEC, pozostávajúca tak z ľahkých, ako aj z ťažkých druhov ropy, je v priemere ťažšia ako Brent aj WTI a má väčší obsah síry. Všetky vyššie uvedené druhy sa zaraďujú medzi klasickú, „konvenčnú“ ropu. Okrem nej existujú aj veľké ložiská nekonvenčnej ropy, ktorú



Obrázok 27. Čerpanie ropy pomocou pumpy [6]

tvorí živica v asfaltových pieskoch a kerogén v asfaltových bridliciach. Nachádzajú sa hlavne v Kanade a Venezuele. Jej podiel zatiaľ tvorí len 5 % celkovej svetovej produkcie, z dôvodu vysokej energetickej náročnosti ťažby.



## 4. MAZACIE SÚSTAVY

Účelom mazacej sústavy je: mazanie motora, ktoré musí zabezpečiť nepretržitú dodávku potrebného množstva čistého mazacieho oleja, pri určitom tlaku a teplote, ku všetkým mazaným miestam, prípadne ku všetkým súčiastkam chladeným olejom. Mazací olej privedený medzi trecie plochy by mal spĺňať tieto požiadavky:

- ❖ znižovať trecie sily, ktoré znižujú výkon motora,
- ❖ odvádzať teplo vznikajúce trením,
- ❖ znižovať opotrebenie, a tým predlžovať životnosť motora,
- ❖ znižovať koróziu súčastí motora,
- ❖ odvádzať produkty opotrebenia.



Obrázok 28. Ilustračný obrázok [7]

### 4.1 Rozdelenie mazacích sústav

Podľa spôsobu mazania:

- a) mazanie palivovou zmesou (dvojtaktné motory - zmes paliva a motorového oleja,
- b) kombinované,
- c) s nenúteným mazaním - rozstrekom,
- d) s núteným mazaním - tlakové:
  - so suchou kľukovou skriňou,
  - s mokrou kľukovou skriňou.

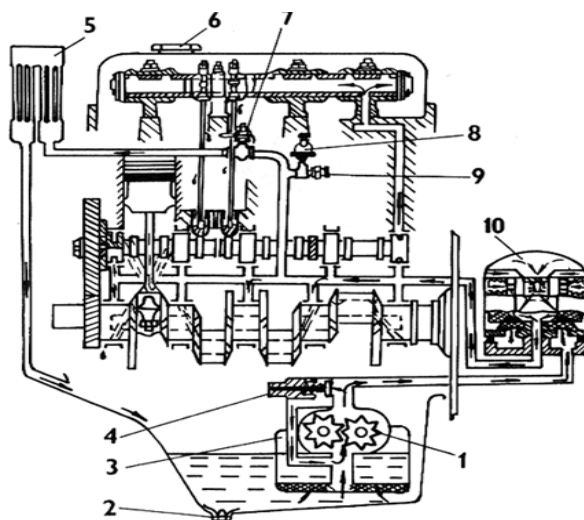
Jedným z kritérií rozdelenia mazacích sústav je umiestnenie olejovej náplne. V prípade, že sa olej nachádza v kľukovej skrini motora, hovoríme o mazacej sústave s mokrou kľukovou skriňou. Ak sa však olej nachádza v nádrži umiestnenej mimo motora, potom ide o mazaciu sústavu so suchou kľukovou skriňou.

#### 4.1.1 Možné zloženie mazacej sústavy s mokrou kľukovou skriňou

Táto sústava sa skladá z týchto hlavných častí:

Legenda:

- olejová vaňa, vypúšťací ventil (2),
- olejové čerpadlo (1),
- redukčný-pretlakový ventil (4),
- čistič oleja (10),
- chladič oleja (5),
- prepínací kohút chladiča (7),
- snímač tlaku oleja (8),
- snímač kritického tlaku oleja (9),
- uzávera plniaceho hrdla oleja (6),
- mazacie miesta motora.



Obrázok 29. Mazacia sústava s mokrou kľukovou skriňou [8]

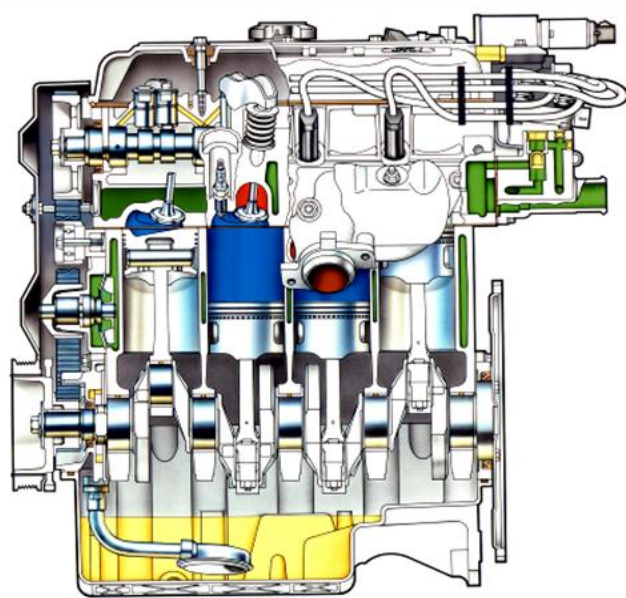


### Výhody:

Hlavnou výhodou je jednoduchosť, nízka hmotnosť vyplývajúca z menšieho počtu častí, a tým aj menej zastavaným motorom.

### Nevýhody:

Nemožno tento systém použiť vo vozidlách určených na prevádzku v zložitom teréne (vojenská technika), pretože vzniká nebezpečenstvo nasatia vzduchu pri naklonení vozidla.

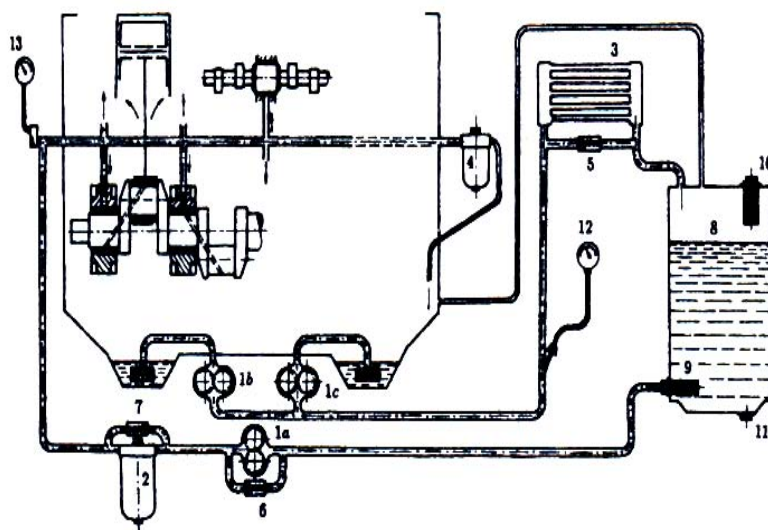


Obrázok 30. Mazacia sústava s mokrou kľukovou skriňou [8]

## 4.1.2 Možné zloženie mazacej sústavy so suchou kľukovou skriňou

### Legenda:

- olejové čerpadlo o dvoch sekciách (1a, 1b, 1c),
- prepúšťací ventil čerpadla (6),
- hrubý čistič oleja (2),
- prepúšťací ventil hrubého čističa oleja (7),
- jemný čistič oleja (4),
- chladič oleja (3),
- obtokový ventil chladiča (5),
- olejová nádrž (8),
- nalievací otvor (10),
- vypúšťací otvor (11),
- teplomer oleja (12),
- tlakomer oleja (13),
- mazacie miesta motoru.



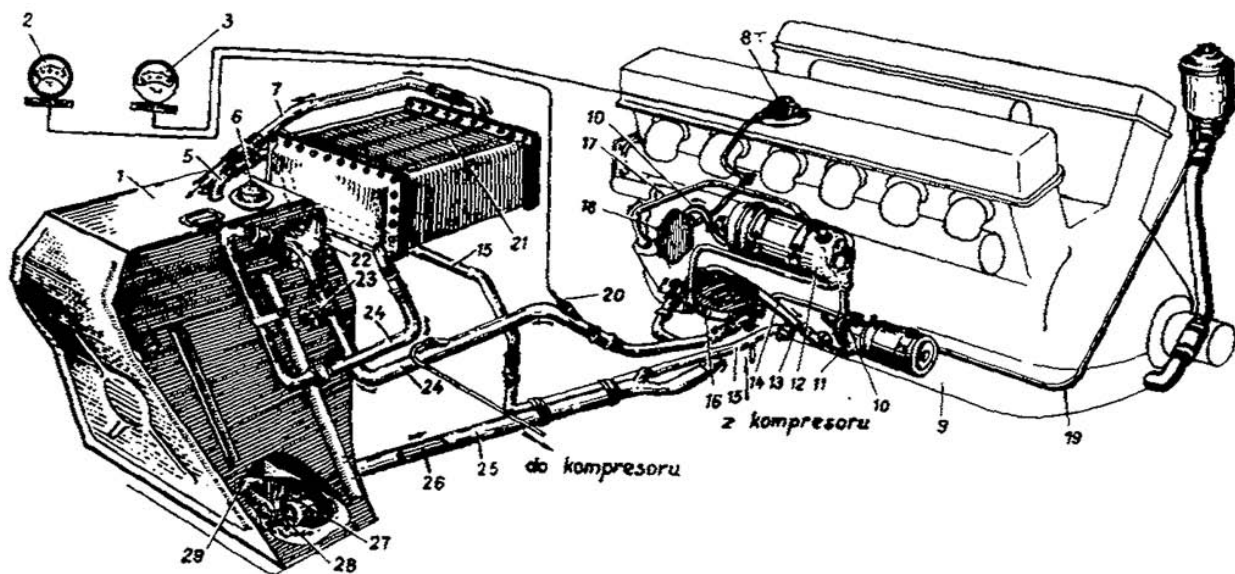
Obrázok 31. Mazacia sústava so suchou kľukovou skriňou

### Výhody:

Tento systém zabezpečuje správnu činnosť mazania za akýchkoľvek podmienok prevádzky vozidla (i v teréne).

### Nevýhody:

Sústava je zložitejšia, s väčším počtom funkčných prvkov, a preto i pravdepodobnosť poruchy sa zvyšuje.



Obrázok 32. Mazacia sústava so suchou kľukovou skriňou motora V-5 [59]

1-olejová nádrž; 2-ukazovateľ teploty oleja; 3-ukazovateľ tlaku oleja; 4-(neoznačený-v pravo hore)jemný čistič MC-1; 5-vyrovňovací nátrubok; 6-pretlakový a podtlakový ventil uzáveru nalievacieho otvoru olejovej nádrže; 7-olejové potrubie z chladiča; 8-snímač tlaku oleja; 9-schéma motora V-55; 10-výtlačné potrubie olejového čerpadla; 11-olejové elektrické čerpadlo MZN-2; 12-hrubý čistič oleja MAF; 13-potrubie k MZN-2; 14-dvojplášťové potrubie od nádrže do motoru-pre ohrev oleja; 15-vyrovňovacia rúrka; 16-dvojsekčné-zubové olejové čerpadlo; 17-olejové potrubie od MAF; 18-rozvodová príruha pre privod oleja do motoru; 19-odvodové potrubie od MC-1; 20-snímač teploty oleja; 21-chladič oleja; 22-trojcestnýprepúšťací ventil; 23-nátrubok ohrievacieho hada; 24-potrubie od výtlaku z čerpadla; 25-ohrievací plášť privádzacieho potrubia do motoru; 26-privádzacie potrubie; 27,28-sací kôš privádzacieho potrubia; 28-nátrubok ohrievacieho hada olejovej nádrže.

#### 4.1.3 Rozbor parametrov pracovného priestoru „PIEST-VALEC”

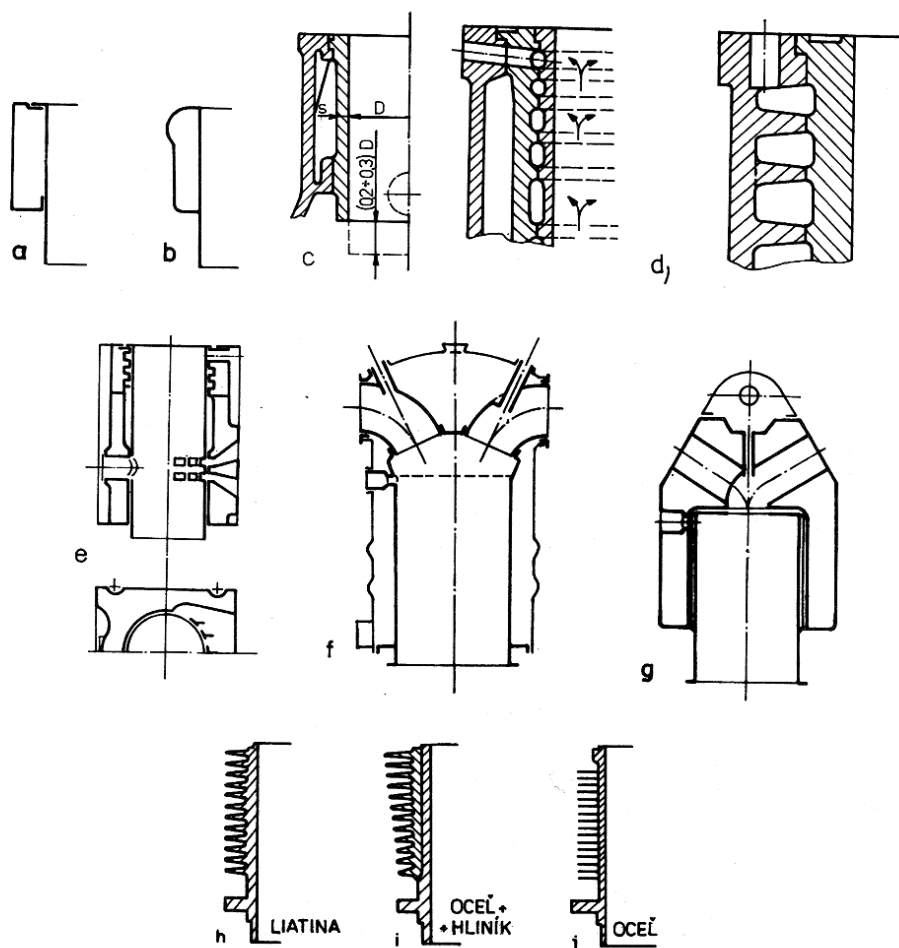
Spaľovacie motory sa uplatňujú v cestnej, koľajovej, lodnej a leteckej doprave, vo vojenskej technike (doprava, tanky, bojové lietadlá), v poľnohospodárstve a v lesníctve (traktory, kombajny, píly, atď.), v stavebníctve (buldozéry, scrapery, bagre, atď.), na pohon hlavných pomocných elektrických centrál a rezervných. zdrojov energie (v továrňach, nemocniciach, sklárňach atď.). Rastúca motorizácia je v protirečení s obmedzenými a nerovnomerne rozloženými svetovými zásobami ropy. Preto sa v celom svete hľadajú náhradné palivá. Výroba benzínu, nafty a ďalších produktov chemickou cestou z uhlia je síce zvládnutá, ale zatiaľ ekonomicky nevýhodná. Všetci výrobcovia sledujú možnosti zníženia mernej spotreby paliva, podmieňujúce zníženie celkovej spotreby (najmä pri palivách ropného pôvodu), možnosti akumulácie výkonu a iné úpravy. Inými úpravami môžeme rozumieť aj zvyšovanie kvality mazív a motorových olejov a rôznych prísad do týchto olejov.

#### 4.1.4 Pracovné valce piestových spaľovacích motorov (PSM)

Pracovné valce sa vkladajú do skrine alebo do samostatného bloku valcov (puzdro, vložený valec, vložka), iba pri menších motoroch môžu byť odliate z jedného kusa s plášťom chladiaceho priestoru, prípadne s celou skriňou. Vložené valce sa vyrábajú väčšinou z perlitickej sivej liatiny tvrdosti 170-230 HB, zriedkavejšie z očkovanej liatiny tvrdosti 230-

340 HB, prípadne z legovanej liatiny alebo ocele. Ich životnosť sa zvýši galvanickým nanesením vrstvy porézneho chrómu. Jednotliví výrobcovia vložky povrchovo upravujú aj inak (napr. proti kavitačnej korózii a pod.).

Puzdrá väčších, kvapalinou chladených motorov s väčšími strednými užitočnými tlakmi sa vyhotovujú iba ako „mokré“, priamo chladené chladiacou kvapalinou. Na Obrázku 33 sú schémy niektorých pracovných valcov spaľovacích motorov:

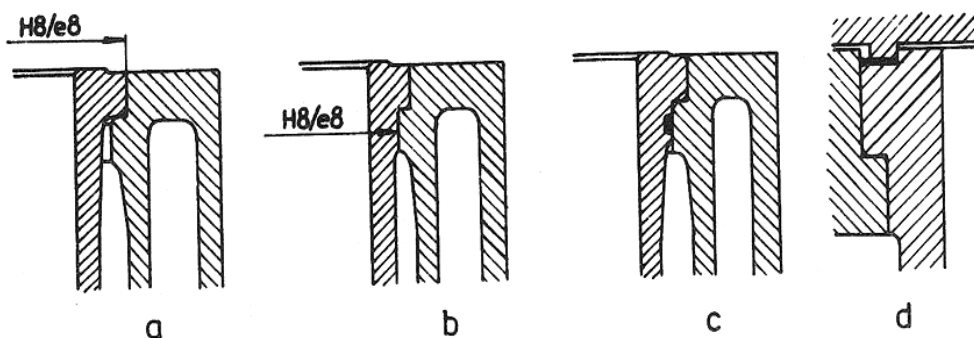


Obrázok 33. Schémy niektorých pracovných valcov spaľovacích motorov štvortaktných jednočinných s nižším  $p_e$  (a, b, c) a s vyšším  $p_e$  (d), dvojtaktných s vratným vyplachovaním (e), leteckých motorov chladených kvapalinou (f, g) a chladených vzduchom (h, i, j).

Suché puzdra, vlisované do veka alebo skrine sa používajú vo vzduchom chladených motoroch a v niektorých menších motoroch chladených kvapalinou, ktorých steny v mieste puzdra obteká chladiaca kvapalina.

Vložené mokré puzdro sa utesňuje proti unikaniu chladiacej látky zabránením alebo rôznym žiaruvzdorným tesnením (napr. medené krúžky, drôty alebo iné materiály ako mäkká oceľ a pod., azbestové a iné tesnenie) v časti s vysokými teplotami a v mieste s nízkymi teplotami sa väčšinou využíva tesnenie gumovými krúžkami s kruhovým alebo štvorcovým prierezom. Ak sú tieto krúžky uložené v drážkach alebo žliabkoch a stláčané puzdrom (Obrázok 34 c), treba, aby celkový objem žliabku bol najmenej o 10 % väčší ako objem krúžku, aby deformácie puzdra po jeho zalisovaní boli v prípustných hraniciach. Pri väčších motoroch sa chladiaci priestor utesňuje voči priestoru olejovej skrine tesnením, napr. gumovým prtláčaným prírubou. Konštrukčné vyhotovenie utesnenia spaľovacieho priestoru

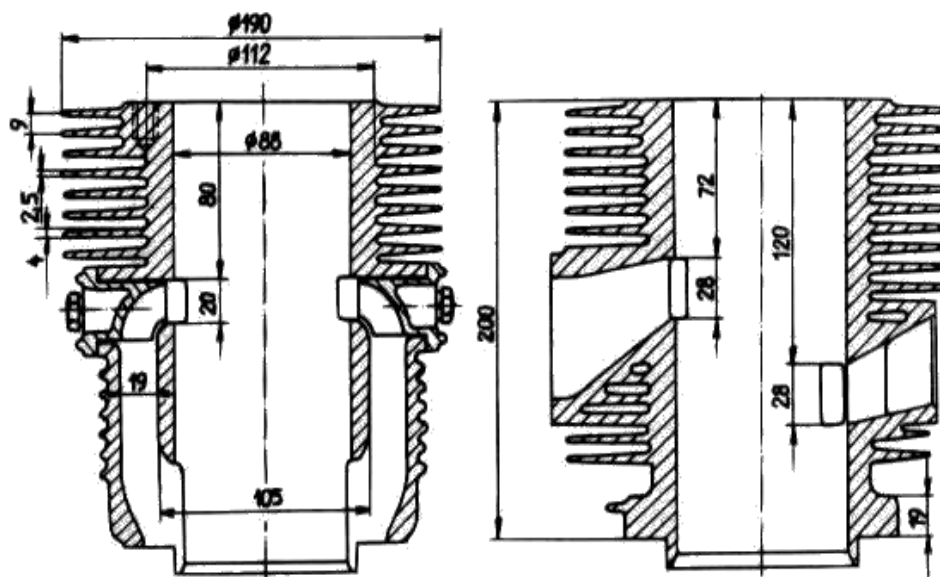
sa líši podľa veľkosti motora a podľa výšky spaľovacích tlakov. V menších, najmä benzínových motoroch, sa bežne používa metaloplastické tesnenie (zlúčeniny uhlíka, resp. iná látka v obale z medeného, hliníkového alebo železného plechu), položené na celú rovnú plochu dosky skrine. Vo veľkých a stredných motoroch sa na utesnenie používajú tesniace krúžky z rôzneho kovového (meď, hliník) a nekovového (klingerit, preparovaný uhlík) materiálu, uzavreté v žliabku a stláčané medzikruhovou lištou zväčša vystupujúcou z hlavy valca (Obrázok 34 c, d).



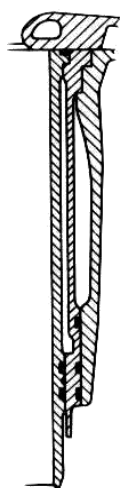
Obrázok 34. Príklady utesnenia mokrej vložky valcov

V dvojtaktných motoroch s kanálovým rozvodom je väčšinou obtiažne navzájom od seba oddeliť chladiaci prostriedok, plniaci vzduch (prípadne zmes), spaliny a okolitú atmosféru. Preto sa používa kombinácia kovových (medených, hliníkových) a gumových krúžkov s rôznymi kontrolnými žliabkami a vývodmi v skrini. Oblasť výfukových otvorov konštrukčne ťažko možno zvládnuť so zreteľom na nerovnomerné vysoké tepelné namáhanie a z neho vyplývajúce deformácie. V oblasti spaľovacieho priestoru sa pričíta k vysokému tepelnému namáhaniu vložky aj vysoké mechanické namáhanie, spôsobené spaľovacími tlakmi a silovými účinkami, ktoré vyplývajú napr. z utiahnutia hláv motora. Informatívne možno uviesť, že mechanické namáhanie sa s rastom hrúbky vložky valca znižuje a tepelné naopak rastie, čiže existuje určitá optimálna hrúbka, pokým ide o jeho výsledné namáhanie. Tenké vložky majú v kvapalinou chladených motoroch sklon ku kmitaniu steny, a tým aj ku kavitačnej korózii, vznikajúcej na strane chladenia pri radiálnom kmitaní steny, spôsobenom premenlivým pracovným tlakom v spaľovacom priestore nárazmi piestu na stenu pri zmenách zmyslu normálovej sily na piest. Hrúbka steny priamo chladenej liatinovej vložky v blízkosti spaľovacieho priestoru pri zážihových motoroch býva asi  $s=0,06D$ , pri neprepĺňaných vznetrových motoroch  $s=0,07D$ , pri prepĺňaných  $s=0,1D$  aj viac, podľa výšky spaľovacích tlakov; priemer oporného okraja vložky býva asi  $(1,25 - 1,35)D$ . Uvedené hrúbky stien približne zodpovedajú obvodovému napätiu v ťahu asi 45 - 50 MPa; so zreteľom na zalícovanie vložky do hornej vložky napätie nedosiahne tieto hodnoty. Poruchy vložky sa objavujú vtedy, keď sa vnáša do límca vložky moment tak, že stredy opornej plochy a stredy tesniacej plochy nie sú presne nad sebou, a to najmä vtedy, keď sú zápichy prechodov ostré.

Pretože vložkou valca prechádza značná časť tepla odvádzaného chladením, zväčšuje sa rôznym spôsobom výsledný prechod tepla na strane chladiacej kvapaliny zväčšovaním plochy povrchu vložky, zvyšovaním rýchlosti chladiacej kvapaliny a pod. (Obrázok 34 d).



Obrázok 35. Valec dvojtaktného vzduchom chladeného motora Fichtel u Sachs 600 L



Obrázok 36. Vložka valca so samostatným chladiacim plášťom motora Maybach- Mercedes Benz s vŕtaním  $D = 220$  mm

#### 4.1.5 Piestová podskupina

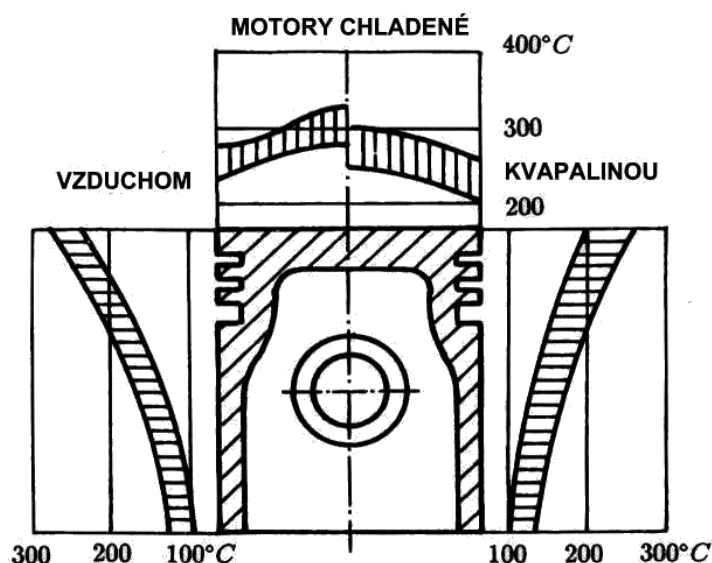
Do piestovej podskupiny PSM patria piest, piestový čap, piestové tesniace a stieracie krúžky a niektoré ďalšie časti, ktoré súvisia s funkciou piestu. Na ich vývoj sa najmä v ostatných rokoch sústredili špecializovaní výrobcovia, ktorí majú široké konštrukčné, technologické, metalurgické a prevádzkové skúsenosti a výpočtové programy ako aj experimentálnu a výrobnú základňu.

#### 4.1.6 Piesty PSM

Piest motora je značne namáhaný mechanicky (tlakom plynov, zotrvačnou silou hmotnosti kompletneho piestu, trením atď.) a tepelne (pri prevode tepla stenami do oleja a cez krúžky do valca motora). Tepelné namáhanie piestu je spôsobené prestupom tepla z plynov do dna piestu a jeho vedením cez teleso piestu. Konštrukcia piestu by teda mala zabezpečiť minimálny prestup tepla do piestu a súčasne dosiahnuť z neho dobrý odvod tepla.

Piest sa skladá z hlavy piestu, jeho dna a časti obsahujúcej drážky na piestne krúžky umiestnené nad piestnym čapom. Zostávajúca časť piesta, zaisťujúca predovšetkým jeho vedenie vo valci, sa nazýva plášť piesta. Množstvo tepla prestupujúceho do piesta závisí od

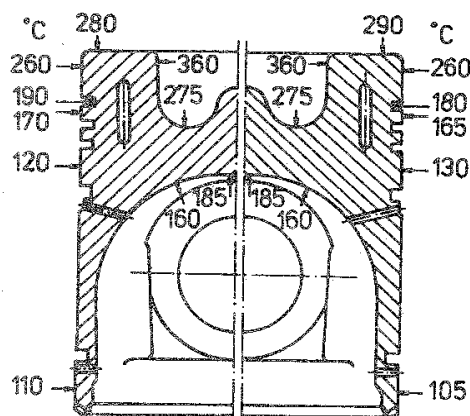
teploty a od rýchlosti prúdenia plynov, od času horenia (rýchlobežnosti motoru), od termodynamických vlastností plynov a od veľkosti plochy dna piesta, ktorá je v bezprostrednom styku so spalínami. V značne tepelne namáhaných motoroch je teda dôležité čo najviac zmenšiť povrch dna piestu. Odvod tepla z piesta sa dá zlepšiť zhotovením piesta z materiálov, ktoré majú dobrú tepelnú vodivosť, vytvorením veľkých prierezov na odvod tepla a zabezpečením, aby chladiaci plášť bloku valca bol prevedený po celej dráhe piestnych krúžkov. Teplo sa z nechladeného piesta odvádza zo 40 až 60 % piestnymi krúžkami. Mostami medzi piestnymi krúžkami je odvádzané až 30 % tepla a plášťom piesta 20 až 30 %. Malá časť tepla (5 až 10 %) sa odvádza do plynov v kľukovej skrini vnútorným povrchom piesta. Rozloženie teplôt na pieste je na Obrázku 37.



Obrázok 37. Rozloženie teplôt na pieste

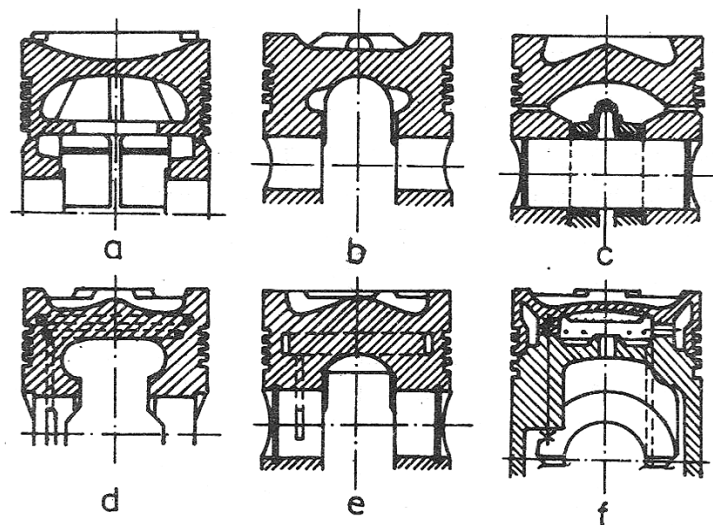
Maximálna teplota je (Obrázok 38) uprostred dna piestu s výnimkou vznetrových motorov s výstredne uloženou komôrkou, z ktorej vychádzajú horúce plyny ohrievajúce piest jednostranne. Orientačné hodnoty max. teplôt uprostred dna piestu z ľahkej zliatiny v nepreplňovaných motoroch sú pre:

- vznetrový motor s priamym vstrekom paliva  $400^{\circ}\text{C}$ ,
- zážihový motor chladený vzduchom  $330^{\circ}\text{C}$ ,
- zážihový motor chladený kvapalinou  $280^{\circ}\text{C}$ .



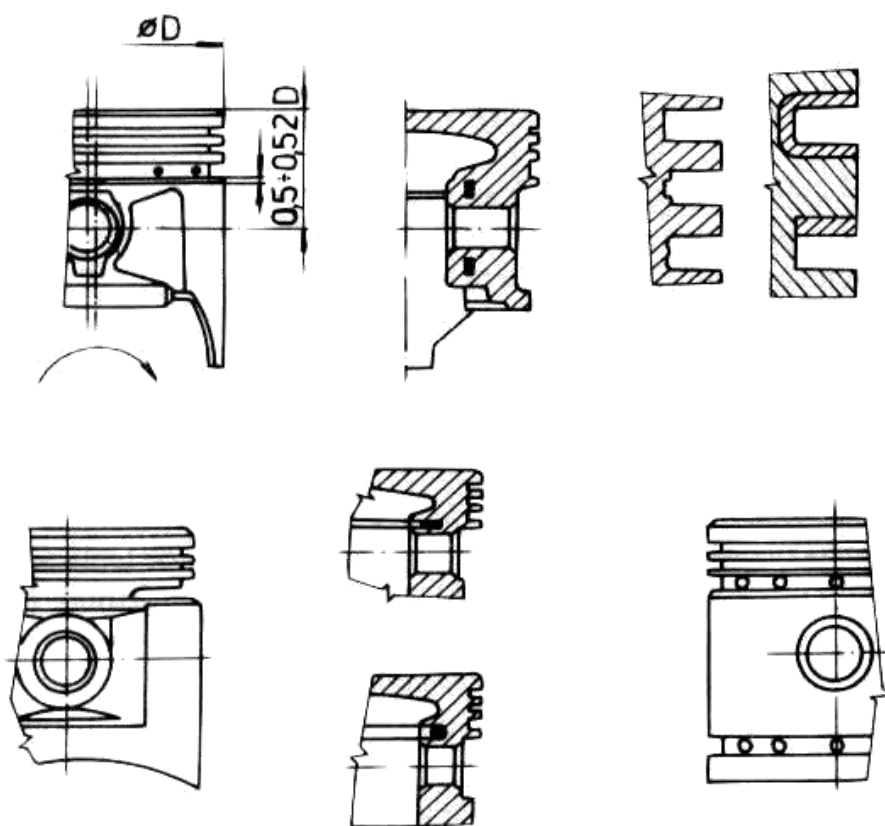
Obrázok 38. Rozdelenie teplôt na povrchu naftového motora z ľahkej zliatiny s vnútorným chladením



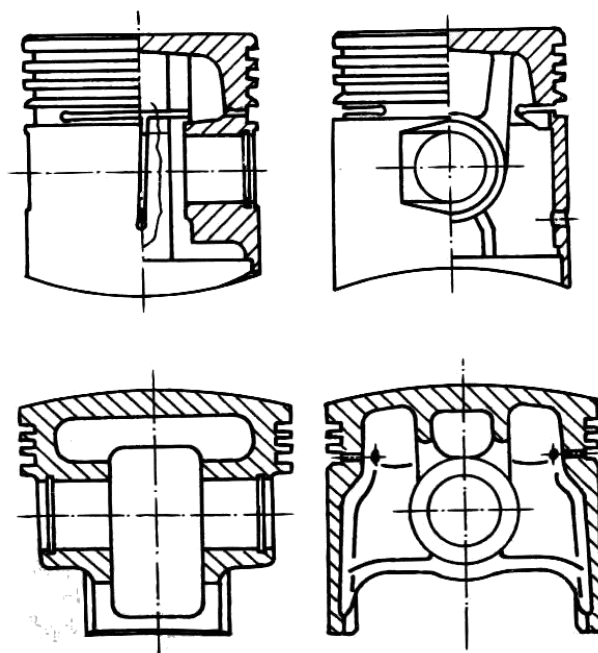


Obrázok 39. Vývojové etapy piestov naftových motorov

V prevádzke sa jeho tvar mení jednak elasticky počas pracovného obehu v závislosti od pôsobiacich síl, jednak teplotnými dilatáciami v závislosti od tepelného poľa. Pri jednočinných rýchlobežných PSM preberá aj funkciu križiaka a potom je zaťažovaný aj normálovou silou, kolmou na os valca. Pri dvojtaktných motoroch ovláda aj výmenu náplne.



Obrázok 40. Niektoré tvary piestov pre benzínové motory



Obrázok 41. Príklady konštrukcie piestov benzínových motorov

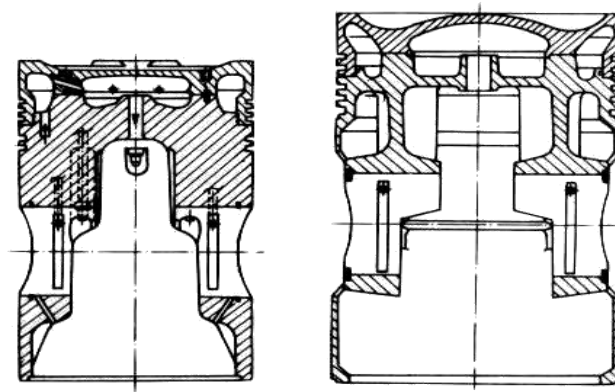
V zapalovacích nepreplňaných štvortaktných motoroch sa používajú zväčša krátke piesty z ľahkých zliatin, často s rôznymi vložkami a zárezmi, obmedzujúcimi veľkosť alebo vplyv elastických deformácií a teplotných dilatácií. V rýchlobežných naftových motoroch s prirodzeným nasávaním, prípadne s nízkym preplňaním, sú bežné dlhšie nedelené piesty väčšinou bez chladenia alebo jednoduchým chladením odstrekovacím, resp. pretekajúcim, olejom; pri voľnobežných motoroch tejto kategórie sa používajú často piesty zo sivej liatiny.

Pri rýchlobežných preplňovaných naftových motoroch sa podľa stupňa preplňania používajú:

- ❖ jednodielne piesty z ľahkých zliatin alebo z tvárnej zliatiny, chladené núteným prietokom oleja,
- ❖ dvojdielne aj viacdielne piesty, ktorých plášť je z ľahkej zliatiny, hlava z oceľoliatiny (príp. z ocele), chladené núteným prietokom. Pri dvojtaktných motoroch, resp. križiakových, s preplňaním sa používajú piesty špeciálnych konštrukcií, väčšinou zo sivej liatiny.

Materiál piestu (musí mať):

- ❖ dostatočnú pevnosť pri pracovných teplotách, dosahujúcich pri piestoch z ľahkých zliatin hodnoty  $t \geq 300^{\circ}\text{C}$  (podľa zaťaženia motora a tepelnej vodivosti zliatiny) pri liatinových a oceľových piestoch  $t \geq 700^{\circ}\text{C}$  (v niektorých bodoch na povrchu), malú hustotu (mernú hmotnosť),
- ❖ dobrú tepelnú vodivosť a malú rozťažnosť,
- ❖ dobré klzné a technologické vlastnosti,
- ❖ primerané ekonomické parametre, t. j. cenu, dosažiteľnosť a pod. ...,
- ❖ stálosť mechanických vlastností (pevnosti) v podmienkach dlhodobého pôsobenia vysokých teplôt a striedavého zaťaženia,
- ❖ ľahká obrobitelnosť a nízka cena.



Obrázok 42. Príklady skladaných piestov z ľahkej zliatiny - vľavo  
a z tvárnej liatiny - vpravo

Týmto požiadavkám vyhovujú najmä sivá liatina uhlíková a legovaná (niklom, chrómom, resp. molybdénom) a ľahké zliatiny hliníka, horčíka, kremíka, medi a iných prvkov, tvárna liatina, niekedy aj oceľ.

**Sivá liatina** s pevnosťou 160 až 260 MPa s tvrdosťou 170 až 230 HB s perlitickou štruktúrou má malú tepelnú rozťažnosť a umožňuje použiť malé vôle medzi piestom a valcom. Podobne ako aj tvárna liatina dovoľuje zmenšiť hrúbku stien (po obrobení pri malých motoroch na 1 až 3 mm). Nevýhodou liatiny je veľká hustota a menšia tepelná vodivosť, výhodou je napr. malý pokles pevnosti s teplotou.

**Horčíkové zliatiny** sa používajú napr. v motoroch na pretekárske účely. Zliatiny Al-Cu hliníka s meďou (6-8 %) majú dobrú zlievateľnosť a vysokú tvrdosť (až 170 HB), sú však krehké, majú veľkú rozťažnosť, hustotu a menšiu pevnosť. Zliatiny Al-Cu-Ni s prísadami horčíka Mg (označenie Y) majú vyššiu pevnosť pri vyšších teplotách, vyššiu tepelnú rozťažnosť, vodivosť a nižší modul pružnosti v ťahu ako zliatiny Al-Si hliníka s kremíkom (eutektické napr. LOW-EX, KS 1275 a iné) s obsahom 11-14 % Si s prísadami Cu, Ni, Co, Mg, Mn. V bývalej ČSFR sa získali dobré skúsenosti so zliatinou LOW-EX pri naftových motoroch, kde piesty zo zliatiny Y mali poruchy vplyvom vzniku trhlín. Pri vysokonamáhaných piestoch z ľahkých zliatin sa používajú väčšinou pre prvý piestový krúžok zaliate vložky s vyššou odolnosťou proti opotrebovaniu a korózii (napr. z legovanej liatiny, austenitickej ocele, rôznych bronzov a pod.). Zaliatím rôznych (väčšinou oceľových) regulačných vložiek a rôznymi zárezmi pri menších (automobilových) piestoch možno znížiť potrebnú vôľu za studena a dosiahnuť tichý chod a bezpečnosť proti zadretiu. Povrch piestu sa rôznym spôsobom upravuje napr. nanosením (elektrochemicky a iným spôsobom) vrstvy cínu, olova, kadmia, grafítu a pod. na klzné plochy, ďalej fosfatizáciou, sulfinizáciou, príp. zvýšením žiaruvzdornosti alitovaním (čiže difúznym žiňaním v prášku feroaluminia), nanosením keramickej vrstvy atď.

Tepelné zaťaženie piestu a nevyhnutnosť jeho chladenia sa posudzuje z rôznych kritérií a vzťahov, z ktorých niektoré majú iba obmedzenú platnosť. Jednoduchým kritériom je napr. výkon, vzťahujúci sa na jednotku plochy piestu (19):

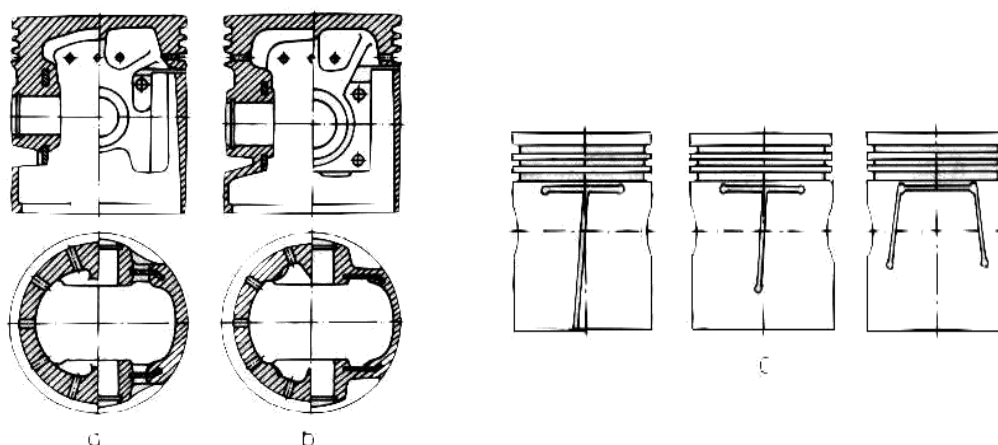
$$\frac{P_e}{S_p} = \frac{Z \cdot p_e \cdot n}{30 z_{ob}} = \frac{p_e \cdot c_s}{z_{ob}} \quad (19)$$

Štvortaktné motory s priamym vstrekom majú nechladené piesty z ľahkých zliatin do  $P_{el}/S_p = 1800$  až  $2200 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ . Tu možno použiť nechladené piesty z ľahkých zliatin pre pomery  $Dp_e = (1,8 \text{ až } 2,0) \cdot 10^5 \text{ [Pa} \cdot \text{m]}$ . Iné vzťahy posudzujú tepelné zaťaženie podľa priemerného tepelného toku celým povrchom valca priemeru  $D$  a výšky  $Z$ .

Za predpokladu, že sa povrchom tohto valca odvádza tepelný výkon  $q_{ri} P_{il}$  ( $q_{ri}=0,7$  až  $1,2$ ), zodpovedajúci tepelný tok je (20)

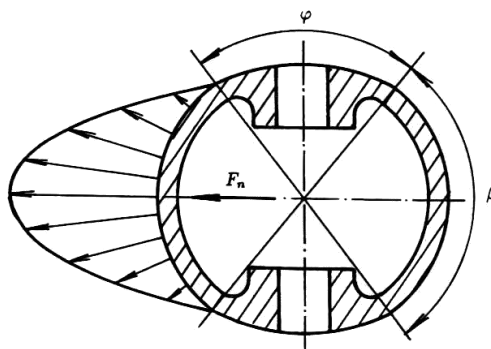
$$q_{vc} \frac{q_{ri} \cdot P_{il}}{2S_p + \pi DZ} = \frac{2q_{ri} \cdot P_{ti}}{\pi D(D + 2Z)} = \frac{q_{ri} \cdot c_s \cdot P_i}{z_{ob} \cdot 2(1 + 2\xi)} \quad \text{m}^{-2} \quad (20)$$

Podľa údajov jednej menovanej firmy (Mahle) treba použiť pri piestoch zo sivej liatiny chladienie olejom pre  $55000 < q_{vc} < 90000$  a chladienie vodou pre  $90000 < q_{vc} < 270000$ , ak ide o piesty z ľahkých zliatin, sú prípustné hodnoty asi dvojnásobné až dvaaplnásobné. Piestom sa odvádza asi 20 až 30 % (i viac) z celkového tepla odvádzaného chladiením. Teplota chladiaceho oleja na výstupe má byť minimálne 60 (70)°C a chladiacej vody asi 50°C (iba výnimočne viac) pri rýchlosti kvapaliny v pieste približne 2 m.s<sup>-1</sup>. Potrebný prietok oleja pre ostrek dna je asi 5 až 6,5 dm<sup>3</sup>. kW<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>; pri nútených prietokoch až 20 dm<sup>3</sup>. kW<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>. Pri ostreku sa zníži teplota o 40 až 50°C a pri nútenom prietoku až o 90°C v mieste prvého krúžku, kde prípustná hodnota je 180 až 230 (240) °C podľa kvality oleja.

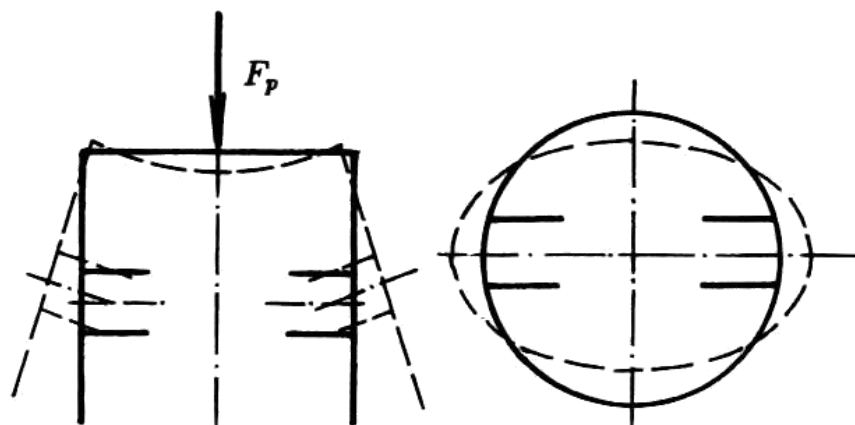


Obrázok 43. Obmedzovanie teplotných dilatácií a ich účinkov s invarovými vložkami (piest Nielson) b/ ocelovými vložkami (piest „autothermic”) c/ drážkami na odlahčenom boku piestu

Mechanické namáhanie piesta je vysoké a má zložitý priebeh najmä v oblasti spojenia dna s plášťom a v oblasti prenosu síl do piestneho čapu. Na jeho výpočet, ako aj na výpočet teplotných napätí a deformácií sa v súčasnosti používa metóda konečných prvkov a rôzne analógové metódy (RAC - analógon, elektrolytická vaňa); ich presnosť závisí aj od odhadu teplôt a prestupných súčiniteľov, rozloženia tlakov atď.



Obrázok 44. Zaťaženie plášťa piesta

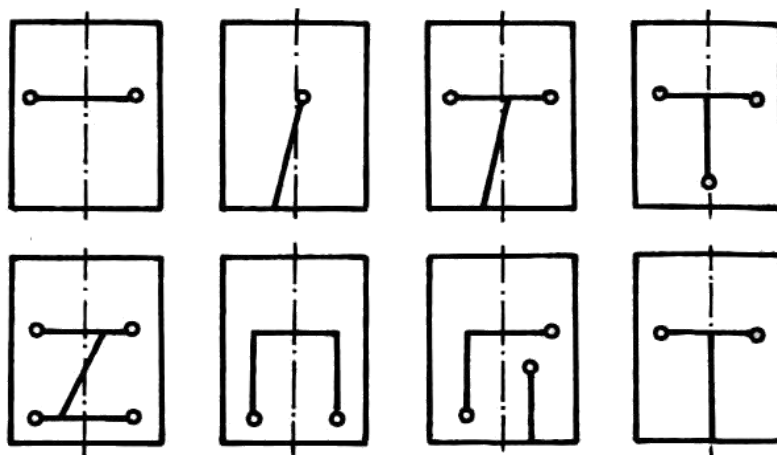


Obrázok 45. Deformácia piesta

Určítym porovnávacím kritériom, najmä pri piestoch s rovným dnom, môže byť vzťah pre radiálne ohybové napätie (21),

$$\sigma_{or} = \varphi \cdot p \left( \frac{r_i}{s} \right)^2 \quad (21)$$

kde  $\varphi=0,75$  až  $1,24$  (nízke hodnoty pre pevné uchytenie dna valcovej časti piestu),  $r_i$  je vnútorný polomer dna piestu strednej hrúbky  $s$  = dovolené hodnoty  $\sigma_{or}$  sú pri piestoch z ľahkých zliatin 30 až 50 MPa pri liatych a až 60 MPa pri kovaných piestoch.



Obrázok 46. Tvary rozrezania plášťa piesta

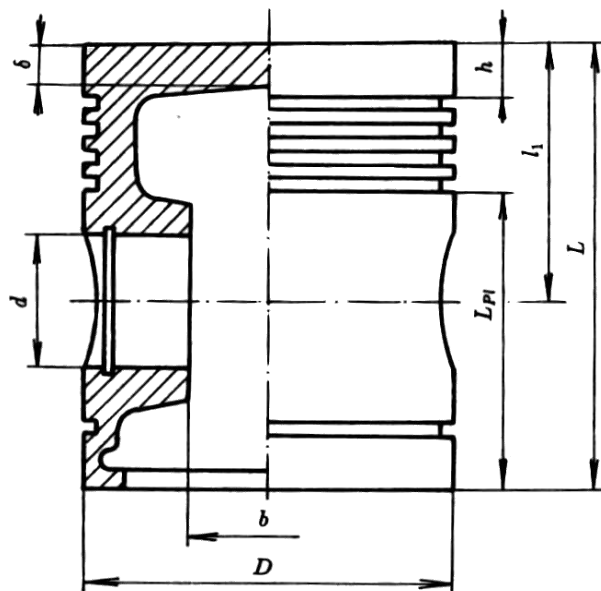
Treba uviesť, že poruchy piestov vznikajú väčšinou:

- ❖ zadretím pri použití nevhodných olejov, pri vysokých teplotách a veľkých miestnych teplotných deformáciách, pri nepohyblivosti krúžkov atď.
- ❖ únavovými lomami v zárezoch v plášti piesta, v drážkach piestnych krúžkov, v náboji (oku) piesta pri ovalizácii čapu,
- ❖ únavovými lomami z teplotných trhliniek na povrchu dna piesta, pri poruchách vstrekovacích čerpadiel a dýz a pod.

Konštrukčné riešenie piestov určuje ich veľkosť, zaťaženie, pracovný obeh (dvojťaktný, štvortaktný), typ motora (jednočinný, dvojčinný, s križiakom, bez križiaka, benzínový, naftový, atď.), materiál, počet kusov a pod. Vo väčšine jednočinných motorov sa používajú plunžerové piesty. Tvar ich dna určuje tvar spaľovacieho priestoru, umiestnenie ventilov a iné

okolnosti. Teplo zo dna nechladeného piestu prechádza z veľkej časti hlavne cez prvé dva piestne krúžky do vložky valca (krúžky preto musia byť v hornej úvrati piestu v úrovni chladiacej kvapaliny) a z časti aj priamo cez dno a plášť piesta do oleja; pri chladených piestoch sa odvádza teplo aj chladiacou kvapalinou (pri menších piestoch mazacím olejom). Vnútorňý povrch piestov zo sivej liatiny má vysokú prevádzkovú teplotu; preto treba zabrániť, aby rozstrekovaný olej v skrini na dno piesta nedopadal – pri piestoch z ľahkých zliatin sa naopak často na dno piesta olej nastrekuje, napr. dýzou na oku ojnice alebo samostatnou dýzou pripevnenou na skrini, pripojenou na olejový okruh. Tento spôsob chladenia je iba málo účinný.

K dôležitým konštrukčným údajom patria najmä: dĺžka piestu, ktorý býva pri benzínových motoroch (BM) približne  $L \leq D$ , pri naftových motoroch (NM)  $L = (1,2-1,7)D$  väčšie dĺžky (i  $L \geq D$ ) sa vyskytujú pri pomalobežných a dvojtaktných motoroch, poloha piestneho čapu – väčšinou iba málo nad stredom dĺžky piesta, počet piestných tesniacich krúžkov - pri BM 2 až 3, pri NM 3 až 4 pre vŕtania  $D < 170$  a 4 až 6 pre väčšie priemery piestov; počet stieracích krúžkov pri BM väčšinou 1, pri NM 1 až 2 pri menších a 2 až 3 pri väčších vŕtaniach - pri menších vŕtaniach sa upúšťa od krúžkov pod piestovým čapom, vzdialenosť prvého krúžku od dna piestu pri BM  $\approx 0,08D$ , pri NM  $\approx (0,15 \text{ až } 0,2)D$  tak, aby sa v HÚ nachádzal krúžok v úrovni hladiny kvapaliny v chladiacom priestore.



Obrázok 47. Hlavné rozmery piesta nepreplňovaných motorov

Tabuľka 14. Hlavné rozmery piestov štvortaktných nepreplňovaných motorov podľa prevedených konštrukcií.

|            | Zážihové motory | Traktorové vznetrové motory | Vozidlové vznetrové motory |
|------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------|
| $L_1/D$    | 0,42-0,65       | 0,60-1,0                    | 0,40-0,50                  |
| $L_{p1}/D$ | 0,70-0,80       | 0,80-1,25                   | 0,40-0,45                  |
| $L/D$      | 1,1             | 1,25-1,70                   | 0,70-0,80                  |
| $h/D$      | 0,10-0,15       | 0,15-0,20                   | 0,12-0,15                  |
| $\delta/D$ | 0,05-0,07       | 0,10-0,20                   | 0,07-0,10                  |
| $b/D$      | 0,30-0,50       | 0,30-0,50                   | 0,35-0,40                  |
| $d/D$      | 0,25-0,30       | 0,30-0,40                   | 0,28-0,30                  |



Vonkajší tvar piesta starších, menej namáhaných motorov sa obyčajne navrhoval z kužeľov a valcov a bol rotačne symetrický; v prevádzkovom stave rozmery zohriateho piesta zodpovedajú iba približne vnútornému tvaru vloženého valca. Pri čiastočnom zaťažení pri takto vytvorených piestoch vzniká (najmä pri krátkych piestoch) priečny pohyb piesta a jeho preklápanie v hraniciach skutočnej vôle, pričom piest naráža s hlučkom na steny valca a rozkmitáva ich, čo je hlavnou príčinou kavitačných javov na stenách chladiaceho priestoru. Pri motoroch s menším vítaním sa znižuje tento hluč, spôsobený preklápaním, presunom stredu piestového čapu o  $(0,01 \text{ až } 0,03)D$  (smerom k povrchu piestu, pritláčanému pri expanzii k stene valca), príp. znížením vôle za studena použitím skôr uvedených oceľových a invarových vložiek, vytváraním zárezov a pod. Piesty veľmi zaťažených motorov majú vonkajší tvar rotačne nesymetrický, vytvorený (väčšinou experimentálne) tak, aby zodpovedal teplotným deformáciám piesta a vložky v ustálenom stave; pritom treba rešpektovať skutočné prevádzkové stavy, napr. že rýchle zaťaženie po štarte zmenšuje vôľu, pretože piest sa rýchlejšie ohreje ako vložka a podobne.



Obrázok 48. Ilustračný obrázok valca a piestov [10]

## 5. MAZIVÁ



Obrázok 49. Ilustračný obrázok [11]

### 5.1 Motorové oleje

#### 5.1.1 Základné pojmy

**MO**-motorový olej, **PDF**-dodatkové označenie špecifikácie MO pre vysokotlakový dieselový motor typu pumpa dýza, **CR**-dodatkové označenie špecifikácie MO pre vysokotlaký dieselový motor s vysokotlakovou trubicou-common rail (ojedinelé označenie).

#### 5.1.2 Základový olej

Je čistý minerálny-ropný (syntetický, semisyntetický) olej s požadovanou viskozitou získaný destiláciou ropy, rafináciou, odparafinovaním a hydrogenačným dočistením (technologickým procesom výroby na výrobu syntetických olejov).

Výroba **minerálneho oleja** pokračuje vákuovou destiláciou zvyšku z destilácie atmosférickej - mazutu. K oddeleniu jednotlivých zložiek podľa bodu varu tu dochádza za zníženého tlaku. Body varu sa za zníženého tlaku tiež znížia, preto nedochádza k veľkému tepelnému namáhaniu a k štiepeniu molekúl, ku ktorému by dochádzalo pri atmosférickom tlaku. Keď tento surový olej ochladíme na veľmi nízku teplotu, začnú sa vylučovať pevné parafíny, ktoré by neskôr v prevádzke prekážali. Tie je nutné odfiltrovať, čo je základom ďalšieho procesu zbavenia sa parafínu. Po konečnom očistnom procese nazývanom Hydrofinishing získavame minerálne základové oleje rôznych viskozít (VI-viskozitný index od 90 do 100, bod tuhnutia v rozmedzí  $-6^{\circ}\text{C}$  až  $-15^{\circ}\text{C}$ ). Z vákuovej destilácie sa na výrobu základových olejov používajú olejové destiláty I - III.

**Syntetické základové oleje** (polyalfaolefíny, estery)

S plynúcimi rokmi dochádza k trvalému zdokonaľovaniu technického procesu. Napríklad hydrokrakované základové oleje, ktorých východiskovým produktom je buď surový parafín z procesu odparafinovania rafinátov minerálnych olejov, alebo plyný olej z vákuovej destilácie, sú nazvané tiež syntetické HC oleje. Hydrokrakované oleje sa v porovnaní s minerálnymi olejmi vyznačujú tiež podstatne vyšším viskozitným indexom (120 – 150, podľa výrobných technológií) a zlepšenými vlastnosťami za studena (bod tuhnutia až  $-21^{\circ}\text{C}$ ).

Syntetické oleje sa tiež vyrábajú chemickou cestou. Väzbou špeciálnych uhl'ovodíkových molekúl v priebehu niekoľkostupňového procesu. Tak je možné vyrobiť produkt ľubovoľnej molekulárnej štruktúry a dĺžky reťazca s vynikajúcimi a trvale rovnomernými a stálymi vlastnosťami. Pri syntetických olejoch ide hlavne o polyalfaolefiny (PAO) a syntetické estery. **Polyalfaolefiny**, týmito olejmi sa rozumejú kvapalné substancie podobné parafínu, skladajúce sa iba z uhlíka a vodíka, ktoré majú iba následkom dĺžky reťazca, stupňa rozvetvenia a polohy jednotlivých vetví určitú viskozitu, vysoký index viskozity a nízky bod tuhnutia. **Estery** obsahujú v porovnaní s polyalfaolefinmi ešte kyslík a získavajú sa reakciou alkoholu s organickou kyselinou. Na výrobu mazív sa používajú predovšetkým estery kyseliny karbónovej, ktorú je možné na základe ich chemickej štruktúry ďalej členiť na diestery a polyestery. Vlastnosti týchto esterov sú preto také rozdielne, avšak všeobecne oba tieto typy disponujú dobrými viskóznymi a tepelnými vlastnosťami, nízkym bodom tuhnutia a vynikajúcou odolnosťou voči starnutiu.

V súčasnosti sa už používajú nové syntetické kvapaliny, ktoré dávajú záruku ďalšieho rozvoja v tejto technickej oblasti a ich celkový počet podľa dostupných informácií sa všeobecne odhaduje na viac ako 20 druhov, čo je veľká výzva a možnosť pre budúcnosť v oblasti aplikácie mazacích prostriedkov. Syntetické mazivá sa delia podľa chemického zloženia na:

- ❖ polysiloxany,
- ❖ polyfenylétery,
- ❖ alkylaromáty,
- ❖ polyméry alkénov,
- ❖ alkylestery dikarboxylových alifatických kyselín,
- ❖ fluórované a chlórované uhl'ovodíky,
- ❖ alkyl – alebo arylestery kyseliny kremičitej,
- ❖ alkyl – alebo arylestery kyseliny fosforečnej,
- ❖ polyalkylénglykoly (polyalkylétery),
- ❖ alkylestery monokarboxylových alifatických kyselín.

### **Polosyntetické základové oleje**

Sú to oleje, ktorých príprava pozostáva z miešania olejových polotovarov, ktoré sa skladajú z minerálnych a syntetických základov za presne určených podmienok. Mazivá obsahujú približne 40-60 % minerálnej zložky, 20-30 % syntetickej zložky (zbytok do 100 % sú zušľachtujúce prísady). Polosyntetické základové oleje sú teda určitým kompromisom medzi minerálnymi a syntetickými olejmi. Spájajú výhody plynúce z minerálnych mazív, čo je výhodná cena a dobrá výkonnosť účinnosť vyplývajúca zo syntetických olejov, pričom táto kombinácia nepredurčuje nízku kvalitu, ale v niektorých prípadoch je výkonnosť maziva vyššia.

Základový olej je polotovar, do ktorého sa pridávajú aditíva za účelom prípravy mazacieho oleja.

### **5.1.3 Aditíva-prísady**

Sú to látky pridávané do základového oleja s cieľom vylepšiť jeho vlastnosti.

**Antioxidanty** - pridávajú sa do oleja s cieľom zlepšiť tzv. oxidačnú stabilitu. Nedostatočná oxidačná stabilita (stálosť) má za následok vznik karbonizačných usadenín, urýchľuje hlavne koróziu a hrdzavenie častí motora. Ako antioxidanty sa najčastejšie používajú prísady na báze tienených fenolov a ditiofosfátov zinočnatých, ktoré majú multifunkčný (viacúčelový) účinok.

**Depresanty** - sú zlepšovače bodu tuhnutia, tieto prísady znižujú teplotný bod tuhnutia tým, že sa viažu na zárodočný kryštál parafínu, a tým modifikujú jeho rast. Najčastejšie sa ako depresanty používajú polymetalkriláty, ktoré môžu mať zároveň i funkciu viskózne prísady.

**Detergenty** (tiež nazývané spolu s disperzantmi ako DD prísady) - tieto aditíva sa pridávajú do oleja **s cieľom potlačiť tvorbu vysokoteplotných usadenín**, na zamedzenie korozívneho opotrebenia a na ochranu motora proti hrdzaveniu. Ako detergenty sa najčastejšie používajú sulfonáty, alkylfenoláty alebo alkylsaliciláty vápenaté alebo horečnaté.

**Disperzanty** - pridávajú sa do oleja preto, **aby udržali tuhé nečistoty v rozptýlenom** - koloidnom suspenzovanom stave a tak zabráňovali tvorbe kalov. Tieto kaly by mohli upchať sacie sitko olejového čerpadla. Z hľadiska usadenín ďalším kritickým miestom sú oblasti drážok piestnych krúžkov, kde pri nadmernej tvorbe usadenín by dochádzalo k zapekaniu krúžkov do drážok piesta. Najčastejšími disperzantmi sú sukcinimidy.

**Prísady s antikoročným účinkom** - chránia súčiastky zo zliatin farebných kovov (najmä ojníčné ložiská z olovnatých bronzov) proti koróziivnému pôsobeniu kyslých produktov oxidácie oleja alebo agresívnych látok pochádzajúcich z paliva. Z takto pôsobiacich zlúčenín možno menovať sulfidy, sírenaté terpény, fosfity a ditiokarbamáty. Najrozšírenejšie sú však soli dialkylditiofosforečných kyselín.

**Prísady proti hrdzaveniu** - (antirusty, inhibitory korózie) chránia povrchy súčiastok zliatin železa proti hrdzaveniu. Ako inhibitory hrdzavenia sa uplatňujú látky polárne, najmä Ca a Mg-soli ropných sulfónových kyselín, deriváty imidazolínov a amínové solialkylfosfáty.

**Viskozitné prísady** - („viskózne“) - tieto aditíva vylepšujú (upravujú) viskozitnú charakteristiku oleja, tzn. obmedzujú tendenciu oleja meniť viskozitnú charakteristiku v závislosti od teploty - **ovplyvňujú číslo viskózneho indexu oleja**. Umožňujú použiť menej viskozitné základové oleje, ktoré majú lepšie tokové vlastnosti a znižujú energetickú náročnosť na interaktívnych (kontaktných) plochách motora za nízkych teplôt. Medzi hlavné druhy viskózných prísad patria polymetakryláty, olefinické kopolyméry a styrén - diénové kopolyméry.

**EP prísady** (vysokotlakové/protiuderové) - tieto poskytujú účinnú ochranu častí motora, ktoré pracujú v oblasti medzného trenia. Sú to napríklad časti ventilových rozvodov. Chemicky reagujú s kovovým povrchom (afinujú), čím vytvárajú pevný film povrchovej vrstvy materiálu, a tým bránia kontaktu kov na kov pri prerušení olejového filmu. Najrozšírenejšie sú prísady typu ditiofosfátov zinočnatých, ktoré majú tiež multifunkčný účinok, okrem iného tiež pôsobia ako antioxidanty a deaktivátory kovov.

**Prísady znižujúce trenie** - ich úlohou je znižovať trenie medzi interaktívnymi (kontaktnými) plochami motora. Vyznačujú sa vysokou afinitou voči kovovým povrchom. Vytvárajú tenký film na povrchu s nízkym koeficientom vnútorného (molekulárneho) trenia. Umožňujú za určitých podmienok znížiť spotrebu paliva.

**Modifikátory trenia** - ich význam ide do oblasti znižovania energetických strát vplyvom trenia- znižovania spotreby paliva. Znižovaním strát sa zvyšuje mechanická účinnosť a tým i celková účinnosť spaľovacieho motora. Pretože úplné odstránenie trenia nie je možné, za reálne sa preto považuje zníženie trenia tribologickými opatreniami asi o 30 %. Na základe publikovaných výsledkov sa predpokladá, že asi dve tretiny strát vzniká za podmienok kvapalného trenia (viskozita oleja) a jedna tretina pri zmiešanom alebo medznom trení. V oblasti kvapalinového trenia alebo elastohydrodynamického mazania je dôležitým faktorom viskozita oleja, zatiaľ čo za podmienok medzného alebo zmiešaného trenia sa dôležitým faktorom stáva prítomnosť modifikátorov trenia.

**Protipenivostné prísady** - potláčajú vznik peny a znižujú jej stabilitu. Tým predchádzajú zhoršeniu mazivosti alebo úplnej strate konzistencie oleja, čo by viedlo k poškodeniu motora. Sú účinné vo veľmi nízkych koncentráciách (už pri 10 ppm). Do motorových olejov sa



zvyčajne používajú prísady silikónového typu. Je dôležité povedať, že pre niektoré typy olejov môžu byť silikónové odpeňovacie prísady nevhodné.

**Emulgátory** - znižujú medzipovrchové napätie na fázovom rozhraní vodnej a olejovej fázy. Vytvárajú súvislé a tenké filmy, ktoré zabráňujú zlievaniu kvapiek.

**Biocidy** - zabráňujú rozmnožovaniu mikroorganizmov prevažne v emulzných olejoch a olejoch znečistených vodou. Sú to látky na ničenie, tlmenie alebo obmedzovanie rastu škodlivých mikroorganizmov.

Ostatné aditíva, ktoré vylepšujú výsledné vlastnosti motorového oleja. Okrem spomenutých prísad sa do olejov môžu pridávať látky, **ktoré potláčajú účinky žiarenia** tzv. **antirady**, ďalej **prísady zlepšujúce priľnavosť**, **prísady, ktoré potláčajú napučíavanie tesniacich materiálov**, **odlučovače vody**, **prísady proti vzliňavosti olejov**, **antistatiká v textilných olejoch**, **prísady odpudzujúce vodu** a iné.

I keď majú všetky vlastnosti olejov rovnakú dôležitosť, je nutné zahrnúť medzi funkčné vlastnosti mazív ich hustotu, viskozitu, ďalej vlastnosti tepelné, prípadne elektrické.

**Hustota** ( $\rho$ ) - je veličina závislá od teploty a tlaku. Pod hustotou sa myslí hmotnosť definovaného objemu látky pri vzťažnej teplote a tlaku, zvyčajne pri 20°C a 0.1 MPa.

Z funkčného hľadiska nepatrí hustota k dôležitým kvalitatívnym ukazovateľom, má však veľký význam pri prepočte objemových jednotiek na hmotnostné a taktiež pri výpočte kinematickej viskozity.

**Viskozita** ( $\tau$ ) - je to základná veličina charakterizujúca olej. Je mierou vnútorného trenia v oleji, vyjadruje odpor, ktorým olej pôsobí proti silám snažiacim sa posunúť jeho najmenšie častice. Je mierou odolnosti oleja voči tečeniu.

**Kinematická viskozita** ( $\nu$ )-stanovuje sa meraním času pretečenia určitého objemu oleja kapilárou, pri konštantnej teplote vo viskozimetri, overenom kvapalinou so známou viskozitou, pričom platí vzťah,

$$\nu = \frac{k}{t} = k \cdot t^{-1} \quad [t^2 \cdot s^{-1}] \quad (22)$$

kde  $k$  - kalibračná konštanta viskozimetra,

$t$  - je nameraný čas ( v sekundách ), potrebný na pretečenie konštantného objem oleja kapilárou daného viskozimetra

**Dynamická viskozita** ( $\eta$ ) (niekedy sa značí tiež ako  $\mu$ ) -v praxi sa často stretávame s pojmom dynamická viskozita, ktorá je definovaná silou, potrebnou na to, aby sa vo vnútri tekutiny (oleja) vrstva s plochou 1 cm<sup>2</sup> pohybovala vzhľadom k druhej - rovnobežnej, vzdialenej 1 cm, rýchlosťou 1 cm/s. Jednotkou  $\eta$  je Pa . s ( Pascal sekunda ). Meria sa v Hoplerovom viskozimetri, možno ju však i vypočítať z kinematickej viskozity (  $\nu$  ) podľa vzťahu (23),

$$\eta = \frac{\nu}{\Delta t} \quad [g \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} = Pa \cdot s] \quad (23)$$

kde  $\Delta t$  - požadovaná teplota

V tribologickej praxi sa dynamická viskozita využíva hlavne pri špecifikácii mínusových teplôt a meria sa ako zdanlivá viskozita v špeciálnych zariadeniach (napr. Cold Cranking Similátor). Vzájomný vzťah medzi viskozitami je (24),

$$\eta = \rho \cdot \nu \quad \text{kde } \rho - \text{ hustota kvapaliny} \quad (24)$$

**Viskozitný index** (VI) - vyjadruje závislosť viskozity oleja od teploty. Oleje s vyšším viskozitným indexom majú priaznivejší priebeh viskozitne-teplotnej závislosti ako oleje s nižším viskozitným indexom (čím vyšší viskozitný index, tým nižšia závislosť viskozity - jej zmeny od teploty oleja).

**Teplota tuhnutia** - je najvyššia teplota, pri ktorej prestáva olej voľne tečť. Tento pojem charakterizuje schopnosť oleja tečť pri nízkych teplotách.

**Teplota vzplanutia** - je najnižšia teplota, pri ktorej vzorka oleja pri definovanej teplote vyvinie toľko pár, že tieto pri priblížení skúšobného plamienka vzplanú a zhasnú. Teplota vzplanutia sa vyjadruje v °C. Jej hodnota má rozhodujúci význam na zaradenie oleja z bezpečnostno-požiarného hľadiska. Hodnota teploty vzplanutia súvisí tiež s odparivosťou oleja. V použitých olejoch môže zníženie teploty signalizovať nariadenie oleja palivom.

**TBN** (Total Base Number) - je to číslo celkovej alkality vyjadrujúce schopnosť oleja neutralizovať kyslé zložky-hlavne produkty horenia a oxidácie. Stanovuje sa titračne a výsledok sa vyjadruje v mg KOH/g. Má význam hlavne ak ide o oleje do dieselových motorov.

**TAN** (číslo kyslosti) - Číslo kyslosti nám udáva množstvo kyslých produktov v oleji. Potenciometrické stanovenie čísla kyslosti patrí medzi stanovenia modernými prístrojmi, ktoré využívajú na vyhodnotenie potenciometrickú krivku a jej inflexný bod. Nárast čísla kyslosti znamená zvyšovanie stupňa degradácie oleja, pretože vznikajú v oleji nežiaduce kyslé produkty, ktoré môžu zvyšovať napr. i korozivitu.

**Anilínový bod** - najnižšia teplota, pri ktorej je olej dokonale rozpustný v anilíne, v objemovom pomere 1:1, je mierou obsahu aromatických uhlíkovodíkov v oleji a charakterizuje rozpustnosť základového oleja.

**Popol** - v čistých základových olejoch sa nenachádzajú popolovité (tuhé) látky. V aditívovaných olejoch vyjadruje obsah popola, množstvo organicko-kovových zlúčenín ako aktívnych zložiek aditív. Vyjadruje sa v hmotových %. **Sulfátový popol**-popol obsiahnutý v oleji, získaný spálením organických podielov oleja a prevedený pôsobením kyseliny sírovej na sulfátovú formu. Vyjadruje sa v hmotových %.

**Karbonizačný zvyšok** - vyjadruje množstvo karbónu, ktoré vznikne pri odparení odpariteľných podielov oleja po následnej karbonizácii bez prístupu vzduchu. Charakterizuje náchylnosť na tvorbu koksovitých látok. Vyjadruje sa v hmotnostných %.

**Čerpaceľnosť** - charakterizuje chovanie oleja pri nízkych teplotách a pri nízkom strihovom napätí. Vyjadruje schopnosť oleja byť nasávaný do olejového čerpadla a vytláčaný z neho.

**Motorový olej** je veľmi zložitý výrobok (viaczložková zmes), ktorý musí spĺňať komplex funkcií a vlastností a to tak v kľudovom, ako i v prevádzkovom stave.

**Funkcia oleja v motore:**

- ❖ zabezpečovať dokonalé mazanie pracovných plôch,
- ❖ slúžiť ako tesniaci materiál medzi pracovnými plochami,
- ❖ zabezpečovať odvod tepla zo styčných plôch,
- ❖ zabezpečovať čistotu pracovných plôch,
- ❖ chrániť pred koróziou-konzervovať kovové časti motora,
- ❖ znižovať opotrebenie styčných plôch,
- ❖ sprostredkovať prenos energie,
- ❖ pôsobiť ako zvukový izolátor,
- ❖ atď.

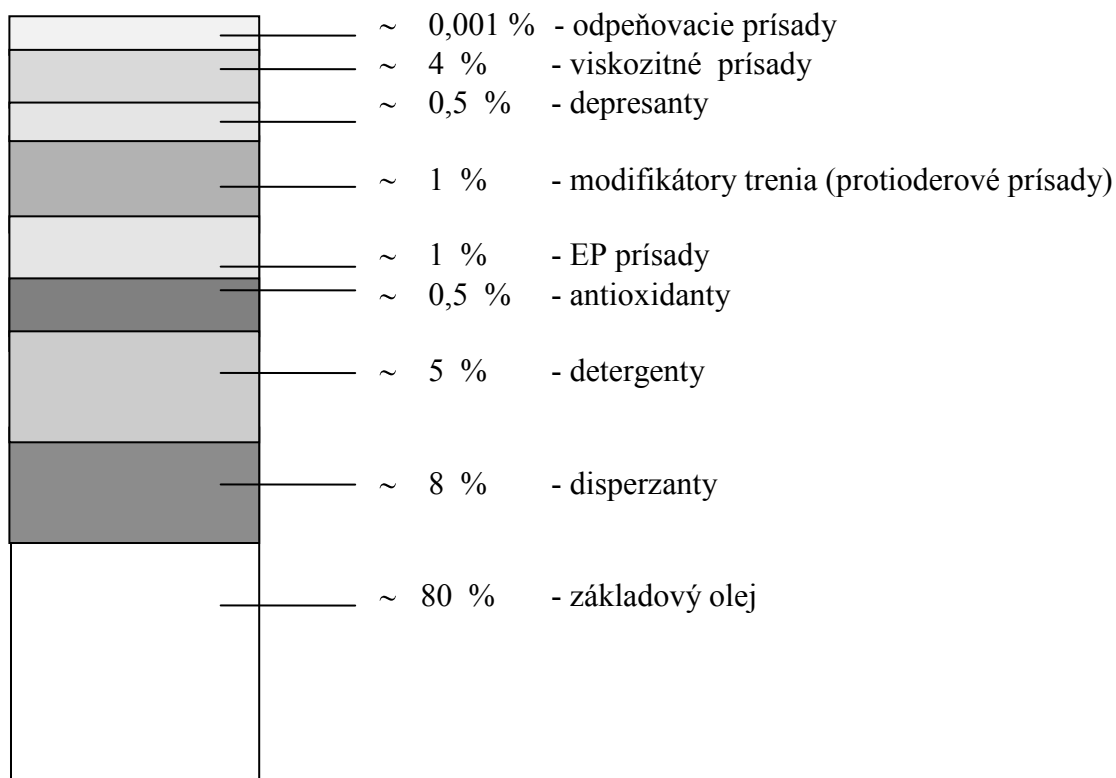
**Multigrádne oleje** (viacrozsahové oleje) - motorové oleje, ktoré spĺňajú viskozitné požiadavky viac než jednej viskozitnej triedy SAE. Tiež keď spĺňajú viac charakteristík určenia (pre benzínové motory, naftové motory). Ich prednosťou je použiteľnosť v širšom spektre použitia. Výroba multigrádnych olejov si vyžaduje použitie širšieho spektra prísad ako u monográdnych-jednorozsahových olejov.

V záujme plnenia požadovaných funkcií si musia motorové oleje zachovávať čo najdlhšie pôvodné vlastnosti (hlavne stálosť pri oxidačných a termooxidačných procesoch, vysokú teplotu, tlak, vlhkosť, svetlo, žiarenie atď. za súčasného katalyckého pôsobenia rôznych



kovov). Čiže v záujme zabezpečenia spoľahlivého mazania motorov je potrebné, aby motorový olej mal tieto vlastnosti:

- ❖ správnu (optimálnu) viskozitu pri nízkych a pracovných teplotách, najmä dobrú štartovateľnosť,
- ❖ oxidačnú stálosť,
- ❖ dobrú detergentnú a dispergačnú vlastnosť,
- ❖ znášanlivosť-neagresivitu voči materiálom motora (najmä tesneniam),
- ❖ ďalšie doplnkové vlastnosti (napr. protipenivostné a i.),
- ❖ miešateľnosť s inými olejmi,
- ❖ optimálna životnosť,
- ❖ minimálny negatívny vplyv na životné prostredie,
- ❖ obmedzené negatívne účinky na zdravie.



Obrázok 50. Zloženie motorového oleja

#### 5.1.4 Významné inštitúcie v oblasti olejárskeho priemyslu

- API** - American Petroleum Institute,  
Americký petrochemický inštitút,
- AAMA** - American Automobile Manufacturers' Association (FORD, GM, CHRYSLER),  
Asociácia amerických výrobcov automobilov,
- ASTM** - American Society for Testing and Materials,  
Americká spoločnosť pre skúšobníctvo a materiály,
- CCMC** - Comité des Constructeurs d'Automobile du Marché Commun,  
Združenie európskych konštruktérov automobilov (v súčasnosti už zrušená),
- ACEA** - Association des Constructeurs Européens d'Automobile,  
Asociácia európskych konštruktérov,
- ATC** - Additive Technical Committee,  
Technický výbor európskych výrobcov priemyselných mazív,

- CMA** - Chemical Manufactures Association,  
Asociácia výrobcov chemických produktov,
- EMA** - Engine Manufactures Association,  
Asociácia výrobcov motorov,
- ILSAC** - International Lubricant Standardisation Advisory Committee,  
Medzinárodný poradný výbor pre šandardizáciu mazív,
- SAE** - Society of Automotive Engineers,  
Spoločnosť automobilových inžinierov.

### 5.1.5 Viskozitná špecifikácia SAE

Viskozita, čiže väzkosť- opak tekutosti mazacieho oleja nie je konštantná veličina, ale mení sa v závislosti od vonkajších podmienok. Počas činnosti motora dochádza k zmenám teploty a tlaku. Je žiaduce, aby sa viskozita oleja v týchto podmienkach menila čo najmenej.

Americká spoločnosť automobilových inžinierov (SAE) vydala už v roku 1908 svoju prvú klasifikáciu motorových olejov podľa viskozít. Táto rozlišovala tzv. oleje **zimné**, označované ako **W (winter)** a **letné, bez označenia**. K zásadnej zmene došlo v roku 1970, keď sa viskozita začala merať na prístroji Cold Cranking Simulátor-(CCS), t. j. simulátore studeného pretáčania motora. Tento rotačný viskozimeter napodobňuje podmienky v hlavných ojnicných ložiskách motora. Pri ďalšej revízii bolo meranie nízkoviskozitných vlastností doplnené o viskozitu meranú za podmienok nízkeho šmykového namáhania. Toto meranie lepšie charakterizuje podmienky nasávania a prečerpávania oleja za studena v olejovom potrubí, kde môžu nastať poruchy typu „Flow Limited, alebo Air binding“, t. j. obmedzenému prietoku oleja zásluhou jeho vysokej viskozity alebo k strhávaniu vzduchu do oleja. Pri tejto revízii sa zaviedlo meranie viskozity pre každú zimnú triedu (W) pri inej teplote, pričom teplota merania viskozity na MRV, možno považovať za limitnú teplotu štartovateľnosti pre príslušnú triedu SAE „x“ W. Rozšírené používanie viacstupňových motorových olejov, ktoré nie vždy musia byť dostatočne odolné proti strihu, si vynútilo poslednú revíziu v roku 1992. Táto revízia požaduje meranie viskozity i pri tzv. hornej (plusovej) teplote. Viskozita 3-3,5 mPa.s sa pri tom považuje za limitnú. Požiadavky vyplývajúce z poslednej revízie (február 1992) zamerané na kontrolu viskozity boli sústredené v norme SAE J 300. Pre bežné označenie viskozitných vlastností motorového oleja sa používa výlučne špecifikácia SAE. Táto špecifikácia používa pre klasifikáciu olejov 6 zimných tried (označených číslom a W) a 5 letných tried (označených číslom).

#### ZIMNÉ TRIEDY: 0W, 5W, 10W, 15W, 20W a 25W

Zimné označenie vymedzuje tzv. štartovateľnosť motora pri nízkych okolitých teplotách. Všeobecne platí, že čím nižšie je číslo zimnej triedy (W), tým nižšia môže byť teplota okolia pri zachovaní tekutosti oleja, dostatočnej pre štartovateľnosť motora.



Obrázok 51. Ilustračný obrázok, SAE na obale MO [12]

#### LETNÉ TRIEDY: 20, 30, 40, 50 a 60

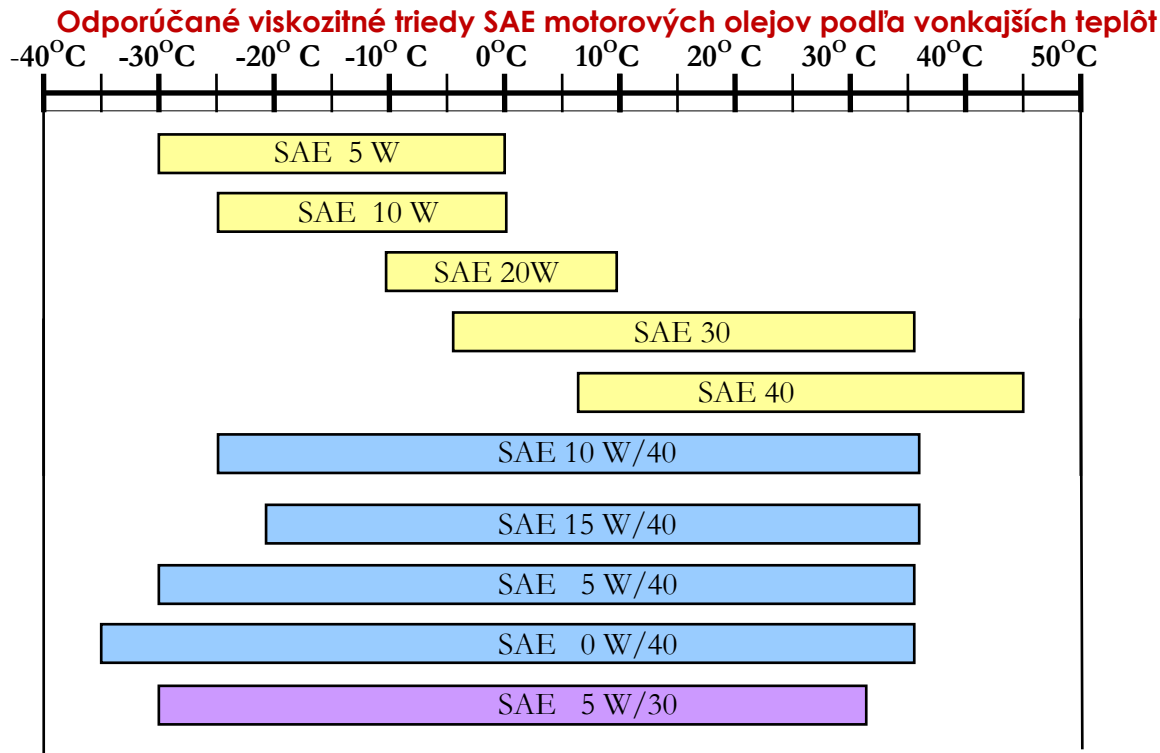
Letné značenie - táto špecifikácia garantuje dostatočnú viskozitu oleja pri vysokých letných teplotách. Všeobecne platí, že čím vyššie je číslo letnej triedy, tým vyššia môže byť teplota okolia pri zabezpečení dostatočného mazania motora. V praxi sa ukázalo, že pre európske

klimatické podmienky postačujú triedy 30, 40, max. 50. V triede 60 môže zapríčiniť mierne zníženie výkonu motora vplyvom vysokej viskozity oleja.

Tabuľka 15. Viskozitná špecifikácia podľa SAE J 300 - február 1992

| Stupeň SAE  | Dynamická viskozita ( $\eta$ )<br>(nízkotepeľná viskozita) |                  |                         |                           | Kinematická viskozita ( $\nu$ )<br>(vysokotepeľná viskozita)                                      |      |                                                                 |
|-------------|------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------|
|             | Pretáčanie CCS<br>(mPa.s)                                  | Max.<br>(pri °C) | Čerpanie MRV<br>(mPa.s) | Hraničná max.<br>(pri °C) | pri 100°C<br>min. max.<br>(mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ) (mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ) |      | pri 150°C<br>a 10 <sup>6</sup> s <sup>-1</sup><br>min.<br>(mPa) |
| <b>0 W</b>  | 3.250                                                      | -30              | 30.000                  | -35                       | 3,8                                                                                               | -    | 2,4                                                             |
| <b>5 W</b>  | 3.500                                                      | -25              | 30.000                  | -30                       | 3,8                                                                                               | -    | 2,9                                                             |
| <b>10 W</b> | 3.500                                                      | -20              | 30.000                  | -25                       | 4,1                                                                                               | -    | 2,9                                                             |
| <b>15 W</b> | 3.500                                                      | -15              | 30.000                  | -20                       | 5,6                                                                                               | -    | 3,7                                                             |
| <b>20 W</b> | 4.500                                                      | -10              | 30.000                  | -15                       | 5,6                                                                                               | -    | 3,7                                                             |
| <b>25 W</b> | 6.000                                                      | -5               | 30.000                  | -10                       | 9,3                                                                                               | -    | 3,7                                                             |
| <b>20</b>   | -                                                          | -                | -                       | -                         | 5,6                                                                                               | 9,3  | -                                                               |
| <b>30</b>   | -                                                          | -                | -                       | -                         | 9,2                                                                                               | 12,5 | -                                                               |
| <b>40</b>   | -                                                          | -                | -                       | -                         | 12,5                                                                                              | 16,3 | -                                                               |
| <b>50</b>   | -                                                          | -                | -                       | -                         | 16,3                                                                                              | 21,9 | -                                                               |
| <b>60</b>   | -                                                          | -                | -                       | -                         | 21,9                                                                                              | 26,1 | -                                                               |

V súčasnosti sa výhradne používajú tzv. viacstupňové (multigrádne) motorové oleje, ktoré umožňujú celoročné bezpečné mazanie motora v rozličných klimatických podmienkach. Označujú sa kombináciou zimnej a letnej triedy.



Obrázok 52. Odporúčená viskozitná špecifikácia monográdnych a multigrádnych motorových olejov voči okoliu

### 5.1.6 Výkonostná charakteristika

Výkonová špecifikácia charakterizuje okamžité i dlhodobé vlastnosti motorového oleja pri rôznych formách prevádzkového zaťaženia. Hodnotené sú vlastnosti ako napríklad ochrana proti oderu, oxidácii a korózii stien valcov a ložísk, ochrana proti tvorbe vysoko tepelných usadenín, oxidačná stabilita, penenie oleja, úspory paliva atď. Na označenie výkonnostnej kategórie motorových olejov sa používajú tieto normy:

- ❖ špecifikácia API (americká špecifikácia),
- ❖ klasifikácia ACEA (európska špecifikácia),
- ❖ firemné normy výrobcov motorových vozidiel (VW, MB, Volvo, MAN, Tatra atď.),
- ❖ špecifikácia MIL-L (normy americkej armády),
- ❖ iné špecifikácie (napríklad ILSAC).

V súčasnosti majú na určenie výkonnej kvality oleja dominantný význam API, ACEA a firemné normy popredných výrobcov automobilov. Špecifikácia MIL-L sa uplatňuje v kategórii úžitkových vozidiel-najmä v armádach štátov.

### 5.1.7 Špecifikácia API

Podobne, ako klasifikácia SAE, i špecifikácia Amerického petrolejárskeho inštitútu API vznikla na začiatku tohto storočia. Táto špecifikácia rozlišuje motorové oleje v troch skupinách:

- ❖ skupina s označením **S (SERVICE)** - oleje vhodné a prednostne určené na použitie do benzínových motorov,
- ❖ skupina s označením **C (COMMERCIAL)** - oleje vhodné a prednostne určené na použitie do naftových motorov,
- ❖ skupina s označením **EC (ENERGY)** - oleje, pri ktorých sa predpokladá úspora paliva, používa sa iba v prípade nízkoviskozitných olejov.

Vzhľadom na používanie multigrádnych olejov sa označujú oleje kombináciou označenia jednotlivých skupín, napríklad:

- ❖ **API Cx/Sx** olej prednostne určený do naftových motorov, ale spĺňajúci i podmienky na použitie do benzínových motorov,
- ❖ **API Cx** olej určený do naftových motorov,
- ❖ **API Sx** olej určený do benzínových motorov,
- ❖ **API Sx/Cx/EC I** olej prednostne určený do benzínových motorov, ale spĺňajúci podmienky i na použitie do naftových motorov, pri jeho použití dochádza k úspore x % paliva oproti „referenčnému druhu oleja atď“.

Tabuľka 16. Klasifikácia motorových olejov podľa API

| API       | Service Oil                                                                                                                                                                                                                                                                                  | API           | Commercia Oil                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SA</b> | Čisté minerálne oleje                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>CA</b>     | Nepreplňované motory, nenáročné podmienky                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>SB</b> | Oleje s prísadami proti korózii, oxidácii a scuffing                                                                                                                                                                                                                                         | <b>CB</b>     | Pre menej náročné podmienky s prísadami proti korózii, úsadám                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>SC</b> | Viac aditív proti opotrebeniu, oxidácii, korózii a proti tvorbe úsad                                                                                                                                                                                                                         | <b>CC</b>     | Nepreplňované a mierne preplňované dieselové motory, s prísadami proti korózii a vysokotepeľným usadeninám                                                                                                                                                                          |
| <b>SD</b> | Ako SC, ale pre tvrdšie pracovné podmienky, s prísadami proti nízokotepeľným kalom                                                                                                                                                                                                           | <b>CD</b>     | Pre preplňované motory s prísadami proti korózii, vysokotepeľným úsadám                                                                                                                                                                                                             |
| <b>SE</b> | Obsahujú prísady proti vysokotepeľným usadeninám, nízokotepeľným kalom, korózii a opotrebovaniu. Vhodné pre mimoriadne veľké namáhanie                                                                                                                                                       | <b>CD II</b>  | Ako CD, ale spĺňajúce navyše požiadavky pre náročné 2-dobé dieselové motory                                                                                                                                                                                                         |
| <b>SF</b> | Oleje pre mimoriadne veľké zaťaženie motorov vyrobených medzi rokmi 1980 až 1989, oproti SE vylepšené protioterové vlastnosti, oxidačná stabilita a ochrana voči tvorbe usadenín                                                                                                             | <b>CE</b>     | Pre najnáročnejšie vysokopreplňované naftové motory, nahrádzajú oleje triedy CD                                                                                                                                                                                                     |
| <b>SG</b> | Oleje do benzínových motorov, modelov od roku 1989. Oleje vyhovujú nárokom výkonnostnej triedy CC pre naftové motory. Môžu sa používať aj v naftových motoroch, kde sa odporúča výkonnostná trieda SE. Oleje zaradené v tejto triede môžeme spravidla používať vo vozidlách s katalyzátorom. | <b>CF - 4</b> | Oleje pre veľkoobjemové alebo rýchloběžné naftové motory ťažkých nákladných áut, pracujúce najmä v diaľničnej prevádzke. Pre modely od roku 1990.                                                                                                                                   |
| <b>SH</b> | Oleje do benzínových motorov rovnakého určenia ako oleje výkonnostnej triedy SG, sú test. so sprísnenými požiadavkami.                                                                                                                                                                       | <b>CF II</b>  | Oleje pre dvojtaktné vznietové motory. Prekračujú požiadavky triedy CF                                                                                                                                                                                                              |
| <b>SJ</b> | Oleje do benzínových motorov. Vysoká kvalita zohľadňujúca prísne emisné limity a nároky na úsporu paliva. Trieda zavedená 1.1.1997.                                                                                                                                                          | <b>CG-4</b>   | API CG 4 - Oleje do osobitne vysoko namáhaných rýchloběžných naftových motorov spaľujúcich v diaľničnej prevádzke motorovú naftu s 0.05 % obsahom síry a pri použití v teréne motorovú naftu s 0.5 % obsahom síry. Pre modely od roku 1994. Môže byť použité namiesto CD, CE a CF-4 |
| <b>SL</b> | Pre všetky súčasné a staršie motory. Kategória zavedená v                                                                                                                                                                                                                                    | <b>CH-4</b>   | Pre vysoko rýchlostné štvortaktné motory, pri ktorých sa vyžaduje                                                                                                                                                                                                                   |

|              |                                                                                                                                                                                                                                                               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | roku 2001. Súčasná.                                                                                                                                                                                                                                           |               | splnenie výfukových emisných noriem z roku 1998. CH 4 oleje majú špeciálne zloženie na použitie s palivom s hmotnostným obsahom síry do 0.5%. Môže byť použité namiesto CD, CE, CF 4 a CG 4                                                                                                                                                                        |
| <b>SM</b>    | Pre všetky súčasné motory. Kategória zavedená v novembri 2004. Oleje klasifikácie SM obsahujú aditíva na kontrolovanie usadenín, aditíva pre zníženie oxidácie oleja, pre zníženie opotrebovania a aditíva zlepšujúce vlastnosti oleja pri nízkych teplotách. | <b>CI-4</b>   | Kategória zavedená v roku 2002. Pre vysoko rýchlostné štvortaktné motory, pri ktorých sa vyžaduje splnenie výfukových emisných noriem z roku 2004. CI 4 oleje majú špeciálne zloženie a trvanlivosť pre používanie v motoroch s recirkuláciou výfukových splođín (EGR). Určený pre použitie v motoroch, ktoré používajú palivo s hmotnostným obsahom síry do 0.5%. |
| <b>SM</b>    |                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>CI-4</b>   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>SN</b>    | Nová špecifikácia platná pre najmodernejšie motory vyrobené od roku 2012                                                                                                                                                                                      | <b>CJ-4</b>   | Vynikajúca ochrana proti opotrebeniu a zahusteniu sadzami a vynikajúca čistota piesta, pre motory spaľujúce palivá pod 0,05% síry a vyhovujúce emisným limitom z r. 2007 pri použití filtra pevných častíc (PDF)                                                                                                                                                   |
| <b>EC</b>    | Úspora paliva pri „Sequence VI Test“ min. 1,5 % oproti referenčnému oleju                                                                                                                                                                                     | <b>EC III</b> | Úspora paliva pri „Sequence VI Test“ min. 3-5 % oproti referenčnému                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>EC II</b> | Úspora paliva pri „Sequence VI Test“ min. 2,7 % oproti referenčnému                                                                                                                                                                                           |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

### 5.1.8 Klasifikácia motorových olejov podľa ACEA

Pretože z hľadiska konštrukcie sa motory v Európe líšia od amerických (európske motory sú spravidla objemovo menšie a nemajú taký prebytok výkonu ako americké), založili začiatkom 80-tych rokov európski výrobcovia automobilov organizáciu CCMC, ktorá vydala svoje vlastné špecifikácie kvality motorových olejov. Členmi CCMC boli: Alfa Romeo, BMW, Citroen, Fiat, Mercedes, Peugeot, Porsche, Renault, Rolls Royce, Rover, VW a Volvo. V úžitkových vozidlách : Daf, Iveco, MAN, Mercedes, Renault a Rover. Keďže v roku 1991 vznikli neriešiteľné spory pri schvaľovaní požadovaných skúšok a ich limitových hodnôt medzi zástupcom automobilky Peugeot a zvyškom komisie, rozhodol sa zvyšok CCMC rozpustiť a založiť novú organizáciu ACEA. Špecifikácia ACEA sa delí do troch skupín:

- ❖ Skupina A/B-motorové oleje pre benzínové (A) a naftové motory (B) osobných a ľahkých dodávkových vozidiel,
- ❖ Skupina C-oleje kompatibilné s katalyzátormi,
- ❖ Skupina E-oleje pre dieselové motory ťažkých nákladných automobilov.



Pritom výkonový stupeň je vyjadrený pre daný typ motora číslom (od 1 vyššie). Čím je číslo vyššie, tým je olej kvalitnejší.

*Tabuľka 17. V súčasnosti sa používajú tieto výkonostné triedy ACEA*

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A1 (od r. 1996)</b>  | MO s vysokou ochranou piesta pred tvorbou usadenín, tvorbou kalov a opotrebovaním a odolnosťou voči oxidácii pri vysokých teplotách. Zamerané na maximálne ekonomické využitie paliva - min. 2.5 % v porovnaní s olejmi 15W-40. Štandardný olej, normálne intervaly výmeny. HTHS 2,9 – 3,5 mPa.s                                                                                                                                                               |
| <b>A2 (od r. 1996)</b>  | MO s vysokou ochranou piestu pred tvorbou usadenín, tvorbou kalov a opotrebovaním a odolnosťou voči oxidácii pri vysokých teplotách. Zamerané na maximálne ekonomické využitie paliva, lepšia ochrana ložísk, vyššia výkonnosť. Štandardný olej, normálne intervaly výmeny. HTHS >3,5 mPa.s                                                                                                                                                                    |
| <b>A3 (od r. 1996)</b>  | MO s vysokou ochranou piestu pred tvorbou usadenín, tvorbou kalov a opotrebovaním a odolnosťou voči oxidácii pri vysokých teplotách. Zamerané na maximálne ekonomické využitie paliva, lepšia ochrana ložísk, vyššia výkonnosť, odolnosť voči oxidácii pri vysokých teplotách vyššia ako pri A1 a A2. Olej pre vysokú záťaž, možnosť predĺžených výmenných intervalov. HTHS >3,5 mPa.s                                                                         |
| <b>A4</b>               | MO pre benzínové motory s priamym vstrekaním                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>A5</b>               | MO ako A4 s rozdielom zníženej viskozity HTHS 2,9 – 3,5 mPa.s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>B 1 (od r. 1996)</b> | MO s vysokou ochranou piesta pred tvorbou usadenín a váčiek proti opotrebovaniu, dobré rozptyľovanie sadzí, maximálne ekonomické využitie paliva, lepšia ochrana ložísk, vyššia výkonnosť. Štandardný olej, normálne intervaly výmeny. HTHS 2,9 – 3,5 mPa.s                                                                                                                                                                                                    |
| <b>B 2 (od r. 1996)</b> | MO s vysokou ochranou piestu pred tvorbou usadenín a váčiek proti opotrebovaniu, dobré rozptyľovanie sadzí, maximálne ekonomické využitie paliva, lepšia ochrana ložísk, vyššia výkonnosť. Štandardný olej, normálne intervaly výmeny. HTHS >3,5 mPa.s                                                                                                                                                                                                         |
| <b>B 3 (od r. 1996)</b> | MO s vysokou ochranou piestu pred tvorbou usadenín a váčiek proti opotrebovaniu, dobré rozptyľovanie sadzí, maximálne ekonomické využitie paliva, lepšia ochrana ložísk. Olej pre vysokú záťaž, možnosť predĺžených výmenných intervalov. HTHS >3,5 mPa.s                                                                                                                                                                                                      |
| <b>B 4</b>              | Oleje ako B3 + je možné použiť pre dieselové motory s priamym vstrekaním. HTHS >3,5 mPa.s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>B 5</b>              | Oleje ako B4 s rozdielom zníženej viskozity HTHS 2,9 – 3,5 mPa.s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>C 1</b>              | Stabilný olej, kompatibilný s katalyzátorom pre vysoko výkonné benzínové a dieselové motory osobných a ľahkých nákladných áut so systémom DPF (Diesel Particulate Filter) a TWC (Three Way Catalyst), ktoré vyžadujú nízkoviskozitné oleje so zníženým obsahom SAPS (Sulfate Ash Phosphorus Sulfur – sulfátový popol, síra, fosfor) a HTHS vyššie ako 2,9 mPa.s. Tieto oleje predlžujú životnosť systémov DPF a TWC a znižujú spotrebu paliva. HTHS >2,9 mPa.s |
| <b>C 2</b>              | Stabilný olej kompatibilný s katalyzátorom do vysoko výkonných benzínových a dieselových motorov osobných a ľahkých nákladných áut so systémom DPF (Diesel Particulate Filter) a TWC (Three Way Catalyst), ktoré vyžadujú nízkoviskózne oleje, kde HTHS je vyššie ako 2,9 mPa.s. Tieto oleje predlžujú životnosť systémov DPF a TWC a znižujú spotrebu paliva. HTHS >2,9 mPa.s                                                                                 |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>C 3</b>              | Stabilný olej, kompatibilný s katalyzátorom pre automobily so systémom DPF (Diesel Particulate Filter) a TWC (Three Way Catalyst), Tieto oleje predlžujú životnosť týchto systémov.                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>E 1 (od r. 1996)</b> | Oleje s vysokou ochranou piestu pred tvorbou usadenín a ochranou vačiek proti opotrebovaniu, lepšie než pri CCMC D4. Už neplatí.                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>E 2 (od r. 1996)</b> | Oleje na všeobecné použitie do nepreplňovaných a preplňovaných dieselových motorov ťažkých nákladných vozidiel so štandardnými výmennými intervalmi.. HTHS $\geq 3,5$ mPa.s                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>E 3 (od r. 1996)</b> | Lepšia ochrana proti opotrebovaniu, kontrola viskozity a rozptyľovania sadzí, vyššia výkonnosť. Oleje pre vysokú záťaž, možnosť predĺženej výmeny. HTHS $\geq 3,5$ mPa.s                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>E 4</b>              | Oleje pre vysoko zaťažené dieselové motory spĺňajúce emisné predpisy Euro I až IV, pracujúce v sťažených podmienkach. Významné predĺženie výmenných intervalov.<br>Oleje sú vhodné do motorov bez BDF a tiež pre motory s EGR a motory vybavené systémom SCR NO <sub>x</sub> . HTHS $\geq 3,5$ mPa.s                                                                                                                        |
| <b>E 5</b>              | Olej pre vysokú záťaž, možnosť predĺžených výmenných intervalov. HTHS $\geq 3,5$ mPa.s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>E 6</b>              | Oleje do vysoko zaťažených dieselových motorov spĺňajúce emisné predpisy Euro I až IV, pracujúce v sťažených podmienkach. Významné predĺženie výmenných intervalov. Oleje sú vhodné do motorov vybavených systémom EGR, DPF alebo aj bez DPF a do motorov so systémom SCR NO <sub>x</sub> . Sú špeciálne odporúčané do motorov s DPF a sú konštruované pre palivá s nízkym obsahom síry (max. 50ppm). HTHS $\geq 3,5$ mPa.s |
| <b>E 7</b>              | Oleje do vysoko zaťažených dieselových motorov spĺňajúce emisné predpisy Euro I až IV, pracujúce v sťažených podmienkach. Oleje sú vhodné pre motory bez DPF a iné motory so systémom EGR a SCR NO <sub>x</sub> . HTHS $\geq 3,5$ mPa.s                                                                                                                                                                                     |

### 5.1.9 Klasifikácia motorových olejov podľa výrobcov automobilov

Napriek skutočnosti, že medzinárodné špecifikácie sú vydávané v spolupráci s výrobcami automobilov, niektoré veľké automobilky vydávajú i svoje vlastné špecifikácie na kvalitu motorových olejov. Títo výrobcovia automobilov a motorov požadujú od motorových olejov splnenie dodatočných požiadaviek, ktoré nie sú zahrnuté v metodike testov API alebo ACEA. V kategórii osobných automobilov sa najčastejšie uvádzajú firmy VW, Audi, BMW, Opel, v kategórii úžitkových vozidiel zase normy Mercedes Benz, MAN a VOLVO.

Tabuľka 18. Klasifikácia Volkswagen

|                  |                                                                                                                                                                      |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VW 500.00</b> | ľahkobežné oleje pre benzínové a nepreplňované naftové motory. Len pre oleje tried SAE 0W-XX, 5W-XX a SAE 10W-XX. Po 10/91 sa oleje označené XX>40 už nezohľadňujú   |
| <b>VW 501.01</b> | konvenčné viacrozsahové motorové oleje bez ľahkobežného charakteru do benzínových a nepreplňovaných naftových motorov                                                |
| <b>VW 502.00</b> | ľahkobežné oleje do benzínových motorov v sťažených podmienkach použitia                                                                                             |
| <b>VW 503.00</b> | nová norma pre benzínové motory osobných vozidiel s predĺženými intervalmi výmeny oleja (WIV: 30.000 km, 2 roky). Prekračuje požiadavky 502 00, (HTHS $> 2,9$ mPa.s) |

|                      |                                                                                                                                |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VW<br/>503.01</b> | norma pre preplňované benzínové motory osobných vozidiel s predĺženými intervalmi údržby, napr. AUDI S3, TT (HTHS > 3,5 mPa.s) |
| <b>VW<br/>504.00</b> | nová norma VW pre vozidlá so systémom Longlife-Service i bez neho. Pre benzínové motory                                        |
| <b>VW<br/>505.00</b> | celoročný motorový olej do preplňovaných i nepreplňovaných naftových motorov                                                   |
| <b>VW<br/>505.01</b> | celoročný motorový olej špeciálne do naftových motorov Pumpe-Düse (čerpadlo-tryska)                                            |
| <b>VW<br/>506.00</b> | norma pre naftové motory s predĺženým intervalom údržby (WIV: 50.000 km, 2 roky, HTHS > 2,9 mPa.s)                             |
| <b>VW<br/>506.01</b> | nová norma pre naftové motory Pumpe-Düse (čerpadlo-tryska) s predĺženým termínom údržby (WIV)                                  |
| <b>VW<br/>507.00</b> | nová norma VW pre vozidlá so systémom Longlife-Service i bez neho. Pre naftové motory s filtráciou častíc (DPF)                |

*Tabuľka 19. Klasifikácia Mercedes Benz*

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MB<br/>228.01</b> | viacrozsahové oleje do preplňované naftové motory, intervaly výmeny oleja až do 30 000 km                                                                                                                                                              |
| <b>MB<br/>228.03</b> | motorové oleje SHPD pre vysoko preplňované naftové motory, predĺžené výmeny oleja až do 45 000 km                                                                                                                                                      |
| <b>MB<br/>228.5</b>  | motorové oleje UHPD (Ultra-High-Performance-Diesel) do vysoko preplňovaných naftových motorov, predĺžené intervaly výmeny oleja v ľahkých triedach až do 45 000 km.<br>V ťažkých triedach je možná výmena oleja až do 160 000 km (servisný ukazovateľ) |
| <b>MB<br/>228.51</b> | motorové oleje UHPD zhodné s MB 228.5 so špeciálnymi požiadavkami na filtráciu častíc pre EURO IV                                                                                                                                                      |
| <b>MB<br/>229.1</b>  | motorové oleje do benzínových a naftových motorov osobných vozidiel. Má vyššie požiadavky v porovnaní s ACEA A2- 96/A3-96 a B2-96/B3-96                                                                                                                |
| <b>MB<br/>229.3</b>  | motorové oleje do osobných áut s predĺženými intervalmi výmeny oleja (30 000 km)                                                                                                                                                                       |
| <b>MB<br/>229.31</b> | výkonovo zodpovedá 229.3. Pre naftové motory s filtráciou častíc vo výfuku                                                                                                                                                                             |
| <b>MB<br/>229.5</b>  | motorové oleje do osobných automobilov s predĺženým intervalom výmeny oleja (20 000 km), znížené emisie škodlivín                                                                                                                                      |
| <b>MB<br/>229.51</b> | motorové oleje do osobných vozidiel s naftovými motormi a s filtráciou častíc vo výfuku. Predĺžený interval výmeny oleja (20 000 km)                                                                                                                   |

*Tabuľka 20. Klasifikácia BMW*

|                            |                                                                                        |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>BMW<br/>Specialoil</b>  | motorové oleje do benzínových motorov vyrobených do r. 1998 alebo do naftových motorov |
| <b>BMW<br/>Longlife FE</b> | motorové oleje do určitých benzínových motorov vyrobených od r. 2001                   |
| <b>BMW<br/>Longlife-98</b> | motorové oleje do špeciálnych benzínových motorov vyrábaných od r. 1998                |
| <b>BMW<br/>Longlife-01</b> | motorové oleje do špeciálnych benzínových motorov vyrábaných od 09/2001                |
| <b>BMW<br/>Longlife-04</b> | motorové oleje do určitých motorov vyrobených od r. 2004                               |

Tabuľka 21. Klasifikácia Opel

|                    |                                                                                                                          |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GM-LL-A-025</b> | motorové oleje do benzínových motorov osobných automobilov, úspora paliva                                                |
| <b>GM-LL-B-025</b> | motorové oleje do naftových motorov osobných automobilov, úspora paliva                                                  |
| <b>GM DEXOS</b>    | celosvetovo platná norma pre oleje používané v servisoch, nahrádza predchádzajúce špecifikácie GM-LL-A-025 a GM-LL-B-025 |

### Klasifikácia MIL:

V kategórii úžitkových vozidiel sa uvádzajú pre motorové oleje tieto normy americkej armády.

Tabuľka 22. Klasifikácia MIL

|                                       |                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MIL - L 2104 D (od r. 1983)</b>    | zodpovedá API CD - II, multigrádne oleje do benzínových a dvojtaktných naftových motorov                                                                                                                         |
| <b>MIL - L 2104 E/F (od r. 1988 )</b> | zodpovedá API SF/CD - II,CE, multigrádne oleje do benzínových a naftových motorov vrátane naftových dvojtaktných motorov (Platnosť skončila v roku 1997 - bola nahradená špecifikáciou API)                      |
| <b>MIL - L 46152 E (od r.1990)</b>    | zodpovedá API SG/CC, predovšetkým oleje do benzínových motorov pracujúcich v nebojových podmienkach, vydané na účely americkej štátnej správy (Platnosť skončila v roku 1991 - bola nahradená špecifikáciou API) |
| <b>MIL-L 2104 C</b>                   | zodpovedá API CD/SC                                                                                                                                                                                              |
| <b>MIL-L-46 152 B</b>                 | zodpovedá API CC, SF                                                                                                                                                                                             |
| <b>MIL-L-46 152 C</b>                 | zodpovedá API CC, SF                                                                                                                                                                                             |
| <b>MIL-L-46 152 D</b>                 | zodpovedá API CC, SG                                                                                                                                                                                             |

Tabuľka 23. Klasifikácia MAN

|                    |                                              |
|--------------------|----------------------------------------------|
| <b>MAN 270/271</b> | zodpovedá ACEA E2-98 a API CD/SF             |
| <b>MAN M3275</b>   | zodpovedá ACEA E3-98                         |
| <b>MAN M3277</b>   | zodpovedá ACEA E4-98, zrovnateľné s MB 228.5 |
| <b>MAN 3291</b>    | zodpovedá ACEA E4                            |

Tabuľka 24. Klasifikácia VOLVO

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VDS</b>   | oleje do nepreplňovaných a preplňovaných veľkoobjemových vznetrových motorov a v normálnej i zhoršenej prevádzke                                                                                                                                                                |
| <b>VDS 2</b> | stabilné oleje do veľkoobjemových vznetrových motorov v normálnej aj zhoršenej prevádzke v režime predĺžených servisných intervalov. Vhodné do motorov spĺňajúcich limity Euro I až Euro IV                                                                                     |
| <b>VDS 3</b> | oleje zaisťujúce vynikajúcu čistotu piestov, ochranu proti opotrebeniu a zahusteniu sadzami. Vhodné do motorov spĺňajúcich emisné limity Euro I až IV pracujúce v zhoršenej prevádzke a v režime predĺžených servisných intervalov. Vhodné do motorov s redukčným systémom NOx. |

Tabuľka 25. Klasifikácia SCANIA

|              |                                                                                                                                                               |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>LDF</b>   | dlhý výmenný interval pre motory Euro I, II, III                                                                                                              |
| <b>LDF-2</b> | dlhý výmenný interval pre motory Euro IV a tiež pre motory vybavené s EGR a Oxicat Fiat 9.55535-D2 pre dieselové motory. Fiat 9.55535-G2 pre benzínové motory |

### Klasifikácia olejov pre dvojtaktné benzínové motory:

Motorové oleje do dvojtaktných motorov motocyklov, mopedov, skútrov, kosačiek a motorových píl sa klasifikujú najčastejšie podľa API (USA) a JASO (Japonsko).

Tabuľka 26. Klasifikácia (2-T-MO) API

|               |                                                                                  |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>API TA</b> | oleje do mopedov a do iných malých motorov                                       |
| <b>API TB</b> | oleje do skútrov a iných vysokozatážiteľných motorov - 50 až 200 cm <sup>3</sup> |
| <b>API TC</b> | oleje do vysokozatážiteľných, vysokoobrátkových motorov                          |

Tabuľka 27. Klasifikácia (2-T-MO) JASO

|                |                                                                                  |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>JASO FA</b> | oleje do mopedov a iných malých motorov                                          |
| <b>JASO FB</b> | oleje do skútrov a iných vysokozatážiteľných motorov - 50 až 200 cm <sup>3</sup> |
| <b>JASO FC</b> | oleje do vysokozatážiteľných, vysokoobrátkových motorov                          |

Tabuľka 28. Klasifikácia pre lodné motory

|                     |                                   |
|---------------------|-----------------------------------|
| <b>NMMA TC-W</b>    | Zastaralé                         |
| <b>NMMA TC-W II</b> | Zastaralé                         |
| <b>NMMA TC-W 3</b>  | oleje do všetkých lodných motorov |

Tabuľka 29. Špecifikácia Renault

|                |                                                      |
|----------------|------------------------------------------------------|
| <b>RNO 700</b> | oleje do benzínových motorov                         |
| <b>RNO 710</b> | oleje do naftových motorov bez filtra pevných častíc |
| <b>RNO 720</b> | oleje do naftových motorov s filtrom pevných častíc  |

Tabuľka 30. Špecifikácia Ford

|                       |                                                                                                    |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>WSS M2C 912-A1</b> | oleje do benzínových a naftových motorov s výnimkou 1,9 TDI (Ford Galaxy) a 1,4 TDCI (Ford Fiesta) |
| <b>WSS M2C 913-A</b>  | oleje do benzínových a naftových motorov s výnimkou 1,9 TDI (Ford Galaxy) a 1,4 TDCI (Ford Fiesta) |
| <b>WSS M2C 913-B</b>  | oleje do motorov 1,4 TDCI (Ford Fiesta)                                                            |
| <b>WSS M2C 913-C</b>  | oleje do všetkých motorov podľa 913-B alebo A, šetriace palivo                                     |
| <b>WSS M2C 917-A</b>  | oleje do 1,9 TDI naftových motorov (Ford Galaxy)                                                   |

Tabuľka 31. Špecifikácia ILSAC

|             |                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GF-1</b> | je ekvivalent API SH s požiadavkou na 2,7 % úspory paliva                                                                                                                                                                    |
| <b>GF-2</b> | ako GF-1 a navyše musí vyhovovať nárokom na zvýšenú úsporu paliva (VI-A), nižší obsah fosforu v oleji (max. 0,1%), nižšiu odparovateľnosť (pri OW a 5W).<br>Dodatočne sa testuje na penivosť, tvorba usadenín a čerpaceľnosť |

## 5.2 Prevodové oleje

Mazanie ozubených prevodových kolies je zložitý technický problém, ktorého niektoré čiastkové javy nie sú dodnes celkom objasnené a sú na ne rôzne názory. To sa v praxi prejavuje rozdielnymi prístupmi k riešeniu úžitkových vlastností olejov do prevodových mechanizmov



Obrázok 53. Ilustračný obrázok [1]

a tiež značnými rozdielmi v odporúčaní olejov na použitie v nich.

Základným problémom mazania ozubených kolies je charakter ich vzájomnej interakcie v záťaži. V čelnom ozubení dochádza v okolí valivej kružnice k vzájomnému odvaľovaniu a na vzdialenejších plochách zubov ku kombinácii odvaľovania a šmyku. V zložitejších ozubeniach, kužeľových, špirálových a hypoidných je šmyková zložka stále rozsiahlejšia. Pritom tvar zubov nepodporuje vznik klasickej hydrodynamickej vrstvy, ktorá by dokonale a úplne oddeľovala kovové plochy a zaručila ich prevádzku bez opotrebenia. Pretože v praxi sa vyskytuje prevažne bežné opotrebenie prevodov, je možné konštatovať, že sa tu uplatňuje ešte iný dej, než vznik klinovej vrstvy. Podľa dnešných názorov sa prisudzuje tento jav elastohydrodynamickým vlastnostiam vrstvy oleja. Tie sa prejavujú v tom, že vrstva oleja zovretá medzi funkčnými plochami zubov nestačí v priebehu krátkeho času záberu vytiecť a zostáva súvislá, únosná a hrubšia, než je súčet nerovností obidvoch plôch zubov v zábere, takže nedochádza ku kovovému styku. Rozsah a účinnosť tohto mazania závisí od mnohých vonkajších okolností: napríklad od dokonalosti tvarov zubov a ich vzájomnej polohy, od kvality ich povrchu, t. j. od veľkosti ich nerovností, od trvania záberu (od otáčok), od tlaku medzi zubami a od rýchlosti i od charakteru jeho vzniku, od deformácie zubov, od chvenia a kmitoch nielen zubov a kolesa, ale i celej prevodovej sústavy. V automobiloch s mechanickou prevodovkou, tiež od spôsobu radenia a od spôsobu jazdy vodiča, v rozvodovkách najmä od akosti povrchu, po ktorom vozidlo jazdí. Všetky tieto okolnosti ovplyvňujú rozsah plochy, ktorá je elastohydrodynamickou vrstvou oleja chránená.

Po motorových olejoch predstavujú v prevádzke prevodové oleje najvýznamnejší mazací prostriedok. Prevodové oleje musia spĺňať tie najnáročnejšie požiadavky a to najmä:

- ❖ menšiu viskozitno-teplotnú závislosť (má to vplyv na radenie prevodových stupňov a tichosť chodu po dlhšej jazde),
- ❖ nízke opotrebovanie prevodoviek a rozvodoviek,
- ❖ uhl'ovodíkové zloženie, ktoré je možné označiť ako ekologické,
- ❖ dobrá antikoročná ochrana, najmä počas dlhodobého odstavenia vozidla,
- ❖ dobrá znášanlivosť oleja s konzervačnými prostriedkami,
- ❖ podstatné predĺženie výmenných lehôt oleja (cez 20 000 km - súčasnosť, snaha o výmenné intervaly 30 000 – 60 000 km),
- ❖ vysoká oxidačná stálosť,
- ❖ znášanlivosť so všetkými značkami olejov,
- ❖ výbornú znášanlivosť s elastomermi,
- ❖ nepenivosť ani pri vysokých treniach.

Súčasne vyrábané prevodové oleje sú miešateľné so všetkými značkami (Madit, Mogul, Schell, Mobil, Mol, Castrol, OMV, Total, ..., *myslí sa prevodové oleje na ropnej báze a z pohľadu viskozitnej charakteristiky, nie vždy to platí pre miešateľnosť s olejmi syntetickými. Samozrejme miešateľnosť olejov z pohľadu výkonostnej úrovne sa NEDOPORUČUJE*). Prevodové oleje obsahujú okrem iných aditív najmä vysokotlaké tzv.



EP prísady, ďalej prísady pre zníženie bodu tuhnutia, protipenivostné, antioxidačné a protikorózne prísady.

### 5.2.1 Viskozitná klasifikácia prevodových olejov podľa SAE J300, J306A

Z vlastností oleja sa prejavuje v elasto-hydrodynamickej oblasti hlavne jeho viskozita, daná veľkosťou jeho molekúl. Preto sa používali hlavne prevodové oleje vyššej viskozity. Pretože však medzi zubami je strhávané omnoho viac oleja, než koľko zostane v mazacej vrstve, musí byť tento prebytok medzerou medzi zubami vytlačený. Nastáva teda silné miešanie oleja, na ktoré sa spotrebuje tým viac práce, čím má olej väčšiu viskozitu, o túto prácu sa znižuje mechanická účinnosť prevodov a zvyšuje sa teplota oleja. Tieto nepriaznivé javy sú tým zreteľnejšie, čím vyššie sú otáčky ozubených kolies. S rastúcimi otáčkami sa však skracuje čas záberu zubov a to umožňuje znížiť viskozitu oleja. Preto s vývojom prevodoviek sa znižuje viskozita olejov a „klasické husté“ (cháp veľmi viskozitné) prevodové oleje sa dnes už vyskytujú len v ojedinelých prípadoch a na veľkých strojoch, napríklad na zemných či cestných, kde je nutné počítať so značnými rázmi, častou zmenou smeru zaťaženia a vôbec nepriaznivými prevádzkovými podmienkami. Viskozita oleja je rozhodujúci činiteľ najmä počas pracovnej teploty. V modernej prevodovke s početnými kolesami v stálom zábere, ktoré sú vtierané do najmenšieho možného priestoru a prenášajú značný výkon, môže byť teplota značne vysoká. Malá náplň oleja sa môže pri trvalom chode dostávať na teplotu nad 100° C. Preto sa medzi žiaduce parametre oleja v takýchto prevodovkách objavuje parameter **viskozitný index**. Dosahované hodnoty nie sú však tak vysoké ako napríklad ak ide o celoročné motorové oleje. Pretože sa nemôžu používať zvyšovače viskozitného indexu (molekuly týchto polymerátov sú tak veľké, že sa pri strihovom namáhaní medzi zubami mechanicky štiepia a ich účinok na viskozitný index sa postupne takmer celkom stráca). Viskozitný index prevodového oleja preto musí byť jeho prirodzeným indexom, daný charakterom suroviny upravenej technológiou výroby. Vzhľadom na to **sú hodnoty viskozitného indexu okolo 100 vlastné najhodnotnejším prevodovým olejom**. Polymeráty sa pridávajú len v malých množstvách s cieľom znížiť bod tuhnutia. Táto funkcia nie je deštrukciou molekúl zrušená. Na bežné označenie viskozitných vlastností prevodového oleja (charakteristika tekutosti oleja v závislosti od teploty) sa používa špecifikácia SAE (Society of Automotive Engineers), ktorá označuje vhodnosť použitia prevodových olejov v určitom teplotnom rozsahu okolitého prostredia. Táto norma používa na klasifikáciu olejov zimné triedy (označené číslom a písmenom **W**-winter) a letné triedy (označené číslom, číslo je iba názvom triedy, nevyjadruje vzťah k žiadnej fyzikálnej veličine).

**ZIMNÉ TRIEDY: 70 W, 75W, 80W, 85W**

**LETNÉ TRIEDY: 90, 140, 250**

Rovnako ako v prípade motorových olejov, prevodové oleje sa rozdeľujú na jedno alebo viacstupňové (mono alebo multy - grádne, označenie pre zimnú - letnú triedu alebo ich kombináciu). Na rozdiel od motorových olejov niektorí výrobcovia požadujú do prevodov výhradne monográdne prevodové oleje.

Tabuľka 32. Vlastnosti podľa klasifikácie SAE J306 A

| Viskozitná trieda SAE | Maximálna teplota pre dynamickú viskozitu (150 Pa.s) | Kinematická viskozita pri 100 °C, mm <sup>2</sup> . s <sup>-1</sup> |      |
|-----------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|
|                       |                                                      | min.                                                                | max. |
| 70 W                  | - 55 ° C                                             | 4,1                                                                 | -    |
| 75 W                  | - 40 ° C                                             | 4,1                                                                 | -    |
| 80 W                  | - 26 ° C                                             | 7,0                                                                 | -    |

|      |          |      |       |
|------|----------|------|-------|
| 85 W | - 12 ° C | 11,0 | -     |
| 80   | -        | 7,0  | <11,0 |
| 85   | -        | 11   | <13,5 |
| 90   | -        | 13,5 | <18,5 |
| 110  | -        | 18,5 | <24,0 |
| 140  | -        | 24,0 | <32,5 |
| 190  | -        | 32,5 | <41,0 |
|      |          | 41,0 | -     |

Používame oleje jednostupňové - monográdne (PP 80, PP 90 a PP 90H) a viacstupňové - multigrádne (PP 80/90/90H). Ak je použité označenie len jednej triedy, ide o monográdny olej (letný alebo zimný). Ak je použitá kombinácia letnej a zimnej triedy, znamená to, že ide o multigrádny prevodový olej, čiže olej celoročný. Napríklad SAE 80W-90, čo znamená, že olej spĺňa nízkoteplotné požiadavky kladené na triedu 80W a vysokoteplotné požiadavky kladené na triedu 90 z hľadiska viskozity. Výrobu viacstupňových olejov umožňujú moderné druhy zvyšovačov viskozitného indexu, dostatočne odolné voči mechanickému namáhaniu. Multigrádne oleje sa začínajú presadzovať najmä vzhľadom na údajnú nižšiu spotrebu paliva.

Táto viskozitná špecifikácia (SAE J 300) má pre voľbu oleja pre daný typ prevodu a jeho pracovné podmienky svoje opodstatnenie. Vymedzením maximálnej viskozity oleja pri nízkych teplotách je daná rozbehová schopnosť prevodu v chladných ročných obdobiach, ktorá je funkciou pasívnych odporov v ozubených súkolesiach, na ktorých sa olej podieľa tým viac, čím väčšia je jeho viskozita. Ešte väčší význam má viskozita pri teplotách, ktoré môže olejová náplň dosiahnuť počas prevádzky vozidla. Záleží na nej únosnosť mazacieho filmu, a tým aj veľkosť opotrebenia alebo možnosť poškodenia zubov a ložísk, hlučnosť prevodu, ak je viskozita veľmi malá, ale aj veľkosť energetických strát, ak je viskozita príliš veľká. Prevodový olej musí byť vhodný i na mazanie tých častí zubov, kde elastohydrodynamická vrstva nemá podmienky na udržanie sa. Tam zaručene nastáva kovový dotyk nerovností pracovných plôch. Je teda úlohou oleja udržať toto opotrebenie v takom rozsahu, aby celý ozubený prevod mal dostatočnú životnosť. V starých prevodovkách s miernymi tlakmi medzi zubami postačila na to vlastná priľnavosť minerálneho oleja, ktorého veľké molekuly tvorili na plochách zubu fyzikálne medznú vrstvu, ktorá do tej miery obmedzila priamy kovový dotyk, že životnosť prevodu bola postačujúca. To bolo tiež uľahčené nízkou pracovnou teplotou prevodu, pretože s rastúcou teplotou sa pevnosť olejovej vrstvy znižuje. S vývojom prevodov tlaky i teploty rástli a vyžiadali si posilnenie funkcie oleja. Dnešné oleje sa vyrábajú z dokonale rafinovaných surovín, kde používané aditíva oxidačnú stálosť oleja nezhoršujú, ale naopak vylepšujú. Prevodový olej je vystavený styku s kyslíkom, teda oxidácii, katalytickému vplyvu kovov a ich oterov, neprichádza však do styku s produktmi horenia paliva ako motorový olej, a preto je jeho starnutie celkom iného charakteru (i keď v moderných prevodovkách pracuje pri značnej vysokej teplote). Taktiež jednoduchá mazacia sústava prevodovky a rozvodovky nie je citlivá na usadeniny, ktoré pokiaľ vzniknú, usádzajú sa na nefunkčných plochách. Preto praktická životnosť prevodového oleja je nepomerne vyššia. No sú i výrobcovia vozidiel, ktorí ponechávajú olej v rozvodovke po celý čas životnosti vozidla. Životnosť prevodového oleja je okrem iného daná hlavne konštrukciou, presnosťou výroby a dokonalosťou utesnenia prevodovky a rozvodovky, preto ju má určovať len výrobca vozidla. Okrem počtu kilometrov sa spravidla udáva tiež časové obmedzenie. To preto, že olej nesmie spôsobiť koróziu kovových materiálov, ale musí ju pred koróziou vyvolanou vlhkom chrániť. Vnikanie vlhkosti záleží predovšetkým od vetrania a od utesnenia skrine prevodov. Skriňa prevodov a rozvodov sa utesňuje i nekovovými materiálmi, s ktorými olej príde do styku a ich funkciu nesmie narušovať. Preto je jeho vplyv na tesnenie skúšaný a v technických podmienkach vymedzený. Materiály vplyvom oleja buď tvrdnú, zmršťujú sa

a krehnú, alebo naopak mäknú a bobtnajú. Z týchto dvoch možností sa dáva prednosť miernemu bobtnaniu, ktoré uľahčuje tesniacu funkciu a nahrádza oter upchávky. Miera vplyvu oleja na tesnenie sa charakterizuje anilínovým bodom, ktorý nesmie v jednotlivých triedach oleja kolísať.

#### Všeobecne sa kladie najväčší dôraz na tieto vlastnosti prevodových olejov:

- ❖ priľnavosť ku kovovému povrchu, zaisťujúcu, že olej zostane na zuboch i pri pôsobení odstredivých síl. Jej veľkosť závisí od obsahu polárnych látok a od vysokomolekulárnych zlúčenín s vysokým bodom topenia,
- ❖ schopnosť vytvárať dostatočne únosný mazací film, odolávajúci preťaženiu pod veľkým tlakom. Táto vlastnosť je daná viskozitou oleja i množstvom EP prísad,
- ❖ mazivosť pôsobiaca na zmenšenie koeficientu trenia a zväčšujúcu odolnosť maziva proti odstráneniu mazacieho filmu pri šmyku zubov,
- ❖ vysoký viskozitný index, to znamená dostatočne veľkú viskozitu pri najvyšších a dobrú tekutosť pri najnižších pracovných teplotách,
- ❖ oxidačná stálosť za tepla zabráňujúca nadmernej tvorbe kyslých korozívnych splodín, vzrastu viskozity a nahromadenia sa nerozpustných látok. Prevodové oleje sa z tohto dôvodu aditívujú antioxidantmi,
- ❖ deemulgačná schopnosť umožňujúca odlučovanie vody, a tým zabráňovaniu tvorbe emulzie,
- ❖ veľká pevnosť v šmyku pri náhlom zaťažení,
- ❖ malá penivosť, aby nedochádzalo k úniku oleja z prevodovej skrine, k zmenšeniu pevnosti mazacieho filmu a k zhoršeniu mazacej schopnosti,
- ❖ oleje musia chrániť kovové povrchy pred korozívne pôsobiacimi látkami v priebehu prevádzky i v čase pokoja,
- ❖ oleje nemôžu narušovať tesniace materiály, musia sa znášať s inými olejmi a dobre rozpúšťať prísady,
- ❖ oleje musia byť neaktívne voči organickým materiálom, najmä voči ľudskému telu.

#### 5.2.2 Výkonostná charakteristika prevodových olejov API

Pre oleje do prevodoviek a rozvodoviek automobilov je vypracované triedenie podľa výkonnostnej úrovne, ktoré popisuje označenie **GL-Gear Lubricants** a je uvedené v tabuľke.

Tabuľka 33. Výkonostná špecifikácia prevodových olejov podľa API

| Trieda      | Určenie                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GL-1</b> | Obsahuje prevodové oleje bez obsahu modifikátorov trenia a vysokotlakových prísad. Používajú sa na mazanie niektorých prevodov a rýchlostných skriň pracujúcich pri malých zaťaženiach, šmykových rýchlostiach a nízkych prevádzkových teplotách (pre mechanické prevody, kužeľové a závitovkové súkolesia). |
| <b>GL-2</b> | Obsahuje prevodové oleje na mazanie závitovkových ozubených kolies koncových prevodov automobilov pracujúcich pri takých prevádzkových podmienkach, ktoré nie sú schopné prevodové oleje triedy GL-1 (stačí motorový olej - pre málo náročné prevody s čelným ozubením).                                     |
| <b>GL-3</b> | Patria sem oleje určené na mazanie prevodov rýchlostných skriň koncových prevodov typu kužeľového kola so skrutkovitými zubami pracujúcich pri malých rýchlostiach a zaťažení (stačí motorový olej - pre kužeľové - kónické prevody).                                                                        |
| <b>GL-4</b> | Obsahuje prevodové oleje určené na mazanie prevodov motorových automobilov pracujúcich pri veľkých rýchlostiach a malom krútiacom momente a malých rýchlostiach pri veľkom krútiacom momente.                                                                                                                |

|                                                                    |                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GL-5</b>                                                        | Obsahuje prevodové oleje pre hypoidné prevody osobných automobilov a ostatných motorových vozidiel pracujúcich pri veľkých rýchlostiach a malom krútiacom momente a malých rýchlostiach a veľkom krútiacom momente. |
| <b>GL-6</b>                                                        | Patria sem prevodové oleje určené na mazanie hypoidných prevodov. Ide o prevody osobných automobilov a motorových vozidiel, ktoré pracujú v prevádzkových podmienkach veľkého výkonu a veľkej rýchlosti.            |
| <i>* Uvedená klasifikácia je nad rozsah základnej klasifikácie</i> |                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>* MT-1</b>                                                      | pre nesynchronne manuálne prevodovky v režimu vysokého zaťaženia. Olej obsahuje aditíva pre extrémne vysoký tlak a pre zvýšenie teplotnej stability                                                                 |

Výkonové triedy podľa špecifikácie API, ktoré sú v platnosti a stálej pozornosti, sú najmä triedy GL-4 a GL-5. Ostatné triedy GL 1, GL-2, GL-3 a GL-6 sú neaktuálne už od roku 1995. Hodnotenie úžitkových vlastností prevodových olejov závisí výhradne na skúškach v skúšobných prevodovkách a rozvodovkách, umiestnených na skúšobných stoličiach s možnosťou presnej regulácie výkonu a otáčok. Olej sa hodnotí podľa stavu zubov po predpísanej prevádzke skúšobného stroja. Skúšobných prevádzok je niekoľko druhov:

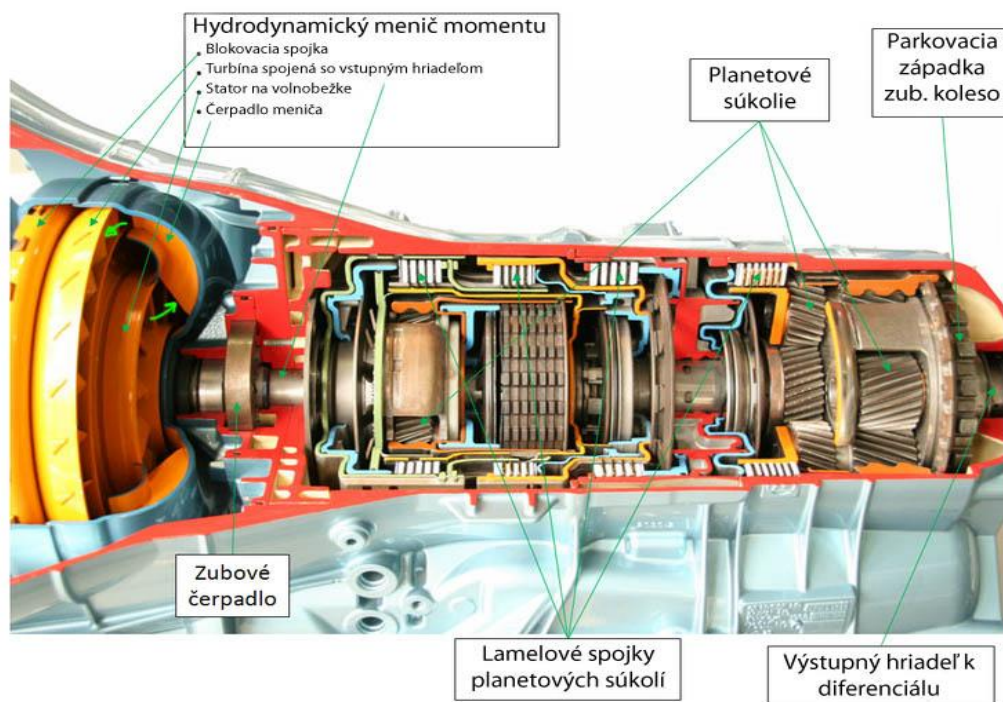
- ❖ prevádzka pri veľkom zaťažení a malej rýchlosti,
- ❖ prevádzka pri veľkej rýchlosti a malom zaťažení,
- ❖ prevádzka s rázmi a zmenou smeru zaťaženia zubov.

Potom nasledujú cestné skúšky.

Z fyzikálno-chemických vlastností je na prvom mieste viskozita. Prevodovky s veľkými rýchlosťami otáčania kolies potrebujú olej s menšou viskozitou, čo prináša i zmenšenie mechanických strát a pracovnej teploty. Olej s menšou viskozitou však menej tlmí chvenie, hlučnosť prevodovky a vyžaduje presnú výrobu a montáž. Ak ide o oleje, ktoré nemajú predpísanú viskozitu pri nízkej teplote, vykonáva sa skúška brázdenia. Pri nízkej teplote, pri ktorej olej stráca tekutosť, vzniká nebezpečenstvo, že rýchlo sa točiace ozubené koleso si vytvorí v olejovej náplni brázd, takže zuby nebudú naberať dostatok maziva. Preto sa skúša, či sa v oleji ochladenom na potrebnú nízku teplotu dostatočne rýchlo zapĺňa brázda vzniknutá rýchlym pretiahnutím pásika z tvrdého plechu.

Veľmi dôležitou vlastnosťou prevodových olejov je, že nepôsobia korozívne, a to nielen oleje čerstvé, ale i zostarnuté. Skúša sa to početnými laboratórnymi skúškami spravidla na oceli a medi. Laboratórne skúšky sú však len orientačné, pretože nevystihujú zložitosť vplyvov v prevodovke počas prevádzky. Definitívne vyhodnotenie dávajú dynamické skúšky na skúšobnej prevodovke. Rovnako zložitá je i problematika hodnotenia ochrannej schopnosti oleja proti korózii kovových plôch. Skúša sa podobnými metódami ako ochranná schopnosť oleja voči korózii. Definitívne vyhodnotenie poskytujú zase len dynamické skúšky v prevodovke.

### 5.2.3 Kvapaliny do hydrodynamických prevodoviek



Obrázok 54. Ilustračný obrázok [13]

Kvapaliny, ktoré sa používajú v hydrodynamických prevodovkách, sú označované skratkou **ATF-Automatic Transmission Fluid (ATF)**. ATF kvapaliny sú na rozdiel od iných olejov zafarbené napríklad na červeno či zeleno. V podstate sú tieto kvapaliny vysoko špecializované mazacie oleje s optimalizovanými vlastnosťami, najmä z hľadiska zabezpečenia prevádzkyschopnosti rôznych ventilových systémov, trecích vlastností na pásových brzdách a synchrónoch, prenosu točivého momentu v meniči, či mazaniu vlastných prevodov. Ich základným problémom je odvod tepla vzniknutého v trecích segmentoch spojok a brzd. To musí byť kvapalinou odvedené. Čím je väčšie zaťaženie prevodov, tým väčšie teplo vzniká a tým väčšia je tepelná záťaž kvapaliny. Z toho je zrejmý vplyv na samotnú životnosť kvapalín.

#### Hľadisko naformulovania ATF kvapalín

Základová kvapalina je naformulovaná v priemere 20 komponentami, ktoré môžeme rozdeliť do troch skupín:

- ❖ klasické aditíva typu-detergenty, disperzanty, antioxidanty, inhibítory korózie, protierové aditíva atď.,
- ❖ špeciálne aditíva typu-sufraktanty, zlepšovače viskozity za studena, vysokoteplotné zahusťovadlá, kondicionéry tesnív, atď.,
- ❖ farbivá na báze ropy, typické sú červené či zelené (slúžia na odlíšenie od iných typov kvapalín a olejov).

**Tieto aditíva** (najmä prvé dve skupiny - základné a špeciálne) **majú za úlohu najmä**: chrániť povrchy materiálov a súčiastok hydrodynamických prevodoviek a ich súčastí, napríklad:

- ❖ protierové aditíva (EP) majú za úlohu pri chemickej reakcii tvoriť optimálnu vrstvu kvapalinového filmu,
- ❖ inhibítory korózie zabezpečujú adsorbciu polárnych zložiek na kovový povrch, a tým vytvoria ochrannú vrstvu,



- ❖ detergenty svojou chemickou reakciou s teplotnými kalmi ich neutralizujú a udržiavajú v kvapalnom stave,
- ❖ disperzanty polárne viažu kontaminanty zabráňujúce zhukovaniu a rozptyľujú ich v kvapaline, modifikátory trenia adsorbujú na povrchové materiály.

**vylepšovať mazáciu ATF kvapalinu** napríklad:

- ❖ depresanty modifikujú prípadné formovanie kryštály parafínov,
- ❖ látky pre objemovú modifikáciu (exturziu) tesnív zaisťujú mierne nabobtnanie elastomerov,
- ❖ stabilizátory viskozity zabezpečujú, že polyméry pri zvýšenej teplote mierne expandujú, a tým znižujú stekúvanie kvapaliny,
- ❖ farbivá zabezpečujú lepšiu rozoznateľnosť ATF kvapalín od ostatných produktov,

**udržiavať životnosť ATF kvapalín** napríklad:

- ❖ protipenivostné aditíva zabezpečujú povrchové napätie kvapalín, a tým prispievajú k rýchlejšiemu odpeňovaniu,
- ❖ antioxidanty rozkladajú peroxidy a redukujú voľné radikály,
- ❖ deaktivátory kovov vytvárajú na kovových povrchoch inaktívnu vrstvu.

**Najpoužívanjšie normy pre súčasné ATF kvapaliny (syntetické i ropné):**

Mercon V-LV-SP; Dexron VI, III+, III H; MB 236.1, 2, 5, 6, 7, 9, 10; Voith DIWA; AllisonC4; VW/Audi G-052-25-A2; VW/Audi G-052-162-A1; ZF quality norm; GM613M; GM6137M; Ford M2C 138 CG, 166H atď.

**Príklady výmenných intervalov niektorých ATF kvapalín (príklady sú čerpané zo servisných údajov výrobcov):**

- ❖ Voith 55,6335 (minerálna): 60 000 km,
- ❖ Voith 6336 (syntetická): 180 000 km,
- ❖ ZF TE-ML 14 A (minerálna): 30 000 km,
- ❖ ZF TE-ML 14 B (minerálna): 60 000 km,
- ❖ ZF TE-ML 14 C (syntetická): 120 000 km,
- ❖ ZF TE-ML 14 D (syntetická): 150 000 km.

V súčasnosti sú v pozornosti dve špecifikácie pre ATF kvapaliny, a to General Motors (GM), obchodná značka Dexron a Ford, obchodná značka Mercon. V roku 2005 bola uvedená do predaja nová ATF kvapalina Dexron VI, ktorá nahradí doteraz používanú kvapalinu ATF Dexron III. Podľa dostupných informácií kvapalina Dexron VI je kompatibilná so všetkými špecifikáciami pre ATF kvapaliny doteraz schválenými v GM.

**Niektoré aspekty servisu ATF kvapalín a hydrodynamických prevodoviek:**

Veľa problémov hydrodynamických prevodoviek je spôsobené znehodnotenou ATF kvapalinou a silne znečisteným filtrom čističa. Preto pravidelná výmena ATF je najlepšou prevenciou predchádzania vzniku porúch hydrodynamických prevodoviek. Táto výmena je odporúčaná intervalom výrobcu prevodovky (vozidla), má tzv. kilometrový a časový limit životnosti, ktorý je stanovený ako stredná hodnota. Výmenný interval závisí nielen od stanovenej normy životnosti, ale i od druhu prevádzky-zátiaže. Ak ide o vozidlá s častým zaťažovaním na hranicu výkonnosti (športová jazda, plná váhová záťaž vozidla atď.) sa odporúča výmenný interval v prípade minerálnych ATF 50 000 km alebo 2 roky, v prípade syntetických ATF max. 150 000 km alebo časové hľadisko stanovené výrobcom (približne 3 až 8 rokov). Pritom platí, že čím väčší výkon je prenášaný, tým je ATF viac zohrievaná a tým jej životnosť klesá. Keď zoberieme za základ pracovnú teplotu 90° C, tak každých 20° C nad túto hodnotu kráti životnosť ATF približne na polovicu. Ďalším rizikovým faktorom sú nečistoty vznikajúce opotrebením synchronizačných segmentov, tesnení,



ozubených súkolí, ktoré zachytí filter čističa až do jeho zaplnenia. Preto jedinou cestou ako zachovať životnosť hydrodynamických prevodoviek, je pravidelná výmena ATF a filtračných jednotiek podľa doporučení výrobcov.

#### Rýchla diagnostika ATF kvapalín:

- ❖ jednoduchý kvapkový test (na separačných papieroch) pomôže s určením času výmeny, tmavý stred v obrazci odhalí stupeň znečistenia, zahnednutie vzorky odhaľuje stupeň oxidácie,
- ❖ zápach po spálenine (spálená „topinka“- chlieb) indikuje znehodnotenie ATF, adekvátne bude vyzerat' obloženie trecích plôch,
- ❖ ak kvapalina obsahuje bublinky či penu, je pravdepodobne preplnené množstvo ATF, príčinou môže tiež byť i použitie zlého typu ATF, poprípade upchatie odvodušňovacieho otvoru,
- ❖ mliečny nádych vzorky ATF indikuje vodu, prípadne chladiacu kvapalinu,
- ❖ kontrola množstva po kontrolný otvor, značku alebo kontrola mierkou.

### 5.3 Plastické mazivá

Sú **koloidné sústavy** (disperzie), prevažne gély, v ktorých **spojitú** (disperznú) **fázu** vytvára mazací olej a **dispergovanú fázu** (spevňovadlo). Táto **sústava je anizotropná** tuhá látka, ktorá vo forme súvislej kostry spojitou prestupuje do kvapalnej fázy sústavy tak, že vytvorený gél získava vlastnosti príznačné pre plastický (tuhý) stav. Na rozdiel od mazacích olejov sú plastické mazivá fázové sústavy zložené **najmenej** z dvoch až troch zložiek: **oleja**, **spevňovadla** (tiež nazývame zahusťovadlo, alebo penetrátor) a (aditív). Vnútorňa štruktúra a veľkosť kryštálov spevňovadla charakterizuje jednotlivé druhy plastických mazív a ich konzistenciu. Majú pastovitú konzistenciu.



Obrázok 55. Ilustračný obrázok [1]

#### Výhody mazania plastickým mazivom v porovnaní s mazaním olejom je:

- ❖ nepatrné konštrukčné náklady,
- ❖ dobré utesnenie mazacieho miesta pred vplyvmi zvonka (nečistoty, vlhkosť),
- ❖ dlhá životnosť bez potreby údržby,
- ❖ nepatrná spotreba maziva,
- ❖ možnosť dodávok ložísk už namazaných z výrobného závodu.

Popri týchto nesporných výhodách je **však potrebné zohľadniť niekoľko špecifik v porovnaní s mazaním olejom**:

- ❖ plastické mazivá nemôžu odvádzať teplo,
- ❖ do plastického maziva vniknuté nečistoty a oterové čiastočky sa nemôžu odvádzať z mazacieho miesta,
- ❖ každé mazacie miesto sa musí zásobiť plastickým mazivom jednotlivo.

Aby sa plastické mazivá dali optimálne nastaviť na množstvo aplikácií, je potrebné vyrábať plastické mazivá na báze rôznych zahusťovacích systémov a základových olejov.

### 5.3.1 Skladba plastických mazív

Je dôležitým faktorom určenia výkonnosti plastických mazív. Vhodnosť oleja sa posudzuje na základe zloženia, viskozity, viskozitno-teplotných charakteristík, bodu tuhnutia, vzplanutia a oxidačnej stálosti. Najčastejšie sa pre plastické mazivá, málo zaťažené vysokootáčkové ložiská používa olej s viskozitou okolo  $20 \text{ mm}^2/\text{s}$  pri  $40^\circ\text{C}$ . Pre bežné ložiskové aplikácie (viacúčelové štandardné mazivá) sa vyžaduje olej s viskozitou 75 až  $200 \text{ mm}^2/\text{s}$ , niekedy však až do  $3000 \text{ mm}^2/\text{s}$ . Základový olej pre plastické mazivá môže mať ropný, syntetický alebo rastlinný pôvod. Základový olej tvorí asi 80 - 90 % zloženia maziva. Požiadavky kladené na základový olej: vysoká termicko-oxidačná stabilita, vynikajúce viskozitné vlastnosti, vysoký viskozitný index, vyhovujúce nízkoteplotné vlastnosti, požadovaný bod vzplanutia, nízka odparivosť.

### 5.3.2 Základový olej

**Ropné oleje** používané na výrobu plastických mazív sú z veľkej časti rafináty so strednými až vysokými VI. Dôležitou vlastnosťou ropného oleja je jeho viskozita. Ovplyvňuje koloidnú stálosť maziva, má vplyv na veľkosť točivého momentu, menej vplýva na medzu pevnosti, penetráciu, mechanickú stálosť a na iné vlastnosti plastického maziva. Kinematická viskozita ( $\nu$ ) sa pohybuje od 15 do  $50 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  pri  $50^\circ\text{C}$ . Oleje s väčšími viskozitami sa používajú na výrobu vysokoteplotných mazív, mazív so zvýšenou ochrannou schopnosťou proti korózii a mazív pracujúcich vo veľkom vákuu. Podľa uhľovodíkových väzieb rozdeľuje ropné oleje na:

- ❖ rovnoreťazové alkány, n-alkány (n-parafíny),
- ❖ rozvetvené alkány, izoalkány (izoparafíny),
- ❖ alkylcykloalkány, alkylalkány (naftény),
- ❖ alkylaromáty.

**Syntetické oleje** majú väčšinou jednotné chemické zloženie s definovanými funkčnými skupinami. Prevažne sa uplatňujú pri výrobe plastických mazív na špeciálne účely. Ide napríklad o oleje: esterové a silikónové, polyalkény a perfluóralkylpolyétery, polyfenylétery.

**Spevňovadlo** - plastické mazivá sa obvyčajne klasifikujú podľa použitého spevňovadla, pretože spevňovadlo sa považuje za látku dávajúcu základné charakteristiky plastických mazív. Pre väčšinu plastických mazív sa používa ako spevňovadlo kovové mydlo. Spevňovadlo tvorí vláknitú štruktúru, v ktorej sa udržiava podobným spôsobom ako voda v špongii. Takéto porovnanie maziva so špongiou napitou vodou nie je presné a vedecky potvrdené, ale je to účelná analógia na základné pochopenie zloženia maziva a jeho štruktúry. Bežné spevňovadlá sa delia na tri základné skupiny:

- ✓ **mydlové** - jednoduché (napríklad Li, Ca, Na, Al, Ba, ...),  
- kombinované (napríklad Na-Ca, Li-Ca, Na-Pb, ...),  
- komplexné (napríklad Ca, Al, Li, Na, Ba, ...),
- ✓ **nemydlové** - anorganické (napríklad bentonit, silikagény, ...),  
- organické (napríklad polymočovina, polyalkény, ...),
- ✓ **zmiešané** - (napríklad lítne mydlo a bentonit, hlinité komplexné mydlo a bentonit, polymočovina a tereftalamát, polymočovina a anorganické spevňovadlo).

**Mydlové spevňovadlá** sú pripravované zmydľovaním živočíšnych a rastlinných acylglycerolov alebo neutralizáciou vyšších mastných kyselín. Zatiaľ, čo jednoduché mydlá sa vyrábajú použitím jedného konkrétneho hydroxidu, na výrobu kombinovaných mydiel je potrebné použiť zmes hydroxidov. Takto vytvorené mydlo sa disperguje v oleji na plastické mazivo, okrem hlinitých mydiel, ktoré sa vyrábajú dvojfázovo. V prvej fáze sa vytvorí vodou rozpustné mydlo, v druhej sa toto mydlo zráža vodným roztokom síranu hlinitého. Komplexné mydlá sú kovové soli najčastejšie v zmesi s kovovým mydlom rovnakého kovu.

Plastické mazivá s komplexnými mydlami majú niektoré vlastnosti lepšie ako mazivá s jednoduchými mydlami. Ako napríklad vyšší bod skvapnutia, mazivá sú reverzibilnejšie, sú oxidačne stálejšie a odolnejšie proti účinkom vody. Ich veľkou nevýhodou je obmedzená alebo žiadna znášateľnosť s mazivami, ktoré obsahujú jednoduché mydlá. Ďalšou nevýhodou je vyššia cena. Štruktúra a vlastnosti plastických mazív s obsahom mydiel závisí vo veľkej miere od technologických podmienok ich výroby, napr. od teploty, od spôsobu jeho konečnej úpravy a podobne.

**Nemydlové spevňovadlá** – používajú sa organické a anorganické oleofilné látky, ktoré na rozdiel od mydiel nevytvárajú v plastickom mazive vláknitú štruktúru. Z anorganických spevňovadiel majú veľký význam bentonity a silikagély. Okrem toho sa používa i nitrid bóru, kysličník zinočnatý a sadze. Plastické mazivá s týmito spevňovadlami sa vyrábajú zmiešaním spevňovadla do oleja pri normálnej teplote. Pridá sa vhodný dispergátor, napr. acetón (~3%), ktorý sa po vytvorení gélu odparením za vyššej teploty z maziva odstráni. Ak sa do oleja pridáva grafit,  $\text{MoS}_2$ ,  $\text{WS}_2$  vzniká tzv. mazacia pasta.

**Zmiešané spevňovadlá** sa v praxi používajú na báze zmesných mydiel. Sú to špeciálne mazivá, v ktorých sa spájajú pozitívne vlastnosti jednotlivých spevňovadiel. Ich receptúry sú dosť komplikované a často chránené patentom. Typické sú lítno-vápenaté plastické mazivá, kde sa spája vysoká výkonnosť lítnych mydiel s odolnosťou voči vode vápenatých mydiel. Príkladom tepelne stálych mazív sú mazivá s komplexným hlinitým mydlom a bentonitom. Tieto mazivá sa uplatňujú pri mazaní nábojov kolies automobilov s diskovými brzdami, účinkom ktorých sa vyvíja veľké teplo.

K najdôležitejším typom zahusťovadiel patria:

- ❖ 12-hydroxystearan lítny,
- ❖ lítny komplex,
- ❖ vápenaté mydlo,
- ❖ vápenatý komplex,
- ❖ sodné mydlo,
- ❖ bentonit, silikátový gél,
- ❖ hlinitý komplex,
- ❖ polymočovina alebo deriváty močoviny.

Samozrejme existujú aj ďalšie (špeciálne) zahusťovadlá ako napr. bárnatý komplex, ale tie sa využívajú väčšinou len pre niektoré typy extrémnych aplikácií.

### 5.3.3 Prísady (aditíva)

Podobne ako pri mazacích olejoch sa nimi dosahuje požadované zlepšenie úžitkových vlastností plastického maziva. Koncentrácia prísad v plastických mazivách je obvyčajne vyššia ako pri mazacích olejoch, avšak ich výber je vo veľkej miere obmedzený, pretože veľa z nich má deštruktívny účinok na štruktúru spevňovadiel. Sú prísady na zlepšenie niektorých špecifických vlastností maziva, ako napríklad ochrana proti korózii, vysokému tlaku a opotrebovaniu, proti oxidácii, starnutiu, na zlepšenie protioterových vlastností, zvýšenie EP vlastností a pod. Do plastických mazív sa pridávajú aj aditíva na báze pevnej látky, tzv. plnidlá, Molybdenisulfid ( $\text{MoS}_2$ ), Grafit (Uhlík C), Teflón (PTFE). Tieto látky nevytvárajú štruktúru maziva. Principiálne sa aditíva delia na:

- **plnidlá:**

- uhlikaté (napríklad grafit, sadze),
- silikáty (napríklad mastenec),
- prášky kovov (napríklad Al, Cu, Pb, Zn),

- oxidy kovov (napríklad  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{MgO}$ ),
- sulfidy kovov (napríklad  $\text{MoS}_2$ ,  $\text{WS}_2$ ,  $\text{PbS}_2$ ),
- **zušľachťujúce prísady**
  - inhibítory oxidácie,
  - inhibítory korózie a pasivátory kovov,
  - protioderové prísady,
  - vysokotlakové (EP) prísady,
  - zvyšujúce pevnosť mazacieho filmu,
  - zvyšujúce odpudivosť vody,
  - stabilizátory farby,
  - a iné.

### 5.3.4 Vybrané typy plastických mazív

#### Plastické mazivá na báze vápenatých mydiel

Ich aplikácia pokrýva teplotný rozsah od cca.  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  pri veľmi dobrej odolnosti voči vode. Ak sa tieto plastické mazivá zahrejú nad  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tak zmäknú bez toho, aby sa po ochladení obnovila ich konzistencia. Dlhé roky sa používali na všeobecné mazanie podvozkov automobilov (okrem ložísk kolies), dnes sú už však na ústupe.

#### Plastické mazivá na báze sodných mydiel

Sú vhodné pre aplikačné teploty do cca.  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V minulosti sa pomerne často používali na mazanie „horúcich“ ložísk, dnes boli v týchto aplikáciách nahradené plastickými mazivami na báze lítnych mydiel. Nie sú odolné voči vode. Majú vláknitú štruktúru, a preto sú predurčené hlavne na mazanie prevodoviek. Pri krátkodobom zahriatí nad bod topenia a po ochladnutí obnovia svoju východiskovú štruktúru.

#### Plastické mazivá na báze lítnych mydiel

Vyrábajú sa od 50-tych rokov minulého storočia. Kovové mydlá môžu mať rôznu kvalitu. Dnešné špičkové produkty sú zahustené prakticky výlučne 12-hydroxystearanom lítym. Tieto plastické sú dostatočne odolné voči vode a súčasne sú aj termicky vysoko zaťažiteľné. Ich aplikačný teplotný rozsah je cca.  $-20$  až  $+130\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tento druh plastického maziva spája prednosti vápenatých a sodných mazív bez ich nevýhod. Preto sú to dnes najpoužívannejšie plastické mazivá. Lítne, vápenaté a hlinité plastické mydlá nachádzajú použitie aj ako komplexné plastické mazivá vo vysokohodnotných produktoch. Majú omnoho vyššie body vzplanutia ako normálne plastické mazivá na báze kovových mydiel. Ich aplikačné teploty sú, v závislosti od základných látok, od  $-50$  do  $+160\text{ }^{\circ}\text{C}$ , avšak tieto teploty musia byť vždy pod ich bodom odkvapnutia.

#### Vápenaté komplexné plastické mazivá

Na základe svojej dobrej znášanlivosti s vodou sa s obľubou používajú na „mokrú“ aplikáciu. Pri vyšších teplotách a pri dlhodobejšom skladovaní majú sklon k tvrdnutiu, kvôli čomu sa väčšinou používajú pri stratovom mazaní s permanentným domazávaním. Ich horná aplikačná teplota je  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ , krátkodobo  $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### Hlinité komplexné plastické mazivá

Veľmi dobre sa osvedčili pri vysokoteplotných aplikáciách okolo  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dokonca pri použití teplotne stálych základových olejov môžu krátkodobo zvládnuť aj teplotné špičky  $200 - 220\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V kombinácii s pevnými mazacími zložkami, ako  $\text{MoS}_2$  alebo grafit, sa často používajú v prevodovkách rotačných pecí a pri iných teplotne zaťažených mazacích aplikáciách, často v metalurgickom priemysle. Vďaka ich veľmi dobrej odolnosti voči vode nachádzajú použitie pri mazaní vodných stavieb a v lodnej plavbe.

### Lítne komplexné plastické mazivá

Podobne, ako v prípade dvoch predchádzajúcich typov, majú lítne komplexné plastické mazivá bod topenia okolo 250 °C a sú použiteľné do teplôt okolo 150 °C. Pri použití syntetických základových olejov sa môže ich aplikačný teplotný rozsah ešte zväčšiť. Ich použitie sa uprednostňuje v ťažko prístupných ložiskách v priemysle, ako aj v ložiskách kolies osobných a nákladných automobilov.

### Plastické mazivá bez mydiel (gélové a bentonitové)

Zahusťovadlami v týchto typoch plastických mazív môžu byť anorganické alebo organické produkty, pričom za zmienku stoja aspoň tieto dva najdôležitejšie:

- ✓ bentonitové plastické mazivá na báze rafinačnej hlinky (kremičitanu hlinitého)
- ✓ polymočovinové plastické mazivá na báze derivátov močoviny

Tieto plastické mazivá sa vyznačujú vysokým bodom odkvapnutia a vysokou možnou aplikačnou teplotou.

### Bentonitové plastické mazivá

U nich je potrebné dbať na aplikačnú teplotu, pretože základový olej, ktorý sa pevne drží v silikátovej štruktúre, môže pri vysokých teplotách oxidovať bez toho, aby došlo k rozdeleniu fáz oleja a zahusťovadla. Dôsledkom toho môžu byť zakarbonizované ložiská a potrubia.

### Polymočovinové plastické mazivá

Tieto sa používajú, keď zlyhajú lítne komplexné mazivá, tzn. nachádzajú použitie nad trvalou vysokoteplotnou aplikačnou hranicou 160 °C. Popri svojej vhodnosti pre vysoké teploty, majú tieto mazivá vynikajúcu odolnosť voči vode a poskytujú veľmi dobrú ochranu proti opotrebovaniu a korózii.

## 5.3.5 Špeciálne plastické mazivá

Popri menovaných typoch existuje ešte rad plastických mazív na báze zmesných mydiel a špeciálnych mazív, ktorých receptúry sú dosť komplikované a často chránené patentom. U **plastických mazív** na báze **zmesných mydiel** ide o pokus spojiť pozitívne vlastnosti jednotlivých zahusťovadiel. Typickým zástupcom sú lítno-vápenaté plastické mazivá. Tu sa spája vysoká výkonnosť lítnych mydiel s odolnosťou voči vode vápenatých mydiel. Stále častejšie sa nielen v priemysle, ale aj pri mazaní nákladných automobilov používajú **centrálne mazacie zariadenia**. Tieto zariadenia zásobujú permanentne plastickým mazivom zvislé čapy, čapy pružín, automatické nastavovanie tyčí a tiahel, hriadeľov brzdových vačiek, brzdových kľúčov, ťažných vidlíc (ojí) prívesov, závesných zariadení prívesov, ozubených otočných vencov a pák ručnej brzdy. Pre optimálne zásobovanie týchto mazacích miest je dôležitým kritériom čerpatelnosť plastického maziva medzi - 25°C až 80°C. Popri dnes používaným NLGI-triedam 0 až 000 sa stále častejšie aplikujú aj plastické mazivá triedy NLGI 2 pomocou centrálnych mazacích zariadení. Ďalšími špeciálnymi formuláciami sú **gélové plastické mazivá** s polyglykolovým základovým olejom. Tieto plastické mazivá sa vyznačujú výrazným znižovaním trenia. Z tohto dôvodu sa tieto plastické mazivá používajú v závitkových („šnekových“) prevodovkách alebo v malých prevodovkách prístrojov alebo domácich spotrebičov. Pri výbere plastického maziva hrá popri zahusťovadle dôležitú úlohu aj typ základového oleja, jeho viskozita a NLGI-trieda plastického maziva.

## 5.3.6 NLGI klasifikácia (penetračná klasifikácia)

Aby sa užívateľovi uľahčil výber plastického maziva, existujú dôležité špecifikácie, ktoré majú popri zahusťovadle tiež dôležitú úlohu. NLGI-trieda (penetračný stupeň), ako miera



tuhosti, patrí k najdôležitejším výberovým kritériám. Na stanovenie penetrácie po premiesení sa plastické mazivo podrobí v definovanom miesiacom procese strihovému zaťaženiu (hnieteniu) a potom sa meria hĺbka vniknutia normovaného kužeľa do maziva. Čím hlbšie kužeľ po premiesení do plastického maziva vnikne, tým väčšie je plastické mazivo (NLGI 000 - polotekuté plastické mazivo, NLGI 6 - blokové plastické mazivo).

*Tabuľka 34. Zatriedenie penetrácie podľa LGI triedy*

| LGI trieda | Penetrácia po premiesení<br>(0,1 mm) |
|------------|--------------------------------------|
| 000        | 445 - 475                            |
| 00         | 400 - 430                            |
| 0          | 355 - 385                            |
| 1          | 310 - 340                            |
| 2          | 265 - 295                            |
| 3          | 220 - 250                            |
| 4          | 175 - 205                            |
| 5          | 130 - 160                            |
| 6          | 85 - 115                             |

### 5.3.7 Znášanlivosť pri zmene typu plastického maziva

Je potrebné dbať na vzájomnú znášanlivosť jednotlivých typov plastických mazív, zodpovedajú nasledovnej, firmou SKF zverejnenej v Tabuľke 35.



*Obrázok 56. Ilustračný obrázok konzistencie plastických mazív [14]*



### Vzájomná znášateľnosť plastických mazív

Tabuľka 35. Možnosti miešateľnosti jednotlivých plastických mazív:

+ znášateľnosť plastických mazív,

? obmedzená znášateľnosť plastických mazív, je potrebné sa vyhnúť zmiešaniu.

|                   |             |                |             |                 |                  |               |                 |                 |                |              |                   |
|-------------------|-------------|----------------|-------------|-----------------|------------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------|-------------------|
| Sulfonan vápenatý | +           | +              | -           | +               | +                | ?             | ?               | -               | -              | +            | +                 |
| Polymočovina      | ?           | ?              | ?           | -               | +                | ?             | ?               | ?               | ?              | +            | +                 |
| Bentonit (gél)    | ?           | ?              | ?           | -               | ?                | -             | ?               | -               | +              | ?            | -                 |
| Hlinitý komplex   | -           | -              | -           | +               | ?                | -             | +               | +               | -              | ?            | -                 |
| Bárnatý komplex   | ?           | ?              | +           | ?               | -                | +             | +               | +               | ?              | ?            | ?                 |
| Sodný komplex     | ?           | ?              | +           | ?               | ?                | +             | +               | -               | -              | ?            | ?                 |
| Vápenatý komplex  | +           | -              | ?           | +               | +                | ?             | -               | ?               | ?              | +            | +                 |
| Lítňový komplex   | +           | +              | ?           | +               | +                | ?             | ?               | +               | -              | -            | +                 |
| Sodné Mydlo       | -           | ?              | +           | ?               | ?                | +             | +               | -               | ?              | ?            | -                 |
| Vápenaté mydlo    | +           | +              | ?           | +               | -                | ?             | ?               | -               | ?              | ?            | +                 |
| Lítne mydlo       | +           | +              | -           | +               | -                | ?             | ?               | -               | ?              | ?            | +                 |
|                   | Lítne mydlo | Vápenaté mydlo | Sodné mydlo | Lítňový komplex | Vápenatý komplex | Sodný komplex | Bárnatý komplex | Hlinitý komplex | Bentonit (gél) | Polymočovina | Sulfonan vápenatý |

Najznámejšie klasifikačné systémy používané dnes pre plastické maziva (DIN, ISO). Bude vhodné, ak opomenieme klasifikačné systémy, ktoré boli a sú spracované v USA a o ktorých už bolo písané. Je však dôležitejšie venovať sa európskym systémom klasifikácie, ktoré sú „živé“ a s ktorými sa v oblasti tribotechniky stretávame dnes prakticky na každom kroku. Ide o dva najčastejšie používané klasifikačné systémy podľa DIN a podľa ISO.

### 5.3.8 Klasifikačný systém DIN

Klasifikácia plastických mazív podľa DIN od svojho vzniku prechádza neustálymi zmenami a vývojom. Všimnime si jednak pôvodný klasifikačný systém z konca sedemdesiatych a začiatku osemdesiatych rokov, s ktorými sa dnes často v praxi stretávame, ale venujeme pozornosť aj inovovanému systému zo začiatku deväťdesiatych rokov.

**Pôvodný klasifikačný systém podľa normy DIN 51 502 delí mazivá do týchto hlavných skupín:**

**K** - bežné mazivá viacúčelového charakteru,

**KT** - mazivá s dobrými nízkotepeľnými vlastnosťami,

**KP** - mazivá so zlepšenými EP vlastnosťami,

**KH** - mazivá na použitie pri vysokých teplotách (nad 140 °C),

**OG** - mazivá do otvorených prevodov,

**G** - mazivá do prevodov,

**M** - mazivá pre kĺzne uloženia a tesnenia.

Tabuľka 36. Význam dodatkového znaku (DIN 51 825) - plastického maziva - **K**

| Konzistencia                                                         | Prídavne písmeno podľa DIN 51502 | Teplotný rozsah použitia |       | Odolnosť voči vode DIN 51807 časť 1 * |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|---------------------------------------|
|                                                                      |                                  | od °C                    | do °C |                                       |
| 0 až 4                                                               | B                                | -20                      | +50   | 0 alebo 1                             |
|                                                                      | E                                | -20                      | +80   | 0 alebo 1                             |
|                                                                      | F                                |                          |       | 2 alebo 3                             |
|                                                                      | G                                | -20                      | +100  | 0 alebo 1                             |
|                                                                      | H                                |                          |       | 2 alebo 3                             |
|                                                                      | K                                | -20                      | 120   | 0 alebo 1                             |
|                                                                      | M                                |                          |       | 2 alebo 3                             |
|                                                                      | N                                | -20                      | +140  | Podľa dohody                          |
| * 0 žiadne zmeny    1 malé zmeny    2 stredné zmeny    3 silné zmeny |                                  |                          |       |                                       |

Tabuľka 37. Význam dodatkového znaku plastického maziva (DIN 51825)- **KT**

| Konzistencia                                                         | Prídavne písmeno podľa DIN 51502 | Maximálna teplota použitia °C | Odolnosť voči vode DIN 51807 * |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 0 až 3                                                               | C                                | +60                           | 0 alebo 1                      |
|                                                                      | D                                |                               | 2 alebo 3                      |
|                                                                      | E                                | +80                           | 0 alebo 1                      |
|                                                                      | F                                |                               | 2 alebo 3                      |
|                                                                      | G                                | +100                          | 0 alebo 1                      |
|                                                                      | H                                |                               | 2 alebo 3                      |
|                                                                      | K                                | +120                          | 0 alebo 1                      |
|                                                                      | M                                |                               | 2 alebo 3                      |
| * 0 žiadne zmeny    1 malé zmeny    2 stredné zmeny    3 silné zmeny |                                  |                               |                                |

Klasifikačné označenie maziva podľa DIN (pôvodný systém) je zložený z hlavného identifikačného znaku, charakterizujúceho základné skupiny plastického maziva vyššie uvedené, z ďalšieho písmena charakterizujúceho eventuálne osobitosti zloženia, z číslice označujúcej konzistenciu a z dodatkového znaku, charakterizujúceho ochranné vlastnosti proti korózií a odolnosti voči vode každého hodnoteného výrobku.

### Identifikačné písmená pre plastické mazivá-vyjadrenie A

Tabuľka 38.1 A - Hlavné identifikačné písmena pre plastické mazivá

| Aplikačné určenie, charakteristika                                                                                                        | Označenie | Grafický symbol                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------|
| PM pre valivé ložiská a klzné vedenia podľa DIN 51 825                                                                                    | <b>K</b>  | Pre PM vyrobené na ropnej báze        |
| PM pre uzavreté prevody podľa DIN 51 826                                                                                                  | <b>G</b>  |                                       |
| PM pre otvorené prevody a ozubenia - nebitúmenové príľnavé mazivá                                                                         | <b>OG</b> |                                       |
| PM pre klzné ložiská a tesnenia *                                                                                                         | <b>M</b>  |                                       |
| PM na báze syntetických olejov používajú obdobné označenie ako ropné mazivá. Druh syntetického oleja je vyjadrený označením v Tabuľke 39. |           | * Pre PM vyrobené na syntetickej báze |
| * nižšie požiadavky než v prípade PM skupiny K                                                                                            |           |                                       |

### Identifikačné písmená pre plastické mazivá-vyjadrenie B

Tabuľka 38.2 B. - Hlavné identifikačné písmena pre plastické mazivá - slovné vyjadrenie

| Označenie | Použitie plastického maziva                             |
|-----------|---------------------------------------------------------|
| <b>G</b>  | pre uzavreté prevody                                    |
| <b>OG</b> | pre otvorené prevody a ozubenia (príľnavé, bez asfaltu) |
| <b>K</b>  | pre valivé a klzné ložiská, pre klzné plochy            |
| <b>M</b>  | pre klzné uloženia a pre utesnenie                      |

### Označovanie plastických mazív so syntetickým základom

Tabuľka 39. Charakteristika označovania syntetických mazív

| Základový olej                    | Charakteristika plastického maziva | Označenie |
|-----------------------------------|------------------------------------|-----------|
| Syntetické a polosyntetické oleje | organické estery                   | E         |
|                                   | kvapalina na báze perfluoru        | FK        |
|                                   | syntetické uhľovodíky              | HC        |
|                                   | estery kyseliny fosforečnej        | PH        |
|                                   | polyglykoly                        | PG        |
|                                   | silikónové oleje                   | SI        |
|                                   | iné kvapaliny                      | X         |

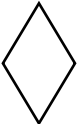
## Označenie plastického maziva podľa klasifikačného systému DIN:

Tabuľka 40. Význam rozobratý na príklade: príklad-KP 2 K -30

| Znaky       | Význam                                            |
|-------------|---------------------------------------------------|
| <b>K</b>    | oblasť použitia maziva                            |
| <b>P</b>    | zloženie základového oleja a aditíva              |
| <b>2</b>    | konzistencia maziva - trieda NLGI                 |
| <b>K</b>    | maximálna prevádzková teplota, odolnosť voči vode |
| <b>- 30</b> | minimálna prevádzková teplota v °C                |

## Symbody plastických mazív

Tabuľka 41. Grafické symbody oblasti použitia

| Označenie                                                                                  | Použitie                                                    | Grafický symbol                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>G</b>                                                                                   | pre uzavreté prevody podľa DIN 51 826                       | Pre PM vyrobené na ropnej báze<br> |
| <b>OG</b>                                                                                  | pre otvorené prevody a ozubení-nebitúmenové príľnavé maziva |                                                                                                                       |
| <b>K</b>                                                                                   | pre valivé ložiská a kĺzne vedenia podľa DIN 51 825         |                                                                                                                       |
| <b>M</b>                                                                                   | pre kĺzne ložiská a tesnenia                                |                                                                                                                       |
| Plastické mazivá na báze syntetických olejov používajú podobné označenie ako ropné maziva. |                                                             |                                   |

## Zloženie základového oleja a použité prísady

Tabuľka 42. Označenie z pohľadu základových olejov a prísad

| Označenie | Zloženie základového oleja a použitie prísad |
|-----------|----------------------------------------------|
| <b>E</b>  | estery                                       |
| <b>FK</b> | fluorované uhľovodíky                        |
| <b>HC</b> | syntetické uhľovodíky                        |
| <b>PG</b> | polyglykoly                                  |
| <b>PH</b> | estery kyseliny fosforečnej                  |
| <b>SI</b> | silikónový olej                              |
| <b>X</b>  | ostatný olej                                 |
| <b>EP</b> | EP/AW prísady                                |
| <b>P</b>  | vysokotlakové syntetické prísady             |
| <b>F</b>  | pevné aditíva (molybdensulfid, grafit)       |

## Maximálna prevádzková teplota a odolnosť voči vode

Tabuľka 43. Prevádzkové parametre plastického maziva, teplota a vodeodolnosť

| Označenie                                                                 | C   | D   | E   | F   | G   | H   | K   | M   | N   | P   | R   | S   | T   | U       |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| max teplota °C                                                            | 60  | 60  | 80  | 80  | 100 | 100 | 120 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | nad 220 |
| *odolnosť voči H <sub>2</sub> O                                           | 0/1 | 2/3 | 0/1 | 2/3 | 0/1 | 2/3 | 0/1 | 2/3 | -   | -   | -   | -   | -   | -       |
| *0 - žiadne zmeny, 1 - malé zmeny, 2 - veľké zmeny, 3 - veľmi veľké zmeny |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |

### 5.3.9 Klasifikačný stupeň ISO

Druhým klasifikačným súborom, ktorý ma v oblasti plastických mazív značný význam je triedenie podľa ISO 6743/9. Systémovo je dosť podobný klasifikácií podľa DIN, v rade základných prvkov sa v nej dosť odlišuje. Podstata zaradenia plastických mazív do klasifikácie ISO je zrejmá z Tabuľky 54.

Symbol 4 (Tabuľka 48) vyjadruje schopnosť plastických mazív mazať v podmienkach vysokého alebo nízkeho zaťaženia. Písmeno A v tomto prípade označuje mazivo, ktoré nemá zlepšené vysokotlakové vlastnosti, písmenom B sa deklaruje mazivo s EP vlastnosťami.

Ak ide o označovanie konzistencie, využíva sa stupnica podľa NLGI, t. j. škály konzistenčných stupňov 000 až 6. Nakoniec teda príklad – označenie PM ISO-L-X BCGB 2 znamená, že ide o PM konzistencie 2, použiteľné v rozmedzí teplôt -20 °C do 120 °C, je dobre odolné vode, ale s nízkou úrovňou ochranných vlastností proti hrdze, vybavené EP prísadou. Uvedené dve klasifikácie sa v poslednom čase používajú súbežne a dnes je dosť ťažko povedať, ktorá z nich je prevládajúca a ktorá sa v budúcnosti presadí v rozhodujúcej miere, a to tým skôr, že oba systémy sa postupne ďalej spracovávajú a zdokonaľujú ako z hľadiska samostatného systému, tak i pokiaľ ide o metodiky, ktorými sa hodnotia jednotlivé základné aplikačné parametre, ktoré každý z uvedených systémov opisuje.

### 5.3.10 Označovanie plastických mazív podľa ISO 6743/9

Jednotlivé symboly sú obsahom technického názvu plastického maziva.

#### Symbol 1 - Minimálna pracovná teplota v °C

Tabuľka 44. Výber plastického maziva podľa minimálnej teploty okolia v °C

| Hodnota min. teploty | 0 | -20 | -30 | -40 | Pod -40 |
|----------------------|---|-----|-----|-----|---------|
| Symbol 1             | A | B   | C   | D   | E       |

#### Symbol 2 - Maximálna pracovná teplota v °C

Tabuľka 45. Výber plastického maziva podľa maximálnej pracovnej teploty v °C

| Hodnota max. teploty | 60 | 90 | 120 | 140 | 160 | 180 | Nad 180 |
|----------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|---------|
| Symbol 2             | A  | B  | C   | D   | E   | F   | G       |

#### Symbol 3 - A / Odolnosť voči vode a ochranné vlastnosti

Tabuľka 46. Prezentácia výberu plastického maziva podľa typu prostredia variant A

| Okolité prostredie    | L | L | L | M | M | M | H | H | H | L-suché prostredie, M-statická vlhkosť, H -vypieranie vodou                              |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ochrana proti korózii | L | M | H | L | M | H | L | M | H | L-nechráni, M-chráni v destilovanej H <sub>2</sub> O, H-chráni v slanej H <sub>2</sub> O |
| Symbol 3              | A | B | C | D | E | F | G | H | I | poznámka: potom, ako je uvedené, symbol 3 znamená,                                       |

#### Symbol 3 - B / Slovná interpretácia odolnosti voči vode a ochranné vlastnosti

Tabuľka 47. Prezentácia výberu plastického maziva podľa typu prostredia variant B

| Symbol 3 | odolnosť voči vode          | odolnosť proti korózii                 |
|----------|-----------------------------|----------------------------------------|
| A        | vhodné pre suché prostredie | nechráni                               |
| B        | vhodné pre suché prostredie | chráni v prítomnosti destilovanej vody |

|          |                             |                                        |
|----------|-----------------------------|----------------------------------------|
| <b>C</b> | vhodné pre suché prostredie | chráni v prítomnosti slanej vody       |
| <b>D</b> | odoláva statickej vlhkosti  | nechráni                               |
| <b>E</b> | odoláva statickej vlhkosti  | chráni v prítomnosti destilovanej vody |
| <b>F</b> | odoláva statickej vlhkosti  | chráni v prítomnosti slanej vody       |
| <b>G</b> | odoláva vypieraniu vody     | nechráni                               |
| <b>H</b> | odoláva vypieraniu vody     | chráni v prítomnosti destilovanej vody |
| <b>I</b> | odoláva vypieraniu vody     | chráni v prítomnosti slanej vody       |

#### Symbol 4 - Vysokotlakové vlastnosti

Tabuľka 48. Označenie EP vlastností

|                 |                                                                                                                          |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Symbol 4</b> | vysokotlakové vlastnosti                                                                                                 |
| <b>A</b>        | nemá zlepšené                                                                                                            |
| <b>B</b>        | má tzv. "EP vlastnosti", zvýšenú ochrannú schopnosť proti zadieraniu kovových klzných plôch pri pôsobení vysokých tlakov |

#### Symbol 5 - Označenie konzistencie (tekutosti) maziva sa používa NLGI stupnica

Tabuľka 49. Zatriedenie penetrácie podľa LGI triedy

| Penetrácia podľa STN 65 6307 v $10^{-1}$ mm | Klasifikačný stupeň NLGI | Staršie slovné vyjadrenie konzistencie |
|---------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|
| 445 – 475                                   | 000                      | Tekutá                                 |
| 400 – 430                                   | 00                       | Polotekutá                             |
| 355 – 385                                   | 0                        | veľmi mäkká                            |
| 310 – 340                                   | 1                        | Mäkká                                  |
| 265 – 295                                   | 2                        | Polomäkká                              |
| 220 – 250                                   | 3                        | Stredná                                |
| 175 – 205                                   | 4                        | Polotuhá                               |
| 130 – 160                                   | 5                        | Tuhá                                   |
| 85 – 115                                    | 6                        | veľmi tuhá                             |

#### 5.3.11 Označovanie plastických mazív podľa DIN 51 502

Tabuľka 50. Základné písmena vyjadrujúce určenie maziva

| Označenie | Určenie plastického maziva                                                      |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>K</b>  | Plastické maziva pre valivé a klzné ložiská a pre klzné plochy podľa DIN 51 825 |
| <b>G</b>  | Plastické maziva pre uzavreté prevodovky podľa DIN 51 826                       |
| <b>OG</b> | Plastické maziva pre otvorené prevody a ozubení (prilnavé, bez asfaltu)         |
| <b>M</b>  | Plastické maziva pre klzné uloženia a pre utesnenie                             |

Tabuľka 51. Doplnujúce písmena vyjadrujúce látky obsiahnuté v mazive

| Označenie | Látky obsiahnuté v plastickom mazive             |
|-----------|--------------------------------------------------|
| <b>F</b>  | Prísady tuhého maziva ( $\text{MOS}_2$ , grafit) |
| <b>E</b>  | Estery                                           |
| <b>FK</b> | Fluorované uhl'ovodíky                           |
| <b>PG</b> | Polyglykoly                                      |
| <b>SI</b> | Silikóny                                         |
| <b>P</b>  | Vysokotlakové syntetické prísady                 |



Tabuľka 52. Dopĺňujúce písmena vyjadrujúce najvyššiu pracovnú teplotu

| Označenie | Najvyššia<br>pracovná teplota<br>(°C) | Odolnosť voči vode podľa DIN 51 807,<br>časť 1<br>stupeň zhodnotenia pri skúšobnej teplote |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| C         | +60                                   | 0-40 alebo 1-40                                                                            |
| D         | +60                                   | 2-40 alebo 3-40                                                                            |
| E         | +80                                   | 0-40 alebo 1-40                                                                            |
| F         | +80                                   | 2-40 alebo 3-40                                                                            |
| G         | +100                                  | 0-90 alebo 1-90                                                                            |
| H         | +100                                  | 2-90 alebo 3-90                                                                            |
| K         | +120                                  | 0-90 alebo 1-90                                                                            |
| M         | +120                                  | 2-90 alebo 3-90                                                                            |
| N         | +140                                  | podľa dohody                                                                               |
| P         | +160                                  | podľa dohody                                                                               |
| R         | +180                                  | podľa dohody                                                                               |
| S         | +200                                  | podľa dohody                                                                               |
| T         | +220                                  | podľa dohody                                                                               |
| U         | nad 220                               | podľa dohody                                                                               |

Tabuľka 53. Schéma klasifikácie PM podľa ISO 6473/9, ISO-L-X CEGB 2

| Označenie |        |      | Pracovná teplota<br>[°C] |             | Odolnosť<br>voči<br>pôsobeniu<br>vody<br>a ochrana<br>proti korózií | Vysokotlakové<br>vlastnosti | Konzistencia<br>NLGI |
|-----------|--------|------|--------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Systému   | Triedy | Typu | min                      | Max         |                                                                     |                             |                      |
| ISO       | L      | X    | Symbol<br>1              | Symbol<br>2 | Symbol 3                                                            | Symbol 4                    | Číslo                |

### 5.3.12 Príčiny výpadkov a porúch valivých ložísk

#### Privysoká teplota:

- ✓ premazanie (nadbytočné mazanie),
- ✓ nedostatočné mazanie.

#### Veľká strata plastického maziva:

- ✓ nesprávne alebo poškodené
- ✓ vysoké teploty,
- ✓ zmiešanie plastických mazív, ktoré sa neznášajú.

#### Silné opotrebovanie:

- ✓ chyby pri montáži,
- ✓ nečistoty,
- ✓ privysoké zaťaženie ložiska,
- ✓ distribúcia plastického maziva,
- ✓ nesprávny výber ložiska,
- ✓ nesprávne plastické mazivo,
- ✓ tvorba zvyškov.

#### Opotrebovanie tesnení:

- ✓ vysoké teploty ložiska,
- ✓ neznášanlivosť s plastickým mazivom,
- ✓ premazanie (nadbytočné mazanie),

- ✓ nečistoty.

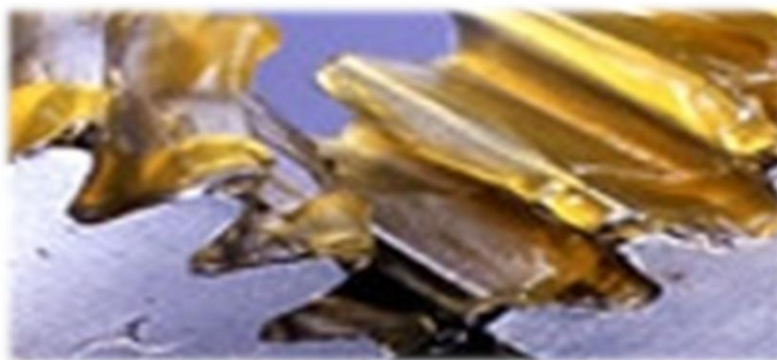
#### Hlučnosť ložísk:

- ✓ nesprávna vôľa ložísk,
- ✓ nečistoty alebo produkty starnutia maziva,
- ✓ chyby pri montáži,
- ✓ nesprávne plastické mazivo.

### 5.3.13 Podmienky výberu plastického maziva

Tabuľka 54. Patri k ISO výkladu. Výber plastického maziva

| Použité spevňovadlo | Základový olej      | Teplotná použiteľ. [°C] | Bod skvapnutia [°C] | Odolnosť voči vode | Aplikačné oblasti, typické vlastnosti, poznámky |
|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Na</b> -mydlo    | ropný               | .-20 až 100             | 140                 | neodoláva          | valivé ložiská, bežné podm.                     |
| <b>Ca</b> -mydlo    | ropný               | .-30 až 60              | 100                 | veľmi dobrá        | uloženia v kont. s vodou                        |
| <b>Al</b> -mydlo    | ropný               | .-20 až 70              |                     | dobrá              | mazanie podvozkov                               |
| <b>Li</b> -mydlo    | ropný               | .-30 až 130             | 190                 | dobrá              | Viacúčelové mazivá                              |
|                     | esterový            | .-60 až 140             | 200                 | dobrá              | špeciálne aplikácie                             |
|                     | polyglykol          | .-40 až 150             | 200                 | dobrá              | špeciálne mazivá                                |
|                     | silikónový          | .-60 až 170             | 200                 | veľmi dobrá        | špeciálne mazivá                                |
| <b>Na</b> -komplex  | ropný               | .-30 až 160             | 220                 | dobrá              | vysokoteplné PM                                 |
|                     | silikónový          | .-50 až 200             | 220                 | dobrá              | dlhoživotné a vysokotep. PM                     |
| <b>Ca</b> -komplex  | ropný               | .-20 až 130             | 200                 | dobrá              | pre vysoké teploty a zaťaženie                  |
| <b>Al</b> -komplex  | ropný               | .-30 až 150             | 230                 | dobrá              | pre vysoké teploty                              |
| <b>Li</b> -komplex  | ropný               | .-30 až 150             | 200                 | dobrá              | viacúčelové mazivá                              |
|                     | esterový            | .-50 až 150             | 200                 | dobrá              | viacúčelové mazivá                              |
| <b>Ba</b> -komplex  | ropný               | .-30 až 140             | 200                 | veľmi dobrá        | viacúčelové (vysoké t <sub>p</sub> )            |
|                     | esterový            | .-40 až 130             | 200                 | veľmi dobrá        | viacúčelové (vysoké teploty; nízke teploty)     |
| polymočovina        | ropný               | .-20 až 150             | 250                 | veľmi dobrá        | viacúčelové (vysoké t)                          |
|                     | polyfenylét         | .-5 až 200              | 250                 | veľmi dobrá        | vysokoteplné s dlhou životn.                    |
| bentonit            | ropný               | .-20 až 160             | nemá                | dobrá              | vysoké teploty, nízke otáčky                    |
|                     | esterový            | .-20 až 160             | nemá                | dobrá              | vysoké teploty                                  |
| polymery (PTFE, PE) | silikónový perfluor | .-50 až 200             | nemá                | veľmi dobrá        | vysokoteplné PM s dlhou životnosťou             |
|                     | alkyléter           | .-40 až 250             | -                   | veľmi dobrá        | najvyššie teploty, dlhoživotné                  |



Obrázok 57.,. Ilustračný obrázok konzistencie plastických mazív [14]

## 6. TRIBODIAGNOSTIKA MOTOROVÝCH OLEJOV

### 6.1 Tribodiagnostika motorových olejov špeciálnej techniky

#### 6.1.1 Degradácia motorových olejov typu Shell a ÖMV v prevádzke vozidiel Tatra 815

##### Úvod

V súčasnosti sú motorové oleje technologicky veľmi zložité výrobky s množstvom parametrov, ktoré musia plniť v rôznych podmienkach zaťaženia. Vyrábajú sa z ropných a syntetických základových olejov alebo ich zmesí. Ich vzrastajúce kvalitatívne parametre majú vplyv tak na stabilitu, výkonnosť, ako i na relatívne predlžovanie normy životnosti. V neposlednom rade sú na ne kladené čoraz vyššie požiadavky z pohľadu emisného zaťaženia. Sú modifikované komplexom prísad k požadovaným vlastnostiam. V motore plnia celý rad dôležitých funkcií v rôznych podmienkach. Preto musia spĺňať komplex funkcií, a to ako v kludovom, tak i v prevádzkovom stave. A práve prevádzka je jedným z rozhodujúcich činiteľov na ich degradáciu v priebehu normy životnosti. Je zrejmé, že nároky na kvalitu motorového oleja sú skutočne vysoké. Nie je teda žiaduce výber motorového oleja podceňiť. Jeho odporúčanú charakteristiku pre motor uvádza výrobca vozidla v servisnej a obslužnej dokumentácii. Pre výber motorového oleja z hľadiska koncového užívateľa sú dôležité najmä dve charakteristiky a to viskozitná a výkonnostná špecifikácia. Úlohou motorového oleja je zabezpečovať dokonalé mazanie pracovných plôch, znižovať opotrebenie styčných plôch, slúžiť ako tesniaci materiál medzi pracovnými plochami, zabezpečovať odvod tepla, čistotu pracovných plôch, chrániť pred koróziou - konzerváciou častí motora, sprostredkovať prenos energie, pôsobiť ako zvukový izolátor, atď. Na plnenie požadovaných funkcií si musia motorové oleje zachovávať čo najdlhšie pôvodné vlastnosti (*hlavne stálosť pri oxidačných a termooxidačných procesoch vysokých teplôt, tlakov, vlhkosti, svetla, žiarenia atď. za súčasného katalytického pôsobenia rôznych kovov*). Čiže v záujme zabezpečenia spoľahlivého mazania motorov je potrebné, aby motorový olej spĺňal požadované vlastnosti, ako napríklad:

- ✓ správnu (*optimálnu*) viskozitu pri nízkych, pracovných a vysokých teplotách, najmä dobrú štartovateľnosť,
- ✓ dobrú mazivosť pri rôznych podmienkach trenia,
- ✓ oxidačnú stálosť,
- ✓ detergentné a dispergačné vlastnosti,
- ✓ znášateľnosť - neagresivitu voči materiálom motora (*najmä tesneniam a spojovacím potrubiam*),
- ✓ ďalšie doplnkové vlastnosti (*napr. antistatické, protipenivostné a i.*),
- ✓ miešateľnosť s inými olejmi,
- ✓ dobrá tepelná a oxidačná stálosť proti nedokonale spaľeným látkam paliva a znemožnenie tvorenia usadenín,
- ✓ pri spaľovaní zanechať čo najmenej zvyškov,
- ✓ minimálny negatívny vplyv na životné prostredie a na organické materiály,
- ✓ obmedzené negatívne účinky na zdravie,
- ✓ schopnosť odvádzať teplo vznikajúce chodom motora,
- ✓ neutralizovať kyslé korozívne splodiny paliva,
- ✓ čo najmenšia odparivosť a straty pri prevádzke,
- ✓ konzervovanie častí stojaceho motora,
- ✓ optimálnu životnosť.

Význam kontrol motorového oleja spočíva v stanovení veľkosti degradácie motorových olejov, pretože nadmerné znečistenie býva častou príčinou zvýšeného opotrebovania

kontaktných plôch, alebo reťazení porúch, vyplývajúcich z nadmerného opotrebovania a vo vyvodení záverov potrebných na ďalšiu prevádzku vozidiel. Prínosy súvisiace s proaktívnou kontrolou motorových olejov sú značné. V minulosti existovalo veľa mylných predstáv týkajúcich sa vplyvu znečistenia na životnosť motorov. Z diagnostických štúdií prevádzok techniky možno vyvodiť záver, že znečistenie mazacích olejov je hlavnou príčinou opotrebovania motora, čo spôsobuje následnú reťazovú reakciu ďalších porúch, poškodení a havárií. Veľké lokálne zaťaženia súvisiace s opotrebovaním kontaktných plôch pri motoroch majú za následok zmenu kvality povrchu materiálu. [1, 2,3]

Proaktívna údržba sa v súčasnosti chápe ako dôležitý nástroj na odstránenie zlyhaní motorov a na predĺženie ich životnosti. Kontrola znečistenia prevádzkových náplní je základnou technikou pri implementácii proaktívnej údržby. Tento monitoring je akousi prvou ochranou pred mechanickým zlyhaním, pričom najčastejšie sa využíva meranie kinematickej viskozity, prítomnosť arómatov, stupeň znečistenia a bod vzplanutia. Do budúcnosti sa očakáva, že motory budú vybavené zabudovanými snímačmi znečistenia oleja, čo umožní proaktívnu údržbu a riadenie stavu motora v reálnom čase.

### Hodnotenia motorových olejov

Zameranie kontroly a vyhodnotenia je diagnostikovať stav motorových olejov typu Shell-15W/40 a ÖMV-15W/40 v prevádzkovaných vozidlách Tatra 815. Obsahom je stanovenie veľkosti degradácie motorových olejov a stanovenie hranice zamedzujúcej zvýšené opotrebovanie kontaktných plôch alebo reťazenie porúch vyplývajúcich z nadmerného opotrebovania a vyvodenie záverov potrebných na ďalšiu prevádzku vozidiel.

### Cieľ

Cieľom bolo vykonať kontrolu a posúdenie parametrov motorových olejov uvedených v tabuľke:

*Tabuľka 55. Posudzované vlastnosti motorových olejov*

| P.č. | Vlastnosť                    | Jednotka                         |
|------|------------------------------|----------------------------------|
| 1    | Vzhľad                       | -                                |
| 2    | Hustota pri 15 °C            | kg.m <sup>-3</sup>               |
| 3    | Kinematická viskozita 100 °C | mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> |
| 3    | Kinematická viskozita 40 °C  | mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> |
| 4    | Korózia na Cu, 3h/100 °C     | -                                |
| 5    | TBN                          | mg KOH/g                         |
| 6    | Bod vzplanutia v OT          | °C                               |
| 7    | CCT                          | w/w%                             |
| 8    | Bod tečenia                  | °C                               |
| 9    | Obsah sadzí C                | A/cm                             |
| 10   | Oxidačné produkty            | A/cm                             |
| 11   | Nitračné produkty            | A/cm                             |
| 12   | Sulfatačné produkty          | A/cm                             |
| 13   | Obsah nafty, glykolu         | %                                |
| 14   | Obsah vody                   | -                                |
| 15   | Obsah antioxidantu           | %                                |
| 16   | Obsah arómatov               | %                                |

## Stanovenie kritérií hodnotenia motorových olejov

Sledované vlastností motorových olejov:

- **kinematická viskozita** - je primárna a základná vlastnosť týkajúca sa použiteľnosti motorového oleja v motore vozidla. Motorový olej je vyhovujúci len v rozmedzí viskozity  $\pm 20\%$  od hodnoty referenčnej vzorky a údajov výrobcu motorového oleja,

- **bod vzplanutia** - základný parameter, ktorého hodnota má význam na posúdenie mazania piestných krúžkov najmä vo výfukovej fáze. Motorový olej je nevyhovujúci, ak bod vzplanutia klesne vo vznetrovom motore pod hranicu  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,

- **TBN** - parameter, ktorý slúži na posúdenie schopnosti rozptylovať kyslé kaly, jeho stav vyjadruje tiež životnosť motorového oleja. Nepovolí prevádzku motorového oleja, keď sa hodnota TBN zníži o viac ako  $50\%$ , ktorý slúži na posúdenie hodnoty referenčnej vzorky a údajov výrobcu motorového oleja,

- **TAN** - parameter, ktorý slúži na posudzovanie hodnoty kyslosti. V motorových olejoch je možné očakávať hodnoty (ak ide o nový olej) okolo  $1\text{ až }1,5\text{ mg KOH.g}^{-1}$  a TAN by sa nemalo zmeniť o viac než  $2\text{ mg KOH.g}^{-1}$ ,

- **prvky opotrebovania** - meria sa koncentrácia (denzita) prvkov, na posúdenie stavu opotrebovania pracovných plôch. Posudzovanie prvkov opotrebovania vykonávať štatistickým pozorovaním a porovnávaním hodnôt u rovnakých typov motorov so zameraním sa na hodnoty v súlade s normou ISO 14830,

- **celkové znečistenie** - sleduje sa na posúdenie množstva pevných častíc v motorovom oleji. Posudzovanie celkového znečistenia sa vykonáva v súlade s normou ISO 14830 so zameraním na odjazdené kilometre a odpracované motohodiny, nepovolí prevádzku pri veľmi vysokom znečistení, hodnotiť podľa triedy čistoty,

- **vzhľad** - porovnáva sa čírosť, lesk, pach a zákal. Podľa vlastnej metodiky (praktické skúsenosti a odborné znalosti), stanoviť stupeň VYHOVUJE alebo NEVYHOVUJE,

- **obsah antioxidantov** - jeho vypovedacia hodnota je najmä o životnosti a penivosti. Motorový olej je nevyhovujúci, keď sa hodnota obsahu antioxidantov zníži o viac ako  $50\%$  hodnoty referenčnej vzorky a údajov výrobcu motorového oleja,

- **obsah vody** - má vplyv najmä na koróziu a penenie. Motorový olej je nevyhovujúci, keď sa hodnota obsahu vody zvýši na viac ako  $0,5\%$  objemu,

- **obsah arómatov** - ovplyvňuje vznik a tvorbu karbonizačných povlakov a vrstiev pracovných častí motora. Motorový olej je nevyhovujúci, keď sa hodnota obsahu arómatov zvýši o viac ako  $200\%$  hodnoty referenčnej vzorky a údajov výrobcu motorového oleja,

- **výmenný interval** - je stredná hodnota životnosti odporúčaná výrobcom. Motorové oleje typu Shell a ÖMV majú životnosť odporúčanú na  $30\,000\text{ km}$  alebo  $2\text{ roky}$ . Motorový olej je nevyhovujúci, keď je jeho vek alebo počet najjazdených km nad interval použitia.

## **Základné údaje o vozidlách**

### **T 815 ML 270 R84, 8x8.2/261, Multilift MK IV.**

Typ použitého motorového oleja: OMV - SAE: 15W/40. Výmenný interval motorového oleja: 30 000 km, spotreba PH: 12 000 l, odpracovanie : 900 Mh alebo časový interval 2 roky.

V priebehu prevádzky boli do motora dopĺňované spotrebované množstvá oleja motorovým olejom Shell - SAE:15W/40.

- 1.) T 815 číslo - 127/09,  
čerpanie prevádzkových jednotiek z MON - 15 811 km od výroby/GO,  
na motorovom oleji najazdené 15 811 km.
- 2.) T 815 číslo - 126/09,  
čerpanie prevádzkových jednotiek z MON - 22 523 km od výroby/GO,  
na motorovom oleji najazdené 22 523 km.
- 3.) T 815 číslo - 129/09,  
čerpanie prevádzkových jednotiek z MON - 17 500 km od výroby/GO,  
na motorovom oleji najazdené 17 500 km.
- 4.) T 815 číslo - 128/09,  
čerpanie prevádzkových jednotiek z MON - 14 097 km od výroby/GO,  
na motorovom oleji najazdené 14 097 km.

### **T 815 VVN 260 R84, 8x8.1/269, Valník.**

Typ použitého motorového oleja: Shell - SAE:15W/40. Výmenný interval motorového oleja: 30 000 km, spotreba PH: 12 000 l, odpracovanie : 900 Mh alebo časový interval 2 roky. V priebehu prevádzky boli do motora dopĺňované spotrebované množstvá motorovým olejom Shell - SAE:15W/40.

- 5.) T 815 číslo – 122/09,  
čerpanie prevádzkových jednotiek z MON - 27 025 km od výroby/GO,  
na motorovom oleji najazdené 27 025 km.



*Obrázok 58. T 815 VVN 260 R84, 8x8*



*Obrázok 59. T 815 ML 270 R84, 8x8*



## Výsledky meraní

V tabuľkách číslo 1 a 2 sú vyjadrené namerané hodnoty jednotlivých vzoriek motorových olejov.

Tabuľka 56. Výsledky vybraných diagnostikovaných hodnôt MO Shell

| p.č.                 | vlastnosť                         | jednotka                         | referenčná vzorka | vozidlo 122/09 |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------|
| meraný motorový olej |                                   |                                  | SHELL             | SHELL          |
|                      |                                   |                                  | 15W/40            | 15W/40         |
| 1                    | FTIR, (400-4000) cm <sup>-1</sup> | cm <sup>-1</sup>                 | záznam            | záznam         |
| 2                    | Vzhľad                            | -                                | vyhovuje          | vyhovuje       |
| 3                    | Hustota pri 15 °C                 | kg.m <sup>-3</sup>               | 884,2             | 885,8          |
| 4                    | Kinematická viskozita 100 °C      | mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> | 14,59             | 11,64          |
|                      | Kinematická viskozita 40 °C       | mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> | 105,8             | 85,83          |
| 5                    | Korózia na Cu, 3h/100 °C          | -                                | 1b                | 1b             |
| 6                    | TBN                               | mg KOH/g                         | 8,8               | 9,4            |
| 7                    | Bod vzplanutia v OT               | °C                               | 236               | 232            |
| 8                    | CCT                               | w/w%                             | 1,14              | 1,29           |
| 9                    | Bod tečenia                       | °C                               | -33               | -33            |
| 10                   | Olejový analyzátor                |                                  |                   |                |
|                      | Obsah sadzí C                     | A/cm                             | 0                 | 7,9            |
|                      | Oxidačné produkty                 | A/cm                             | 0                 | 5,8            |
|                      | Nitračné produkty                 | A/cm                             | 0                 | 4,9            |
|                      | Sulfatačné produkty               | A/cm                             | 0                 | 0              |
|                      | Obsah nafty, glykolu              | %                                | 0                 | 0              |
|                      | Obsah vody                        | -                                | 0                 | 0              |
|                      | Obsah antioxidantu                | %                                | 100               | 87             |
|                      | Obsah arómatov                    | %                                | 100               | 188            |

Tabuľka 57. Výsledky vybraných diagnostikovaných hodnôt MO ÖMV

| p.č.                 | vlastnosť                         | jednotka                         | vozidlo 126/09 | vozidlo 127/09 | vozidlo 128/09 | vozidlo 129/09 |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| meraný motorový olej |                                   |                                  | ÖMV            | ÖMV            | ÖMV            | ÖMV            |
|                      |                                   |                                  | 15W/40         | 15W/40         | 15W/40         | 15W/40         |
| 1                    | FTIR, (400-4000) cm <sup>-1</sup> | cm <sup>-1</sup>                 | záznam         | záznam         | záznam         | záznam         |
| 2                    | Vzhľad                            | -                                | vyhovuje       | vyhovuje       | vyhovuje       | vyhovuje       |
| 3                    | Hustota pri 15 °C                 | kg.m <sup>-3</sup>               | 888,8          | 885,8          | 885,8          | 887,2          |
| 4                    | Kinematická viskozita 100 °C      | mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> | 11,06          | 10,62          | 10,47          | 10,59          |
|                      | Kinematická viskozita 40 °C       | mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> | 80,37          | 75,03          | 74,82          | 76,13          |
| 5                    | Korózia na Cu, 3h/100 °C          | -                                | 1b             | 1b             | 1b             | 1b             |
| 6                    | TBN                               | mg KOH/g                         | 8,0            | 9,3            | 9,3            | 9,1            |
| 7                    | Bod vzplanutia v OT               | °C                               | 234            | 230            | 226            | 228            |
| 8                    | CCT                               | w/w%                             | 1,66           | 1,51           | 1,44           | 1,55           |
| 9                    | Bod tečenia                       | °C                               | -36            | -36            | -36            | -36            |
| 10                   | Olejový analyzátor                |                                  |                |                |                |                |
|                      | Obsah sadzí C                     | A/cm                             | 24,6           | 23,8           | 15,1           | 28,6           |
|                      | Oxidačné produkty                 | A/cm                             | 9,2            | 12,7           | 8,8            | 11,8           |
|                      | Nitračné produkty                 | A/cm                             | 8,7            | 7,9            | 5,8            | 8,3            |
|                      | Sulfatačné produkty               | A/cm                             | 0              | 0              | 0              | 0              |
|                      | Obsah nafty, glykolu              | %                                | 0              | 0              | 0              | 0              |
|                      | Obsah vody                        | -                                | prítomná       | prítomná       | prítomná       | prítomná       |
|                      | Obsah antioxidantu                | %                                | 53             | 75             | 66             | 65             |
|                      | Obsah arómatov                    | %                                | 294            | 254            | 285            | 344            |

## Záver

Jednotlivé odbery vzoriek motorových olejov boli vykonané u prevádzkovateľa špeciálnej techniky a meranie výsledkov bolo uskutočnené v tribotechnickom laboratóriu Metrologického a skúšobného ústavu v Žiline.

Použité vzorky motorových olejov zodpovedajú príslušnej špecifikácii olejov, ktoré sa majú používať v technike. Výsledky všetkých vzoriek použitého oleja pri meraní kinematickej viskozity sú na hraničnej hodnote vyhovujúcich hodnôt. **Olej je v každej technike dlhšie ako dva roky, t.j. interval, kedy výrobca stanovil časovú výmenu motorového oleja. Obsah antioxidantov v technike číslo 126/09 je na hraničnej hodnote s označením vyhovujúce hodnoty. Obsah arómatov v technike číslo 129/09 je za hraničnou hodnotou vyhovujúceho parametra. Obsah arómatov v technike číslo 126/09 a 128/09 je tesne pred hranicou vyhovujúcej hodnoty.** Vo všetkých vzorkách bola zistená prítomnosť vody, ktorá je v tolerancii vyhovujúcich výsledkov a neprekračuje hranicu viac ako 0,5 % objemu vody hodnoty referenčnej vzorky.

**Na základe uvedených výsledkov je nutné vykonať výmenu motorového oleja v sledovanej technike s týmito číslami: 122/09; 126/09; 127/09; 128/09; 129/09.**

V prípade ostatnej nesledovanej techniky treba vykonať kontrolu so zameraním na:

- ✓ vedenie prevádzkovej dokumentácie vozidiel a jej správneho a pravdivého vyplňovania, vykonať porovnanie údajov o uskutočnenej výmene motorového oleja,
- ✓ kontrolu vykonávania servisného ošetrovania so zameraním na dodržiavanie počtu najazdených km (km, Mh) a časových výmenných intervalov motorových olejov,
- ✓ vykonať školenie funkcionárov zodpovedných za prevádzku vozidiel so zameraním na vedenie prevádzkovej dokumentácie a vykonávanie servisných ošetrovaní,
- ✓ pri zavádzaní techniky v priebehu skúšok doplniť do techniky len motorové oleje zavedené v rezorte na základe špecifikácie od výrobcu techniky,
- ✓ v skladovom hospodárstve PHM je nutné zaoberať sa problematikou týkajúcou sa prekročených časových limitov životnosti skladovaného motorového oleja, aby neprichádzalo ku škodovým haváriám motorov.

### 6.1.2 Vplyv degradačných činiteľov na motorové oleje špeciálnej techniky



Obrázok 60. BVP 1, 2

**Cieľom bolo vykonať kontrolu a posúdenie parametrov motorových olejov uvedených v tabuľke:**

*Tabuľka 58. Vybrané vlastnosti motorového oleja*

| P.č. | Vlastnosť                    | Jednotka                         |
|------|------------------------------|----------------------------------|
| 1    | Vzhľad                       | -                                |
| 2    | Hustota pri 15 °C            | kg.m <sup>-3</sup>               |
| 3    | Kinematická viskozita 100 °C | mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> |
|      | Kinematická viskozita 40 °C  | mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> |
| 4    | Korózia na Cu, 3h/100 °C     | -                                |
| 5    | TBN                          | mg KOH/g                         |
| 6    | Bod vzplanutia v OT          | °C                               |
| 7    | CCT                          | w/w%                             |
| 8    | Bod tečenia                  | °C                               |
| 9    | Obsah sadzí C                | A/cm                             |
| 10   | Oxidačné produkty            | A/cm                             |
| 11   | Nitračné produkty            | A/cm                             |
| 12   | Sulfatačné produkty          | A/cm                             |
| 13   | Obsah nafty, glykolu         | %                                |
| 14   | Obsah vody                   | -                                |
| 15   | Obsah antioxidantu           | %                                |
| 16   | Obsah arómatov               | %                                |

### **Základné údaje o bojových vozidlách pechoty, typ-1 a 2**

*Tabuľka 59. Vybrané parametre špeciálnej techniky*

| Údaje o vozidle                        |                                                          |                                                          |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Typ vozidla                            | pásové, obrnené, obojživelné                             | pásové, obrnené, obojživelné                             |
| Značka                                 | BVP 1                                                    | BVP - 2                                                  |
| Hmotnosť vozidla v bojovej pohotovosti | 13,1 + 2% t                                              | 14,7 + 2% t                                              |
| Motor                                  | 6- valec, 4 - dobý, vznetový, s priamym vstrekom paliva, | 6- valec, 4 - dobý, vznetový, s priamym vstrekom paliva, |
| Značka                                 | UTD - 20                                                 | UTD - 20                                                 |
| Max. výkon                             | 220, 65 kW (300) pri 2600 ot./min.                       | 220, 65 kW (300) pri 2600 ot./min.                       |
| Max. moment sily                       | 960 N.m, pri 1500-1600 ot./min.                          | 960 N.m, pri 1500-1600 ot./min.                          |
| Počet valcov                           | 6                                                        | 6                                                        |
| Usporiadanie valcov                    | do V pod uhlom 120°                                      | do V pod uhlom 120°                                      |
| Objem valcov                           | 15, 9 dm <sup>3</sup>                                    | 15, 9 dm <sup>3</sup>                                    |
| Mazivo                                 | M6W/20D, M7AD<br>SAE 30                                  | M6W/20D, M7AD<br>SAE 30                                  |
| Palivo                                 | F 54                                                     | F 54                                                     |

### **Prevádzkové činitele**

Samozrejme, že na použiteľnosť mazív má značný vplyv prevádzkový činiteľ. Preto pri diagnostike mazív je možné mazivá ponechať v sústavách i dlhší čas, ako je medziošetrovacía norma vozidla, pri zachovaní normy životnosti maziva stanovenej výrobcom maziva. Tu sa môžu dosiahnuť značné prevádzkové úspory. Možno konštatovať, že správnou organizáciou kvality tribologickej služby v subjekte možno v ekonomike prevádzky dosiahnuť značné úspory.

Prevádzka vozidiel prebiehala v zmiešanom type, na tvrdom a málo únosnom podklade, práca motora počas státia vozidla, nízky priebeh kilometrov.



## Základné údaje o používanom motorovom oleji

Tabuľka 60. VOJENSKÁ ŠPECIFIKÁCIA, MSU-27.1/L, Motorový olej SAE-30, API-F4

|                               |                                                                     |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Súvisiaci kód NATO            | O - 238                                                             |
| Národná vojenská špecifikácia | MSU-27.1/L                                                          |
| Používateľ                    | OS SR                                                               |
| Súvisiace normy               | MIL-PRF-2104 G, DEF STAN 91-43,<br>DEF STAN 91-113, DCSEA 214 /B, C |

Tabuľka 61. Špecifikácia vybraných vlastností podľa MSU-27.1/L

| Charakteristika |                                                                                    |                    | Limit /         | Metóda                       |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|
| číslo           | Vybrané vlastnosti                                                                 | jednotky           | O-238<br>SAE 30 | Norma                        |
| 1.01            | Vzhľad                                                                             | –                  | vyhovuje        | bez nečistôt                 |
| 1.02            | Hustota pri 15°C                                                                   | kg/m <sup>3</sup>  | záznam          | ISO 12185<br>ASTM D 1298     |
| 1.03.1          | Kinematická viskozita pri 100°C                                                    | mm <sup>2</sup> /s | 9,3-12,5        | EN ISO 3104                  |
| 1.03.2          | Kinematická viskozita pri 40°C                                                     | mm <sup>2</sup> /s | záznam          | ASTM D 445                   |
| 1.04            | Viskozitný index                                                                   | –                  | záznam          | ASTM D 2270<br>ISO 2909      |
| 1.05.1          | Dynamická viskozita pri 150°C,<br>šmyková rýchlosť 10 <sup>6</sup> s <sup>-1</sup> | Pa.s               | záznam          | CEC-L-36A-90<br>CEC-L-07A-85 |
| 1.06            | Čerpaťnosť pri viskozite<br>60 000 mPa.s                                           | °C                 | –               | ASTM D 4684                  |
| 1.07            | Bod tečenia                                                                        | °C                 | max. -18        | ASTM D 97<br>ISO 3016        |
| 1.08            | Stabilný bod tečenia, cyklus C                                                     | °C                 | –               | FTM 791B/203                 |
| 1.09            | Bod vzplanutia OT                                                                  | °C                 | min. 220        | ISO 2592<br>ASTM D 92        |



Obrázok 61. BVP 1



Obrázok 62. BVP 2

Tabuľka 62. Špecifikácia vybraných vlastností podľa MSU-27.1/L

| Charakteristika |                                             |             | Limit /         | Metóda                 |
|-----------------|---------------------------------------------|-------------|-----------------|------------------------|
| číslo           | Vlastnosť                                   | jednotky    | O-238<br>SAE 30 | Norma                  |
| 1.11            | Korózia na medi, 3h pri 100°C               | povlak      | max. 1          | ISO 2160<br>ASTM D 130 |
| 1.12            | Kyslosť TAN                                 | mg<br>KOH/g | záznam          | ASTM D664              |
| 1.13            | Alkalita TBN                                | mg<br>KOH/g | záznam          | ASTM D 2896            |
| 1.14            | Penivosť / stabilita po 10 min.             | mL/mL       |                 |                        |
| 1.14.1          | Pri 25°C                                    | mL/mL       | max.<br>10/0    | ASTM D 892             |
| 1.14.2          | Pri 95°C                                    | mL/mL       | max.<br>50/0    |                        |
| 1.14.3          | Pri 25°C po ochladení z 95°C                | mL/mL       | max.<br>10/0    |                        |
| 1.15            | Obsah popola                                | % m/m       | záznam          | ISO 6245               |
| 1.20            | Kompatibilita s elastomérmi typu fluoro RE1 |             | ACEA<br>E3      | CEC-L-39-T-87          |

Tabuľka 63. Špecifikácia vybraných vlastností M6W/20D podľa S PHM 21-2

| P.č. | Fyzikálno-chemické vlastnosti                                       | M6W/20D  | Norma                          |
|------|---------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------|
| 1    | Kinematická viskozita pri 100°C [mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ] | 17 až 22 | EU STN 656216                  |
| 2    | Kinematická viskozita pri 50°C [mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]  | 95       | EU STN 656216                  |
| 3    | Bod vzplanutia OT, podľa Clevelanda, °C najmenej                    | 210      | EU STN 656212                  |
| 4    | Bod tuhnutia, °C najviac                                            | -30      | EU STN 656072                  |
| 5    | TBN v mm KOH.g <sup>-1</sup>                                        | 9,5      | EU STN 656069                  |
| 6    | Popol v hm. %, najmenej, informatívne                               | 1,2      | EU STN 656063                  |
| 7    | Conradsonov karbonizačný zvyšok, mínus popol v hmj.%, najviac       | 1,6      | EU STN 656210<br>EU STN 656263 |
| 8    | Hustota pri 20 °C, kg.m <sup>-3</sup> , informatívne                | 850      | EU STN 656010                  |

### Stanovenie kritérií hodnotenia motorových olejov

Stanovenie vybraných vlastností, ktoré majú zásadný vplyv na použiteľnosť motorového oleja v prevádzke vplyvom degradačných činiteľov je obdobné, ako u T-815.

**- výmenný interval** - je stredná hodnota životnosti odporúčaná výrobcom. Motorové oleje typu M6W/20D a M7AD, SAE 30 majú životnosť odporúčanú na 8 000 km alebo 5 rokov. Motorový olej je nevyhovujúci, ak jeho vek alebo priebeh km presahuje interval použitia.



## Zhrnutie výsledkov meraní

Tabuľka 64. Výsledky vybraných diagnostikovaných hodnôt M6W/20D, M7AD-O 238, SAE 30, API-F4

| p.č.                 | vlastnosť                         | jednotka                         | Vozidlo 1<br>VPV              | Vozidlo 2<br>BVP-1         | Vozidlo 3<br>BVP-2 | Vozidlo 4<br>BVP-2 |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| meraný motorový olej |                                   |                                  | M6W/20<br>D<br>dopl. O<br>238 | M6W/20<br>D dopl. O<br>238 | O 238              | O 238              |
|                      |                                   |                                  | SAE 30                        | SAE 30                     | SAE 30             | SAE 30             |
| 1                    | FTIR, (400-4000) cm <sup>-1</sup> | cm <sup>-1</sup>                 | záznam                        | záznam                     | záznam             | záznam             |
| 2                    | Vzhľad                            | -                                | vyhovuje                      | vyhovuje                   | vyhovuje           | vyhovuje           |
| 3                    | Hustota pri 15 °C                 | kg.m <sup>-3</sup>               | 851,2                         | 850,6                      | 852,1              | 849,7              |
| 4                    | Kinematická viskozita 100 °C      | mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> | 17,06                         | 18,62                      | 10,47              | 10,59              |
|                      | Kinematická viskozita 40 °C       | mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> | 101,01                        | 100,99                     | 89,82              | 90,13              |
| 5                    | Korózia na Cu, 3h/100 °C          | -                                | 1b                            | 1b                         | 1b                 | 1b                 |
| 6                    | TBN                               | mg<br>KOH/g                      | 8,0                           | 9,3                        | 9,3                | 9,1                |
| 7                    | Bod vzplanutia v OT               | °C                               | 200                           | 199                        | 206                | 208                |
| 9                    | Bod tuhnutia, najviac             | °C                               | -27                           | -29                        | -30                | -28                |
| 10                   | Olejový analyzátor                |                                  |                               |                            |                    |                    |
|                      | Obsah sadzí C                     | A/cm                             | 44,6                          | 43,8                       | 35,1               | 38,6               |
|                      | Oxidačné produkty                 | A/cm                             | 19,2                          | 15,7                       | 11,8               | 12,8               |
|                      | Nitračné produkty                 | A/cm                             | 10,7                          | 12,9                       | 9,8                | 9,3                |
|                      | Sulfatačné produkty               | A/cm                             | 0                             | 0                          | 0                  | 0                  |
|                      | Obsah nafty, glykolu              | %                                | 0                             | 0                          | 0                  | 0                  |
|                      | Obsah vody                        | -                                | prítomná                      | prítomná                   | prítomná           | prítomná           |
|                      | Obsah antioxidantu                | %                                | 69                            | 70                         | 84                 | 85                 |
|                      | Obsah arómatov                    | %                                | 194                           | 154                        | 185                | 144                |

## Záver

Jednotlivé odbery vzoriek motorových olejov boli vykonané u prevádzkovateľa špeciálnej techniky a meranie výsledkov bolo uskutočnené v tribotechnickom laboratóriu metrologického a skúšobného ústavu. Použité vzorky motorových olejov zodpovedajú príslušnej špecifikácii olejov, ktoré sa majú používať v technike. Spotreba motorového oleja motorov UTD 20, vozidiel BVP sa pohybuje v rozptyle 4 až 8 litrov/100 km, podľa typu prevádzky a ich rozjazdenosti do SO, alebo GO. Vzhľadom k tejto špecifickej spotrebe motorového oleja v motoroch je z výsledkov meraní zrejmé, že vozidlá boli prevádzkované v súlade s ich takticko-technickými parametrami a technický stav motorov bol v súlade s parametrami uvádzanými výrobcom. Rozjazdenosť vozidiel č.1 až 4 (č.1-VPV, č.2-BVP 1, č.3-BVP 2, .4-BVP 2) do strednej opravy bola v rozmedzí 2 000 až 4 000 km. Vzhľadom na tieto skutočnosti sa oleje neustále počas dopĺňovania novým motorovým olejom vylepšovali. To znamená, že sa jeho parametre degradovali veľmi pozvoľne a jeho výmenu je možné očakávať až po naplnení medziopravej normy do strednej opravy. Preto je nutné sledovať hlavne jeho časovú normu životnosti motorových olejov a to najmä u techniky bez prevádzky v tzv. uložení. V prevádzkových vozidlách vykonávať tribodiagnostický rozbor pri každom technickom ošetrovaní.



## 6.2 Tribodiagnostika a degradácia motorových olejov v charakteristických typoch prevádzky.

- a.) Mestský cyklus = „GO-STOP“.
- b.) Štandardná prevádzka s premenlivým typom.
- c.) Prevádzka počas dlhých jazd.

a) Mestský cyklus alebo prevádzka typu „GO-STOP“: Sú tým myslené krátke jazdy s tzv. studeným motorom, t.j. teplota chladiacej kvapaliny do 70°C, teplota motorového oleja do 60° až 70°C, čas jazdy približne okolo 20 minút. Podobný charakter môže mať i krátkodobé preštartovanie motorov techniky, jazda v teréne, jazda s maximálnou záťažou vozidla nákladom, prípadne jazda v zimných podmienkach.



Obrázok 65. Mesto



Obrázok 66. Maximálna záťaž nákladom



Obrázok 67. Zimná prevádzka



Obrázok 68. Jazda v teréne

- b) Štandardná prevádzka s premenlivým typom po spevnených komunikáciách a so strednou záťažou vozidla nákladom: Je tým myslené približne 40 % až 50 % jazd typu „GO-STOP“, 50 % až 40 % dlhých jazd.
- c) Prevádzka počas dlhých jazd po spevnených komunikáciách a so strednou záťažou vozidla nákladom. Je tým myslená časovo dlhá prevádzka aspoň v 60 % až 70 %. Kde sa chladiaca kvapalina prehrieva na 80° C až 90° C, motorový olej sa prehrieva na 90° Caž 130° C počas jednotlivých jazd približne 1 hodina a viac.

### 6.2.1 Súprava TRIBO I Prostriedok a parametre na meranie vzoriek motorových olejov



#### Kinematická viskozita

Meraná veličina: Čas / T / - 0 až 1800 s ( + 2 s ).

Teplota / t / - 0 až 50 °C ( + 1 °C )



Obrázok 68. Meracia súprava a prípravok na meranie kinematickej viskozity

#### Celkové znečistenie

Meraná veličina: Prírastok kapacity d - 0 až 100 dielikov, možno stanoviť len pri negatívnom výsledku testu na prítomnosť vody

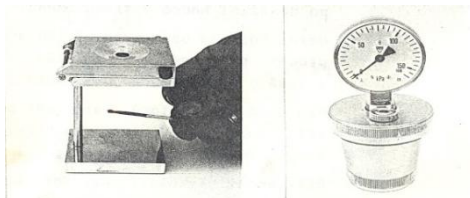
Obrázok 69. Prípravok na meranie prítoku I v  $\mu A$



#### Obsah vody (paliva)

Meraná veličina: tlak / p / - 0 až 160 kPa ( + 3 kPa )

Alebo kontrola tzv. prskacím testom a porovnaním so štandardom-kontrolným etalonom.



Obrázok 70. Prípravky na zisťovanie prítomnosti vody (paliva)

#### Detergentno - disperzné vlastnosti a stupeň znečistenia

Informatívna skúška: Vizualne hodnotenie tvaru, veľkosti a intenzity stmavnutia separačného filtra po nanosení kvapky oleja - porovnanie so štandardom-kontrolným etalonom.



Obrázok 71. Celkový pohľad na obsah súpravy TRIBO I

#### Stupeň znečistenia

Informatívna skúška:

Vizualne hodnotenie tvaru, veľkosti a intenzity stmavnutia chromatografického papiera (membrány), po nanosení kvapky oleja - porovnanie so štandardom.



Obrázky 72. Vľavo-separačný filter; uprostred-separačná membrána; vpravo-termoteplomer FLIR

## 6.2.2 Mestský cyklus alebo prevádzka typu „GO-STOP“.

V podkapitolách (6.2.2, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.5, 6.2.6, 6.2.7) sú výpisy z odborných posudkov s nameranými charakteristickými hodnotami degradácie jednotlivých motorových olejov v danom type prevádzky.

---

Akadémia ozbrojených síl, gen. M.R.Štefánika, Liptovský Mikuláš, P.O.BOX 45.,  
Katedra strojárstva,  
mobil.:+421 905 319080, e-mail : mikro\_makro@pobox.sk, miroslav.marko@aos.sk

---

Číslo: 001-2012-L007/2011

### Výber z ODBORNÉHO POSUDKU motorového oleja M7AD; SAE 5W/40; VW 502.00

**Liptovský Mikuláš**

---

**Spracovaný 16.2.2012**

Odborný posudok je spracovaný pre:

**Autoservis IMPA Liptovský Mikuláš**, s.r.o.. ul. 1. mája 3528 031 04 Liptovský Mikuláš



*Miroslav Marko*

V Liptovskom Mikuláši, 16.02.2012

Číslo: 001-2012-L007/2011

---

© Ing. Miroslav **MARKO**, PhD., certifikovaný Tribotechnik II

---

Číslo certifikátu: L007/ 2011 (Príloha č.13)

Číslo certifikačného preukazu: L007/ 2011 (Príloha č.14)

**Overenie spôsobilosti:** Certifikačný orgán pre certifikáciu personálu v technickej diagnostike, COPT TD, Vihorlatská 8, 949 01 Nitra

<http://www.atdsr.sk/Vzdelavanie%20COP.html>

<http://www.atdsr.sk/Certifikacia.html>

[http://www.atdsr.sk/tribo\\_cert\\_prac.html](http://www.atdsr.sk/tribo_cert_prac.html)

Člen výboru Slovenskej Spoločnosti pre Tribológiu a Tribotechniku (SSTT), Kocel'ova č.15, 815 94 Bratislava

---

**Hodnotenie motorového oleja (MO) M7AD: SAE 5W/40, VW 502.00.**

**Mestský cyklus, alebo prevádzka typu “GO-STOP“.**

Referenčná porovnávacia vzorka MO : Shell HELIX Ultra , SAE 5W/40, VW 502.00; 505.00

Charakteristika porovnávacieho-referenčného MO (Textová časť vyhľadaná na internete

<http://maziva.heureka.sk/shell-helix-ultra-5w-40/specifikace/#section>):

### Opis Shell Helix Ultra 5W-40:

Shell Helix Ultra 5W-40 je špičkový plne syntetický motorový olej, ktorý poskytuje maximálne vyčistenie motora vďaka špeciálnym čistiacim prísadám, ktoré aktívne čistia povrchy v motore a neprestajne odstraňujú škodlivé nečistoty a usadeniny. Vyznačuje sa mimoriadnou tepelnou stabilitou a dlhodobou odolnosťou voči oxidácii, ktorá poskytuje motoru vášho auta dokonalú ochranu proti opotrebovaniu a predĺženie jeho životnosti.

Olej Shell Helix Ultra minimalizuje hluk motora, upravuje a chráni motor pred zvýšeným namáhaním počas jazdy v extrémnych podmienkach typu štart-stop mestskej premávky. Vďaka výnimočnému zloženiu spoľahlivo chráni motor vášho auta pri všetkých teplotách, v mrazivej zime aj počas najhorúcejšieho leta. Shell Helix Ultra je vhodný pre najmodernejšie automobily všetkých svetových výrobcov, najmä pre konštrukčne náročné motory vyššej kategórie. Olej Shell Helix Ultra je určený na výkonnú jazdu, pričom omladí a osvieži váš motor. Olej Shell Helix Ultra je jediným motorovým olejom odporúčaným spoločnosťou Ferrari.



Obrázky 73, 74. Vľavo-vzorka MO; vpravo-balenie MO

**Špecifikácie a odporúčania:** SAE 5W-40; API SL/CF; ACEA A3/B3/B4; VW 505.00/502.00; MB Approval 229.3; GM-LL-B 025; PSA Peugeot Citroen E a D; Fiat 9.55535 M2 & N2.

### Prevádzkové údaje:

Kontrolované vozidlo : Škoda Fabia II, 1.2 TSI, výkon 63 kW, tachometer: 6.189 km.

Dátum plnenia MO : od výroby - 26.01.2011, stav tachometra 6 km.

Dátum výmeny: 17.2.2012, pri stave tachometra 6.189 km.

Na MO najazdené: 6.189 km v mestskom type prevádzky.

### Meranie kinematickej viskozity M7AD; SAE 5W-30.

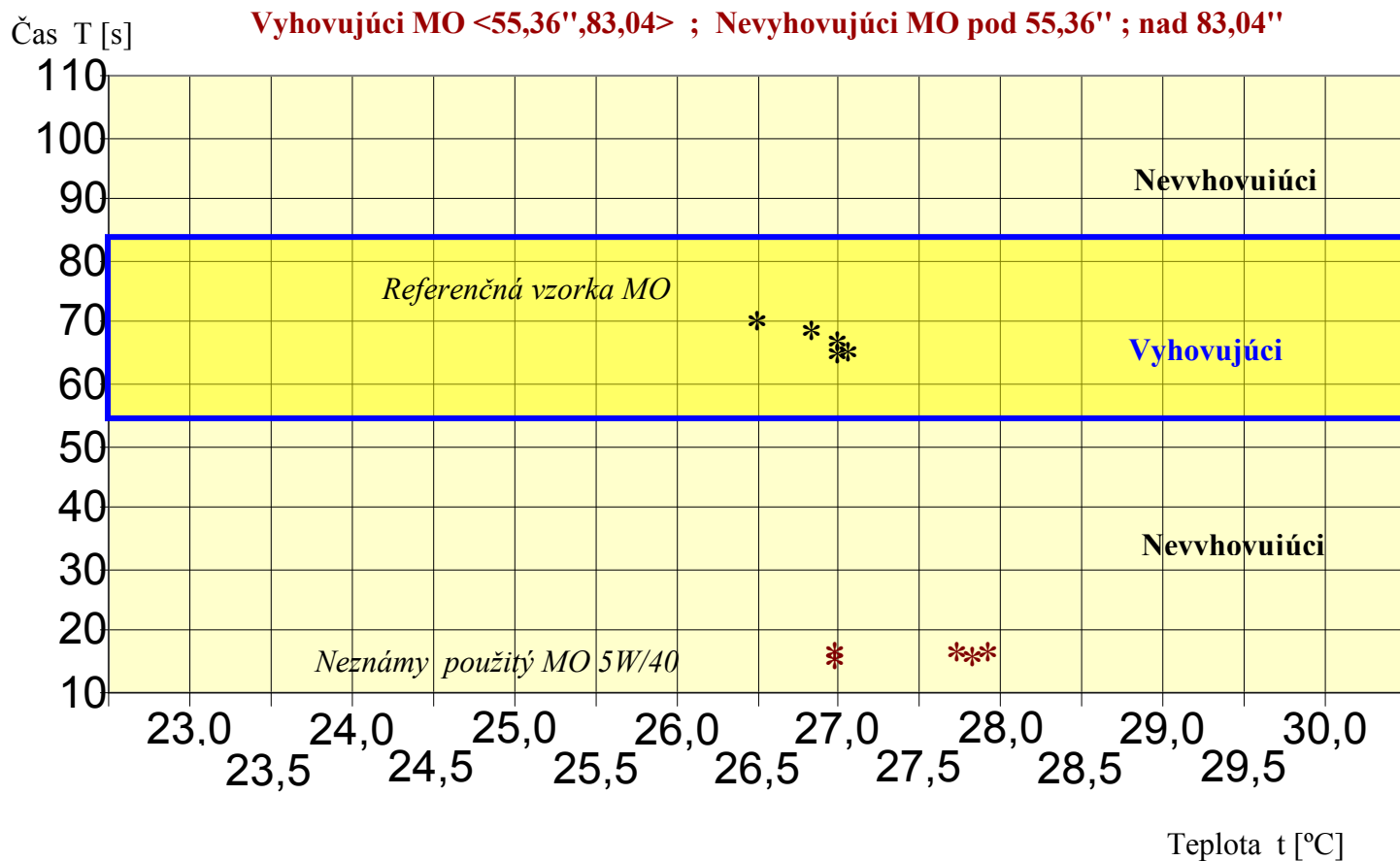
Tabuľky 64, 65. Namerané hodnoty, v ľavo porovnávaci MO, v pravo MO z vozidla

| Referenčná vzorka                         |         |             |
|-------------------------------------------|---------|-------------|
| Kalibračná konštanta o $\varnothing$ 3 mm |         |             |
| P.č.                                      | t ( °C) | T ( s )     |
| 1                                         | 26,5    | 1'11" (71") |
| 2                                         | 26,8    | 1'10" (70") |
| 3                                         | 27,0    | 1'09" (69") |
| 4                                         | 27,1    | 1'08" (68") |
| 5                                         | 27,0    | 1'08" (68") |
| priemer                                   | 26,88   | (69,2")     |

| Použitý MO 5W/40                          |         |            |
|-------------------------------------------|---------|------------|
| Kalibračná konštanta o $\varnothing$ 3 mm |         |            |
| P.č.                                      | t ( °C) | T ( s )    |
| 1.                                        | 27,0    | 17"        |
| 2.                                        | 27,0    | 17,5"      |
| 3.                                        | 27,7    | 18"        |
| 4.                                        | 27,8    | 17"        |
| 5.                                        | 27,9    | 17,1"      |
| priemer                                   | 27,48   | 17,32" !!! |



**1. Diagram „ka“ hodnotenia kinematickej viskozity MO M7AD / Príloha 1**  
**Prevádzkové rozpätie  $\pm 20\%$  ( $20\% = 13,84\text{ s}$  / od  $55,36\text{ s}$  do  $83,04\text{ s}$  pri  $26,88\text{ }^{\circ}\text{C}$ )**



**Čiastkový záver** (kinematická viskozita):

Priemer prietokového kruhového otvoru-kalibračnej konštanty = 3 mm.

Rozhranie pre použiteľnosť  $\pm 20\%$  < 55,36'', 83,04'' pri teplote  $26,88\text{ }^{\circ}\text{C}$  >

**Priemerná hodnota kinematickej viskozity nameranej v neznámom motorovom oleji je  $17,32\text{ s}$  /  $27,48\text{ }^{\circ}\text{C}$ , čo je hlboko pod spodnou úrovňou hranice pre použiteľnosť.**

**Motorový olej : NEVYHOVUJE !**

Tabuľka 66. Namerané hodnoty v  $\mu\text{A}$

**Celkové znečistenie**

Prevádzkový limit: **max.  $65\text{ }\mu\text{A}$**

**Čiastkový záver** (celkové znečistenie):

Horná prípustná hranica celkového znečistenia je  $65\text{ }\mu\text{A}$ . **Priemerná hodnota celkového znečistenia použitého MO je  $65,6\text{ }\mu\text{A}$ .**

**Motorový olej: NEVYHOVUJE !**

| MO                | t [°C] | Použitý MO 5W/40 [ $\mu\text{A}$ ] |
|-------------------|--------|------------------------------------|
| Referenčná vzorka | 27     | 32                                 |
| 1                 | 27     | 65                                 |
| 2                 |        | 66                                 |
| 3                 |        | 67                                 |
| 4                 |        | 65                                 |
| 5                 |        | 65                                 |
| priemer           |        | 65,6                               |

**Obsah vody:**Prevádzkový limit: **max. 0,5 %**

Tabuľka 67. Namerané hodnoty prskacím testom a porovnané s etalonom

| P.č.                                                             | Vizuálne a sluchové prejavy                                                                                    | ~% vody |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Referenčná vzorka bola bez prejavov penenia a prskania, 0% vody. |                                                                                                                |         |
| 1                                                                | Spontánne veľmi silné penenie, pena po celej ploche, vytváranie bublín s veľkosťou do 1 cm, penenie cez okraj. | nad 5%  |
| 2                                                                | Spontánne veľmi silné penenie, pena po celej ploche, vytváranie bublín s veľkosťou do 1 cm, penenie cez okraj. | nad 5%  |

**Čiastkový záver** (obsah vody, paliva):

Prípustná hranica % objemu vody je 0,5 %.

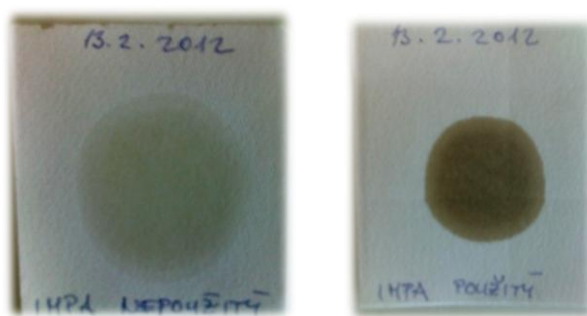
Meranie prskacím testom preukázalo % objemu vody nad 5 %.

Tlaková skúška nebola vykonávaná z dôvodu prítomnosti vody, paliva nad 5 % a jasnej a preukázateľnej zmeny kinematickej viskozity.

**Motorový olej: NEVYHOVUJE !****Stupeň znečistenia (kvapková skúška):**Prevádzkový limit podľa vzorovej stupnice: **nevyhovuje stupeň 6, 8, 9**

Tabuľka 67. Zistené a porovnané parametre - porovnané s etalonom

| MO                                                      | Stupeň znečistenia  | Vzor číslo |
|---------------------------------------------------------|---------------------|------------|
| Referenčná vzorka bola čistá, číra, bez známok denzity. |                     |            |
| 1. skúška                                               | Stredné znečistenie | 3          |
| 2. skúška                                               | Stredné znečistenie | 3          |



Obrázky 75, 76. Vľavo-vzorka MO; vpravo-balenie MO

**Čiastkový záver** (kvapková skúška):**Stupeň znečistenia a detergentno-disperzné vlastnosti boli porovnané s porovnávacím vzorom a klasifikované stupňom č. 3.****Motorový olej: VYHOVUJE!**



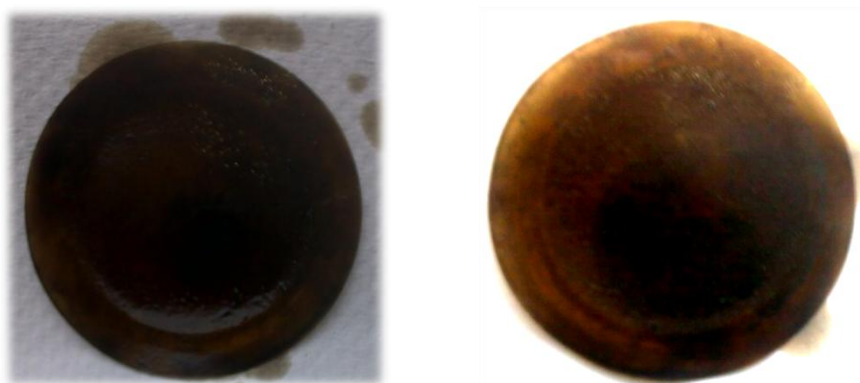
**Obsah látok nerozpustných v n-Hexane (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>):**Prevádzkový limit podľa vzorovej stupnice: **nevyhovuje nad 0,70 [ g ]**

Tabuľka 68. Zistené a porovnané parametre - porovnané s etalom

| MO                                                         | Stupeň znečistenia                       | Vzor číslo            |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|
| Referenčná vzorka bola čistá, číra, bez známk znečistenia. |                                          |                       |
| 1. skúška                                                  | 0,50 - 0,70 [D]<br>~ 0,0016 - 0,0024 [g] | 4 (zľava na stupnici) |
| 2. skúška                                                  | 0,30 - 0,50 [D]<br>~ 0,0008 - 0,0016 [g] | 3 (zľava na stupnici) |

Legenda: [D] Hustota netransparentného materiálu - Densita

[g] Hmotnosť nečistôt vo vzorke v gramoch



Obrázky 77, 78. Vzorky použitého MO na separačnej membráne

**Čiastkový záver (látky nerozpustné v C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>):****Dve skúšky stupňa znečistenia na látky nerozpustné v n-Hexane na separačných membránach boli porovnané s porovnávacím vzorom a klasifikované stupňom č. 4 a 3 (0,3-0,7 [D]/~ 0,0008 - 0,0024 [g]).****Motorový olej: VYHOVUJE!****ZÁVER : Motorový olej je NEVYHOVUJÚCI na ďalšie použitie v prevádzke vozidla.****Zdôvodnenie:****1. Tribodiagnostický prostriedok, ktorým bola skúška vykonaná.**

Merania boli vykonané na jednotlivých prvkoch a prístrojoch súpravy TRIBO-I. Súprava TRIBO -1 (ďalej v texte skrátené „súprava“) je určená na hodnotenie zmien vybraných kvalitatívnych parametrov motorových a iných olejov typu M 6 AD, M 6 ADX, M 6 ADXS II, M7AD, M6W/20D, vo svojich dôsledkoch sa na nej môžu diagnostikovať motorové oleje základných viskozitných rád typu : M6, M7, M8 a monográdných olejov rady M6. Súpravu je možné použiť i pri hodnotení akýchkoľvek iných mazacích olejov za predpokladu, že meranými parametrami možno kvalitu oleja ohodnotiť a že merané parametre sú pre daný druh oleja a typ motora alebo prevodového mechanizmu špecifikované v ich medzných hodnotách. Výsledky získané meraním súboru parametrov informujú o zásadných zmenách vlastností maziva, ktoré súvisia so zmenami technického stavu príslušných mazacích mechanizmov a s podmienkami prevádzky (tribotechnická diagnostika, tribológia - mazanie, trenie, opotrebenie). Výsledky získané meraním parametrov informujú o kvalite oleja - či je

použiteľný na ďalšiu prevádzku alebo je nutné olejovú náplň vymeniť a zabrániť tak ďalšej prevádzke za zhoršených alebo kritických podmienok mazania a ďalej o zmenách technického stavu niektorého z mechanizmov motora. Pri systematickom hodnotení kvality oleja sú výsledky podkladom na efektívne využívanie mazív a na vykonávanie výmen olejovej náplne podľa skutočnej potreby. Pomôcky, prípravky a merací prístroj, ktoré sú predmetom súpravy umožňujú stanoviť kinematickú viskozitu, obsah látok nerozpustných v n-Hexáne, prítomnosť a obsah vody, celkové znečistenie a detergentno - disperzné vlastnosti. Uvedené parametre informujú o zásadných zmenách technického stavu palivovej a chladiacej sústavy, čističov oleja a ďalej o výrazných zmenách podmienok prevádzky motora (zvýšené tepelné a oxidačné namáhanie oleja - prehrievanie motora).

Súprava je diagnostickým prostriedkom. Je určená do prevádzkových podmienok a opráv techniky. Vlastná činnosť súvisiaca s meraním parametrov a vyhodnocovanie dosiahnutých výsledkov sa vykonáva bez nárokov na zdroj energie pri pracovnej teplote prostredia od + 15 °C až do + 40 °C.

Merané parametre:

Kinematická viskozita

Meraná veličina: Čas / T / - 0 až 1800 s ( ± 2 s )  
Teplota / t / - 0 až 50 °C ( ± 1 °C )

Celkové znečistenie

Meraná veličina : Prírastok kapacity d - 0 až 100 dielikov, možno stanoviť len pri negatívnom výsledku testu na prítomnosť vody.

Obsah vody

Meraná veličina: Tlak / p / - 0 až 160 kPa ( ± 3 kPa ).

Obsah látok nerozpustných v n-hexáne

Informatívne skúška: Vizuálne hodnotenie intenzity stmavnutia membránového filtra - porovnanie so štandardom.

Detergentno - disperzné vlastnosti a stupeň znečistenia

Informatívna skúška: Vizuálne hodnotenie tvaru, veľkosti a intenzity stmavnutia chromatografického papiera po nanosení kvapky oleja - porovnanie so štandardom.

Prítomnosť vody

Informatívna skúška: a) Vizuálne hodnotenie veľkosti a tvaru škvŕny na chromatografickom papieri po nanosení kvapky oleja - porovnanie so štandardom.  
b), „Prskací test“ - pôsobenie zvýšenej teploty.

Stupeň znečistenia

Informatívna skúška: Vizuálne hodnotenie tvaru, veľkosti a intenzity stmavnutia chromatografického papiera po nanosení kvapky oleja - porovnanie so štandardom.

## 2. Vyhodnotenie vzorky neznámeho MO SAE 5W/40, VW 502.00

Pretože zadávateľ nebol exaktne schopný potvrdiť typ a druh kontrolovaného motorového oleja, bola referenčná-porovnávacia vzorka vybraná z pohľadu zhodnosti niektorých parametrov motorového oleja (SAE 5W/40; VW 502.00 - doporučená zadávateľom).

Pred posudzovaním meraného motorového oleja bola preštudovaná obrazová dokumentácia (pozri Prílohy č.6 a 7). Boli vizuálne posúdené vzorky tak referenčného ako i meraného neznámeho motorového oleja. **Nedostatkom bolo, že referenčný olej bol dodaný v odistenom a uzavretom obale originálneho motorového oleja . Meraný neznámy olej bol dodaný v obale, ktorý v predchádzajúcom období neslúžil na skladovanie a prepravu motorového oleja (obal bol od chladiacej kvapaliny značky Škoda G12++).**

**Kinematická viskozita** - meraný neznámy motorový olej: Je **NEVYHOVUJÚCI**.

Je primárna a základná vlastnosť pre použiteľnosť motorového oleja v motore vozidla. Motorový olej je vyhovujúci len v rozmedzí viskozity  $\pm 20\%$  od hodnoty referenčnej vzorky a údajov výrobcu motorového oleja. Namerané hodnoty referenčnej vzorky motorového oleja Shell HELIX boli v rozpätí  $<68", 71" / \varnothing 69,2">$  pri  $\varnothing t=26,88\text{ }^{\circ}\text{C} / k=\varnothing 3\text{ mm}$ . Namerané hodnoty vzorky kontrolovaného neznámeho motorového oleja boli  $<17", 17,1" / \varnothing 17,32">$  pri  $\varnothing t=27,48\text{ }^{\circ}\text{C} / k=\varnothing 3\text{ mm}$ . Pritom použiteľnosť oleja zodpovedá rozpätiu  $\pm 20\%$  od hodnoty referenčnej vzorky  $<55,36", 83,04">$  pri teplote  $26,88\text{ }^{\circ}\text{C}$ . To znamená, že **priemerná hodnota kinematickej viskozity  $17,32\text{ s} / 27,48\text{ }^{\circ}\text{C}$  je hlboko pod spodnou úrovňou hranice pre použiteľnosť motorového oleja. Meraný motorový olej je veľmi tekutý! Z hľadiska hydrodynamických súvislostí by boli v mazacej sústave dosahované extrémne nízke tlaky, čo by spôsobilo poškodenie motora.**

Takéto silné stekutenie motorového paliva môže spôsobiť palivo alebo voda. Vzhľadom na to, že pri natekaní paliva sa farba MO nemení (zostáva načernalá), túto možnosť vidím z asi 5 až 10%. Tak ako vidieť z obrazovej dokumentácie (Príloha č.6, 7, 11), farba motorového oleja sa zmenila do hnedá, čo svedčí o veľkej prítomnosti vody, túto možnosť vidím z 90 % až 95 %. Prítomnosť kalov, ktorá je jasne viditeľná z obrazovej dokumentácie (príloha č.6 a 7) svedčí, že do oleja sa dostali glykolové zlúčeniny z chladiacej kvapaliny, túto možnosť vidím z 70 % až 90 %.

**Z horeuvedených dôvodov doporučujem u daného vozidla vykonať kontrolu palivovej sústavy so zameraním na vstrekovače a chladiacu sústavu s natlakovaním a kontrolou tesnenia pod hlavou.**

Nepredpokladám, že sa horeuvedené kvapaliny dostali do motorového oleja zámerne alebo omylom.

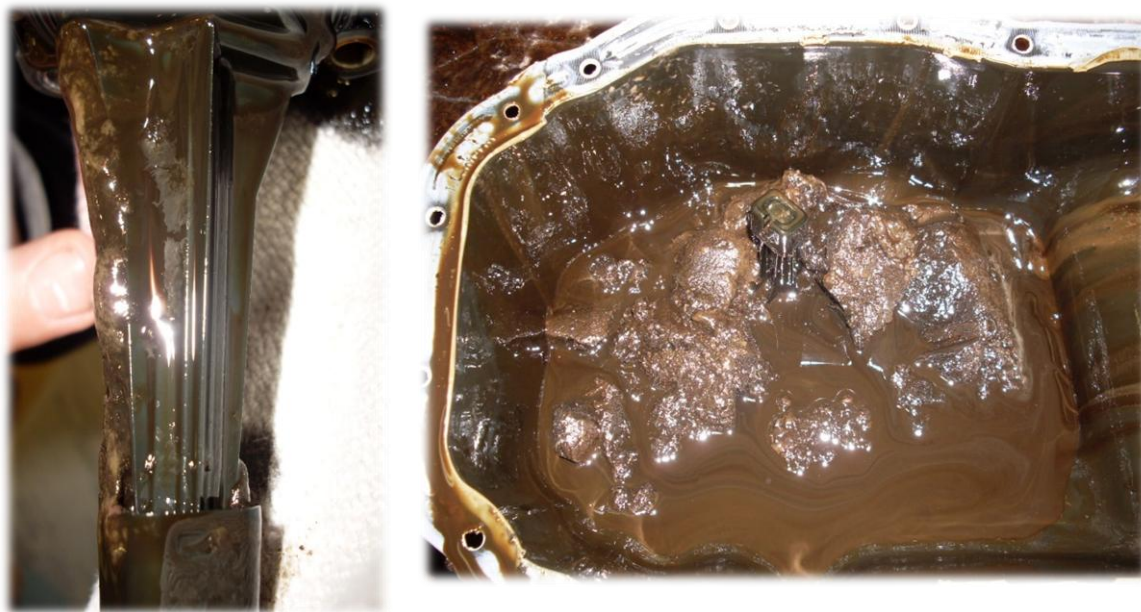
**Doplnková skúška na prítomnosť vody** - meraný neznámy motorový olej je: **NEVYHOVUJÚCI**

Potvrdzuje konštatovanie prítomnosti vody v meranom neznámom motorovom oleji (tak ako bolo konštatované pri kinematickej viskozite), nevyvracia však prítomnosť paliva vo väčšej miere ako sú zvyškové HC. **Prípustná hranica 0,5 % objemu vody pre použiteľnosť v prevádzke bola vo veľkej miere prekročená. Meranie prskacím testom preukázalo % objemu vody nad 5 %.** Z toho dôvodu tlaková skúška nebola vykonávaná, tiež z jasnej a preukázateľnej zmeny kinematickej viskozity.

Po odbornom posúdení motorového oleja bol motor rozobratý, obrázky ukazujú stav rozvratu motorového oleja a oddelenie aditív od základovej zložky MO.



*Obrázok 79. Oblasť pod zubovým čerpadlom mazacej sústavy ukazuje vyseparované zložky v podobe plastickej hmoty, ktorá zvyšuje hydrodynamický odpor v mazacej sústave motora- pripchávaním sít a drobných kanálikov sa podieľa na znížení mazacích tlakov*



Obrázky 80, 81. Vľavo oblasť nátrubky nasávania MO z olejovej vane motora, v pravo MO v olejovej vani. Vidieť nánosy vyseparovaných aditív, glykolov v podobe plastickej hmoty, v olejovej vani vidieť vydúhovanie na povrchu od paliva-BA, napenenie a zhnednutie MO od vody. Za normálnych okolností má MO načernalú až čiernu farbu.

#### **Doplňková skúška celkového znečistenia** - meraný neznámy motorový olej: **NEVYHOVUJÚCI!**

Táto skúška skúma všetky degradačné (zhodnocujúce) činitele, ktoré sa dajú zistiť na základe zmeny vodivosti olejového filmu.

**Limitujúcou hodnotou použiteľnosti MO je 65  $\mu\text{A}$ . Meraná vzorka neznámeho motorového oleja mala priemernú hodnotu z 5 meraní 65,6  $\mu\text{A}$ . Z tohto pohľadu hraničných hodnôt je vhodné motorový olej vymeniť.**

#### **Doplňkové skúšky zamerané na znečistenie motorového oleja: „Stupeň znečistenia“ a „Obsah látok nerozpustných v n-Hexane“** - meraný neznámy motorový olej: **VYHOVUJÚCI**

Výsledky daných skúšok ukázali na znečistenie meraného neznámeho motorového oleja v hornej polovici spektra použiteľnosti.

**Stupeň znečistenia:** obidve skúšky boli vykonané kvapkovou metódou na separačnom filtri a porovnané so štandardom. Porovnávacou metódou bol stanovený **stredný stupeň znečistenia**.

**Obsah látok nerozpustných v n-Hexane:** obidve skúšky boli vykonané filtrovaním vzorky MO cez separačnú membránu a porovnávacou metódou bol stanovený výsledok. Ide o zistenie pevných častíc typu prach, kov. **Dve skúšky stupňa znečistenia na látky nerozpustné v n-Hexane na separačných membránach boli porovnané s porovnávacím vzorom a klasifikované stupňom č. 4 a 3. Boli v rozpätí znečistenia - Denzita (0,30 až 0,70 častíc približne s váhou cca. 0,0008 až 0,0024 g. Prevádzkový limit pozri vzorová stupnica: nevyhovuje nad 0,70 [ g ]. Z pohľadu tejto skúšky je MO vyhovujúci.** Merania preukázali, že znečistenie je v hornej polovici spektra znečistenia.

**Pokiaľ sa zoberú do úvahy všetky tri skúšky na znečistenie (číslo 2 skúška celkového znečistenia; 4-skúška na stupeň znečistenia; 5-skúška na obsah látok nerozpustných v n-Hexane) konštatujem, že motorový olej je z pohľadu znečistenia cudzorodými látkami **NEVYHOVUJÚCI!****



### 6.2.3 Mestský cyklus, alebo prevádzka typu "GO-STOP"

**Ing. Miroslav MARKO, PhD.**  
**Lipová 521/3, Podbreziny, 03104 Liptovský Mikuláš**  
**Certifikovaný Tribotechnik II.**

---

Akadémia ozbrojených síl, gen. M.R.Štefánika, Liptovský Mikuláš, P.O.BOX 45.,  
Katedra strojárstva,  
mobil.:+421 905 319080, e-mail : mikro\_makro@pobox.sk, miroslav.marko@aos.sk

---

Číslo: 004.2-2012-L007/2011

**Výber z ODBORNÉHO POSUDKU motorového oleja**

**Vplyv prevádzky typu „Go-Stop“ na motorové oleje**  
**Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30**

**a**

**Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30**

**Liptovský Mikuláš**

---

**Spracovaný 22.11.2012**

Odborný posudok je spracovaný pre posúdenie vplyvu „Go-Stop“ prevádzky na kinematickú viskozitu motorového oleja. **VLASTNÉ**, pre Ing. Pavla HURTAJA, Michala BRHLÍKA, **IMPA Liptovský Mikuláš**, s.r.o.. ul. 1. mája 3528 031 04 Liptovský Mikuláš, predajca a servis vozidiel Škoda a Hyundai, pre Ing. Jozefa DUDÁŠA, PhD., **Vojenská polícia**, Trenčín.



*Miroslav Marko*

V Liptovskom Mikuláši, 22.11.2012  
Číslo: 004.2-2012-L007/2011

---

© Ing. Miroslav **MARKO**, PhD., certifikovaný Tribotechnik II

---

Číslo certifikátu: L007/ 2011 (Príloha č.x)

Číslo certifikačného preukazu: L007/ 2011 (Príloha č.x)

**Overenie spôsobilosti:** Certifikačný orgán pre certifikáciu personálu v technickej diagnostike,  
COPT TD, Vihorlatská 8, 949 01 Nitra

<http://www.atdsr.sk/Vzdelavanie%20COP.html>

<http://www.atdsr.sk/Certifikacia.html>

[http://www.atdsr.sk/tribo\\_cert\\_prac.html](http://www.atdsr.sk/tribo_cert_prac.html)

---

Člen výboru Slovenskej Spoločnosti pre Tribológiu a Tribotechniku (SSTT), Kocel'ova č.15,  
815 94 Bratislava

---

**Vplyv prevádzky typu „Go-Stop“ na motorové oleje Castrol EDGE Profesional LongLife III; SAE 5W-30; VW 504.00, 507.00; ACEA A3/B3, A3/B4, C3 a Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30; VW 504.00/507.00; ACEA A3/B3/B4; API SL/CF; MB-Approval 229.31/229.51.**

**Mestský cyklus alebo prevádzka typu “GO-STOP”.**

**Relevantné údaje a materiál:**

**Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30 (Vzorka III.)**

<http://www.castrol.com/>



SAE 5W-30; ACEA A3/B3, A3/B4; C3 BMW Longlife-04; VW 504.00, 507.00; MB-Approval 229.51; Porsche C30. Využíva syntetickú technológiu na zabezpečenie vysokého výkonu v extrémnych podmienkach, premaže všetky časti motora aj v extrémnych podmienkach, zabezpečuje tak ľahšie naštartovanie a jeho ochranu pri nízkych teplotách. Udržiava vysokú čistotu motora aj v extrémnych podmienkach. **Zabezpečuje zníženie spotreby paliva a CO<sub>2</sub> emisie.** Výrobca ho udáva ako Fully Synthetic.

Obrázky 82, 83. Vzorka MO Castrol EDGE Profesional LongLife III, SAE 5W-30.

**Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30 (Vzorka IV.)**

<http://maziva.heureka.sk/castrol-slx-professional-powerflow-longlif-iii-5w-30/specifikace/>



SAE 5W/30; ACEA A3/B3/B4; VW 504.00/507.00; API SL/CF; MB-Approval 229.31/229.51 Tento MO bol vyvinutý v spolupráci s firmou Volkswagen pre generáciu najmodernejších motorov. Je vhodný do vznetrových, aj do benzínových motorov, vrátane motorov s filtrami pevných častíc. Jeho technológia Technology™ predlžuje životnosť súčasných komplexných emisných systémov

Obrázky 84, 85. Vzorka MO Castrol SLX Professional Powerflow, SAE 5W/30

a napomáha znižovať škodlivé emisie do životného prostredia.

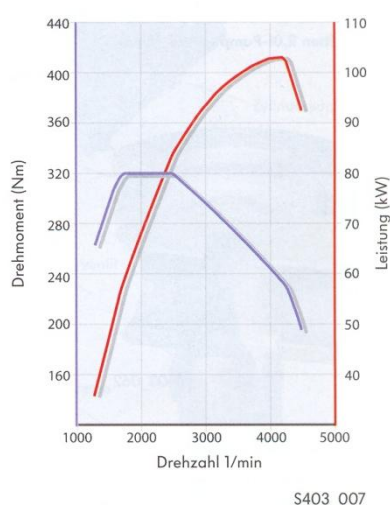
**Základná prevádzková špecifikácia motora a doplnkové údaje:**

**Motor-Osvedčenie o evidencii:** CBA, 1968,0 cm<sup>3</sup>, 103,0 kW / 4.200 ot./min., palivo-NM

**Technické údaje :** Vznetrový motor s DPF; s výkonom 103 kW pri 4.200 ot./min.; označenie TDI; M<sub>K</sub> 320 Nm pri 1.750 – 2.500 ot./min.; 4 valce; Emisie CO<sub>2</sub>-142 g/km; spotreba NM (EN 590):mesto-6,4 l; mimo mesta-4,0 l; kombinovaná 4,9 l všetko/100 km, prevodovka MP6;



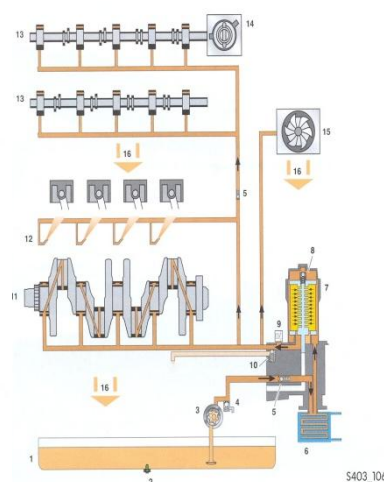
max. rýchlosť: 209 km/hod.; hmotnosti vozidla-pohotovostná: 1.474 kg; prípustná-2.000 kg; predpísaný MO:LongLife; VW 507.00 cca. 4,3 l pri výmene (skutočne 4.0 l pri výmene); výmenný interval MO QG1: 30.000 km, alebo 2 roky (vo vzťahu ku QG1).



S403\_007



S403\_003



S403\_106

Obrázky 85, 86. Dielenská príručka pre mechanikov od firmy Volkswagen:

S 403\_007: ťahová charakteristika motora VW TDI 103 kW (vľavo)

S 403\_003: vizualizácia motora VW TDI 103 kW (uprostred)

S 403\_106: Schéma mazacej sústavy motora VW TDI 103 kW (vpravo)

### Skutočne používané palivo:

#### V-Power Diesel

Pohonná hmota V-Power Diesel je korporátnym názvom **Nafta Prémiová 55-cetánová** značky Shell. Pohonná hmota patrí do skupiny PHM: **Nafta 55 a 60-cetánová**.

#### EVO Diesel

Pohonná hmota EVO Diesel je korporátnym názvom **Nafta prémiová 55-cetánová** značky Slovnaft. Pohonná hmota patrí do skupiny PHM: **Nafta 55 a 60-cetánová**.

### Výmena MO Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30:

- tachometer vozidla: **44 025 km**
- používaný MO bol v prevádzke MS: **6.782 km**, Prevažne „GO-STOP“ PREVÁDZKA -**73,4 %**

#### Poznámka.

MO bol v MS motora od stavu tachometra: 37 243 km, do stavu tachometra: 44 025 km;

Z toho najazdené : **1 804 km – dlhé jazdy;** **26,60 % (26,59982...%) = 27 %**

**4 978 km – mesto-„Go Stop“** **73,40 % (73,40017...%) = 73 %**

- Norma životnosti nového MO Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30: 30.000 km/3 roky (vo vzťahu k motorovému oleju) od dátumu plnenia na spotrebiteľskom balení,
- typ prevádzky na MO: 73 % go-stop jazda (mestský cyklus), pri tomto type prevádzky sa odporúčaná životnosť MO skracuje na 50 % až 30 % prevádzkovej životnosti,
- menený MO Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30,
- pri výmene bol vykonaný preplach MS 1x 1 l – MO Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30,

- plnený MO: 4 l; Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30.

### Cieľ odborného posudku:

- Posúdiť vplyv prevádzky typu „Go-Stop“-mestský cyklus na degradáciu motorového oleja.

- Porovnať vplyv prevádzky 2-ch vzoriek, s ~90%: Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30 (Vzorka I.) a so 73%: Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30 (Vzorka II.) tzv. „Go-Stop“ jazdou, od stavu tachometra: 30.370 do 37.243 (vzorka II., ~90%) a 37.243 do 44.025 (vzorka I., 73%).

- Vykonať kontrolu s porovnaním dvoch použitých motorových olejov a dvoch k nim prislúchajúcich referenčných vzoriek Castrol 5W-30, počas dvoch po sebe nasledujúcich výmenných intervalov MO:

**Použitý MO Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30 (bude značený ako I.),** ktorý bol v MS motora: od 13.04.2012 (tach.: 37 243) do 14.11.2012 (tach.: 44 025), najazdené na MO: 6 782 km, v letnej prevádzke so 73% „Go-Stop-mestský cyklus“ a 27% „dlhé jazdy“.

**Použitý MO Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30, (bude značený ako II.),** ktorý bol v MS motora: od 05.11.2011 (tach.: 30 370) do 13.04.2012 (tach.: 37 243), najazdené na MO: 6 903 km, v zimnej prevádzke s ~ 90% „Go-Stop-mestský cyklus“ a ~10% „dlhé jazdy“.

### Priebeh a porovnanie kinematických viskozít a vodivostí na $\mu A$ u jednotlivých vzoriek motorových olejov.

- **kinematická viskozita:** je primárna a základná vlastnosť týkajúca sa použiteľnosti motorového oleja v motore vozidla. Motorový olej je vyhovujúci len v rozmedzí viskozity  $\pm 20\%$  od hodnoty referenčnej vzorky a údajov výrobcu motorového oleja,

#### 1.1 Hodnoty a porovnanie kinematických viskozít vzoriek I., II., III., IV.

- Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30, nepoužitý, referenčná vzorka, (bude označený ako III.),
- Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30, nepoužitý, referenčná vzorka, (bude označený ako IV.),
- **Použitého MO Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30** (bude označený ako I.),
- **Použitého MO Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30** (bude označený ako II.).

**Kinematická viskozita referenčných vzoriek MO Castrol EDGE – vzorka III. A Castrol SLX - vzorka IV.**

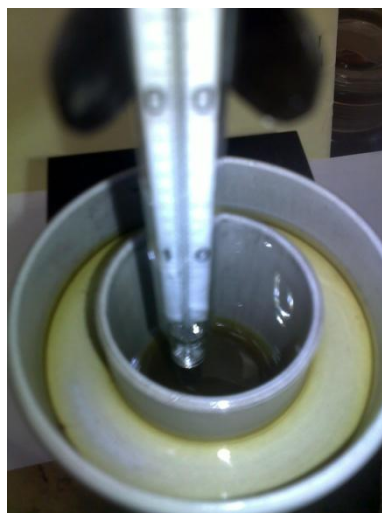
Tabuľky 69 a 70. Priebeh kinematických viskozít referenčných MO

|                                            |                                                                                                                                                     |              |              |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
| III.                                       | <b>Referenčný MO Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W/30</b><br>(meranie č.3)<br><b>Meraný 28.03.2012 / teplota okolia</b><br><b>t = 21,5°C</b> |              |              |
|                                            | P.č.                                                                                                                                                | t [ °C]      | T [ s ]      |
|                                            | 1                                                                                                                                                   | 23,0         | 69,5         |
|                                            | 2                                                                                                                                                   | 22,6         | 67,8         |
|                                            | 3                                                                                                                                                   | 22,5         | 70,4         |
|                                            | 4                                                                                                                                                   | 22,6         | 68,0         |
|                                            | 5                                                                                                                                                   | 22,7         | 67,0         |
| <i>Pozn., 2. Porovnávací nepoužitý MO.</i> |                                                                                                                                                     |              |              |
| <b>Priemer</b>                             |                                                                                                                                                     | <b>22,68</b> | <b>68,54</b> |

|                                            |                                                                                                                                                 |              |              |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
| IV.                                        | <b>Referenčný MO Castrol SLX Profesional Powerflow 5W/30</b><br>(meranie č.2)<br><b>Meraný 15.03.2012 / teplota okolia</b><br><b>t = 24,5°C</b> |              |              |
|                                            | P.č.                                                                                                                                            | t [ °C]      | T [ s ]      |
|                                            | 1                                                                                                                                               | 24,0         | 63,2         |
|                                            | 2                                                                                                                                               | 24,3         | 63,7         |
|                                            | 3                                                                                                                                               | 24,2         | 64,0         |
|                                            | 4                                                                                                                                               | 24,5         | 64,2         |
|                                            | 5                                                                                                                                               | 24,4         | 63,9         |
| <i>Pozn., 1. Porovnávací nepoužitý MO.</i> |                                                                                                                                                 |              |              |
| <b>Priemer</b>                             |                                                                                                                                                 | <b>24,28</b> | <b>63,80</b> |

*Tabull'ka 71 . Priebehy kinematickej viskozity*

|    |                                                                                     |                |                |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| Ø. | <b>Priemer obidvoch referenčných vzoriek<br/>(III. A IV.)<br/>(ø meraní č.3a 2)</b> |                |                |
|    | <b>P.č.</b>                                                                         | <b>t [ °C]</b> | <b>T [ s ]</b> |
|    | 1                                                                                   | <b>23,50</b>   | <b>66,35</b>   |
|    | 2                                                                                   | <b>23,45</b>   | <b>65,75</b>   |
|    | 3                                                                                   | <b>23,35</b>   | <b>67,20</b>   |
|    | 4                                                                                   | <b>23,55</b>   | <b>66,10</b>   |
|    | 5                                                                                   | <b>23,55</b>   | <b>65,45</b>   |
|    | <b>priemer</b>                                                                      | <b>23,48</b>   | <b>66,17</b>   |



Obrázky 87, 88. Meranie kinematickej viskozity



Obrázok 89. Referenčný MO

### III.

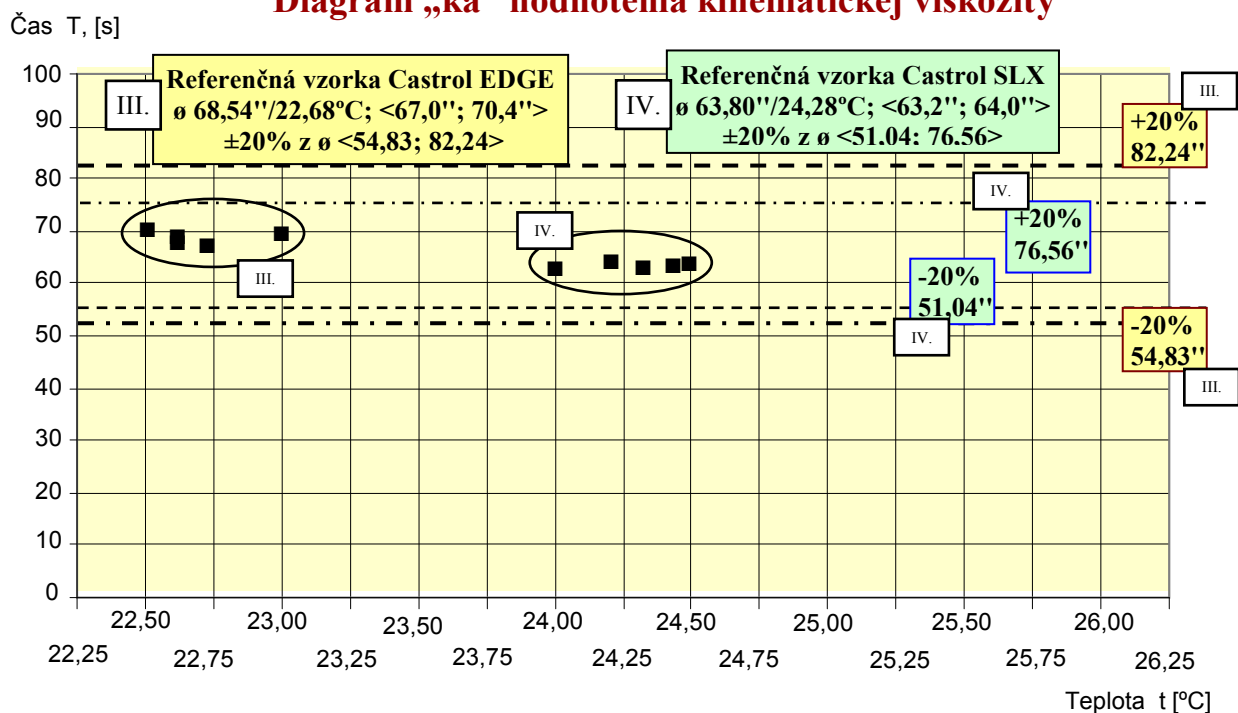
*Castrol EDGE*

Obrázok 90. Referenčný MO

IV.

*Castrol SLX*

### Diagram „ka“ hodnotenia kinematickej viskozity



### Čiastkový záver (kinematická viskozita):

Priemer prietokového kruhového otvoru-kalibračnej konštanty = 3 mm.

III.- rozhranie použiteľnosti referenčnej vzorky MO Castrol EDGE Profesional LongLife 5W-30, rozhranie je  $\pm 20\%$  <54,832“; 82,248“> pri teplote <22,5; 23,0°C>, rátané z  $\varnothing 68,54$ “/22,68°C.

IV.- rozhranie použiteľnosti referenčnej vzorky MO Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30, rozhranie je  $\pm 20\%$  <51,040“; 76,560“> pri teplote <24,0; 24,5°C>, rátané z  $\varnothing 63,80$ “/24,28°C.

### Priebeh vodivosti na $\mu A$ použitých vzoriek MO Castrol EDGE - vzorka I. a Castrol SLX – vzorka II.

Doplňková skúška týkajúca sa kinematickej viskozity. Prevádzkový limit: **max. 65  $\mu A$ .**



Obrázky 91, 92 a 93 . Meranie vzorky celkového znečistenia prietokom prúdu cez vzorku

### Kinematická viskozita použitých vzoriek MO Profesional LongLife III 5W-30 vzorka I. a Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30 – vzorka II.

Tabuľky 72 a 73 .Priebeh kinematických viskozít použitého MO, dve sady meranej vzorky

| POUŽITÝ MO Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30 (meranie č.1)<br>Meraný 22.11.2012 / teplota okolia $t = 23,4^{\circ}C$ |                 |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------|
| P.č.                                                                                                                           | $t [^{\circ}C]$ | $T [s]$ |
| 1                                                                                                                              | 25,3            | 51,0    |
| 2                                                                                                                              | 25,0            | 52,2    |
| 3                                                                                                                              | 24,6            | 54,2    |
| 4                                                                                                                              | 24,5            | 52,8    |
| 5                                                                                                                              | 24,5            | 53,2    |
| Pozn. Použitý MO Castrol EDGE 5W-30.                                                                                           |                 |         |
| Priemer                                                                                                                        | 24,78           | 52,68   |

I. a.

| POUŽITÝ MO Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30 (meranie č.2)<br>Meraný 23.11.2012 / teplota okolia $t = 22,3^{\circ}C$ |                 |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------|
| P.č.                                                                                                                           | $t [^{\circ}C]$ | $T [s]$ |
| 1                                                                                                                              | 22,4            | 57,2    |
| 2                                                                                                                              | 22,7            | 57,0    |
| 3                                                                                                                              | 22,9            | 56,6    |
| 4                                                                                                                              | 23,0            | 56,5    |
| 5                                                                                                                              | 23,0            | 56,5    |
| Pozn. Použitý MO Castrol EDGE 5W-30.                                                                                           |                 |         |
| Priemer                                                                                                                        | 22,80           | 56,76   |

I. b.

Pozn.:  $t$  – teplota meraného MO

$T$  – čas prietoku cez  $\varnothing 3$  mm kalibrovanú trysku

Tabuľky 74 a 75. Priebeh kinematických viskozít použitého MO priemer 1a a 1b EDGE a MO SLX

| POUŽITÝ MO Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30 (ø meraní č.1 a č.2)<br>PRIEMER MERANÍ / LETO/22.a23.11.2012<br>ø teplota okolia t = 22,85°C |         |        |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|-------|
| Ø z I a.,b.                                                                                                                                         | P.č.    | t [°C] | T [s] |
|                                                                                                                                                     | 1       | 23,85  | 54,10 |
|                                                                                                                                                     | 2       | 23,85  | 54,60 |
|                                                                                                                                                     | 3       | 23,75  | 55,40 |
|                                                                                                                                                     | 4       | 23,75  | 54,65 |
|                                                                                                                                                     | 5       | 23,75  | 54,85 |
| Pozn. Použitý MO Castrol EDGE 5W-30.                                                                                                                |         |        |       |
|                                                                                                                                                     | Priemer | 23,79  | 54,72 |

| Použitý MO Castrol SLX Profesional Powerflow 5W/30 (meranie č.4)<br>Meraný 15.05.2012 / ZIMA<br>teplota okolia t = 24,0°C |         |        |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|-------|
| II.                                                                                                                       | P.č.    | t [°C] | T [s] |
|                                                                                                                           | 1       | 24,0   | 51,50 |
|                                                                                                                           | 2       | 24,5   | 52,80 |
|                                                                                                                           | 3       | 24,4   | 52,40 |
|                                                                                                                           | 4       | 24,5   | 50,20 |
|                                                                                                                           | 5       | 24,5   | 51,10 |
| Pozn. Použitý MO Castrol SLX 5W-30.                                                                                       |         |        |       |
|                                                                                                                           | Priemer | 24,38  | 51,60 |

Pozn. t – teplota meraného MO

T – čas prietoku cez ø3 mm kalibrovanú trysku

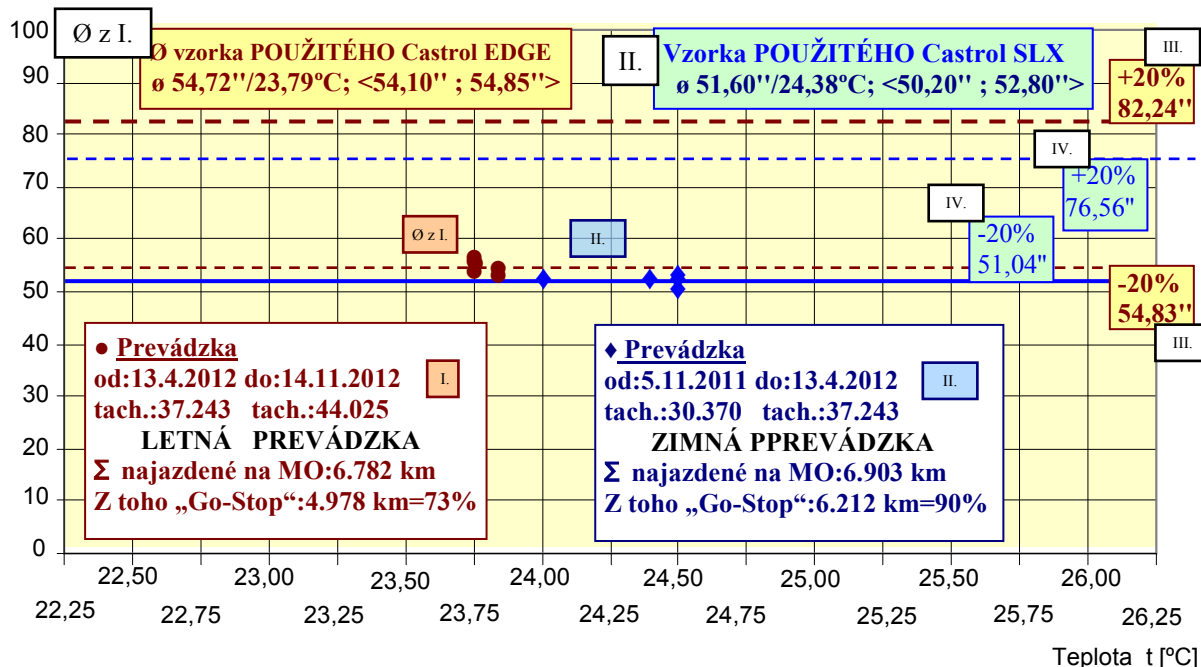
**Čiastkový záver** vodivosti v  $\mu\text{A}$  – (celkové znečistenie):

**Horná prípustná hranica rozdielu celkového znečistenia je 65  $\mu\text{A}$ .**

Priemerná hodnota vodivosti v  $\mu\text{A}$  referenčného MO vzorky IV. Castrol EDGE Profesional LongLife III je **86,000  $\mu\text{A}$**  (nie je rátný rozdiel, pretože sa jedná o referenčnú vzorku).

Priemerná hodnota vodivosti v  $\mu\text{A}$  referenčného MO vzorky IV. Castrol SLX Profesional Powerflow je **70,250  $\mu\text{A}$**  (nie je rátný rozdiel, pretože ide o referenčnú vzorku).

Čas T, [s]



**Čiastkový záver** (kinematická viskozita):

Priemer prietokového kruhového otvoru-kalibračnej konštanty = 3 mm.

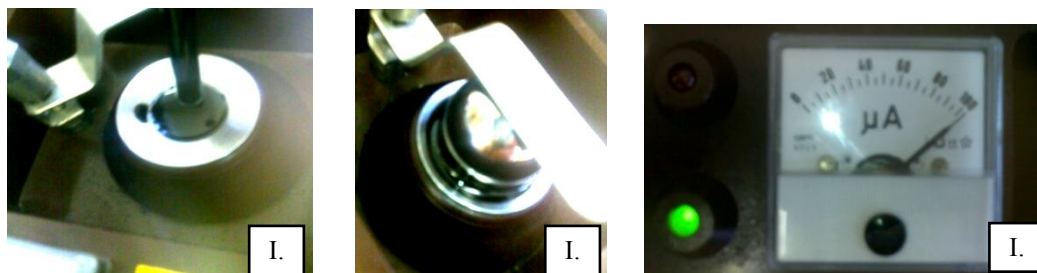
- I.a.- rozhranie použiteľnosti vzorky použitého (1. meranie, 22.11.2012) MO Castrol EDGE Profesional LongLife 5W-30, rozhranie je  $\pm 20\%$  <42,144"; 63,216"> pri teplote <24,5; 25,3°C>, rátné z ø 52,68"/24,78°C.



- I.b.- rozhranie použiteľnosti, vzorky použitého (2. meranie, 23.11.2012) MO Castrol EDGE Profesional LongLife 5W-30, rozhranie je  $\pm 20\%$   $<45,408^{\circ}\text{C}; 68,112^{\circ}\text{C}>$  pri teplote  $<22,4; 23,0^{\circ}\text{C}>$ , rátané z  $\varnothing 56,76^{\circ}\text{C}/22,80^{\circ}\text{C}$ .
- **Ø I. – rozhranie použiteľnosti, vzorky použitého (Ø meraní č. I.a; I.b) MO Castrol EDGE Profesional LongLife 5W-30, rozhranie je  $\pm 20\%$   $<43,776^{\circ}\text{C}; 65,664^{\circ}\text{C}>$  pri teplote  $<23,75; 23,85^{\circ}\text{C}>$ , rátané z  $\varnothing 54,72^{\circ}\text{C}/23,79^{\circ}\text{C}$ .**
- **II. – rozhranie použiteľnosti vzorky použitého MO Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30, rozhranie je  $\pm 20\%$   $<51,04^{\circ}\text{C}; 76,56^{\circ}\text{C}>$  pri teplote  $<24,0; 24,5^{\circ}\text{C}>$ , rátané z  $\varnothing 51,60^{\circ}\text{C}/24,38^{\circ}\text{C}$ .**
- **Použitý motorový olej, Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W/30: je na hranici VYHOVUJÚCEJ oblasti tekutosti !**
- ♦ **Použitý motorový, Castrol SLX Profesional Powerflow 5W/30: je na hranici VYHOVUJÚCEJ oblasti tekutosti !**

Priebeh vodivosti na  $\mu\text{A}$  vzoriek POUŽITÉHO MO Castrol EDGE – vzorka I. a Castrol SLX - vzorka II.

Doplnková skúška týkajúca sa kinematickej viskozity. Prevádzkový limit: **max. 65  $\mu\text{A}$ .**



Obrázky 94, 95 a 96. Meranie vzorky celkového znečistenia prietokom prúdu cez vzorku

Tabuľky 76 a 77. Na porovnanie vzoriek údaje meraní referenčného MO

| Referenčný MO<br>Castrol EDGE<br>5W/30<br>meranie 15.3.2012 |   | t<br>[°C] | I<br>[ $\mu\text{A}$ ] |
|-------------------------------------------------------------|---|-----------|------------------------|
| III.                                                        | 1 | 21,5      | 86                     |
|                                                             | 2 |           | 86                     |
|                                                             | 3 |           | 86                     |
|                                                             | 4 |           | 86                     |
| priemer                                                     |   |           | 86,00                  |

| Referenčný MO<br>Castrol SLX<br>5W-30<br>meranie 15.5.2012 |   | t<br>[°C] | I<br>[ $\mu\text{A}$ ] |
|------------------------------------------------------------|---|-----------|------------------------|
| IV.                                                        | 1 | 25        | 71                     |
|                                                            | 2 |           | 70                     |
|                                                            | 3 |           | 70                     |
|                                                            | 4 |           | 70                     |
| priemer                                                    |   |           | 70,25                  |

Tabuľky 76 a 77. Na porovnanie vzoriek údaje meraní použitého MO

| Použitý MO<br>Castrol EDGE<br>meranie 22.11.2012 |   | t<br>[°C] | I<br>[ $\mu\text{A}$ ] | Rozdiel<br>I [ $\mu\text{A}$ ] |
|--------------------------------------------------|---|-----------|------------------------|--------------------------------|
| I.                                               | 1 | 23,4      | 110                    | 24                             |
|                                                  | 2 |           | 102                    | 16                             |
|                                                  | 3 |           | 101                    | 15                             |
|                                                  | 4 |           | 102                    | 16                             |
| priemer                                          |   |           | 102                    | 17,75                          |

| Použitý MO<br>Castrol SLX<br>meranie 15.5.2012 |   | t<br>[°C] | I<br>[ $\mu\text{A}$ ] | Rozdiel<br>I [ $\mu\text{A}$ ] |
|------------------------------------------------|---|-----------|------------------------|--------------------------------|
| II.                                            | 1 | 24        | 100                    | 29                             |
|                                                | 2 |           | 99                     | 29                             |
|                                                | 3 |           | 97                     | 27                             |
|                                                | 4 |           | 96                     | 26                             |
| priemer                                        |   |           | 98,00                  | 27,75                          |



**Čiastkový záver** vodivosti v  $\mu\text{A}$  - (celkové znečistenie):

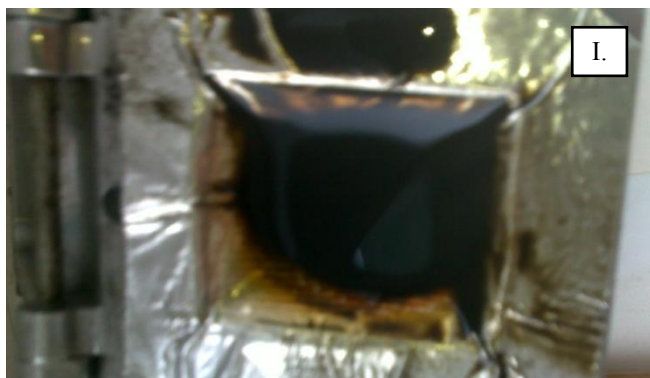
**Horná prípustná hranica celkového znečistenia je  $65 \mu\text{A}$ .**

- Priemerná hodnota vodivosti v  $\mu\text{A}$  referenčného MO Castrol EDGE Profesionál Powerflow 5W-30 je  **$86,00 \mu\text{A}$** .
- Priemerná hodnota vodivosti v  $\mu\text{A}$  referenčného MO Castrol SLX Profesionál Powerflow 5W-30 je  **$70,25 \mu\text{A}$** .
- **Priemerná hodnota rozdielu vodivosti v  $\mu\text{A}$  použitého – MO Castrol EDGE Profesionál LongLife III 5W-30 je  $17,75 \mu\text{A}$ .**
- **Priemerná hodnota rozdielu vodivosti v  $\mu\text{A}$  použitého – MO Castrol SLX Profesionál Powerflow 5W-30 je  $27,75 \mu\text{A}$ .**

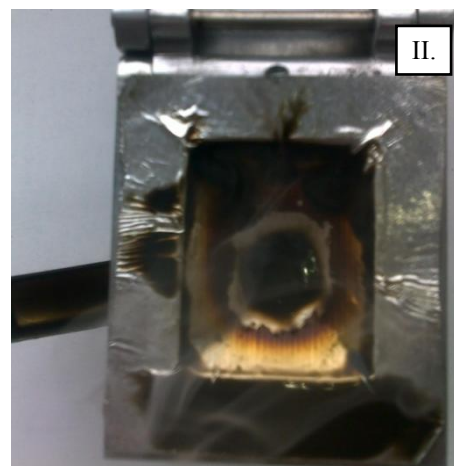
**Použité motorové oleje : sú mierne znečistené - VYHOVUJÚ**

**Prítomnosť (obsah) vody, paliva vo vzorkách použitého MO Castrol EDGE - vzorka I. a Castrol SLX - vzorka II.**

Doplňková skúška týkajúca sa kinematickej viskozity.  
Prevádzkový limit : **max. 0,5%.**



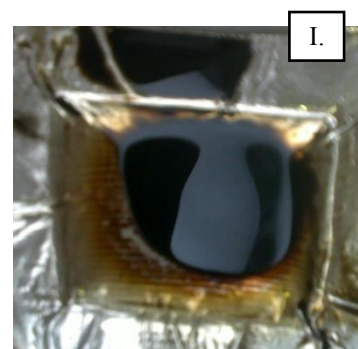
Obrázok 97. Použitý MO Castrol EDGE 5W-30, prskací test



Obrázok 98. Použitý MO Castrol SLX 5W-30, prskací test

Tabuľka 78. Zistené a porovnané parametre - porovnané s etalonom

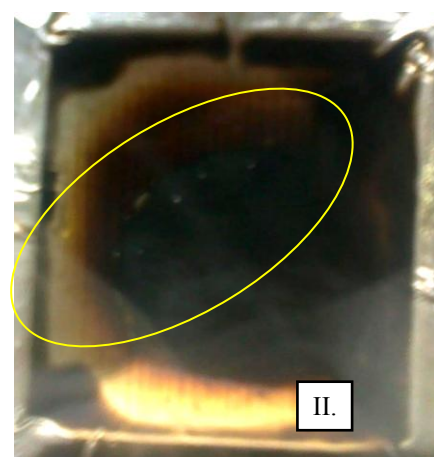
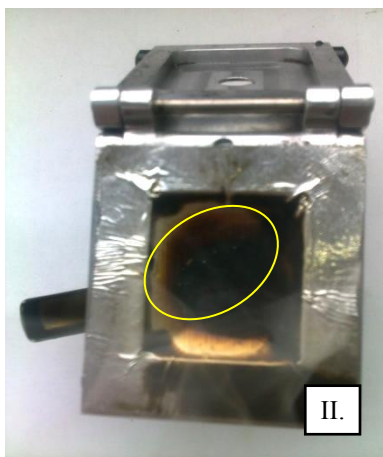
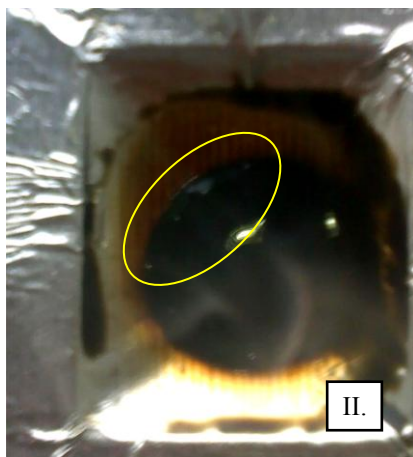
| P.č. | I. MO Castrol EDGE 5W-30 - vizuálne a sluchové prejavy                  | ~% vody       |
|------|-------------------------------------------------------------------------|---------------|
|      | <b>Referenčná vzorka bola bez prejavov penenia a prskania, 0% vody.</b> |               |
| 1    | Mierne slabý dym. Bez bubliniek. Bez zvukových prejavov.                | <b>Do 0,1</b> |
| 2    | Mierne slabý dym. Bez bubliniek. Bez zvukových prejavov.                | <b>Do 0,1</b> |
| 3    | Mierne slabý dym. Bez bubliniek. Bez zvukových prejavov.                | <b>Do 0,1</b> |



Obrázky 99, 100. Použitý MO Castrol SLX 5W-30, prskací

Tabuľka 79. Zistené a porovnané parametre - porovnané s etalomom

| P.č.                                                                    | II. MO Castrol SLX 5W-30 – vizuálne a sluchové prejavy                                                                                                 | ~% vody          |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>Referenčná vzorka bola bez prejavov penenia a prskania, 0% vody.</b> |                                                                                                                                                        |                  |
| 1                                                                       | Mierne zadymenie. Bublínky veľmi malé, malé množstvo – 8 až 10 v priemere do 1 mm, tvorba počas cca. 4 až 6 sek. Bez zvukových prejavov.               | <b>Do 0,2</b>    |
| 2                                                                       | Mierne zadymenie. Bublínky veľmi malé, malé množstvo – 6 až 7 v priemere do 1 mm, tvorba počas cca. 5 až 8 sek. Bez zvukových prejavov.                | <b>Do 0,2</b>    |
| 3                                                                       | Mierne zadymenie. Bublínky veľmi malé, malé množstvo – 6 až 7 v priemere do 1 mm, tvorba počas cca. 7 sek. Slabý praskot 3-4 x v priebehu zahrievania. | <b>0,2-0,5 %</b> |



Obrázky 101, 102 a 103. Použitý MO Castrol SLX 5W-30, prskací test

**Čiastkový záver** (obsah vody, paliva):

Prípustná hranica % objemu vody je 0,5%.

**Meranie prskacím testom preukázalo % objemu vody:**

- **I. – Použitý MO Castrol EDGE Profesionál LongLife III 5W-30 do 0,1%**
- **II. – Použitý MO Castrol SLX Profesionál Powerflow 5W-30 od 0,2% do 0,3%.**

**Použité motorové oleje z pohľadu tejto skúšky : VYHOVUJÚ**

1.1.2 **Stupeň znečistenia (kvapková skúška-separačný filter) vzoriek použitého MO Castrol EDGE – vzorka I. a Castrol SLX – vzorka II. – Príloha č.4.**

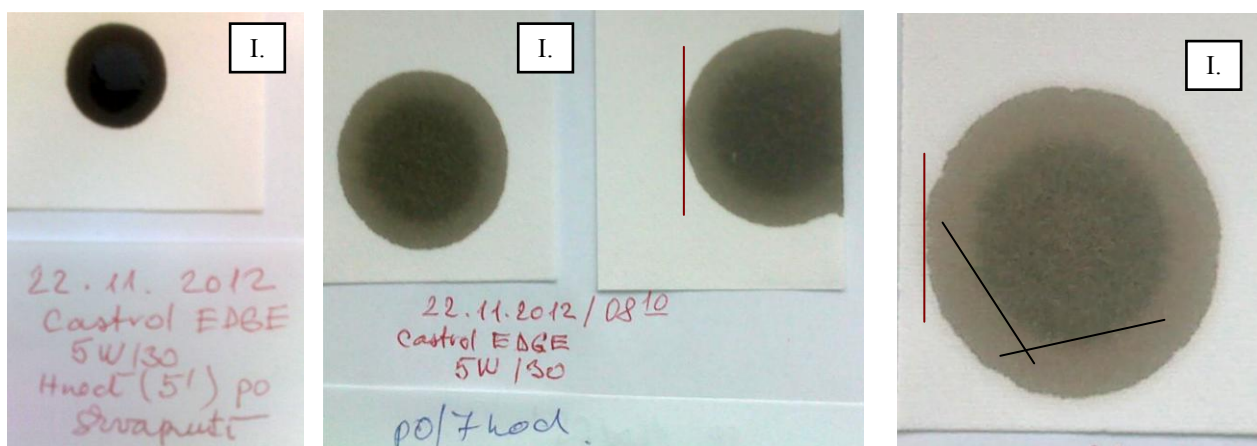
Prevádzkový limit pozri vzorovú stupnicu: **nevyhovuje stupeň 6, 8, 9**

Tabuľka 80. Zistené a porovnané parametre - porovnané s etalomom

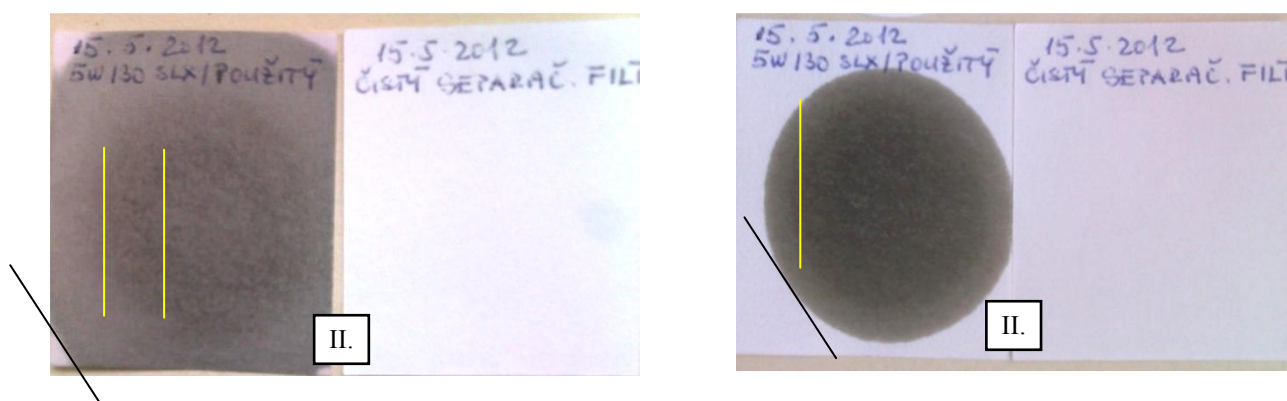
| I.                                                     | MO | Stupeň znečistenia <b>Castrol EDGE</b> | Vzor číslo |
|--------------------------------------------------------|----|----------------------------------------|------------|
| Referenčná vzorka bola čistá, číra, bez známk denzity. |    |                                        |            |
| 1. skúška                                              |    | Mierne znečistenie                     | <b>2</b>   |
| 2. skúška                                              |    | Mierne znečistenie                     | <b>2</b>   |

Tabuľka 81. Zistené a porovnané parametre - porovnané s etalomom

| II.                                                    | MO | Stupeň znečistenia <b>Castrol SLX</b> | Vzor číslo |
|--------------------------------------------------------|----|---------------------------------------|------------|
| Referenčná vzorka bola čistá, číra, bez známk denzity. |    |                                       |            |
| 1. skúška                                              |    | Mierne znečistenie                    | <b>2</b>   |
| 2. skúška                                              |    | Stredné znečistenie                   | <b>3</b>   |



Obrázky 104, 105 a 107. Kvapková skúška - separačný filter, MO Castrol EDGE



Obrázky 108, a 109. Kvapková skúška - separačný filter, MO Castrol EDGE

**Čiastkový záver (kvapková skúška):**

Stupeň znečistenia separačného filtra a detergentno-disperzné vlastnosti boli porovnané s porovnávacím vzorom a klasifikované stupňom:

- **I. – Použitý MO Castrol EDGE Profesionál LongLife III 5W-30: číslom 2**
- **II. – Použitý MO Castrol SLX Profesionál Powerflow 5W-30: číslom 2 až 3**

č. 2 a 3, mierne znečistenie.

Použitý motorový olej z pohľadu tejto skúšky : **VYHOVUJÚ**

**ZÁVER :**

Motorové oleje, **I. – MO Castrol EDGE Profesionál LongLife III 5W-30** a **II. – MO Castrol SLX Profesionál Powerflow 5W-30** sú na hraničných hodnotách kinematickej viskozity (v okolí -20% stekutenia od stredu priemeru referenčných vzoriek) a i keď sú ešte v intervale vyhovujúci, **ich ďalšie použitie NEODPORÚČAM.**

## **Zdôvodnenie:**

### **Vyhodnotenie vzoriek MO.**

-**Kinematická viskozita MO** – je primárna a základná vlastnosť pre použiteľnosť motorového oleja v motore vozidla. Motorový olej je vyhovujúci len v rozmedzí viskozity  $\pm 20\%$  od hodnoty referenčnej vzorky a údajov výrobcu motorového oleja.

-**Vzhľad MO** – porovnáva sa čírosť, lesk, pach a zákal. Podľa vlastnej metodiky (*praktické skúsenosti a odborné znalosti*), stanoviť vyhovuje alebo nevyhovuje.

Namerané hodnoty referenčných vzoriek motorových olejov boli:

- **Vzorka č.III.-** rozhranie pre použiteľnosť, **referenčnej vzorky MO Castrol EDGE Profesional LongLife 5W-30**, rozhranie je  $\pm 20\%$  **<54,832“; 82,248“> pri teplote <22,5; 23,0°C>**, rátané z  $\varnothing$  68,54“/22,68°C.
- **Vzorka č.IV.-** rozhranie pre použiteľnosť **referenčnej vzorky MO Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30**, rozhranie je  $\pm 20\%$  **<51,04“; 76,56“> pri teplote <24,0; 24,5°C>**, rátané z  $\varnothing$  63,80“/24,28°C.

Namerané hodnoty vzoriek použitých motorových olejov boli:

- **Vzorka č.Ø I. –** rozhranie pre použiteľnosť **vzorky použitého (Ø meraní č. I.a; I.b) MO Castrol EDGE Profesional LongLife 5W-30**, rozhranie je  $\pm 20\%$  **<43,776“; 65,664“> pri teplote <23,75; 23,85°C>**, rátané z  $\varnothing$  54,72“/23,79°C.
- **II. –** rozhranie pre použiteľnosť **vzorky použitého MO Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30**, rozhranie je  $\pm 20\%$  **<51,04“; 76,56“> pri teplote <24,0; 24,5°C>**, rátané z  $\varnothing$  51,60“/24,38°C.

Z uvedených výsledkov meraní jasne vyplýva, že u oboch meraných vzoriek použitých motorových olejov došlo **k zvýšeniu tekutosti motorového oleja-zníženiu hodnôt kinematickej viskozity v porovnaní s referenčnými vzorkami**. V oboch prípadoch sa jednalo o prevádzku s prevahou jazd typu „Go-Stop“-**charakteristické pre mestskú prevádzku**. Stekutenie-pokles hodnôt kinematických viskozít bol takýto:

- **Vzorka č.Ø I. – POUŽITÉHO MO Castrol EDGE Profesional LongLife 5W-30; kinematická viskozita –  $\varnothing$  54,72“/23,79°C, „Go-Stop“-mestská prevádzka 73%, porovnávané S REFERENČNOU vzorkou č.III., toho istého MO Castrol EDGE Profesional LongLife 5W-30; kinematická viskozita –  $\varnothing$  68,54“/22,28°C, pokles hodnôt kinematickej viskozity bol**  
(do úvahy bol braný i rozdiel priemerných hodnôt teploty vzoriek = 68,54“/22,68°C – 54,72“/23,79°C = 13,82“/(<22,28; 23,79>[ °C]) o 13,82“/(<22,28; 23,79>[ °C]), čo je zvýšenie tekutosti zníženie hodnôt kinematickej viskozity v porovnaní s referenčnou vzorkou ( $\varnothing$  68,54“/22,68°C)  
**o 20,16% !!** ( $\varnothing$  68,54“/22,68°C=100%; 0,6854=1%; kinematická viskozita použitého MO=  
54,72“/23,79°C=79,836% ~ 79,84%; => pokles hodnôt o 20,16%).
- **Vzorka č.II. – POUŽITÉHO MO Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30; kinematická viskozita –  $\varnothing$  51,60“/24,38°C, „Go-Stop“-mestská prevádzka ~90%, porovnávané S REFERENČNOU vzorkou č.IV., toho istého MO Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30; kinematická viskozita –  $\varnothing$  63,80“/24,28°C, pokles hodnôt kinematickej viskozity bol**  
(do úvahy bol braný i rozdiel priemerných hodnôt teploty vzoriek = 63,80“/24,28°C – 51,60“/24,38



$^{\circ}\text{C} = 12,20^{\circ}\text{C} / < 24,28; 24,38 [^{\circ}\text{C}]$  o  $12,20^{\circ}\text{C} / < 24,28; 24,38 [^{\circ}\text{C}]$ , čo je zvýšenie tekutosti – zníženie hodnôt kinematickej viskozity v porovnaní s referenčnou vzorkou ( $\varnothing 63,80^{\circ}\text{C} / 24,28^{\circ}\text{C}$ )

o **19,12% !!** ( $\varnothing 63,80^{\circ}\text{C} / 24,28^{\circ}\text{C} = 100\%$ ;  $0,6380 = 1\%$ ; kinematická viskozita použitého MO=

$51,60^{\circ}\text{C} / 24,38^{\circ}\text{C} = 80,877\% \sim 80,88\%$ ;  $\Rightarrow$  pokles hodnôt o 19,12%).

## **ZÁVER .**

Merané motorové oleje sú veľmi tekuté! Na ďalšiu prevádzku neodporúčam použiť. I keď z pohľadu kinematickej viskozity sú približne na spodnej hranici hodnôt  $\pm 20\%$ :

**1-MO Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30, pokles hodnôt kinematickej viskozity o 19,12% od strednej referenčnej vzorky, pri prevádzke „Go-Stop“ ~90% a priebehu dlhých jazd ~10%, celkového priebehu km na MO 6.903 km v tzv. zimnej prevádzke, od stavu tachometra a času: 5.11.2011/30.370 ÷ 13.4.2012/37.243.**

Ostatné doplnkové skúšky týkajúce sa kinematickej viskozity sú dobré, čo svedčí o málo najazdených km s týmto motorovým olejom (norma životnosti pre daný typ motorového oleja je 30 000 km alebo 3 roky).

**NEODPORÚČAM** na ďalšiu prevádzku.

**2-MO Castrol EDGE Profesional LongLife 5W-30, pokles hodnôt kinematickej viskozity o 20,16% od strednej referenčnej vzorky, pri prevádzke „Go-Stop“ ~73% a priebehu dlhých jazd ~17%, celkového priebehu km na MO 6 782 km v tzv. letnej prevádzke, od stavu tachometra a času: 13.4.2012/37.243 ÷ 14.11.2012/44.025.**

Ostatné doplnkové skúšky týkajúce sa kinematickej viskozity sú dobré, čo svedčí o málo najazdených km s týmto motorovým olejom (norma životnosti pre daný typ motorového oleja je 30 000 km, alebo 3 roky).

**NEODPORÚČAM** na ďalšiu prevádzku.

Prekročenie odporučených limitov pre kinematickú viskozitu ( $-20\%$  od strednej referenčnej vzorky) môže spôsobiť z hľadiska hydrodynamických súvislostí pokles dosahovaných prevádzkových tlakov v mazacej sústave, čo by mohlo spôsobiť poškodenie motora. Takéto silné stekutenie motorového oleja môže spôsobiť palivo, alebo voda. Pri natekaní paliva sa farba MO nemení (zostáva načernalá). Infiltrácia vody vo vzorkách je veľmi nízka (cca. od 0,1% do 0,2%), voda sfarbuje MO do hnedá až do šeda. Tak, ako vidieť z uvedených obrázkov, farba motorového oleja je sfarbená do čiernej, nie však dramaticky, čo svedčí o prítomnosti sadzí. Skúšky preukázali prítomnosť paliva v motorovom oleji (kinematická viskozita, prskací test).

V praxi je hranicou na posudzovanie degradácie motorového oleja 2% až 5% obj. Platí zásada, že do 2% obj. paliva v motorovom oleji sa dá tolerovať. Od 2% do 5% obj. paliva v motorovom oleji, ide o rizikovú hladinu. Nad 5% je motorový olej na ďalšiu prevádzku v motore vozidla NEPOUŽITEĽNÝ.

- Kontaminácia motorového oleja palivom sa prejavuje značným stekutením MO, jeho napeňovaním a zodpovedajúcim znížením bodu vzplanutia.
- Nebezpečenstvo spočíva najmä v tom, že vizuálna zmena je minimálna (olej je stmavnutý po karbonizačných zvyškoch).
- Motorový olej značne cítiť po benzíne, respektívne nafte, citelne táto vôňa prevláda nad vôňou po karbonizačných zvyškoch. Nariedovanie motorového oleja palivom môže znížiť viskozitnú charakteristiku o jednu alebo i o viac tried.

**Z uvedených meraní vyplýva, že prevádzka typu „Go-Stop“ do značnej miery ovplyvňuje degradáciu MO, a preto je dôležité skrátiť jeho použitie v MS motorov približne na 25% až 30% normy životnosti olejov typu LongLife (s normou životnosti 30 000 km/3 roky), približne na 7 000 km až 7 500 km. U štandardných MO (s normou životnosti 15 000 km/2 roky) skrátiť normu životnosti približne o 50%, tiež približne na 7 000 km až 7 500 km.**

**Pre obidva prípady meraných motorových olejov v prevádzke typu “GO-STOP“ je typický výrazný pokles kinematickej viskozity v tolerančnom pásme a mimo tolerančného pásma. To znamená i pokles mazacích tlakov v mazacích sústavách motorov.**



#### 6.2.4 Štandardná prevádzka s premenlivým typom prevádzky.

**Ing. Miroslav MARKO, PhD.**  
**Lipová 521/3, Podbreziny, 03104 Liptovský Mikuláš**  
**Certifikovaný Tribotechnik II.**

---

Akadémia ozbrojených síl, gen. M.R.Štefánika, Liptovský Mikuláš, P.O.BOX 45.,  
Katedra strojárstva,  
mobil.:+421 905 319080, e-mail : mikro\_makro@pobox.sk, miroslav.marko@aos.sk

---

Číslo: 005-2012-L007/2011

**Výber z ODBORNÉHO POSUDKU motorového oleja**

**Použitého motorového oleja po výmene v motore vozidla**  
**M7AD; SAE 5W-30; ACEA C3**  
**obchodného názvu: Originál BMW Quality Longlife-04**

**Liptovský Mikuláš**

---

**Spracovaný 28.8.2012**

Odborný posudok je spracovaný pre: **Ing. Pavla CHOMU**, MobilCom, Liptovský Mikuláš,

**Ing. Pavla HURTAJA, Michala BRHLÍKA**, IMPA Liptovský Mikuláš, s.r.o.. ul. 1. mája 3528, 031 04 Liptovský Mikuláš;



*Miroslav Marko*

V Liptovskom Mikuláši, 28.08.2012

Číslo: 005-2012-L007/2011

---

© Ing. Miroslav **MARKO**, PhD., certifikovaný Tribotechnik II

---

Číslo certifikátu: L007/ 2011 (Príloha č.4)

Číslo certifikačného preukazu: L007/ 2011 (Príloha č.5)

**Overenie spôsobilosti:** Certifikačný orgán pre certifikáciu personálu v technickej diagnostike, **COPT TD**, Vihorlatská 8, 949 01 Nitra

<http://www.atdsr.sk/Vzdelavanie%20COP.html>

<http://www.atdsr.sk/Certifikacia.html>

[http://www.atdsr.sk/tribo\\_cert\\_prac.html](http://www.atdsr.sk/tribo_cert_prac.html)

**Člen výboru** Slovenskej Spoločnosti pre Tribológiu a Tribotechniku (SSTT), Kocel'ova č.15, 815 94 Bratislava

---

**Použitého motorového oleja po výmene v motore vozidla, M7AD;  
SAE 5W/30; ACEA C3, obchodného názvu: Originál BMW Quality Longlife-04  
(MO-motorový olej, MS-mazacia sústava motora)  
Štandardná prevádzka s premenlivým typom.**

**Relevantné údaje a materiál poskytnutý zadávateľom:**

Vzorka použitého MO dodaného zadávateľom:

Vzorka bola dodaná v originálnom obale v objeme 1 liter. Zadávatel' ju označil ako MO olej odporučený výrobcom vozidla so špecifikáciou SAE 5W-30. Na MO do výmeny bolo najazdené 16 768 km.



Obrázok 111.

Vzorka referenčného MO dodaného zadávateľom:

Vzorka bola v originálnom obale v objeme 0,6 litra, obal bol otvorený.



Obrázok 110.

Zistené údaje o vzorke referenčného MO dodaného zadávateľom:  
<http://www.bmwolej.sk/produkt/bmw-original-quality-longlife-04-5w-30-1l/>; [http://olejposta.sk/r\\_1929.html](http://olejposta.sk/r_1929.html)

MO BMW Original Quality Longlife-04 je špičkový syntetický olej do motorov BMW. Je navrhnutý pre maximálnu životnosť motora, pre predĺžené výmeny podľa predpisu automobilky BMW.

Schválená výrobcom vozidla ako: BMW longlife-04; viskozitná špecifikácia: SAE 5W-30; výkonnostná špecifikácia: ACEA A3/B4/C3 83 210 398 507. *Poznámka autora posudku.* Tento typ a druh motorového oleja má v závislosti od typu, druhu a objemu motora **strednú lehotu životnosti 30 000 km/3 roky**. Konkrétnu normu odporúča výrobca vozidla vo svojej servisnej dokumentácii.

Dodané údaje o motore vozidla od zadávateľa:

BMW 730 D; 10/2004; r 6-valec; 160 kW; 500 Nm; vozidlo-226.768 km; MO-16.768 km; osobné údaje a kontakt.

Zistené údaje o motore vozidla od zadávateľa:

*Tabuľka 82. <http://www.autopruvodce.cz/auto/bmw-730ld-2012>*

|                 |             |                                  |
|-----------------|-------------|----------------------------------|
| Zdvihový objem  |             | 2.979 [cm <sup>3</sup> ]         |
| Typ motoru      |             | 6 valec-line                     |
| Umiestnenie     |             | Vpredu<br>pozdĺžne               |
| Výkon           | max.        | 190 [kW] pri 4 000<br>[ot./min.] |
| Krútiaci moment | max.        | 560 [Nm] pri 1 500<br>[ot./min.] |
| Valec/ventil    |             | 1/4                              |
| Kompresia       |             | 18:1                             |
| Druh paliva     |             | Nafta                            |
| Spotreba        | mesto       | 11,3 [l/100km]                   |
|                 | mimo mesta  | 6,4 [l/100km]                    |
|                 | kombinovaná | 8,2 [l/100km]                    |



Ilustračný obrázok 112.

## Kinematická viskozita

Tabuľka 82. Kontrolovaná vzorka použitého MO

| <b>POUŽITÝ MO Originál BMW<br/>5W/30; ACEA A3/B3/C3</b><br>Meraný 28.08.2012 / teplota okolia $t = 26,8^{\circ}\text{C}$ |                        |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------|
| P.č.                                                                                                                     | $t [^{\circ}\text{C}]$ | $T [s]$ |
| 1                                                                                                                        | 28,3                   | 60,6    |
| 2                                                                                                                        | 28,2                   | 60,8    |
| 3                                                                                                                        | 28,1                   | 60,9    |
| 4                                                                                                                        | 27,8                   | 61,1    |
| <i>Pozn. MO vizuálne nevykazuje známky<br/>abnormálneho znečistenia.</i>                                                 |                        |         |
| priemer                                                                                                                  | 28,1                   | 60,85   |

Tabuľka 83. Kontrolovaná referenčná-porovnávacia vzorka MO

| <b>REFERENČNÝ MO Originál BMW<br/>5W/30; ACEA A3/B3/C3</b><br>Meraný 28.08.2012 / teplota okolia $t = 26,8^{\circ}\text{C}$ |                        |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------|
| P.č.                                                                                                                        | $t [^{\circ}\text{C}]$ | $T [s]$ |
| 1                                                                                                                           | 27,1                   | 65,6    |
| 2                                                                                                                           | 27,6                   | 63,8    |
| 3                                                                                                                           | 28,1                   | 62,1    |
| 4                                                                                                                           | 27,3                   | 64,1    |
| <i>Pozn. Porovnávaci nepoužitý MO.</i>                                                                                      |                        |         |
| priemer                                                                                                                     | 27,525                 | 63,9    |

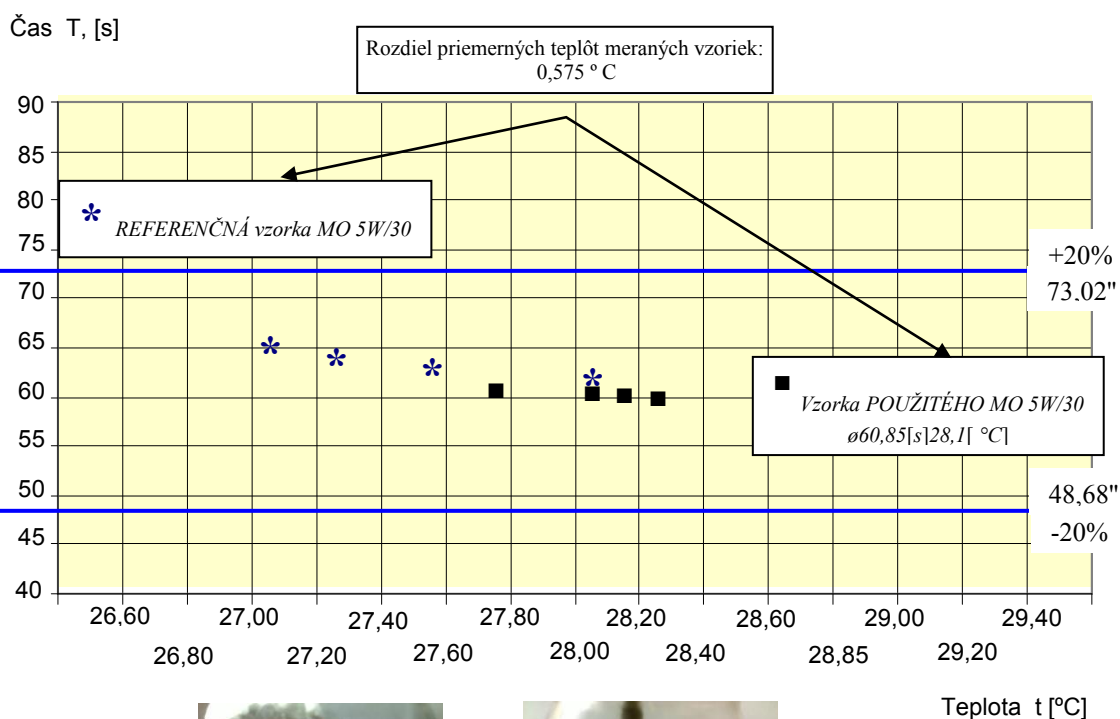
Pozn.  $t$  - teplota meraného MO

$T$  - čas prietoku cez  $\varnothing 3 \text{ mm}$  kalibrovanú trysku

### Diagram „ka“ hodnotenia kinematickej viskozity

Prevádzkové rozpätie  $\pm 20\%$  z referenčnej vzorky - 60,850 [s] / 28,100 [ $^{\circ}\text{C}$ ]

( $20\% = 12,170 [s]$  / od 48,68 [s] do 73,02 [s] pri  $\varnothing t = 28,1 [^{\circ}\text{C}]$ )



Obrázok 113, 114

Obrázok 115.

\* REFERENČNÁ vzorka MO  
5W/30; Originál BMW



Obrázok 116.

■ Vzorka POUŽITÉHO MO  
Originál BMW; 5W/30

### Čiastkový záver (kinematická viskozita):

Viskozimeter mal priemer prietokového kruhového otvoru-kalibračnej konštanty = 3 mm. Rozhranie použiteľnosti je <46,68";73,02"> pri  $\varnothing$  teplote 28,1°C, rátané z  $\varnothing$  60,85"/28,1°C.

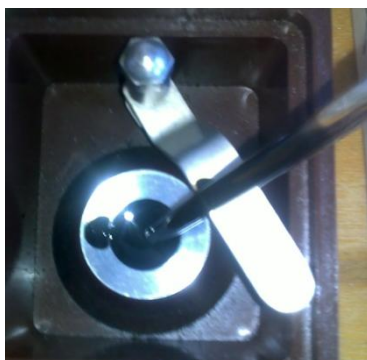
**Priemerná hodnota kinematickej viskozity nameranej u použitého motorového oleja je 63,9 s / 27,52 °C, je mierne nad strednou úrovňou priemeru referenčnej vzorky. Z pohľadu tejto skúšky bol MO vo veľmi dobrej kondícii.**

**Motorový olej : VYHOVUJE.**

### **Celkové znečistenie.**

Doplňková skúška ku kinematickej viskozite.

Prevádzkový limit: **max. 65  $\mu$ A.**



Obrázky 118, 119. Vzorkovanie referenčného a použitého MO do prístroja



Obrázok 117.  
Kontrola prístroja pred meraním



Obrázok 120. Meranie



Obrázky 121, 122. Vzorky referenčného a použitého MO

Tabuľka 82 a 83. Kontrolovaná vzorka použitého a referenčného MO

| Referenčný MO<br>Orig. BMW | t<br>[°C] | I<br>[ $\mu$ A] |
|----------------------------|-----------|-----------------|
| 1                          | 26,8      | 81              |
| 2                          |           | 82              |
| 3                          |           | 82              |
| 4                          |           | 81              |
| priemer                    |           | 71,50           |

| Použitý MO<br>Orig. BMW | t<br>[°C] | I<br>[ $\mu$ A] | Rozdiel<br>I [ $\mu$ A] |
|-------------------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| 1                       | 26,8      | 101             | 20                      |
| 2                       |           | 101             | 19                      |
| 3                       |           | 101             | 19                      |
| 4                       |           | 101             | 20                      |
| priemer                 |           | 101,00          | 19,50                   |

### **Čiastkový záver :**

Horná prípustná hranica celkového znečistenia je 65  $\mu$ A.

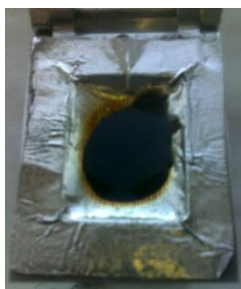
$\varnothing$  prechodu prúdu u referenčného MO Originál BMW 5W/30; API A3/B3/C3 meraného 28.8.2012 bol 71,50  $\mu$ A. **Priemerná hodnota rozdielu celkového znečistenia je 19,50  $\mu$ A. Motorový olej : Mierne znečistený - VYHOVUJE.**



### Obsah vody, paliva.

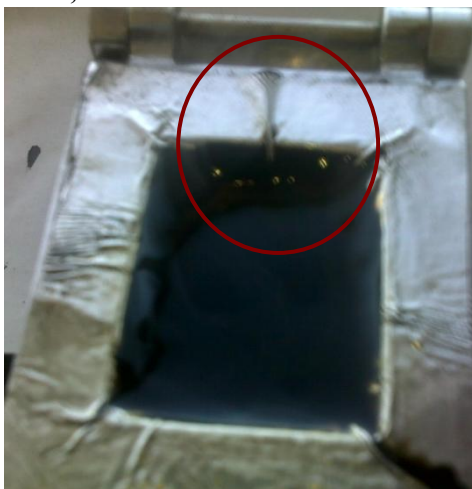
Doplňková skúška ku kinematickej viskozite.

Prevádzkový limit : **max. 0,5%.**



Obrázok 123.

Vzorkovanie



Obrázok 124.

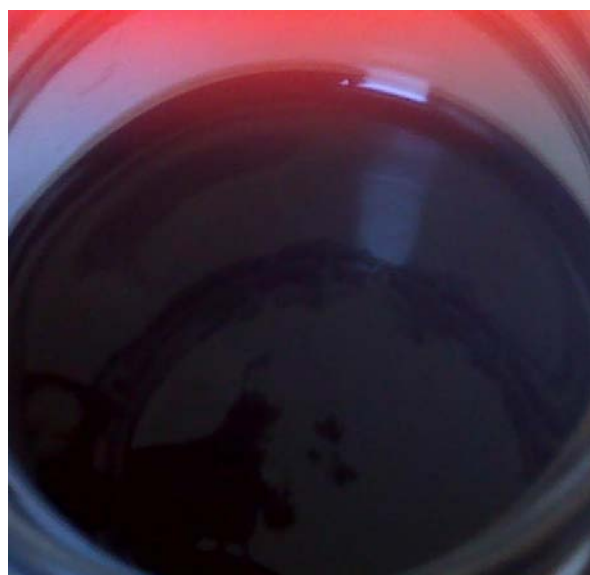
Vpravo, 1. meranie



Obrázok 125. 2. meranie



Obrázok 126. 3. meranie



Obrázok 127. Vzorka použitého MO

Tabuľka 84. Zistené a porovnané parametre - porovnané s etalonom

| P.č.                                                             | Vizuálne a sluchové prejavy                                                                                              | ~ % vody paliva |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Referenčná vzorka bola bez prejavov penenia a prskania, 0% vody. |                                                                                                                          |                 |
| 1                                                                | Bublínky veľmi malé, počet do 6 ks, v priemere do 1 mm, tvorba počas cca. 3 sek. Bez zvukových prejavov. Mierne dymenie. | 0,2 %           |
| 2                                                                | Bez bubliniek. Bez zvukových prejavov. Dymenie.                                                                          | 0,1 %           |
| 3                                                                | Bez bubliniek. Bez zvukových prejavov. Dymenie.                                                                          | 0,1 %           |

### Čiastkový záver (obsah vody, paliva):

Doplňková skúška ku kinematickej viskozite.

Prípustná hranica % objemu vody je 0,5%.

**Meranie prskacím testom preukázalo % objemu paliva/vody 0,1 až 0,2%.**

**Motorový olej : Mierne znečistenie HC, H<sub>2</sub>O - VYHOVUJE.**

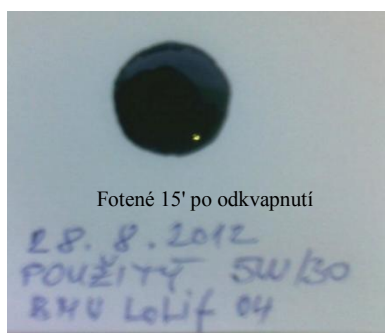
### Stupeň znečistenia.

Doplňková skúška ku kinematickej viskozite.

Prevádzkový limit pozri vzorovú stupnicu:

**nevyhovuje stupeň 6, 8, 9**

Tabuľka 85. Zistené a porovnané parametre

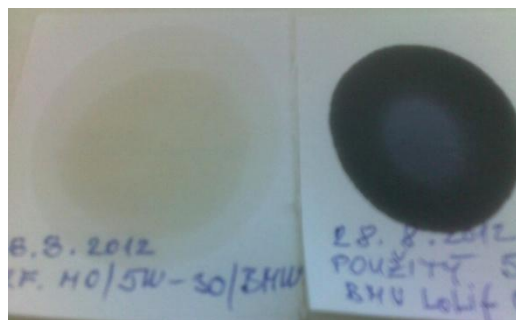


Obrázok 128. Vzorkovanie

| MO        | Stupeň znečistenia                                                                 | Vzor číslo  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1. skúška | MO znečistený sadzami, aditívny prejav je na dobrej úrovni - proti svetlu - odlesk | 5           |
| 2. skúška | MO znečistený sadzami, aditívny prejav je na dobrej úrovni - proti svetlu - odlesk | medzi 5 a 7 |



Obrázok 129. Po 30 minútach, 2. skúška, vľavo: referenčná vzorka MO 5W-30, vpravo: vzorka použitého MO 5W-30



Obrázok 130. Po 2 hodinách, 1. skúška, vľavo: referenčná vzorka MO 5W-30, vpravo: vzorka použitého MO 5W-30



Obrázok 131. Po 2 hodinách, 2. skúška, vľavo: referenčná vzorka MO 5W-30, vpravo: vzorka použitého MO 5W-30

**Čiastkový záver (kvapková skúška) :**

**Stupeň znečistenia a detergentno-disperzné vlastnosti boli porovnané s porovnávacím vzorom - etalom a klasifikovaný stupňom č. 5 a 7.**

**Motorový olej : stredne znečistený - VYHOVUJE.**



## Záver.

**Meraný použitý motorový olej Originál BMW Quality LL-04; SAE 5W-30; ACEA A3/B4/C3 83 21 0 398 507 : VOHOVUJE na ďalšiu prevádzku v motorovom vozidle BMW 730 D.**

### Zdôvodnenie:

**Vyhodnotenie vzorky použitého motorového oleja Originál BMW Quality LL-04; SAE 5W-30; ACEA A3/B4/C3 83 21 0 398 507.**

Vzorky motorových olejov predložil zadávateľ v dvoch originálnych baleniach od MO Original BMW; 5W-30. Podľa zadávateľa bol v jednom otvorenom originálnom obale 1 liter použitého MO s obchodným názvom Originál BMW, Quality Longlife 04, viskozitnej špecifikácie SAE 5W-30, výkonostnej špecifikácie ACEA A3/B4/C3 83 21 0 398 507. V druhom otvorenom originálnom obale bolo 0,6 litra nepoužitého MO s obchodným názvom Originál BMW, Quality Longlife 04, viskozitnej špecifikácie SAE 5W-30, výkonostnej špecifikácie ACEA A3/B4/C3 83 21 0 398 507, ktorý bol chápaný ako porovnávacia-referenčná vzorka MO.

Vizuálne hodnotenie meranej vzorky použitého MO:

Predložená vzorka motorového oleja bola tmavá, nepriehľadná, čiernej farby. Pri pohľade voči svetlu bol viditeľný jasný odlesk, po skvapnutí na polguľu o  $\varnothing$  10 cm, dochádzalo k spriehľadneniu olejového filmu a zviditeľneniu povrchu polgule, čo svedčí o pomerne dobrej a



Obrázok 132 a 133. Vzorka MO

ditivačnej schopnosti MO a strednom znečistení sadzami zo spalín horenia, ktoré boli absorbované MO. Neboli viditeľné väčšie disperzné častice (vizualizované cez lupu-zväčšenie 17 x, na rovnom povrchu sklenenej dosky), prípadne nebola viditeľná separácia aditív vplyvom nitratačných a sulfatačných procesov spôsobených vodou alebo zmeny vplyvom etylénglykolu.

**Kinematická viskozita:** meraný-použitý motorový olej Originál BMW; 5W/30 je z pohľadu kinematickej viskozity **VYHOVUJÚCI**.

Kinematická viskozita je primárna a základná vlastnosť pre použiteľnosť motorového oleja v motore vozidla. Motorový olej je vyhovujúci pokiaľ sa jeho tekutosť nachádza v rozmedzí viskozity  $\pm 20\%$  od hodnoty referenčnej vzorky a údajov výrobcu motorového oleja.

Zistené hodnoty kinematickej viskozity referenčného-nepoužitého motorového oleja MO Originál BMW 5W/30; ACEA A3/B4/C3 83 21 0 398 507, boli v rozpätí  $< 48,68'' - 73,02''$  pri  $\varnothing t = 28,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Referenčná vzorka bola meraná 28.08.2012 pri teplote okolia  $t = 26,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Po prvé, mierne zviskóznenie motorového oleja v spektre nameraných hodnôt je dané i rozdielom priemerných teplôt meraných vzoriek, kde vzorka použitého motorového oleja (z BMW 730 D) mala priemernú teplotu počas merania o  $0,575\text{ }^{\circ}\text{C}$  nižšiu (referenčná vzorka -  $\varnothing t = 28,100\text{ }^{\circ}\text{C}$  / vzorka použitého motorového oleja -  $\varnothing t = 27,525\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Pri paritných teplotách obidvoch vzoriek by sa namerané hodnoty použitého motorového oleja blížili k hodnotám referenčného spektra motorového oleja. To znamená, že i keď dochádzalo k degradácii MO počas prevádzky, tak kolísanie kinematickej viskozity od naliatia MO do motora vozidla až po odobratie vzorky na

meranie (s MO bolo najjazdených – 16 768 km), zostala približne na rovnakej úrovni ako v prípade referenčnej vzorky. Čo svedčí o dobrom technickom stave motora a vyrovnanej dynamike prevádzky (prítom vozidlo malo najjazdených približne 226 768 km). Pomer množstva sadzí a nespálených HC absorbovaných MO udržal viskozitu MO na hodnotách ako v prípade nepoužitého MO (má zahusťovací a zviskozňovací charakter, nespálené HC, tzn. palivo má charakter ztekutit'-znížiť viskozitu), čo má priaznivý vplyv na správne hodnoty prevádzkových tlakov MS, a tým i na nižšie predpokladané opotrebovanie kontaktných-pracovných častí motora.

V motorovom oleji sa neobjavili anomálie sulfatačných a nitridačných procesov spôsobených nadmerným obsahom vody, tvorbe emulzií a prejavov oddelenia aditív od základového oleja, čo svedčí o dobrom technickom stave chladiacej, mazacej a palivovej sústavy v danom období prevádzky vozidla (obdobie 16 768 km, počas prevádzky na meraní MO).

**Doplňková skúška na prítomnosť vody, paliva:** - meraný-použitý motorový olej Originál BMW; 5W/30: **Mierne znečistenie nespálenými HC, H<sub>2</sub>O - VYHOVUJE.** Potvrďuje veľmi nízke hodnoty prítomnosti vody a nespálených zvyškov paliva v množstve v rozpätí 0,1% až 0,2%. **Prípustná hranica 0,5% objemu vody a 5% objemu paliva v motorovom oleji pre použiteľnosť v prevádzke nebola prekročená.**

**Doplňková skúška celkového znečistenia** - meraný-použitý motorový olej Originál BMW; 5W/30: **Mierne znečistený - VYHOVUJE.**

Táto skúška skúma všetky degradačné (znehodnocujúce) činitele, ktoré sa dajú zistiť na základe zmeny vodivosti olejového filmu.

Limitujúcou hodnotou použiteľnosti MO je 65  $\mu$ A rozdielu od referenčnej vzorky. Meraná vzorka použitého motorového oleja Originál BMW; 5W-30, bola vo všetkých štyroch prípadoch meraní zhodná 101  $\mu$ A. Rozdiely s referenčnou hodnotou mali priemer 19,50  $\mu$ A. To znamená, že motorový olej obsahuje nízke množstvo degradačných činiteľov, ktoré spôsobujú zvýšený priechod prúdu cez motorový olej (ako napríklad: vysoko a nízкотеплотné kaly, voda, palivo, alebo kovové častice, ktoré ale vylučujem v takej veľkej miere, lebo sa neobjavili na separačných filtroch).

**Doplňková skúška na stupeň znečistenia** - meraný-použitý motorový olej Originál BMW; 5W/30: **Stredne znečistený - VYHOVUJE.**

Skúška bola vykonaná kvapkovou metódou na separačnom filtri a porovnaná so štandardom. Porovnávacou metódou pod lupou (zväčšenie 17 x) bol stanovený **stredný stupeň znečistenia č. 5 a 7** podľa porovnávacieho etalonu (Príloha 3). Povrch rozliatych skvapnutí použitého motorového oleja Originál BMW; 5W/30 na separačných filtroch bol čierny bez viditeľných (lupou-17 x zväčšenie) pevných kontaminantov, ktoré by sa mohli vo zvýšenej miere prejavovať adhezívnym alebo abrazívnym opotrebením pracovných kontaktných plôch. Počas rozlievania sa kvapky motorového oleja po separačnom filtri od stredu k okrajom NIE SÚ usadeniny sadzí kontinuálne a rovnomerné, to dokazuje stredné hodnoty množstva absorbovaných sadzí (pri strede menej a k okrajom sa denzita zvyšuje). Sadze sú tepelne vytvrdený carboneum (uhlík), ktorý pri kontakte dvoch interaktívnych plôch pôsobí ako brúsna pasta, a tým zvyšuje opotrebenie. Toto sa deje najmä pri vysokom obsahu sadzí v motorovom oleji, čo však nie je prípad tohto meraného motorového oleja. Na túto skutočnosť je citlivá najmä závitová časť mikropovrchu valca, ktorá slúži na udržanie mazacej vrstvy oleja vo valci, tiež urýchlňuje zmeny tvaru najmä u stieracích krúžkov, kde sa kontaktná hrana zaobľúje, čím sa zhoršuje jeho funkcia.

## ZÁVER.

Vzhľadom na to, že pre použiteľnosť motorového oleja je rozhodujúca vlastnosť - kinematická viskozita, konštatujem, že použitý motorový olej Originál BMW; 5W/30 by bol schopný v hydrodynamickej mazacej sústave správne pracovať s adekvátnym pracovným tlakom, i keď hodnoty sadzí sú na strednej úrovni z pohľadu použiteľnosti. Motorový olej Originál BMW; 5W/30; ACEA A3/B4/C3 83 21 0 398 507; BMW Longlife-04; VW 504.00/507.00; syntetický MO do motorov BMW **do odberu vzorky - výmeny pracoval počas 16 768 km.** Jeho stredná lehota použiteľnosti sa odporúča 30 000 km alebo 3 roky od dátumu plnenia do spotrebného obalu. **Vzhľadom na uvedené hodnoty jednotlivých meraní, pri rovnakom type prevádzky a podnebných činiteľoch, by mohol zostať pracovať v motore ďalších 5 000 až 10 000 km. Jeho kilometrový výkon by tak približne stúpol na teoretických 21 768 až 26 768 km.** Na zníženie absorpcie sadí v MO je vhodné použiť palivá typu: NM typu V-Power Diesel, alebo EVO Diesel alebo MaxxMotion Diesel alebo Diesel 60 (tento typ NM je drahší cca o 15 až 20 eurocentov na liter). Zvýšená kvalita a vyššie cetanové číslo do veľkej miery znižujú tvorbu sadzí, čo sa prejaví vo vyššej kilometrovej výkonnosti motorového oleja a bez problémov zvládne za štandardných prevádzkových podmienok 30 000 až 40 000 km.

### 6.2.5 Štandardná prevádzka s premenlivým typom.

**Ing. Miroslav MARKO, PhD.**  
**Lipová 521/3, Podbreziny, 03104 Liptovský Mikuláš**  
**Certifikovaný Tribotechnik II.**

---

Akadémia ozbrojených síl, gen. M.R.Štefánika, Liptovský Mikuláš, P.O.BOX 45.,  
Katedra strojárstva,  
mobil.:+421 905 319080, e-mail : mikro\_makro@pobox.sk, miroslav.marko@aos.sk

---

Číslo: 003-2012-L007/2011

**Výber z ODBORNÉHO POSUDKU motorového oleja**

**Použitého motorového oleja po pravidelnej výmene v motore vozidla  
M7AD Fully Synthetic; SAE 5W/30; ACEA A3/B3, A3/B4, C3  
obchodného názvu: Castrol EDGE**

**Liptovský Mikuláš**

---

**Spracovaný 17.6.2012**

Odborný posudok je spracovaný pre: Ing. Emila HRIVŇÁKA, PhD. Fyzická osoba, Martin,

**Ing. Pavla HURTAJA, Michala BRHLÍKA**, IMPA Liptovský Mikuláš, s.r.o.. ul. 1. mája 3528, 031 04 Liptovský Mikuláš;



*Miroslav Marko*

V Liptovskom Mikuláši, 17.06.2012

Číslo: 003-2012-L007/2011

---

© Ing. Miroslav **MARKO**, PhD., certifikovaný Tribotechnik II

---

Číslo certifikátu: L007/ 2011 (Príloha č.5)

Číslo certifikačného preukazu: L007/ 2011 (Príloha č.6)

**Overenie spôsobilosti:** Certifikačný orgán pre certifikáciu personálu v technickej diagnostike, COPT TD, Vihorlatská 8, 949 01 Nitra

<http://www.atdsr.sk/Vzdelavanie%20COP.html>

<http://www.atdsr.sk/Certifikacia.html>

[http://www.atdsr.sk/tribo\\_cert\\_prac.html](http://www.atdsr.sk/tribo_cert_prac.html)

Člen výboru Slovenskej Spoločnosti pre Tribológiu a Tribotechniku (SSTT), Kocel'ova č.15, 815 94 Bratislava

---

**Hodnotenie plno-syntetického motorového oleja Castrol EDGE; Long-Life; M7AD; SAE 5W/30; ACEA A3/B3, A3/B4, C3; VW 504 00/507 00; BMW Longlife-04; MB-Approval 229.51**  
**Štandardná prevádzka s premenlivým typom - jazda v hornom rozsahu výkonu.**

**Relevantné údaje a materiál poskytnutý zadávateľom:**

Vzorka MO dodaného zadávateľom: **označená zadávateľom ako Castrol EDGE, SAE 5W/30.**

Referenčná, porovnávacia vzorka MO : **nedodaná**

Najazdené na MO: **približne 20 000 km ± 200 km** (august 2011 až 01.06.2012)

Vozidlo : -rok výroby: **neznámy**

-Ford Focus 1,6 TDCi

-výkon: 85(80)/115(108) [kW/k]

-M<sub>K</sub>: 270 [Nm]

-najazdené km na vozidle: **cca. 140 000 km**

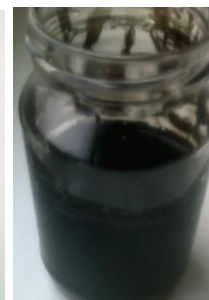
Dátum výmeny MO: **01.06.2012, pri stave tachometra cca. 140 000 km** od výroby

-určený MO: špecifikácie SAE 5W/30; ACEA min. B3

**Pre porovnanie kontrolovanej vzorky MO Castrol EDGE - špecifikácie SAE 5W/30,**

**ACEA A3/B3, A3/B4, C3 boli použité údaje relevantnej vzorky motorového oleja**

**Castrol EDGE - špecifikácie 5W/30, ACEA A3/B3, A3/B4, C3 meraného 28.03.2012.**



*Obrázok 134 a 135. Referenčná-porovnávacia vzorka MO 5W/30*

*Obrázok 136 a 137. Kontrolovaná vzorka použitého MO vzorka 5W/30*

**Merané parametre:**

Kinematická viskozita

Meraná veličina: Čas / T / - 0 až 1800 s ( + 2 s ).  
 Teplota / t / - 0 až 50 °C ( + 1 °C )

Celkové znečistenie

Meraná veličina : Prírastok kapacity d - 0 až 100 dielikov, možno stanoviť len pri negatívnom výsledku testu na prítomnosť vody

Obsah vody (paliva)

Meraná veličina: Tlak / p / - 0 až 160 kPa ( + 3 kPa )

Alebo kontrola tzv. prskacím testom a porovnaním so štandardom-kontrolným etalonom.

Detergentno - disperzné vlastnosti a stupeň znečistenia

Informatívna skúška: Vizuálne hodnotenie tvaru, veľkosti a intenzity stmavnutia chromatografického papiera po nanesení kvapky oleja - porovnanie so štandardom-kontrolným etalonom.



## Kinematická viskozita

Tabuľka 86. Kontrolovaná vzorka použitého MO 5W/30

| <b>Použitý MO Castrol EDGE 5W/30; ACEA A3/B3, A3/B4, C3</b><br>Meraný 13.06.2012 / teplota okolia $t = 24,0^{\circ}\text{C}$ |                        |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|
| P.č.                                                                                                                         | $t [^{\circ}\text{C}]$ | $T [\text{s}]$ |
| 1                                                                                                                            | 24,5                   | 58,4           |
| 2                                                                                                                            | 24,9                   | 60,5           |
| 3                                                                                                                            | 25,4                   | 58,5           |
| 4                                                                                                                            | 25,5                   | 57,9           |
| Pozn. MO vykazuje známky silného znečistenia sadzami.                                                                        |                        |                |
| priemer                                                                                                                      | 25,075                 | 58,825         |

Tabuľka 87. Referenčná-porovnávacia vzorka MO 5W/30

| <b>Referenčný MO Castrol EDGE 5W/30; ACEA A3/B3, A3/B4, C3</b><br>Meraný 28.03.2012 / teplota okolia $t = 21,5^{\circ}\text{C}$ |                        |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|
| P.č.                                                                                                                            | $t [^{\circ}\text{C}]$ | $T [\text{s}]$ |
| 1                                                                                                                               | 23,0                   | 69,5           |
| 2                                                                                                                               | 22,6                   | 67,8           |
| 3                                                                                                                               | 22,5                   | 70,4           |
| 4                                                                                                                               | 22,6                   | 68,0           |
| Pozn. Porovnávaci nepoužitý MO.                                                                                                 |                        |                |
| priemer                                                                                                                         | 22,675                 | 68,925         |

Pozn.  $t$  - teplota meraného MO

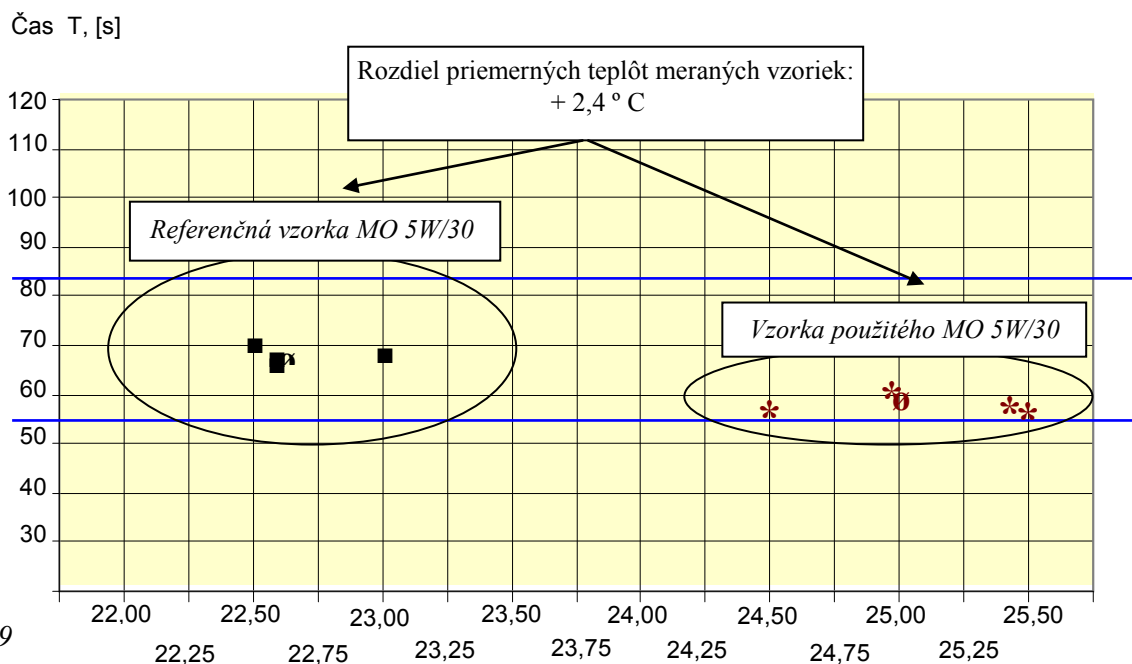
$T$  - čas prietoku cez  $\varnothing 3 \text{ mm}$  kalibrovanú trysku

### Diagram „ka“ hodnotenia kinematickej viskozity

Prevádzkové rozpätie  $\pm 20\%$  z referenčnej vzorky - 68,925 [s] / 22,675  $[^{\circ}\text{C}]$   
 (20%=13,785 [s] / od 55,14 [s] do 82,71 [s] pri 22,6 $[^{\circ}\text{C}]$ )



Obrázok 138, 139



### Čiastkový záver (kinematická viskozita):

Teplota  $t [^{\circ}\text{C}]$

Priemer prietokového kruhového otvoru-kalibračnej konštanty = 3 mm.

Rozhranie pre použiteľnosť je  $<55,14^{\circ}\text{C}, 82,71^{\circ}\text{C}>$  pri teplote 22,6 $^{\circ}\text{C}$ , rátané z  $\varnothing 68,925/22,675^{\circ}\text{C}$ .

Priemerná hodnota kinematickej viskozity nameranej u neznámeho motorového oleja je 68,925 [s] / 38,70 $[^{\circ}\text{C}]$ , je nad spodnou úrovňou hranice pre použiteľnosť.

**Motorový olej : VYHOVUJE.**

### Celkové znečistenie.

Doplňková skúška týkajúca sa kinematickej viskozity.

Prevádzkový limit: **max. 65  $\mu\text{A}$ .**

Prechod prúdu referenčného MO Castrol EDGE

5W/30; API A3/B3, A3/B4, C3 meraného 28.3.2012

bol 86  $\mu\text{A}$ .

Tabuľka 88. Merané parametre celkového znečistenia prístroja pred meraním

| MO                                               | t<br>[°C] | Použitý MO<br>15W/40<br>[ $\mu\text{A}$ ] | Rozdiel<br>[ $\mu\text{A}$ ]                                   |
|--------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Referenčná<br>vzorka MO<br>Castrol EDGE<br>5W/30 | 21,5      | 86<br><b>Ø 86</b>                         | -                                                              |
| 1                                                | 24        | Cez 110                                   | Cez rastovanie<br>stupnice prístroja                           |
| 2                                                |           | Cez 110                                   | Cez rastovanie<br>stupnice prístroja                           |
| 3                                                |           | Cez 110                                   | Cez rastovanie<br>stupnice prístroja                           |
| 4                                                |           | Cez 110                                   | Cez rastovanie<br>stupnice prístroja                           |
| priemer                                          |           | <b>Cez 110</b>                            | <b>Cez 24,<br/>nie je možné<br/>určiť skutočnú<br/>hodnotu</b> |



Obrázok 140. Kontrola



Obrázok 141. Meranie vzorky

**Čiastkový záver** (celkové znečistenie):

Horná prípustná hranica celkového znečistenia je 65  $\mu\text{A}$ . **Priemerná hodnota rozdielu celkového znečistenia je cez 24  $\mu\text{A}$ , nedá sa zistiť skutočná hodnota celkového znečistenia. Rastovanie stupnice prístroja končí na hodnote 110  $\mu\text{A}$ .**

**Motorový olej : SILNE ZNEČISTENÝ !**

**Obsah vody, paliva.**

Doplňková skúška týkajúca sa kinematickej viskozity.

Prevádzkový limit: **max. 0,5%**



Obrázok 142, 143 a 144. Meranie vzoriek - zľava č.1., 2. a 3.

Tabuľka 88. Zistené a porovnané parametre - porovnané s etalonom

| P.č.                                                             | Vizuálne a sluchové prejavy                                                                                                      | ~% vody   |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Referenčná vzorka bola bez prejavov penenia a prskania, 0% vody. |                                                                                                                                  |           |
| 1                                                                | Bublínky veľmi malé, malé množstvo- 25 až 30 v priemere do 1 mm, tvorba počas cca. 17 až 20sek. Bez zvukových prejavov.          | 0,2-0,5 % |
| 2                                                                | Bublínky veľmi malé, malé množstvo- 15 až 20 v priemere do 2 mm, tvorba počas cca. 15 až 18sek. Bez zvukových prejavov.          | 0,2-0,5 % |
| 3                                                                | Bublínky veľmi malé, malé množstvo- 30 až 40 v priemere do 1 mm, tvorba počas cca. 19 až 21sek. Bez zvukových prejavov. Dymenie. | 0,2-0,5 % |

**Čiastkový záver (obsah vody, paliva):**

Doplnková skúška týkajúca sa kinematickej viskozity.

Prípustná hranica % objemu vody je 0,5%.

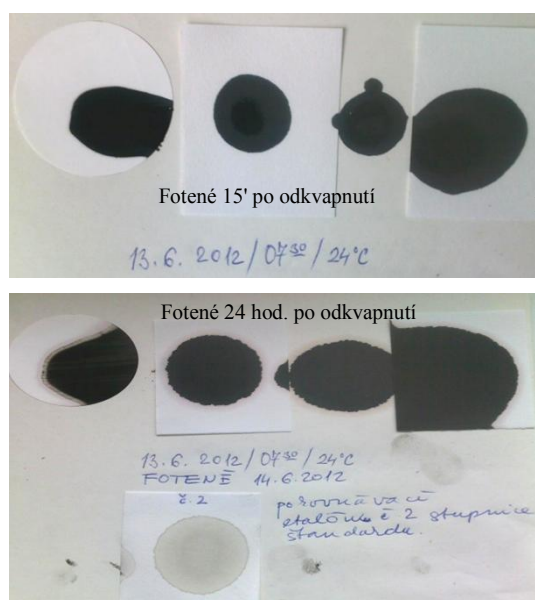
**Meranie prskacím testom preukázalo % objemu vody 0,2 až 0,5%.**

**Motorový olej : VYHOVUJE**

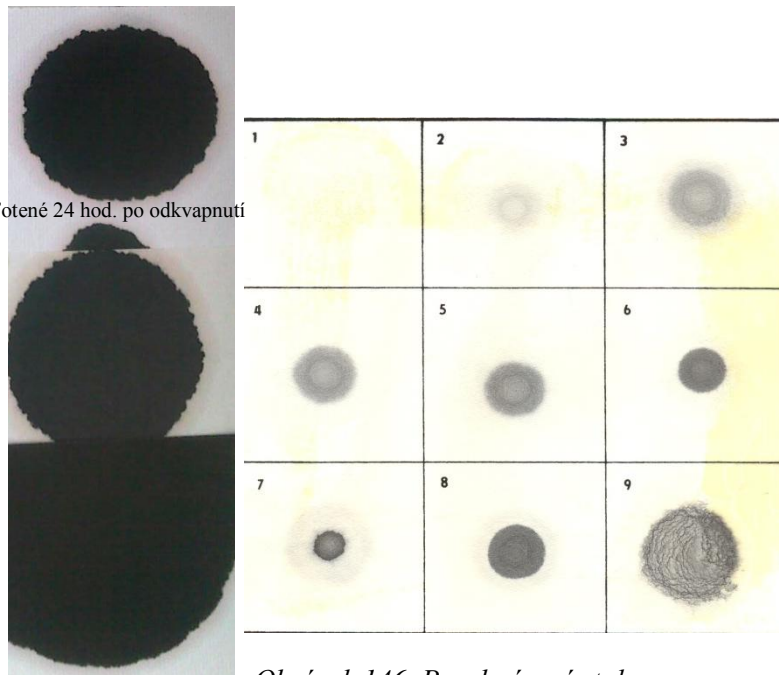
• **Stupeň znečistenia** (Príloha 3)

Doplnková skúška týkajúca sa kinematickej viskozity.

Prevádzkový limit, pozri vzorovú stupnicu: **nevyhovuje stupeň 6, 8, 9**



Obrázok 145. Vzorkovanie



Obrázok 146. Porobnávaci etalon

Tabuľka 89. Zisťovanie a porovnávanie parametrov s etalonom

| MO        | Stupeň znečistenia                                                                       | Vzor číslo |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1. skúška | MO silne znečistený sadzami, aditívny prejav je na dobrej úrovni - proti svetlu - odlesk | 6, 8       |
| 2. skúška | MO silne znečistený sadzami, aditívny prejav je na dobrej úrovni - proti svetlu - odlesk | 6, 8       |

**Čiastkový záver (kvapková skúška) :**

**Stupeň znečistenia a detergentno-disperzné vlastnosti boli porovnané s porovnávacím vzorom - etalonom a klasifikovaný stupňom č. 6, 8.**

**Motorový olej : NEVYHOVUJE !**

**Záver.**

**I keď je motorový olej na hranici stavu vyhovujúci, na ďalšie použitie v prevádzke vozidla NIE JE VHODNÝ !**

**Zdôvodnenie:**

### **1. Tribodiagnostický prostriedok, ktorým bola skúška vykonaná.**

Merania boli vykonané na jednotlivých prvkoch a prístrojoch súpravy TRIBO-I. Súprava TRIBO -I (ďalej v texte skrátené „súprava“) je určená na hodnotenie zmien vybraných kvalitatívnych parametrov motorových a iných olejov typu M 6 AD, M 6 ADX, M 6 ADXS II, M7AD, M6W/20D, vo svojich dôsledkoch sa na nej môžu diagnostikovať motorové oleje základných viskozitných rád typu : M6, M7, M8 a monográdných olejov rady M6. Súpravu je možné použiť i pri hodnotení akýchkoľvek iných mazacích olejov za predpokladu, že meranými parametrami možno kvalitu oleja ohodnotiť a že merané parametre sú pre daný druh oleja a typ motora alebo prevodovej ústrojenstva sústavy v ich medzných hodnotách. Výsledky získané meraním súboru parametrov informujú o zásadných zmenách vlastností maziva, ktoré súvisia so zmenami technického stavu príslušných mazacích mechanizmov a s podmienkami prevádzky (tribotechnická diagnostika, tribológia - mazanie, trenie, opotrebenie). Výsledky získané meraním parametrov informujú o kvalite oleja - či je použiteľný na ďalšiu prevádzku alebo je nutné olejovú náplň vymeniť a zabrániť tak ďalšej prevádzke v zhoršených alebo kritických podmienkach mazania a ďalej o zmenách technického stavu niektorého zo sústav motora. Pri systematickom hodnotení kvality oleja sú výsledky podkladom na efektívne využívanie mazív a na výmenu olejovej náplne podľa skutočnej potreby. Pomôcky, prípravky a merací prístroj, ktoré sú predmetom súpravy, umožňujú stanoviť kinematickú viskozitu, obsah látok nerozpustných v n-Hexáne, prítomnosť a obsah vody, celkové znečistenie a detergentno - disperzné vlastnosti. Uvedené parametre informujú o zásadných zmenách technického stavu palivovej a chladiacej sústavy, čističov oleja a ďalej o výrazných zmenách podmienok prevádzky motora (zvýšené tepelné a oxidačné namáhanie oleja - prehrievanie motora).

Súprava je diagnostickým prostriedkom. Je určená do prevádzkových podmienok a opráv techniky. Vlastná činnosť súvisiaca s meraním parametrov a vyhodnocovanie dosiahnutých výsledkov sa vykonáva bez nárokov na zdroj energie pri pracovnej teplote prostredia od +15 až do +40 °C.

### **2. Vyhodnotenie vzorky neznámeho MO SAE 15W/40.**

Zadávateľ predložil cca. 0,7 dcl motorového oleja z vozidla Ford Focus 1,6 TDCi. Charakterizoval ho, že ide o MO špecifikácie SAE 5W/30. Na vozidle bolo najazdených približne 140 000 km. Referenčná vzorka MO nebola dodaná, na porovnanie meranej vzorky použitého MO bola využitá vzorka relevantného MO rovnakej značky a typu. **Zadávateľ zadal požiadavku na zistenie stavu motorového oleja.**

### **Vizuálne hodnotenie meranej vzorky použitého MO:**

Predložená vzorka motorového oleja je tmavá-nepriehľadná, sýto-čiernej farby. Viditeľne obsahuje značné množstvo sadzí. Pri pohľade proti svetlu je viditeľný odlesk. Nie sú viditeľné väčšie disperzné častice, prípadne nie je viditeľná separácia aditív vplyvom nitratačných a sulfatačných procesov spôsobených vodou alebo zmeny vplyvom etylénglykolu. Pri práci s meracími prístrojmi a prípravkami vznikali z meraného MO na pracovných povrchoch povlaky, ktoré sa dali čistiť len chemickými prípravkami (technický benzín; n-Hexan).

**Kinematická viskozita:** meraný-použitý motorový olej Castrol EDGE 5W/30:

je z pohľadu kinematickej viskozity **VYHOVUJÚCI**.

Kinematická viskozita je primárna a základná vlastnosť pre použiteľnosť motorového oleja v motore vozidla. Motorový olej je vyhovujúci v rozmedzí viskozity  $\pm 20\%$  od hodnoty referenčnej vzorky a údajov výrobcu motorového oleja.

Zistené hodnoty kinematickej viskozity referenčného motorového oleja Castrol 5W/30; ACEA A3/B3, A3/B4, C3 boli v rozpätí  $< 67,8'' - 70,4''$  pri  $\varnothing t = 22,675\text{ }^{\circ}\text{C}$  >. Referenčná vzorka bola meraná 28.03.2012 pri teplote okolia  $t = 21,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Po prvé, mierne stekutenie motorového oleja v spektre nameraných hodnôt je dané i rozdielom priemerných teplôt, kde vzorka použitého motorového oleja (z Fordu Focus) mala priemernú teplotu počas merania o  $+ 2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  vyššiu (referenčná vzorka -  $\varnothing t = 22,675\text{ }^{\circ}\text{C}$  / vzorka použitého motorového oleja -  $\varnothing t = 25,075\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Pri paritných teplotách obidvoch vzoriek by sa namerané hodnoty použitého motorového oleja blížili k hodnotám „stredú“ hodnôt referenčného spektra motorového oleja.

Po druhé, i keď sa v motorovom oleji počas prevádzky cca. 20 000 km hromadili sadze a vysokoteplotné kaly, vzniknuté procesmi horenia, ktoré v motorovom oleji pôsobia na zvyšovanie viskozity („olej zahusťujú“), ale tým, že sa do motorového oleja zároveň dostávali zvyšky nespálených uhlíkov (HC), ktoré v motorovom oleji pôsobia na znižovanie viskozity („ztekutujú“), meraný-použitý olej si zachovával približne paritnú úroveň viskozity, ako v prípade nového-nepoužitého motorového oleja, danej špecifikácie.

To znamená, že **motor je v dobrom technickom stave a jeho prevádzka bola vyvážená** (z pohľadu „go-stop“ prevádzky v meste / dlhých jazd s prevádzkovo teplým motorom), nehromadili sa HC vo väčšej miere. Kinematika motorového oleja zodpovedá znečisteniu degradačnými činiteľmi a zodpovedá stavu počtu najazdených km. **V motorovom oleji sa neobjavili anomálie sulfatačných a nitrídačných procesov** spôsobených nadmerným obsahom vody, tvorbe emulzií a prejavov oddelenia aditív od základového oleja.

**Doplňková skúška na prítomnosť vody, paliva:** - meraný-použitý motorový olej Castrol EDGE 5W/30: **VYHOVUJE**

Potvrďuje malú prítomnosť vody a nespálených zvyškov paliva v malom množstve v rozpätí 0,2% až 0,5%. **Prípustná hranica 0,5% objemu vody a 5% objemu paliva v motorovom oleji na použiteľnosť v prevádzke nebola prekročená.**

**Doplňková skúška celkového znečistenia** - meraný-použitý motorový olej Castrol EDGE 5W/30: **SILNE ZNEČISTENÝ!**

Táto skúška skúma všetky degradačné (znehodnocujúce) činitele, ktoré sa dajú zistiť na základe zmeny vodivosti olejového filmu.

**Limitujúcou hodnotou týkajúcou sa použiteľnosti MO je  $65\text{ }\mu\text{A}$  rozdielu od referenčnej vzorky. Meraná vzorka použitého motorového oleja Castrol EDGE 5W / 30 mala vo všetkých štyroch prípadoch hodnoty presahujúce raster stupnice**



**a nárast hodnôt bol veľmi spontánny.** To znamená, že motorový olej obsahuje veľké množstvo degradačných činiteľov, ktoré spôsobujú zvýšený priechod prúdu cez motorový olej (ako napríklad: vysoko a nízкотепlotné kaly, voda, palivo, alebo kovové častice, ktoré ale vylučujem v takej veľkej miere, lebo sa neobjavili na separačných filtroch).

**Doplnková skúška na stupeň znečistenia** meraný-použitý motorový olej Castrol EDGE 5W/30: **NEVYHOVUJE !**

Stupeň znečistenia: obidve skúšky boli vykonané kvapkovou metódou na separačnom filtri a porovnané so štandardom. Porovnávacou metódou pod lupou (zväčšenie 17x) bol stanovený **vysoký stupeň znečistenia č. 6 a 8** podľa porovnávacieho etalonu (Príloha 3). Povrch rozliatych skvapnutí použitého motorového oleja Castrol EDGE 5W/30 na separačných filtroch bol silne čierny bez viditeľných (lupou-17 x zväčšenie) pevných kontaminantov, ktoré by sa mohli vo zvýšenej miere prejavíť adhezívnym alebo abrazívnym opotrebením pracovných kontaktných plôch. Pretože počas rozlievania sa kvapky motorového oleja po separačnom filtri od stredu k okraju je usadenina sadzí kontinuálna a rovnomerná, to dokazuje nadmerné množstvo sadzí. Sadze sú tepelne vytvrdený Carboneum (uhlík), ktorý pri kontakte dvoch interaktívnych plôch pôsobí ako brúsna pasta, a tým zvyšuje opotrebenie. Toto sa deje najmä vtedy, keď je vysoký obsah sadzí v motorovom oleji. Na túto skutočnosť je citlivá najmä závitová časť mikropovrchu valca, ktorá slúži na udržanie mazacej vrstvy oleja vo valci, tiež urýchľuje zmeny tvaru najmä stieracích krúžkov, kde sa kontaktná hrana zaobľúje, čím sa zhoršuje jeho funkcia.

Vzhľadom na to, že na použiteľnosť motorového oleja je rozhodujúca vlastnosť -kinematická viskozita, konštatujem, že použitý motorový olej Castrol EDGE 5W/30 by bol schopný v hydrodynamickej mazacej sústave správne pracovať s adekvátnym pracovným tlakom, ale vzhľadom na vyšší obsah kontaminantov vo forme paliva, vody a najmä sadzí **NEODPORÚČAM jeho ďalšie použitie.** I vzhľadom na to, že motorový olej Castrol EDGE 5W/30; ACEA A3/B3, A3/B4, C3; VW 504.00/507.00; BMW Longlife-04, LongLife III do výmeny pracoval 20 000 km. Jeho stredná lehota použiteľnosti sa odporúča 30 000 km alebo 3 roky od dátumu plnenia do spotrebného obalu. Z pohľadu zníženia znečistenia sadzami odporúčam vyskúšať prevádzku motora s iným typom paliva takto:

Tesne pred ďalšou výmenou motorového oleja treba naliať do mazacej sústavy motora „depresant - Motor Fit“. Po jeho cca. 10' prepláchnutí a vypustení bez výmeny filtra čističa oleja treba prepláchnuť mazaciu sústavu 1 litrom motorového oleja typu SAE 15W/40, vypustiť, opäť prepláchnuť 1 litrom motorového oleja typu 5W/30, vypustiť, vymeniť filter čističa oleja. Naplniť mazaciu sústavu motora predpísaným typom motorového oleja. Potom odporúčam jazdiť na výberový typ NM typu V-Power Diesel alebo EVO Diesel alebo MaxxMotion Diesel alebo Diesel 60 (tento typ NM je drahší cca o 15 až 20 eurocentov na liter). Zvýšená kvalita a vyššie cetanové číslo do veľkej miery znižujú tvorbu sadzí, čo sa prejaví vo vyššej kilometrovej výkonnosti motorového oleja a bez problémov zvládne za štandardných prevádzkových podmienok 30 000 až 40 000 km.

Pri prevádzke na štandardný typ 51 cetanovej motorovej nafty a podobný štýl prevádzky, navrhujem skrátiť výmenný interval na 15 000 km, pri rovnakom type motorového oleja ako bola meraná vzorka. Alebo zmeniť štýl prevádzky.

### 6.2.6 Prevádzka počas dlhých jazd.

**Ing. Miroslav MARKO, PhD.**  
**Lipová 521/3, Podbreziny, 03104 Liptovský Mikuláš**  
**Certifikovaný Tribotechnik II.**

---

Akadémia ozbrojených síl, gen. M.R.Štefánika, Liptovský Mikuláš, P.O.BOX 45.,  
Katedra strojárstva,  
mobil.:+421 905 319080, e-mail : mikro\_makro@pobox.sk, miroslav.marko@aos.sk

---

Číslo: 006-2012-L007/2011

#### **Výber z ODBORNÉHO POSUDKU motorového oleja**

**Použitého motorového oleja po pravidelnej výmene v motore vozidla**  
**obchodného názvu: Mobil 1 ESP Formula Emission System Protection;**  
**Fully Shyntetic; SAE 5W/30; ACEA C2, C3, A3/B3/B4, A5/B5, VW 504 00/507 00,**  
**MB 229.31, BMV Longlife 04.**

**Liptovský Mikuláš**

---

**Spracovaný 12.11.2012**

Odborný posudok je spracovaný pre:

**Michala LIPNICKÉHO**, Fyzická osoba, Martin;

**Ing. Pavla HURTAJA, Michala BRHLÍKA**, IMPA Liptovský Mikuláš, s.r.o.. ul. 1.  
mája 3528, 031 04 Liptovský Mikuláš;

**Ing. Jozefa DUDÁŠA, PhD.**, Vojenská polícia, Trenčín.



*Miroslav Marko*

V Liptovskom Mikuláši, 12.11.2012

Číslo: 006-2012-L007/2011

© Ing. Miroslav **MARKO**, PhD., certifikovaný Tribotechnik II

---

Číslo certifikátu: L007/ 2011 (Príloha č.5)

Číslo certifikačného preukazu: L007/ 2011 (Príloha č.6)

**Overenie spôsobilosti:** Certifikačný orgán pre certifikáciu personálu v technickej  
diagnostike, COPT TD, Vihorlatská 8, 949 01 Nitra

<http://www.atdsr.sk/Vzdelavanie%20COP.html>

<http://www.atdsr.sk/Certifikacia.html>

[http://www.atdsr.sk/tribo\\_cert\\_prac.html](http://www.atdsr.sk/tribo_cert_prac.html)

---

Člen výboru Slovenskej Spoločnosti pre Tribológiu a Tribotechniku (SSTT), Kocel'ova  
č.15, 815 94 Bratislava

---

**Hodnotenie motorového oleja Mobil 1 ESP Formula Emission System Protection; Fully Synthetic; M7AD; SAE 5W/30; ACEA C2, C3, A3/B3/B4, A5/B5; VW 504 00/507 00, MB 229.31, BMW Longlife 04.**

**Prevádzka počas dlhých jazd.**

**Relevantné údaje a materiál poskytnutý zadávateľom:**

Vzorka MO dodaného zadávateľom: **označená zadávateľom ako Mobil 1, SAE 5W/30,**

**v množstve cca. 0,6 l.**

Najazdené na MO: **od 19.12.2011** (tach.:119 485 km) **do 11.07.2012** (tach.:137 190 km),

**17.705 km.**

Dátum plnenia kontrolovanej vzorky MO do obalu, pred naliatim do mazacej sústavy motora

(19.12.2011): **30.06.2011**



*Obrázky 147, 148, 149 a 150. Použitý MO Mobil 1 ESP Formula, 5W/30*

Referenčná, porovnávacia vzorka MO : **Mobil 1, SAE 5W/30, v množstve cca. 0,3 l.**

Dátum plnenia referenčnej vzorky MO do obalu: **10.10.2011**



*Obrázky 151, 152 a 153. Referenčný MO Mobil 1 ESP Formula, 5W/30*

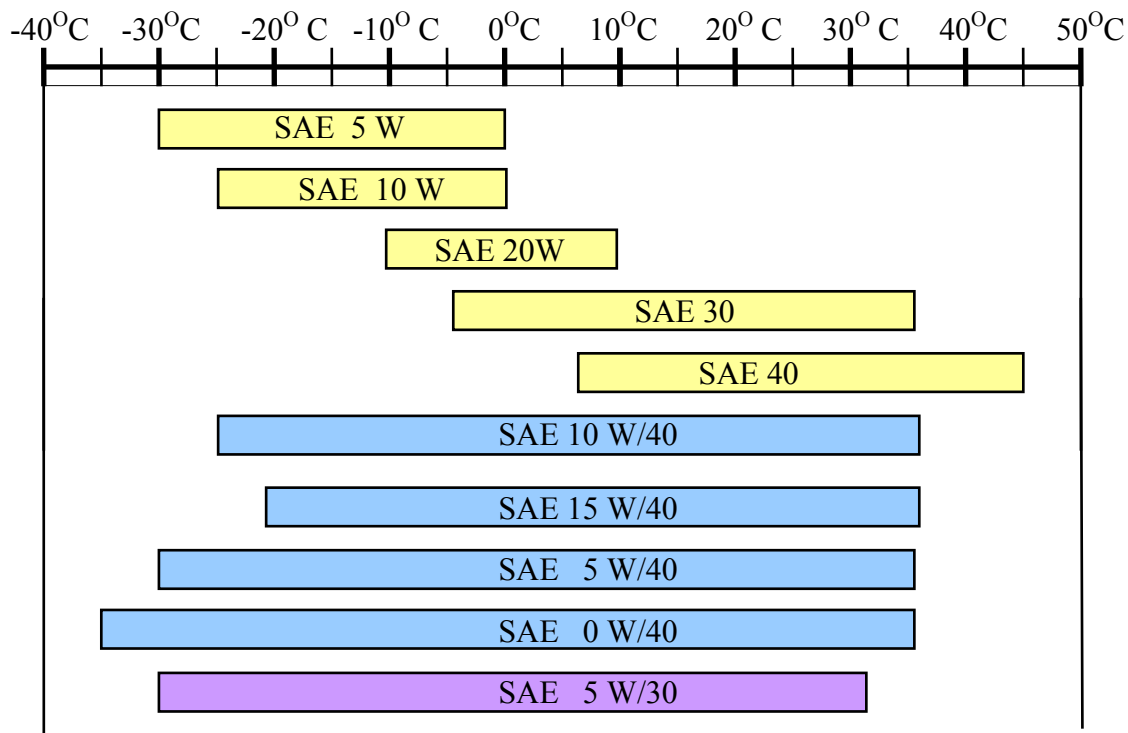
Dátum výmeny MO za nový: **11.07.2012, pri stave tachometra 137 190 km** od ýroby  
Vymedzenie pojmov pre MO Mobil 1; **SAE 5W-30**:

Tabuľka 90. Viskozitná špecifikácia podľa SAE J 300 - február 1992

| Stupeň SAE  | Dynamická viskozita ( $\eta$ )<br>(nízкотepelná viskozita) |                  |                         |                           | Kinematická viskozita ( $\nu$ )<br>(vysokотepelná viskozita)                                      |      |                                                                 |
|-------------|------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------|
|             | Pretáčanie CCS<br>(mPa.s)                                  | Max.<br>(pri °C) | Čerpanie MRV<br>(mPa.s) | Hraničná max.<br>(pri °C) | pri 100°C<br>min. max.<br>(mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ) (mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ) |      | pri 150°C<br>a 10 <sup>6</sup> s <sup>-1</sup><br>min.<br>(mPa) |
| <b>0 W</b>  | 3.250                                                      | -30              | 30.000                  | -35                       | 3,8                                                                                               | -    | 2,4                                                             |
| <b>5 W</b>  | 3.500                                                      | -25              | 30.000                  | -30                       | 3,8                                                                                               | -    | 2,9                                                             |
| <b>10 W</b> | 3.500                                                      | -20              | 30.000                  | -25                       | 4,1                                                                                               | -    | 2,9                                                             |
| <b>15 W</b> | 3.500                                                      | -15              | 30.000                  | -20                       | 5,6                                                                                               | -    | 3,7                                                             |
| <b>20 W</b> | 4.500                                                      | -10              | 30.000                  | -15                       | 5,6                                                                                               | -    | 3,7                                                             |
| <b>25 W</b> | 6.000                                                      | -5               | 30.000                  | -10                       | 9,3                                                                                               | -    | 3,7                                                             |
| <b>20</b>   | -                                                          | -                | -                       | -                         | 5,6                                                                                               | 9,3  | -                                                               |
| <b>30</b>   | -                                                          | -                | -                       | -                         | 9,2                                                                                               | 12,5 | -                                                               |
| <b>40</b>   | -                                                          | -                | -                       | -                         | 12,5                                                                                              | 16,3 | -                                                               |
| <b>50</b>   | -                                                          | -                | -                       | -                         | 16,3                                                                                              | 21,9 | -                                                               |
| <b>60</b>   | -                                                          | -                | -                       | -                         | 21,9                                                                                              | 26,1 | -                                                               |

V súčasnosti sa výhradne používajú tzv. viacstupňové (multigrádne) motorové oleje, ktoré umožňujú celoročné bezpečné mazanie motora v rozličných klimatických podmienkach. Označujú sa kombináciou zimnej a letnej triedy.

Odporúčané viskozitné triedy SAE motorových olejov podľa vonkajších teplôt (str. 62)



Obrázok 154. Odporúčená viskozitná špecifikácia monográdnych a multigrádnych MO voči okoliu

Vymedzenie pojmov pre MO Mobil 1 ESP Formula Emission System Protection; Fully Synthetic; SAE 5W/30; **ACEA C2, C3, A3/B3/B4, A5/B5, VW 504 00/507 00, MB 229.31, BMV Longlife 04.**

#### 5.1.8 Klasifikácia motorových olejov podľa ACEA (str. 65 až 67)

Špecifikácia ACEA sa delí do troch skupín:

- Skupina A/B-motorové oleje do **benzínových (A) a naftových motorov (B)** osobných a ľahkých dodávkových vozidiel,
- Skupina **C-oleje kompatibilné s katalyzátormi**,
- Skupina E-oleje do dieselových motorov ťažkých nákladných automobilov.

*Tabuľka 91. V súčasnosti sa používajú tieto výkonnostné triedy ACEA (VÝPIS)*

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A3 (od r. 1996)  | MO s vysokou ochranou piestu pred tvorbou usadenín, tvorbou kalov a opotrebovaním a odolnosťou voči oxidácii pri vysokých teplotách. Zamerané na maximálne ekonomické využitie paliva, lepšia ochrana ložísk, vyššia výkonnosť, odolnosť voči oxidácii pri vysokých teplotách vyššia ako pri A1 a A2. Olej pre vysokú záťaž, možnosť predĺžených výmenných intervalov. HTHS >3,5 mPa.s |
| A4               | MO pre benzínové motory s priamym vstrekaním                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| A5               | MO ako A4 s rozdielom zníženej viskozity HTHS 2,9 – 3,5 mPa.s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| B 3 (od r. 1996) | MO s vysokou ochranou piestu pred tvorbou usadenín a váčiek proti opotrebovaniu, dobré rozptyľovanie sadzí, maximálne ekonomické využitie paliva, lepšia ochrana ložísk. Olej, ktorý vydrží vysokú záťaž, možnosť predĺžených výmenných intervalov. HTHS >3,5 mPa.s                                                                                                                    |
| B 4              | Oleje ako B3 + je možné použiť do dieselových motorov s priamym vstrekaním. HTHS >3,5 mPa.s                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| B 5              | Oleje ako B4 s rozdielom zníženej viskozity HTHS 2,9 – 3,5 mPa.s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| C 2              | Stabilný olej kompatibilný s katalyzátorom do vysoko výkonných benzínových a dieselových motorov osobných a ľahkých nákladných áut so systémom DPF (Diesel Particulate Filter) a TWC (Three Way Catalyst), ktoré vyžadujú nízkoviskózne oleje, kde HTHS je vyššie ako 2,9 mPa.s. Tieto oleje predlžujú životnosť systémov DPF a TWC a znižujú spotrebu paliva. HTHS >2,9 mPa.s         |
| C 3              | Stabilný olej, kompatibilný s katalyzátorom do automobilov so systémom DPF (Diesel Particulate Filter) a TWC (Three Way Catalyst), Tieto oleje predlžujú životnosť týchto systémov.                                                                                                                                                                                                    |

#### 5.1.9 Klasifikácia motorových olejov podľa výrobcov automobilov (str. 67, 68)

Napriek skutočnosti, že medzinárodné špecifikácie sú vydávané v spolupráci s výrobcami automobilov, niektoré veľké automobilky vydávajú i svoje vlastné špecifikácie na kvalitu motorových olejov. Títo výrobcovia automobilov a motorov požadujú od motorových olejov splnenie dodatočných požiadaviek, ktoré nie sú obsiahnuté v metodike testov API, alebo ACEA. V kategórii osobných automobilov sa najčastejšie uvádzajú firmy VW, Audi, BMW, Opel, v kategórii úžitkových vozidiel zase normy Mercedes Benz, MAN a VOLVO.



Tabuľka 92. Klasifikácia Volkswagen (VÝPIS)

|           |                                                                                                                 |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VW 504.00 | nová norma VW pre vozidlá so systémom Longlife-Service i bez neho. Do benzínových motorov                       |
| VW 505.00 | celoročný motorový olej do preplňovaných i nepreplňovaných naftových motorov                                    |
| VW 505.01 | celoročný motorový olej špeciálne do naftových motorov Pumpe-Düse (čerpadlo-tryska)                             |
| VW 506.00 | norma pre naftové motory s predĺženým intervalom údržby (WIV: 50 000 km, 2 roky, HTHS > 2,9 mPa.s)              |
| VW 506.01 | nová norma pre naftové motory Pumpe-Düse (čerpadlo-tryska) s predĺženým termínom údržby (WIV)                   |
| VW 507.00 | nová norma VW pre vozidlá so systémom Longlife-Service i bez neho. Pre naftové motory s filtráciou častíc (DPF) |

Tabuľka 93. Klasifikácia Mercedes Benz (VÝPIS)

|           |                                                                                   |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| MB 229.3  | motorové oleje do osobných áut s predĺženými intervalmi výmeny oleja (30 z000 km) |
| MB 229.31 | výkonovo zodpovedá 229.3. Pre naftové motory s filtráciou častíc vo výfuku        |

Tabuľka 94. Klasifikácia BMW (VÝPIS)

|                 |                                                                            |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|
| BMW Longlife-04 | motorové oleje pre určité motory od r. v. 2004, predĺžená norma životnosti |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|

Vozidlo/motor : **Údaje o vozidle**

Identifikačné číslo vozidla

Popis typu

Prevodovka/fak/interiér/  
výkon motora/motor

Výbava

175364 OCT COM ELE  
GQQ 9201 CA 77KW BJB

EOA 1D0 5SL 5RQ 1KD 6FB 1AT 3FA  
1N3 1NL HH7 4UF 4R4 3NW 3GT 4X1  
4A0 8L3 J1D 7AL 8GU 6Y0 9AK 8RM  
7Q0 8YM 8QL 8X0 4K3 B59 G02 GN2  
3L3 9P1 7X2 9W0 8WB 7A0 3GA  
000 06Z L07 7P4 F0A 3S2 2UA

Q643

8XB8  
2

32  
B-4

Dátum prevzatia vozidla:  
28.06.05

**AUTOMONT** AM  
Hanusovec a.s.  
Hanusovec a.s. Topol  
prevádzka: Lovačská 108, PREŠOV  
PREDAJ AUTOMOBILOV  
091/7778888

Potvrdzujem, že som uvede-  
né vozidlo prebral v poriadku  
a že som bol zoznámeneý so  
správnym spôsobom jeho  
používania a so záručnými  
podmienkami.

Podpis kupujúceho  
(pozri Údaje o majiteľovi  
str. 1)

Obrázok 155. Identifikačná nálepka vozidla

-rok výroby: **2005**

-Škoda Octavia TDI, / motor 1,9 TDI PD - BJB

-výkon: 77 [kW]

-M<sub>K</sub>: 250 [Nm] -

([http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Volkswagen\\_Group\\_diesel\\_engines](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Volkswagen_Group_diesel_engines))

-najazdené km na vozidle: **cca. 137 190 km**

**Motor/výkon/spotreba** : <http://www.autorubik.sk/autorubiktestuje/skoda-test/test-skoda-superb-19-tdi-77-kw-greenline/>

Tabuľka 95. Vybrané parametre motora

|                                   |                                        |
|-----------------------------------|----------------------------------------|
| Konštrukcia                       | preplňovaný vznetový radový štvorvalec |
| Palivo                            | diesel                                 |
| Rozvod                            | OHC, 2 ventily na valec                |
| Plnenie                           | čerpadlo-tryska                        |
| Uloženie                          | vpredú naprieč                         |
| Zdvihový objem (cm <sup>3</sup> ) | 1896                                   |
| Prevodovka                        | päťstupňová manuálna                   |
| Poháňaná náprava                  | predná                                 |

Tabuľka 96. Vybrané parametre motora

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| Najvyšší výkon (kW pri ot./min.) | 77 pri 4000  |
| Točivý moment (Nm pri ot./min.)  | 250 pri 1900 |
| Objem nádrže (l)                 | 60           |
| 0-100 km/h (s)                   | 12,1         |

### Kinematická viskozita

Tabuľka 96. Referenčná-porovnávacia vzorka MO 5W/30

| REFERENČNÝ MO Mobil 1 ESP; 5W/30;<br>ACEA C2/ C3, A3/B3/B4, A5/B5;<br>VW 504.00/507.00<br>Meraný 05.11.2012 / teplota okolia t = 21,5°C |         |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
| P.č.                                                                                                                                    | t [ °C] | T [ s ] |
| 1                                                                                                                                       | 21,7    | 76,2    |
| 2                                                                                                                                       | 22,0    | 75,6    |
| 3                                                                                                                                       | 22,2    | 74,9    |
| 4                                                                                                                                       | 22,2    | 74,8    |
| 5                                                                                                                                       | 22,1    | 75,0    |
| Pozn. Porovnávací nepoužitý MO.<br>Prejavy stárnutia referenčného MO !                                                                  |         |         |
| priemer                                                                                                                                 | 22,04   | 75,30   |

Tabuľka 97. Kontrolovaná vzorka použitého MO 5W/30

| POUŽITÝ MO Mobil 1 ESP; 5W/30;<br>ACEA C2/ C3, A3/B3/B4, A5/B5;<br>VW 504.00/507.00<br>Meraný 05.11.2012 / teplota okolia t = 21,5°C |         |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
| P.č.                                                                                                                                 | t [ °C] | T [ s ] |
| 1                                                                                                                                    | 22,0    | 80,0    |
| 2                                                                                                                                    | 22,4    | 79,8    |
| 3                                                                                                                                    | 22,6    | 78,2    |
| 4                                                                                                                                    | 22,7    | 78,2    |
| 5                                                                                                                                    | 22,8    | 78,0    |
| Pozn. MO vykazuje známky silného znečistenia sadzami.                                                                                |         |         |
| priemer                                                                                                                              | 22,50   | 78,84   |

Pozn. t - teplota meraného MO

T - čas prietoku cez ø3 mm kalibrovanú trysku



Obrázky 156 a 157. Vľavo referenčná vzorka, vpravo vzorka použitého MO

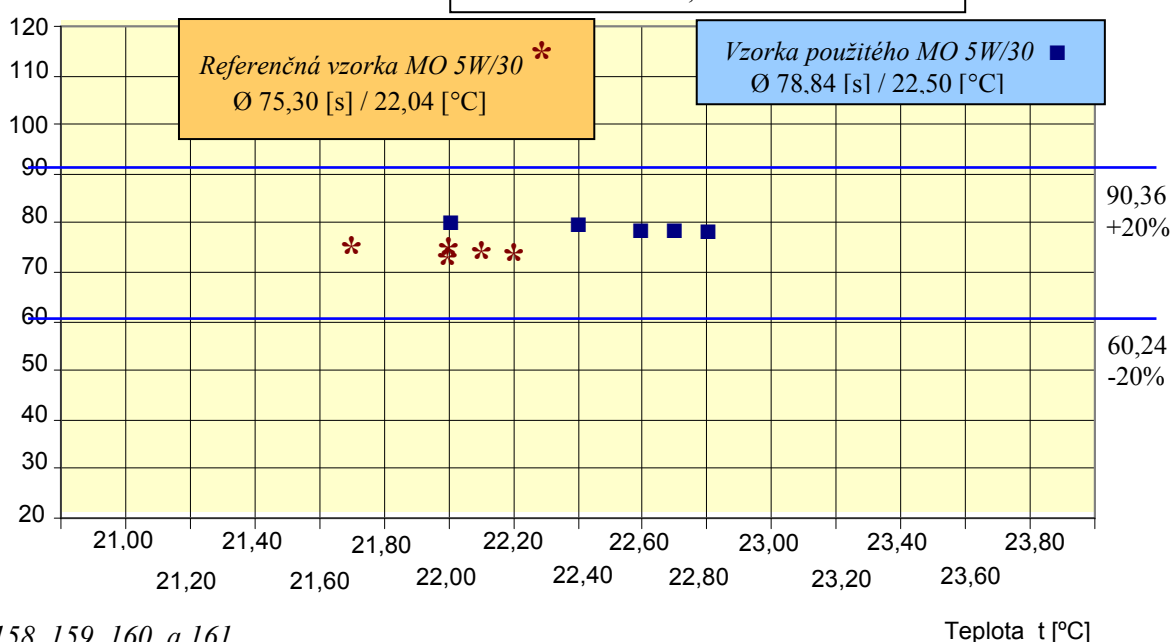


## Diagram „ka“ hodnotenia kinematickej viskozity

Prevádzkové rozpätie  $\pm 20\%$  z referenčnej vzorky - 75,30 [s] / 22,04 [°C]  
(20% = 15,06 [s] / od 60,24 [s] do 90,36 [s] pri 22,04[°C])

Čas T, [s]

Rozdiel priemerných teplôt meraných vzoriek:  
+ 0,46 °C



Obrázky: 158, 159, 160, a 161.

Meranie kinematickej viskozity

Pozn. t - teplota meraného MO

T - čas prietoku cez  $\varnothing 3$  mm kalibrovanú trysku

### Čiastkový záver (kinematická viskozita):

Priemer prietokového kruhového otvoru-kalibračnej konštanty = 3 mm.

Rozhranie pre použiteľnosť je <60,24", 90,36" pri teplote 22,04°C>, rátané z  $\varnothing$  75,30"/22,04°C.

Priemerná hodnota kinematickej viskozity nameranej v použítom motorovom oleji je 78,84 [s] / 22,50[°C], je nad strednou úrovňou priemeru referenčnej vzorky.

Motorový olej vizuálne vykazuje zvýšenú hranicu sadzí (nie však hraničnú hodnotu).

**Motorový olej : VYHOVUJE.**

### Celkové znečistenie.

Doplňková skúška týkajúca sa kinematickej viskozity.

Prevádzkový limit: **max. 65  $\mu$ A.**

Prechod prúdu v **referenčnom** MO sa nedal zistiť, pretože všetky 4 merania boli cez hranicu maximálneho rastrovania stupnice prístroja.

Prechod prúdu u **použitého** MO sa nedal zistiť, pretože všetky 4 merania boli cez hranicu maximálneho rastrovania stupnice prístroja.

Tabuľka 99. Meranie celkového znečistenia

| MO                                              | t<br>[°C] | Použitý MO<br>Mobil 1 ESP<br>5W/30<br>[μA] | Rozdiel<br>[μA]                           |
|-------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Referenčná<br>vzorka MO<br>Mobil 1 ESP<br>5W/30 | 21,5      | Cez 110                                    | Cez rastovanie<br>stupnice prístroja      |
| 1                                               | 21,5      | Cez 110                                    | Cez rastovanie<br>stupnice prístroja      |
| 2                                               |           | Cez 110                                    | Cez rastovanie<br>stupnice prístroja      |
| 3                                               |           | Cez 110                                    | Cez rastovanie<br>stupnice prístroja      |
| 4                                               |           | Cez 110                                    | Cez rastovanie<br>stupnice prístroja      |
| priemer                                         |           | Cez 110                                    | Nie je možné<br>určiť skutočnú<br>hodnotu |



Obrázok 162: Kontrola prístroja pred meraním



Obrázok 163. Aplikácia vzorky



Obrázok 164. Meranie

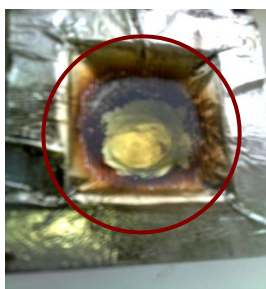
#### Čiastkový záver (celkové znečistenie):

Horná prípustná hranica celkového znečistenia je 65 μA. Priemerná hodnota rozdielu celkového znečistenia sa nedá zistiť, skutočná hodnota celkového znečistenia sa touto metódou nedá kvantifikovať. Rastovanie stupnice prístroja končí na hodnote 110 μA. Motorový olej : NEMERATELNÝ !

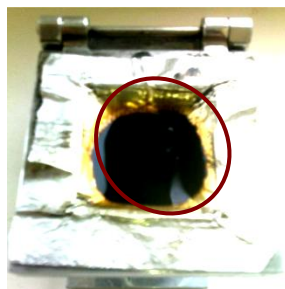
#### Obsah vody, paliva.

Doplňková skúška týkajúca sa kinematickej viskozity.

Prevádzkový limit : max. 0,5%



Obrázok 165. Referenčná MO 2. meranie



Obrázok 166. Použitý MO 1. meranie



Obrázok 167. Použitý MO 2. meranie



Tabuľka 100. Zistené a porovnané parametre - porovnané s etalonom

| P.č.                                                             | Vizuálne a sluchové prejavy                                                                                                      | ~% vody   |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Referenčná vzorka bola bez prejavov penenia a prskania, 0% vody. |                                                                                                                                  |           |
| 1                                                                | Drobné bublinky, malé množstvo - 3 v priemere do 1 mm, tvorba cca 2 až 3 sek. Bez zvukových prejavov.                            | 0,2 %     |
| 2                                                                | Bublinky veľmi malé, malé množstvo- 5 až 7 v priemere do 2 mm, tvorba cca 15 až 18sek. Bez zvukových prejavov. Mierne zadymenie. | 0,2-0,5 % |
| 3                                                                | Bublinky veľmi malé, malé množstvo- 4 až 6 v priemere do 2 mm, tvorba cca 19 až 21sek. Bez zvukových prejavov. Zadymenie.        | 0,2-0,5 % |

**Čiastkový záver (obsah vody, paliva):**

Doplňková skúška ku kinematickej viskozite.

Prípustná hranica % objemu vody je 0,5%.

**Meranie prskacím testom preukázalo % objemu vody 0,2 až 0,5%.**

**Motorový olej : VYHOVUJE**

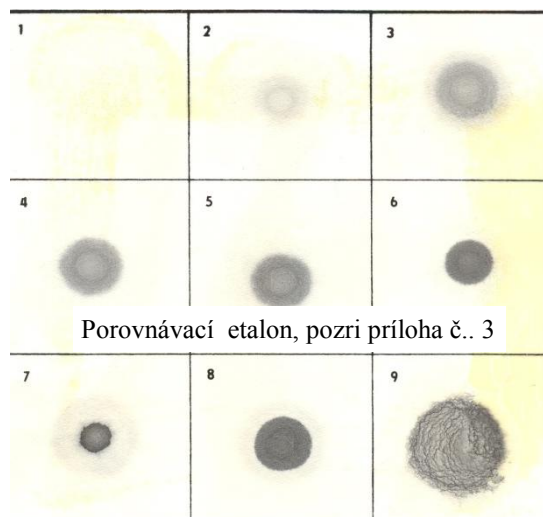
**Stupeň znečistenia.**

Doplňková skúška týkajúca sa kinematickej viskozity.

Prevádzkový limit , pozri vzorová stupnica: **nevyhovuje stupeň 6, 8, 9**



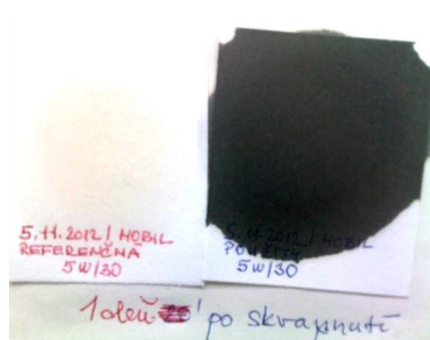
Obrázok 168. Foto separáč filtra  
20 min. po aplikácii



Obrázok 169. Porovnávací etalon



Obrázok 170. 1 hodinu po skvapnutí



Obrázok 171. 1 deň po skvapnutí



Tabuľka 101. Zistené a porovnané parametre - porovnané s etalomom

| MO        | Stupeň znečistenia                                                                       | Vzor číslo |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1. skúška | MO silne znečistený sadzami, aditívny prejav je na dobrej úrovni - proti svetlu - odlesk | 8          |
| 2. skúška | MO silne znečistený sadzami, aditívny prejav je na dobrej úrovni - proti svetlu - odlesk | 8          |

**Čiastkový záver (kvapková skúška):**

**Stupeň znečistenia a detergentno-disperzné vlastnosti boli porovnané s porovnávacím vzorom - etalomom a klasifikovaný stupňom č. 6 8.**

**Motorový olej : NEVYHOVUJE !**

**Obsah látok nerozpustných v *n*-Hexane-separačná membrána.**

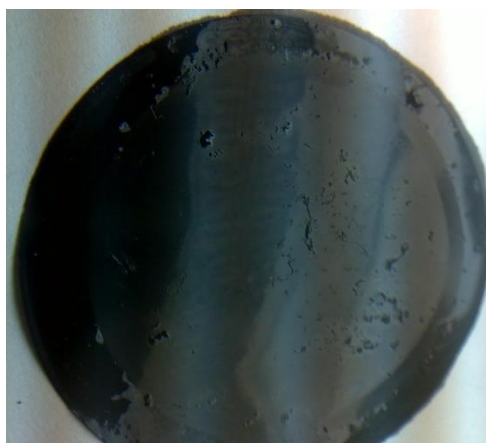
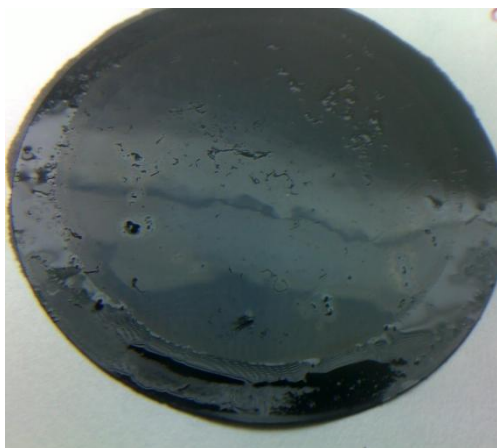
Prevádzkový limit, pozri vzorová stupnica: **nevyhovuje nad 0,70 [ g ]**

Tabuľka 102. Zistené a porovnané parametre - porovnané s etalomom

| MO                                                         | Stupeň znečistenia                       | Vzor číslo            |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|
| Referenčná vzorka bola čistá, číra, bez známk znečistenia. |                                          |                       |
| 1. skúška                                                  | 0,70 - 1,50 [D]<br>~ 0,0024 - 0,0030 [g] | 5 (zľava na stupnici) |
| 2. skúška                                                  | 0,70 - 1,50 [D]<br>~ 0,0024 - 0,0030 [g] | 5 (zľava na stupnici) |

[D] *Hustota netransparentného materiálu - Denzita*

[g] *Hmotnosť nečistôt vo vzorke v gramoch*



Obrázok 171 a 172. Separačná membrána, 1. a 2. skúška

**Čiastkový záver (látky nerozpustné v Hexane, Príloha č.5) :**

**Dve skúšky stupňa znečistenia na látky nerozpustné v *n*-Hexane na separačných membránach boli porovnané s porovnávacím vzorom a klasifikované stupňom č. 7, veľké znečistenie (porovnávané pod lupou 17x zväčšenie).**

**Motorový olej : NEVYHOVUJE !**

## Záver.

I keď je kinematická viskozita motorového oleja mierne nad úrovňou stredu referenčnej vzorky a je v tolerančnom pásme  $\pm 20\%$ , **na ďalšie použitie v prevádzke vozidla NIE JE VHODNÝ !**

## Zdôvodnenie:

### 1. Tribodiagnostický prostriedok, ktorým bola skúška vykonaná.

Merania boli vykonané na jednotlivých prvkoch a prístrojoch súpravy TRIBO-I. Súprava TRIBO -1 (ďalej v texte skrátené „súprava“) je určená na hodnotenie zmien vybraných kvalitatívnych parametrov motorových a iných olejov typu M 6 AD, M 6 ADX, M 6 ADXS II, M7AD, M6W/20D, vo svojich dôsledkoch sa na nej môžu diagnostikovať motorové oleje základných viskozitných radov typu : M6, M7, M8 a monográdných olejov rady M6. Súpravu je možné použiť i pri hodnotení akýchkoľvek iných mazacích olejov za predpokladu, že meranými parametrami možno kvalitu oleja ohodnotiť a že merané parametre sú pre daný druh oleja a typ motora alebo prevodového mechanizmu špecifikované v ich medzných hodnotách. Výsledky získané meraním súboru parametrov informujú o zásadných zmenách vlastností maziva, ktoré súvisia so zmenami technického stavu príslušných mazacích sústav a podmienkami prevádzky (tribotechnická diagnostika, tribológia - mazanie, trenie, opotrebenie). Výsledky získané meraním parametrov informujú o kvalite oleja - či je použiteľný na ďalšiu prevádzku alebo je nutné olejovú náplň vymeniť a zabrániť tak ďalšej prevádzke za zhoršených alebo kritických podmienok mazania a ďalej o zmenách technického stavu niektorého z mechanizmov motora. Pri systematickom hodnotení kvality oleja sú výsledky podkladom na efektívne využívanie mazív a vykonávanie výmeny olejovej náplne podľa skutočnej potreby. Pomôcky, prípravky a merací prístroj, ktoré sú predmetom súpravy umožňujú stanoviť kinematickú viskozitu, obsah látok nerozpustných v n-Hexáne, prítomnosť a obsah vody, celkové znečistenie a detergentno - disperzné vlastnosti. Uvedené parametre informujú o zásadných zmenách technického stavu palivovej a chladiacej sústavy, čističov oleja a ďalej o výrazných zmenách podmienok prevádzky motora (zvýšené tepelné a oxidačné namáhanie oleja - prehrievanie motora).

Súprava je diagnostickým prostriedkom. Je určená do prevádzkových podmienok a na opravu techniky. Vlastná činnosť súvisiaca s meraním parametrov a vyhodnocovanie dosiahnutých výsledkov sa vykonáva bez nárokov na zdroj energie pri pracovnej teplote prostredia od  $+15$  až do  $+40$  °C.

### 2. Vyhodnotenie vzorky MO Mobil 1 ESP Formula (Emission System Protection); Fully Shyntetic; SAE 5W/30; ACEA C2, C3, A3/B3/B4, A5/B5, VW 504.00/507.00, MB 229.31, BMV Longlife 04.

Zadávateľ predložil cca. 0,6 l použitého motorového oleja z vozidla Škoda Octavia 1,9 TDI PD, kód motora - BJB. Charakterizoval ho, že ide o uvedený MO špecifikácie SAE 5W/30. Na vozidle bolo najazdených 137 190 km. Referenčnú vzorku predložil v objeme cca 0,3 l, toho istého typu a charakteru. **Zadávateľ zadal požiadavku na zistenie stavu motorového oleja.**

*Poznámka.*

*Špecifikácia MO Mobil 1 ESP Formula, SAE 5W/30; ACEA C2, C3, A3/B3/B4, A5/B5, VW 504.00/507.00, MB 229.31, BMV Longlife 04 hovorí, že MO je použiteľný do tohto typu motora (1,9 TDI PD), pretože MO špecifikácie VW 507.00 sú univerzálne MO pre všetky špecifikácie dieselových motorov koncernu VW. Smú sa používať a dolievať*

do ktoréhokoľvek motoru koncernu VW typu TDi/SDi/TD/D, vrátane motorov PD a PPD i keď **pre motory typu pumpa -dýza je najvhodnejšia špecifikácia VW 505.01** (štandardný interval - **QG0, QG2** -15 000 km, ročná prehliadka) alebo **VW 506.01** (Longlife interval - **QG1** -30 000 km, dvojročná prehliadka), pozri špecifikácie z úvodu odborného posudku. Z pohľadu motora TDI PD, ktorý **nemá okruh DPF, je špecifikácia podľa ACEA typu C2, C3 zbytočná a zvyšuje náklady na MO**. Z hľadiska charakteristiky SAE pozri str. 4, obr. č.52) je **horná hodnota letnej charakteristiky multigrádneho MO 5W-40 výhodnejšia ako u SAE 5W-30, pre súčasné podnebné podmienky Slovenska**. Ďalšou zaujímavosťou je **prekódovanie ošetrovacieho intervalu QG2 (štandardný ošetrovací interval) na QG1 (Longlife ošetrovací interval)**, pozri str.6, údaje o vozidle. Nie vždy vedie k zníženiu celkových nákladov na vozidlo-motor, pozri skúška na separačnom filtri a skúška na separačnej membráne, ktoré preukázali silné znečistenie MO sadzami a pevnými časticami.

#### **Záver tejto poznámky:**

<http://www.znackoveoleje.cz/znackoveoleje/3-INFORMACE/14-Pouziti-oleju-pro-diesely-VW/>

- Motory **TDi/SDi typu PD** (ktoré majú kód **QG0**); výmenný interval – 15 000 km/ 3 roky; odporúča sa MO firemnej výkonnostnej špecifikácie VW 505.01, VW 507.00.
- Motory **TDi/SDi typu PD** (ktoré majú kód **QG2**); výmenný interval – 15 000 km/ 3 roky; odporúča sa MO firemnej výkonnostnej špecifikácie VW 505.01, VW 506.01, VW 507.00.
- Motory **TDi/SDi typu PD** (ktoré majú kód **QG1**); výmenný interval - LongLife ~ 30 000 km/3 roky; odporúča sa MO firemnej výkonnostnej špecifikácie VW 506.01, VW 507.00.
- Motory, ktoré majú do výfukovej časti **zaradený filter pevných častíc** (tzv. DPF), výrobca odporúča len olej typu VW 507.00, tiež ACEA C3 (C3-pre naftové motory s filtráciou pevných častíc).

**K týmto odporučeniam výrobcu, uvedeným v ZHRNUTÍ POZNÁMKY, sú dôležité ešte niektoré:**

<http://www.znackoveoleje.cz/znackoveoleje/3-INFORMACE/14-Pouziti-oleju-pro-diesely-VW/>

**Poznámka č.1.** Ak je v motore povolených viacero špecifikácií MO, je možné dolievať MO týchto uvedených špecifikácií bez obmedzenia. **Najvhodnejšie je však dolievať MO rovnakej značky a špecifikácie, ktorá je naplnená v MS motora. Neodporúča sa dolievať MO rôznych značiek i keď majú rovnaké viskozitné a výkonnostné špecifikácie ako olej v MS motora - i keď na druhej strane, v prípade núdze alebo omylu, použiteľné na dolievanie sú.**

Napríklad:

Ak je v motore 1,9 TDi (kódové označenie AFN)/ 81 kW MO spĺňajúci špecifikáciu VW 505.00, môže sa v prípade potreby doplniť bez obáv MO špecifikácie VW 507.00 alebo 505.01, **ale MO typu VW 506.xx NIE(VW xxx.00, VW xxx.01), pretože motory kódového označenia AFN s ošetrovacím intervalom QG0 by mohol MO v prevádzke tejto špecifikácie poškodiť valec, nepracoval by spoľahlivo v celom spektre zaťaženia.**

**Poznámka č.2.** Motory, ktoré majú odporučený ošetrovací interval QG2 a QG1 sú vlastne identické motory, ktoré sa líšia len kódom riadiacej jednotky pre štandardný

cyklus (15.000 km/ročná prehliadka), alebo LongLife cyklus (30.000 km/dvojročná prehliadka). Motory s ošetrovacím intervalom QG0 sú odlišné v technológii výroby (majú inú technológiu honovania valcov) a **nemožno ich (QG0) kódovať na cyklus LongLife**, jedná sa o motory s inými motor-kódmi (napríklad: AHF x ASV, AGR x ALH a podobne).

**Poznámka č.3. Motory kódované na interval QG1 sa dajú prekódovať na QG2 a naopak. Motory s intervalom QG0 prekódovať NIE JE MOŽNÉ!**

**Poznámka č.4.** Motory vyrobené pre interval QG0 nemajú WIV (majú iné typy prístrojových dosiek) a technológia strojného opracovania motorov s intervalom QG0 je iné ako v motoroch s intervalom QG2/QG1. Z tohto dôvodu **sa nesmie v motoroch s intervalom QG0 používať interval LongLife s príslušnými MO špecifikácie SAE 5W-30; VW 503.xx/506.xx**, kde hrozí poškodenie stien valcov. Teda i MO typu LongLife (SAE 0W-30; VW 503.xx/VW 506.xx) sa v motoroch s intervalom QG0 NESMÚ používať v žiadnom prípade, ANI OMYLOM, hrozí poškodenie motora!

**Poznámka č.5.** MO špecifikácie VW 507.00 je univerzálny MO pre všetky špecifikácie dieselových motorov VW. Smie sa používať a dolievať do ktoréhokoľvek motora VW typu TDi/SDi/TD/D, vrátane motorov PD a PPD i keď pre motory typu pumpa-dýza je najvhodnejšia špecifikácia VW 505.01. Špecifikácia VW 507.00 je vhodná pre štandardný interval i pre interval typu LongLife.

#### **Vizuálne hodnotenie meranej vzorky použitého MO:**

Predložená vzorka motorového oleja je tmavá-nepriehľadná, sýto-čiernej farby. Viditeľne obsahuje značné množstvo sadzí. Pri pohľade voči svetlu je viditeľný odlesk. Nie je viditeľná separácia aditív vplyvom nitratačných a sulfatačných procesov spôsobených vodou alebo zmeny vplyvom etylénglykolu. Pri práci s meracími prístrojmi a prípravkami vznikali z meraného MO na pracovných povrchoch povlaky, ktoré sa ťažko čistili, a to len chemickými prípravkami (technický benzín; n-Hexan).

**Kinematická viskozita:** meraný-použitý motorový olej Mobil 1 ESP Formula 5W/30: je z pohľadu kinematickej viskozity **VYHOVUJÚCI**

Kinematická viskozita je primárna a základná vlastnosť pre použiteľnosť motorového oleja v motore vozidla. Motorový olej je vyhovujúci v rozmedzí viskozity  $\pm 20\%$  od hodnoty referenčnej vzorky a údajov výrobcu motorového oleja.

**Zistené hodnoty kinematickej viskozity referenčného motorového oleja Mobil 1 ESP Formula, SAE 5W/30; ACEA C2, C3, A3/B3/B4, A5/B5, VW 504.00/507.00, MB 229.31, BMW Longlife 04, na určenie použiteľného rozpätia od stredy  $\pm 20\%$ , boli v rozpätí**

**< 60,24"- 96,36" pri  $t = 22,04\text{ }^{\circ}\text{C}$  >, kde priemerná hodnota bola 75,30"/ 22,04°C, z ktorej sa vypočítal interval použiteľnosti  $\pm 20\%$ . Referenčná vzorka bola meraná 05.11.2012 pri teplote okolia  $t = 21,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .**

**Kinematická viskozita použitého MO Mobil 1 ESP Formula, SAE 5W/30; ACEA C2, C3, A3/B3/B4, A5/B5, VW 504.00/507.00, MB 229.31, BMW Longlife 04, počas prevádzky mierne stúpla, na hodnoty <78,0" - 80,0"> pri teplotách <22,0 °C - 22,8 °C>, kde priemerná hodnota bola 78,84"/ 22,50°C.**

V motorovom oleji sa počas prevádzky 17 705 km hromadili sadze a vysokoteplotné kaly, vzniknuté procesmi horenia, ktoré v motorovom oleji pôsobia na zvyšovanie viskozity („olej zahusťujú“), do motorového oleja sa zároveň vo veľmi malom množstve dostávali zvyšky nespálených uhlíkov ( HC ), ktoré v motorovom oleji pôsobia na znižovanie viskozity („ztekutujú“), **z toho dôvodu meraný-použitý olej mierne**

zvyšoval úroveň viskozity v porovnaní s referenčnou vzorkou motorového oleja, danej špecifikácie.

To znamená, že **motor je v dobrom technickom stave a jeho prevádzka bola vyvážená** (z pohľadu prevádzky s prevahou dlhých jazd s prevádzkovo teplým motorom), nehromadili sa nespálené HC vo väčšej miere. Kinematika motorového oleja zodpovedá znečisteniu degradačnými činiteľmi a zodpovedá stavu počtu najjazdených km ( $\Sigma$  cca 137 190 km), je v rozpätí  $\pm 20\%$  od stredu kinematickej viskozity referenčnej vzorky. **V motorovom oleji sa neobjavili anomálie sulfatačných a nitrídačných procesov** spôsobených nadmerným obsahom vody, tvorbe emulzií a prejavov oddelenia aditív od základového oleja.

**Doplnková skúška na prítomnosť vody, paliva:** - meraný-použitý motorový olej Mobil 1 ESP Formula, SAE 5W/30: **VYHOVUJE.**

Potvrďuje malú prítomnosť vody a nespálených zvyškov paliva v malom množstve v rozpätí 0,2% až 0,5%. **Prípustná hranica 0,5% objemu vody a 5% objemu paliva v motorovom oleji pre použiteľnosť v prevádzke nebola prekročená.**

**Doplnková skúška celkového znečistenia** - meraný-použitý motorový olej Mobil 1 ESP Formula, SAE 5W/30: **TOUTO METÓDOU SA NEDÁ ZMERAŤ !**

Táto skúška skúma všetky degradačné (znehodnocujúce) činitele, ktoré sa dajú zistiť na základe zmeny vodivosti olejového filmu.

**Limitujúcou hodnotou pre použiteľnosť MO je 65  $\mu$ A rozdielu od referenčnej vzorky. Meraná vzorka použitého motorového oleja Castrol EDGE 5W / 30 mala vo všetkých štyroch prípadoch hodnoty presahujúce raster stupnice a nárast hodnôt bol veľmi spontánny. Tiež referenčná vzorka vo všetkých štyroch meraniach presahovala raster stupnice meraného prístroja.**

Vyjadrenie k vzorke použitého MO: Motorový olej obsahuje veľké množstvo degradačných činiteľov, ktoré spôsobujú zvýšený priechod prúdu cez motorový olej (ako napríklad: vysoko a nízкотеплотné kaly, voda, palivo alebo kovové častice, ktoré však vylučujem v takej veľkej miere, lebo sa neobjavili na separačných filtroch).

Vyjadrenie k referenčnej vzorke MO: Prvou možnosťou jeho nemerateľnosti bolo, že vizuálne motorový olej vykazoval znaky starnutia, jeho sfarbenie bolo tmavšie, s nádychom hnedej farby. Druhou možnosťou jeho nemerateľnosti bola jeho možná kontaminácia. Pri meraní touto metódou sa referenčná vzorka chovala ako veľmi kyslý - vodivý konglomerát.

**Doplnková skúška na stupeň znečistenia** na separačnom filtri, meraný-použitý motorový olej Mobil 1 ESP Formula, SAE 5W/30: **NEVYHOVUJE !**

Stupeň znečistenia: obidve skúšky boli vykonané kvapkovou metódou na separačnom filtri a porovnané so štandardom. Porovnávacou metódou pod lupou (zväčšenie 17 x) bol stanovený **stupeň znečistenia č. 8** podľa porovnávacieho etalonu (Príloha 3). Povrch rozliatych skvapnutí použitého motorového oleja Mobil 1 ESP Formula, SAE 5W/30, na separačných filtroch bol silne čierny (lupou-17 x zväčšenie). Pretože počas rozlievania sa kvapky motorového oleja po separačnom filtri od stredu k okraju je usadenina sadzí kontinuálna a rovnomerná, to dokazuje nadmerné množstvo sadzí. Sadze sú tepelne vytvrdený carboneum (uhlík), ktorý pri kontakte dvoch interaktívnych plôch pôsobí ako brúsna pasta, a tým zvyšuje opotrebenie. Toto sa deje najmä pri vysokom obsahu sadzí v motorovom oleji. Na túto skutočnosť je citlivá najmä závitová časť mikropovrchu valca, ktorá slúži na udržanie mazacej vrstvy oleja vo valci, tiež urýchľuje zmeny tvaru najmä stieracích krúžkov, kde sa kontaktná hrana zaobľúje, čím sa zhoršuje jeho funkcia.



**Doplňková skúška na obsah látok nerozpustných v *n*-Hexane** (separačná membrána):

Prevádzkový limit: nevyhovuje nad 0,70 [ g ]. Dve skúšky stupňa znečistenia na látky nerozpustné v *n*-Hexane na separačných membránach boli porovnané s porovnávacím vzorom a klasifikované stupňom č7, **veľké znečistenie**. MO: **NEVYHOVUJE !**

Vo vzorke použitého MO sa objavili kontaminanty mäkkého charakteru typu silikónových „žmolkov“ a vlásoknicových segmentov. Chemický rozbor týchto kontaminantov nebol robený.

#### **ZHRNUTIE ZÁVERU.**

Vzhľadom na to, že pre použiteľnosť motorového oleja je rozhodujúca vlastnosť-kinematická viskozita, konštatujem, že použitý motorový Mobil 1 ESP Formula, SAE 5W/30; ACEA C2, C3, A3/B3/B4, A5/B5, VW 504.00/507.00, MB 229.31, BMW Longlife 04 by bol schopný v hydrodynamickej mazacej sústave správne pracovať s adekvátnymi pracovnými tlakmi, ale pre vyšší obsah sadzí a neznámych mäkkých, pravdepodobne silikónových kontaminantov **NEODPORÚČAM jeho ďalšie použitie**. I vzhľadom na to, že motorový olej Mobil 1 ESP Formula, SAE 5W/30; ACEA C2, C3, A3/B3/B4, A5/B5, VW 504.00/507.00, MB 229.31, BMW Longlife 04 do výmeny pracoval 17 705 km. Jeho stredná lehota použiteľnosti sa odporúča 30 000 km alebo 3 roky od dátumu plnenia do spotrebného obalu.

Z pohľadu zníženia znečistenia sadzami odporúčam vyskúšať prevádzku motora s iným typom paliva alebo prejsť zo servisného intervalu QG1-Longlife (30 000 km/dvojročná prehliadka) späť na servisný interval QG2 (15 000 km/ročná prehliadka) takto:

Tesne pred nasledujúcou výmenou motorového oleja treba naliať do mazacej sústavy motora „depresant - Motor Fit“. Po jeho cca. 10' prepláchnutí a vypustení bez výmeny filtra čističa oleja prepláchnuť mazaciu sústavu 1 litrom motorového oleja typu SAE 15W/40, vypustiť, opäť prepláchnuť 1 litrom motorového oleja typu 5W/30, vypustiť, vymeniť filter čističa oleja. Naplniť mazaciu sústavu motora predpísaným typom motorového oleja.

Ďalej odporúčam jazdiť na výberový typ NM typu V-Power Diesel alebo EVO Diesel, alebo MaxxMotion Diesel alebo Diesel 60 (tento typ NM je drahší cca o 15 až 20 eurocentov na liter). Zvýšená kvalita a vyššie cetanové číslo do veľkej miery znižujú tvorbu sadzí, čo sa prejaví vo vyššej kilometrovej výkonnosti motorového oleja a bez problémov zvládne za štandardných prevádzkových podmienok 30 000 až 40 000 km.

### 6.2.6 Prevádzka počas dlhých jazd.

**Ing. Miroslav MARKO, PhD.**  
**Lipová 521/3, Podbreziny, 03104 Liptovský Mikuláš**  
**Certifikovaný Tribotechnik II.**

---

Akadémia ozbrojených síl, gen. M.R.Štefánika, Liptovský Mikuláš, P.O.BOX 45.,  
Katedra strojárstva,  
mobil.:+421 905 319080, e-mail : mikro\_makro@pobox.sk, miroslav.marko@aos.sk

---

Číslo: 010-2014-L007/2011

### Výber z ODBORNÉHO POSUDKU motorového oleja

**Motorový Olej**  
**PETRONAS Urania FE, 5W-30**  
(Fully Synthetic Engine oil)

**Liptovský Mikuláš**

---

**Spracovaný 03.06.2014**

Odborný posudok je spracovaný pre: **Ing. Ladislava HOLOŠA, Ing. Tomáša HOLOŠA,**  
**Ing. MIŠŮLA, SAD LIORBUS, a.s.,** Bystrická cesta č. 62, 034 01 Ružomberok.



*Miroslav Marko*

V Liptovskom Mikuláši, 03.06.2014

Číslo: 010-2014-L007/2011

© Ing. Miroslav **MARKO**, PhD., certifikovaný Tribotechnik II

---

Číslo certifikátu: L007/ 2011 (*Príloha č.9*)

Číslo certifikačného preukazu: L007/ 2011 (*Príloha č.10*)

**Overenie spôsobilosti:** Certifikačný orgán pre certifikáciu personálu v technickej diagnostike, COPT TD, Vihorlatská 8, 949 01 Nitra

<http://www.atdsr.sk/Vzdelavanie%20COP.html>

<http://www.atdsr.sk/Certifikacia.html>

[http://www.atdsr.sk/tribo\\_cert\\_prac.html](http://www.atdsr.sk/tribo_cert_prac.html)

Člen výboru Slovenskej Spoločnosti pre Tribológiu a Tribotechniku (SSTT), Koceľova  
č.15, 815 94 Bratislava

---

## Posúdenie vzoriek motorových olejov PETRONAS Urania FE, 5W-30. Prevádzka počas dlhých jazd.

### Dodané vzorky motorových olejov (MO).

Odber vzoriek vykonal zadávateľ (SAD Liorbus, a.s.), bez špecifikácie techniky odberu. **Zadávateľ uvádza normu životnosti** MO PETRONAS URANIA FE, 5W-30, **80 000 km**. Vzorky MO (Motorových Olejov) boli dodané takto:



- 1-na vzorka - referenčného MO PETRONAS URANIA FE; 5W-30; v otvorenom komerčnom obale s objemom cca. 0,2 l; „odobratý 26.05.2014, plnenie obalu-nezistené, pozri obal“.

**V ďalšom bude označovaný ako R.**

Obrázok 173. MO 5W-30



- 2 vzorky - použitého MO, označené ako:
  - č.1; **27 000 km**; RK053BR; cca. 0,3 l; prvá náplň vozidla, dátum plnenia 10/2013, odber kontrolnej vzorky v priebehu prevádzky, **V ďalšom bude označovaný ako P1.**
  - č.2, **83 000 km**, RK195BO, cca. 0,3 l; prvá náplň vozidla, dátum plnenia 04/2013, výmena MO.

**V ďalšom bude označovaný ako P2.**



Obrázok 173. Kontrolovaná vzorka MO č. P1

Obrázok 174. Kontrolovaná vzorka MO č. P2

### Parametre MO PETRONAS Urania FE, 5W-30.

Zdroj:

<[http://www.pli-petronas.co.uk/products\\_list.aspx?brand=URANIA&idLingua=2](http://www.pli-petronas.co.uk/products_list.aspx?brand=URANIA&idLingua=2)>

Motorový olej Petronas Urania FE, 5W-30 je plne syntetický motorový olej do dieselových motorov úžitkových vozidiel. Má pokročilú ochranu motora. Ide o motorový olej typu Long-Life.

Hlavné vlastnosti sú:

- Ochrana motora počas výmeny oleja v intervaloch, **ktoré presahujú 150 000 km**,
- Použitie MO i v extrémnych klimatických podmienkach,
- Špecifické zloženie Fuel Economy získané s inovatívnymi syntetickými bázami a prísadami Urania FE znižuje spotrebu paliva až o 4%,
- Zachováva si dobré viskozitné vlastnosti počas studených štartov, rovnako dobre pracuje pri náhlých klimatických zmenách,
- Vlastnosti a výkony MO, by mohli prekročiť všetky maximálne prevádzkové špecifikácie, udávané medzinárodnými špecifikáciami, ktoré sú vydávané od jednotlivých výrobcov.

Základná špecifikácia:

SAE 3W-30; API CF; ACEA E7, E4;

Firemné špecifikácie: MACK EO-M Plus; MAN M3277; MB-Approval 228.5; SCANIA LDF; VOLVO VDS-3; MTU OIL TYP 3; DAF HP1/HP2; IVECO 18-1804 CLASSE TFE-zmluvné TECHNICKÉ REF. N ° I023.M01; RENAULT VI RXD Performance

Zdroj:

<<http://www.taiwanlubeoil.com.tw/eyep/ezcatfiles/lubes/img/img/100000278/URANIAFE.pdf>>

Tabuľka 103. Špecifikácie motorového oleja PETRONAS URANIA FE, 5W-30

| Hodnotená vlastnosť motorového oleja | Metóda      | Jednotky             | Hodnoty |
|--------------------------------------|-------------|----------------------|---------|
| Hustota 15°C                         | ASTM D 4052 | [g/cm <sup>3</sup> ] | 0,860   |
| Kinematická viskozita/100°C          | ASTM D 445  | [cSt]                | 11,4    |
| Viskozitný index                     | ASTM D 2270 | -                    | 165     |
| Bod vzplanutia Cl. O. C.             | ASTM D 92   | [ °C ]               | 220     |
| TBN                                  | ASTM D 2896 | [mg KOH/g]           | 16      |
| Bod tuhnutia                         |             | [ °C ]               | -33     |

Vysvetlenie základných pojmov špecifikácií SAE, ACEA, API a charakteristík je v tabuľke.

SAE (Society of Automotive Engineers-Spoločnosť automobilových inžinierov);

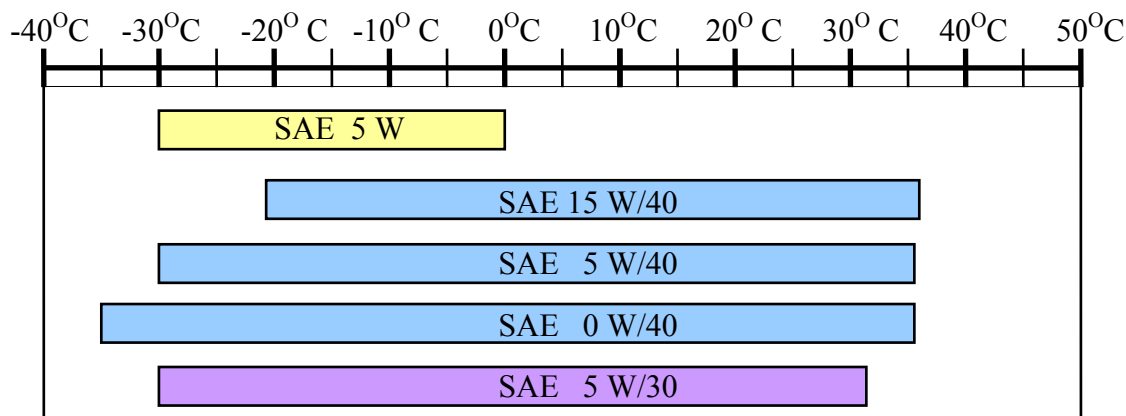
**Viskozitná špecifikácia** ([cSt]-centistok-mm<sup>2</sup>/sek).

Viskozitnú špecifikáciu v motorových olejoch charakterizujeme kinematickou viskozitou pre kladné teploty motorového oleja a dynamickou viskozitou pre mínusové teploty motorového oleja. **Je to primárna a základná vlastnosť pre použiteľnosť motorového oleja v motore vozidla.** Motorový olej je **vyhovujúci len v rozmedzí viskozity ±20%** od hodnoty referenčnej vzorky a údajov výrobcu motorového oleja.

Americká spoločnosť automobilových inžinierov (SAE) vydala už v roku 1908 svoju prvú klasifikáciu motorových olejov podľa viskozít. Táto rozlišovala(je) tzv. oleje **zimné**, označované ako **W (winter)** a **letné, bez označenia**.

V súčasnosti sa výhradne používajú tzv. viacstupňové (multigrádne) motorové oleje, ktoré umožňujú celoročné bezpečné mazanie motora v rozličných klimatických podmienkach. Označujú sa kombináciou zimnej a letnej triedy.

Odporúčané viskozitné triedy SAE motorových olejov podľa vonkajších teplôt



Obrázok 175. Odporúčená viskozitná špecifikácia monográdnych a multigrádnych MO voči okoliu

Tabuľka 104. Viskozitná špecifikácia podľa SAE J 300 - február 1992

| Stupeň<br>SAE | Dynamická viskozita ( $\eta$ )<br>(nízкотепelná viskozita) |                  |                            |                              | Kinematická viskozita ( $\nu$ )<br>(vysoko tepelná viskozita)                                     |      |                                                                 |
|---------------|------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------|
|               | Pretáčanie<br>CCS<br>(mPa.s)                               | Max.<br>(pri °C) | Čerpanie<br>MRV<br>(mPa.s) | Hraničná<br>max.<br>(pri °C) | pri 100°C<br>min. max.<br>(mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ) (mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ) |      | pri 150°C<br>a 10 <sup>6</sup> s <sup>-1</sup><br>min.<br>(mPa) |
| <b>0 W</b>    | 3.250                                                      | -30              | 30.000                     | -35                          | 3,8                                                                                               | -    | 2,4                                                             |
| <b>5 W</b>    | 3.500                                                      | -25              | 30.000                     | -30                          | 3,8                                                                                               | -    | 2,9                                                             |
| <b>10 W</b>   | 3.500                                                      | -20              | 30.000                     | -25                          | 4,1                                                                                               | -    | 2,9                                                             |
| <b>15 W</b>   | 3.500                                                      | -15              | 30.000                     | -20                          | 5,6                                                                                               | -    | 3,7                                                             |
| <b>20 W</b>   | 4.500                                                      | -10              | 30.000                     | -15                          | 5,6                                                                                               | -    | 3,7                                                             |
| <b>25 W</b>   | 6.000                                                      | -5               | 30.000                     | -10                          | 9,3                                                                                               | -    | 3,7                                                             |
| <b>20</b>     | -                                                          | -                | -                          | -                            | 5,6                                                                                               | 9,3  | -                                                               |
| <b>30</b>     | -                                                          | -                | -                          | -                            | 9,2                                                                                               | 12,5 | -                                                               |
| <b>40</b>     | -                                                          | -                | -                          | -                            | 12,5                                                                                              | 16,3 | -                                                               |
| <b>50</b>     | -                                                          | -                | -                          | -                            | 16,3                                                                                              | 21,9 | -                                                               |
| <b>60</b>     | -                                                          | -                | -                          | -                            | 21,9                                                                                              | 26,1 | -                                                               |

**ACEA** (Association des Constructeurs Européens d'Automobile, Asociácia európskych Konštruktérov);

**Európska výkonnostná charakteristika.**

Špecifikácia ACEA sa delí do troch skupín:

- Skupina A/B-motorové oleje pre benzínové (A) a naftové motory (B) osobných a ľahkých dodávkových vozidiel,
- Skupina C-oleje kompatibilné s katalyzátormi,
- Skupina E-oleje pre dieselové motory ťažkých nákladných automobilov.

Pritom výkonový stupeň je vyjadrený pre daný typ motora číslom (od 1 vyššie). Čím je číslo vyššie, tým je olej kvalitnejší.

Tabuľka 105. Výber parametrov podľa špecifikácií PETRONAS URANIA FE, 5W-30, podľa špecifikácií výkonnostnej triedy ACEA

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E 4 | Oleje pre vysoko zaťažené dieselové motory spĺňajúce emisné predpisy Euro I až IV, pracujúce za sťažených podmienok. Významné predĺženie výmenných intervalov.<br>Oleje sú vhodné pre motory bez BDF a tiež pre motory s EGR a motory vybavené systémom SCR NOx.. HTHS $\geq$ 3,5 mPa.s                                                                                                                                                            |
| E 7 | Oleje pre vysoko zaťažené dieselové motory spĺňajúce emisné predpisy Euro I až IV, pracujúce za sťažených podmienok. Vhodné pre výmenných intervalov. Oleje sú vhodné pre motory bez DPF a iné motory so systémom EGR a SCR NOx. HTHS $\geq$ 3,5 mPa, predpisy Euro I až IV, pracujúce za sťažených podmienok. Vhodné pre dlhé výmenné intervaly. Oleje sú vhodné pre motory bez DPF a iné motory so systémom EGR a SCR NOx. HTHS $\geq$ 3,5 mPa.s |



**API** (American Petroleum Institute-Americký petrochemický inštitút);  
**Americká výkonnostná charakteristika.**

Táto špecifikácia rozlišuje motorové oleje v troch skupinách:

- skupina s označením **S** (SERVICE), oleje vhodné a prednostne určené na použitie **do benzínových motorov**,
- skupina s označením **C** (COMMERCIAL), oleje vhodné a prednostne určené na použitie **do naftových motorov**,
- skupina s označením **EC** (ENERGY), oleje, v ktorých sa predpokladá úspora paliva, používa sa iba v nízko viskozitných olejoch.

Vzhľadom na používanie multigrádnych olejov sa označujú oleje kombináciou označenia jednotlivých skupín, napríklad:

- API Cx/Sx** olej prednostne určený do naftových motorov, ale spĺňajúci i podmienky na použitie do benzínových motorov,
- API Cx** olej určený do naftových motorov,
- API Sx** olej určený do benzínových motorov,
- API Sx/Cx/EC I** olej prednostne určený do benzínových motorov, ale spĺňajúci podmienky i na použitie do naftových motorov, pri jeho použití dochádza k úspore x % paliva v porovnaní s referenčným druhom oleja atď.

*Tabuľka 106. Výber parametrov podľa špecifikácií PETRONAS URANIA FE, 5W-30, podľa špecifikácií výkonnostnej triedy API*

| API | Service Oil                                                                                                                                                                                           | API    | Commercial Oil                                                                                                                                                     |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SF  | Oleje určené do motorov vyrobených medzi rokmi 1980 až 1989 s mimoriadne veľkým zaťažením, v porovnaní so SE majú vylepšené protiterové vlastnosti, oxidačnú stabilitu a ochranu voči tvorbe usadenín | CF - 4 | Oleje do veľkoobjemových alebo rýchlobežných naftových motorov ťažkých nákladných áut, pracujúcich najmä v diaľničnej prevádzke. Pre modely vyrobené od roku 1990. |

**Bod vzplanutia**-základný parameter, ktorého hodnota má význam na posúdenie mazania piestnych krúžkov najmä vo výfukovej fáze. Motorový olej je nevyhovujúci, ak bod vzplanutia klesne vo vznetovom motore pod hranicu 180°C.

**Hustota** je veličina závislá od teploty a od tlaku. Pod hustotou sa myslí hmotnosť definovaného objemu látky pri určitej teplote a tlaku, zvyčajne pri 20°C a 0.1 MPa. Z funkčného hľadiska nepatrí hustota k dôležitým kvalitatívnym ukazovateľom, má však veľký význam pri prepočte objemových jednotiek na hmotnostné a taktiež pri výpočte kinematickej viskozity.

**Viskozita** ( $\tau$ ) - je to základná veličina charakterizujúca olej. Je mierou vnútorného trenia v oleji, vyjadruje odpor, ktorým olej pôsobí proti silám snažiacim sa posunúť jeho najmenšie častice. Je mierou odolnosti oleja voči tečeniu.

**Čerpaťnosť** - charakterizuje chovanie oleja za nízkych teplôt a nízkeho strihového napätia. Vyjadruje schopnosť oleja byť nasávaný do olejového čerpadla a vytláčaný z neho.

## Vybrané parametre vozidiel prevádzkovaných s motorovým olejom PETRONAS Urania FE, 5W-30.

Vybrané údaje o vozidlách vybrané zo scanu, z osvedčenia o evidencii, dodané zadávateľom:,, .....

Obrázok 176. Scan k prevádzka s MO - P1

| ZÁKLADNÉ ÚDAJE O EVIDENCII    |                                                                                         |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| B                             | Dátum prvej evidencie vozidla (rok výroby) <b>29.10.2013</b>                            |
| I                             | Dátum prvej evidencie v SR <b>29.10.2013</b> E VIN <b>VNESFR1600M018093</b>             |
| A                             | Evidenčné číslo <b>RK053BR</b> H Platnosť do <b>-</b>                                   |
| C.2.1                         | Vlastník vozidla <b>SAD LIORBUS, a. s.</b><br>Dátum narodenia / IČO <b>0036403431</b>   |
| C.2.3                         | Trvalý pobyt / sídlo vlastníka <b>Ružomberok</b>                                        |
| <b>Bystrická cesta 199/62</b> |                                                                                         |
| C.1.1                         | Držiteľ osvedčenia <b>SAD LIORBUS, a. s.</b><br>Dátum narodenia / IČO <b>0036403431</b> |
| C.1.3                         | Trvalý pobyt / sídlo držiteľa <b>Ružomberok</b>                                         |

| VOZIDLO            |                                                                                            |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                  | Druh <b>AUTOBUS MEDZIMESTSKÝ</b>                                                           |
| 2                  | J Kategória <b>M3</b> 3 E VIN <b>VNESFR1600M018093</b>                                     |
| 4                  | D.1 Značka <b>IRISBUS</b>                                                                  |
| 5                  | D.3 Obchodný názov <b>CROSSWAY</b>                                                         |
| 6-8                | D.2 Typ / variant / verzia <b>SFR 160/01 / ICBB / K1E1A1410</b>                            |
| 9                  | Výrobca vozidla (podvozku) <b>IVECO FRANCE S.A., FRA</b>                                   |
| 10                 | K Číslo typového schválenia ES <b>e8*2007/46*0013*03</b>                                   |
| 11                 | Dátum typového schválenia ES <b>07.06.2013</b>                                             |
| MOTOR A PREVODOVKA |                                                                                            |
| 12                 | Výrobca motora <b>IVECO S.P.A., ITA</b>                                                    |
| 13                 | P.5 Identifikačné číslo motora (typ) <b>F2BE3682B*S</b>                                    |
| 14                 | P.1 Zdvihový objem valcov <b>7 790,0</b> cm <sup>3</sup> 15 Katalyzátor <b>KAT</b>         |
| 16-17              | P.2 / P.4 Najväčší výkon motora / otáčky <b>243,00</b> kW / <b>2 050</b> min <sup>-1</sup> |
| 18                 | P.3 Druh paliva / zdroj energie <b>NM + MOČOVINA</b>                                       |
| 19                 | Q Výkon / hmotnosť (kat. L) <b>-</b> kW.kg <sup>-1</sup>                                   |
| 20                 | Prevodovka / počet stupňov <b>MT / 6</b>                                                   |

Obrázok 177. Scan k prevádzka s MO - P2

| ZÁKLADNÉ ÚDAJE O EVIDENCII    |                                                                                         |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| B                             | Dátum prvej evidencie vozidla (rok výroby) <b>9.4.2013</b>                              |
| I                             | Dátum prvej evidencie v SR <b>9.4.2013</b> E VIN <b>VNESFR1600M016600</b>               |
| A                             | Evidenčné číslo <b>RK195BO</b> H Platnosť do <b>-</b>                                   |
| C.2.1                         | Vlastník vozidla <b>SAD LIORBUS, a. s.</b><br>Dátum narodenia / IČO <b>0036403431</b>   |
| C.2.3                         | Trvalý pobyt / sídlo vlastníka <b>Ružomberok</b>                                        |
| <b>Bystrická cesta 199/62</b> |                                                                                         |
| C.1.1                         | Držiteľ osvedčenia <b>SAD LIORBUS, a. s.</b><br>Dátum narodenia / IČO <b>0036403431</b> |
| C.1.3                         | Trvalý pobyt / sídlo držiteľa <b>Ružomberok</b>                                         |

| VOZIDLO            |                                                                                            |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                  | Druh <b>AUTOBUS MEDZIMESTSKÝ</b>                                                           |
| 2                  | J Kategória <b>M3</b> 3 E VIN <b>VNESFR1600M016600</b>                                     |
| 4                  | D.1 Značka <b>IRISBUS</b>                                                                  |
| 5                  | D.3 Obchodný názov <b>CROSSWAY</b>                                                         |
| 6-8                | D.2 Typ / variant / verzia <b>SFR 160/01 / ICBB / K1E1A1410</b>                            |
| 9                  | Výrobca vozidla (podvozku) <b>IVECO FRANCE S.A., FRA</b>                                   |
| 10                 | K Číslo typového schválenia ES <b>e8*2007/46*0013*02</b>                                   |
| 11                 | Dátum typového schválenia ES <b>21.12.2012</b>                                             |
| MOTOR A PREVODOVKA |                                                                                            |
| 12                 | Výrobca motora <b>IVECO S.P.A., ITA</b>                                                    |
| 13                 | P.5 Identifikačné číslo motora (typ) <b>F2BE3682B*S</b>                                    |
| 14                 | P.1 Zdvihový objem valcov <b>7 790,0</b> cm <sup>3</sup> 15 Katalyzátor <b>KAT</b>         |
| 16-17              | P.2 / P.4 Najväčší výkon motora / otáčky <b>243,00</b> kW / <b>2 050</b> min <sup>-1</sup> |
| 18                 | P.3 Druh paliva / zdroj energie <b>NM + MOČOVINA</b>                                       |
| 19                 | Q Výkon / hmotnosť (kat. L) <b>-</b> kW.kg <sup>-1</sup>                                   |
| 20                 | Prevodovka / počet stupňov <b>MT / 6</b>                                                   |

.....“

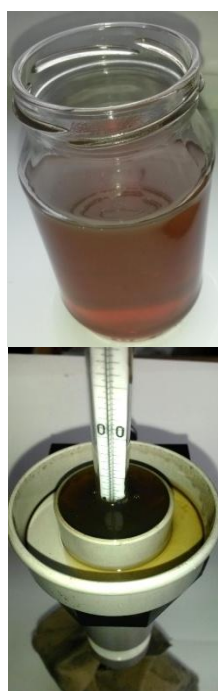
## Kinematická viskozita a doplnkové skúšky meraných vzoriek motorových olejov.

Kinematická viskozita je primárna a základná vlastnosť použiteľnosti motorového oleja v hydrodynamickom systéme mazania v motore vozidla. Motorový olej je vyhovujúci v rozmedzí viskozity  $\pm 20\%$  od hodnoty referenčnej vzorky a údajov výrobcu motorového oleja.

### Kinematická viskozita v motorových olejoch Petronas Urania FE, 5W-30, vzoriek R, P1 a P2.

Tabuľka 107. Namerané hodnoty kinematickej viskozity MO Petronas Urania FE, 5W-30

| Referenčný MO / R<br>Petronas Urania FE / 5W-30                                |        |         | Použitý MO / P1<br>Petronas Urania FE / 5W-30<br>IRISBUS<br>RK053BR |        |         | Použitý MO / P2<br>Petronas Urania FE / 5W-30<br>IRISBUS<br>RK195BO |        |         |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|---------------------------------------------------------------------|--------|---------|---------------------------------------------------------------------|--------|---------|
| P.č.                                                                           | t [°C] | T [cSt] | P.č.                                                                | t [°C] | T [cSt] | P.č.                                                                | t [°C] | T [cSt] |
| 1                                                                              | 25,5   | 62,85   | 1                                                                   | 25,8   | 59,65   | 1                                                                   | 25,5   | 58,82   |
| 2                                                                              | 25,5   | 64,00   | 2                                                                   | 25,9   | 59,90   | 2                                                                   | 25,9   | 59,25   |
| 3                                                                              | 25,6   | 61,40   | 3                                                                   | 26,0   | 60,08   | 3                                                                   | 26,0   | 58,60   |
| 4                                                                              | 25,7   | 59,90   | 4                                                                   | 26,0   | 60,04   | 4                                                                   | 26,0   | 57,60   |
| 5                                                                              | 25,7   | 60,21   | 5                                                                   | 26,1   | 60,09   | 5                                                                   | 26,1   | 57,95   |
| Ø                                                                              | 25,60  | 61,672  | Ø                                                                   | 25,96  | 59,952  | Ø                                                                   | 25,90  | 58,444  |
| Pozn.<br>30.05.2014/08:10<br>t=24,9°C                                          |        |         | Pozn.<br>30.05.2014/08:10<br>t=24,9°C                               |        |         | Pozn.<br>30.05.2014/08:10<br>t=24,9°C                               |        |         |
| Legenda: t - teplota meraného MO T - čas prietoku cez Ø3 mm kalibrovanú trysku |        |         |                                                                     |        |         |                                                                     |        |         |



Obr. 178. Referenčný (R) MO Petronas Urania FE, 5W-30

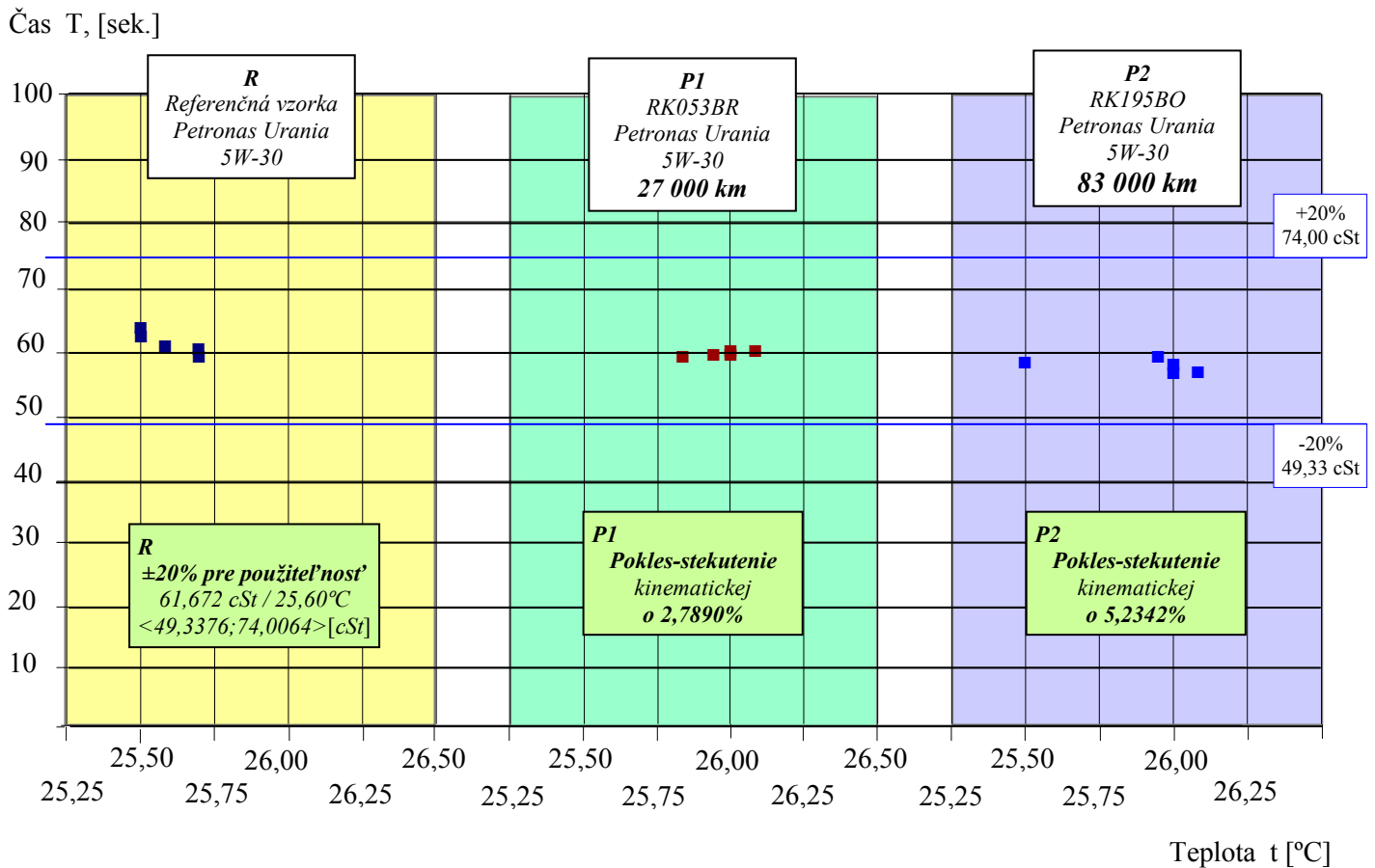


Obr. 179. Použitý (P1) MO Petronas Urania FE, 5W-30



Obr. 180. Použitý (P2) MO Petronas Urania FE, 5W-30

## Diagram „ka“ hodnotenia kinematickej viskozity (priemer kalibračnej konštanty - prietokovej dýzy = 3 mm<sup>2</sup>)



**Legenda:** t - teplota meraného MO T - čas prietoku cez ø3 mm kalibrovanú trysku;

**R** - Referenčná vzorka, priemerná hodnota 61,672 cSt / 25,60 sek. (cSt=centistok-mm<sup>2</sup>/sek.);

**P1** - vzorka použitého MO, e.č. RK053BR, priemerná hodnota 59,952 cSt / 25,96 °C.;

**P2** - vzorka použitého MO, e.č. RK195BO, priemerná hodnota 58,444 cSt / 25,90 °C.;

Výpočet tolerancie ±20%, z R MO, pre použiteľnosť MO P1 a P2:

100% z R (61,672 sek./25,60°C) = 61,6720"; 1%=0,61672"; 20%=12,3344"; +20%=74,0064";  
-20%= 49,3376".

Zmena kinematickej viskozity v % (zanedbáva sa rozdiel teplôt meraných vzoriek):

**R** - 61,6720=100%;

**P1** - (59,952:0,61672)=97,2110% => **pokles** kinematickej viskozity **o 2,7890%**, (MO v motore 27 000 km)

**P2** - (58,444:0,61672)=94,7658% => **pokles** kinematickej viskozity **o 5,2342%**; (MO v motore 83 000 km)

### Čiastkový záver (kinematická viskozita):

Viskozimeter mal priemer prietokového kruhového otvoru-kalibračnej konštanty = 3 mm. Rozhranie ±20% pre použiteľnosť P1 a P2 je <49,33;74,00> [cSt] pri ø teplote 25,60°C, rátané z ø 61,6720 cSt / 25,60°C.

**Priemerná hodnota kinematickej viskozity nameranej v použítom motorovom oleji P1 (RK053BR/27.000 km) je 59,952 cSt / 25,96 °C, je len mierne pod strednou úrovňou priemeru referenčnej vzorky, stekutenie MO je o 2,7890%. Z pohľadu tejto skúšky bol MO vo veľmi dobrej kondícii. Motorový olej : VYHOVUJE na ďalšie použitie.**

Priemerná hodnota kinematickej viskozity nameranej v použitom motorovom oleji P2 (RK195BO/83.000 km) je **58,444 cSt / 25,90 °C**, je len mierne pod strednou úrovňou priemeru referenčnej vzorky, stekutenie MO je o **5,2342%**. Z pohľadu tejto skúšky bol MO vo veľmi dobrej kondícii. **Motorový olej : VYHOVUJE na ďalšie použitie.**

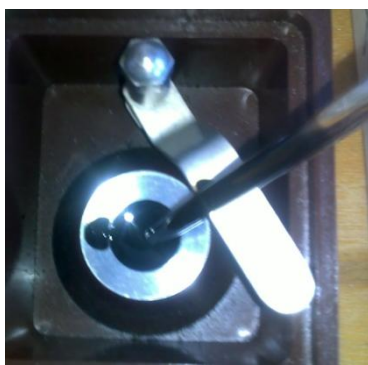
#### Celkové znečistenie.

Doplnková skúška týkajúca sa kinematickej viskozity.

Prevádzkový limit: **max. 65  $\mu$ A**.



Obrázok 181. Vzorkovanie referenčného a použitého MO do prístroja



Obrázok 182. Kontrola prístroja pred meraním



Obrázok 183. Meranie



Obrázky 183, 184 a 185. Vzorky referenčného a použitého MO

Tabuľka 108 a 109. Meranie celkového znečistenia referenčného MO a použitého MO „P1“

| Referenčný MO<br>Petronas 5W-30 | t<br>[°C] | I<br>[ $\mu$ A] |
|---------------------------------|-----------|-----------------|
| 1                               | 24,9      | 72              |
| 2                               |           | 74              |
| 3                               |           | 73              |
| 4                               |           | 74              |
| <b>priemer</b>                  |           | <b>73,25</b>    |

| P1 MO<br>(RK053BR) | t<br>[°C] | I<br>[ $\mu$ A] | Rozdiel<br>I [ $\mu$ A] |
|--------------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| 1                  | 24,9      | 89              | 17                      |
| 2                  |           | 90              | 16                      |
| 3                  |           | 90,4            | 17,4                    |
| 4                  |           | 90,4            | 16,4                    |
| <b>priemer</b>     |           | <b>89,95</b>    | <b>16,7</b>             |



Tabuľka 110. Meranie celkového znečistenia použitého MO „P2“

| P2 MO<br>(RK195B0) | t<br>[°C] | I<br>[μA] | Rozdiel<br>I [μA] |
|--------------------|-----------|-----------|-------------------|
| 1                  | 24,9      | 89        | 17                |
| 2                  |           | 89        | 15                |
| 3                  |           | 87        | 14                |
| 4                  |           | 86        | 12                |
| priemer            |           | 87,75     | 14,5              |

**Čiastkový záver** (celkové znečistenie):

Horná prípustná hranica celkového znečistenia je 65 μA.

Priemerná hodnota vzorky referenčného motorového oleja Petronas Urania FE, 5W-30 je 73,25 μA.

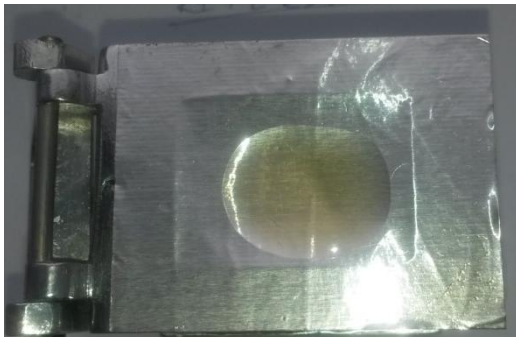
**Priemerná hodnota rozdielu celkového znečistenia v MO P1 (RK053BR/27 000 km) je 16,70 μA. Motorový olej : mierne znečistený - VYHOVUJE na ďalšie použitie.**

**Priemerná hodnota rozdielu celkového znečistenia v MO P2 (RK195BO/83 000 km) je 14,50 μA. Motorový olej : mierne znečistený - VYHOVUJE na ďalšie použitie.**

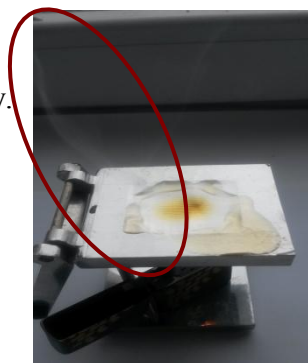
**Obsah vody, paliva.**

Doplňková skúška týkajúca sa kinematickej viskozity.

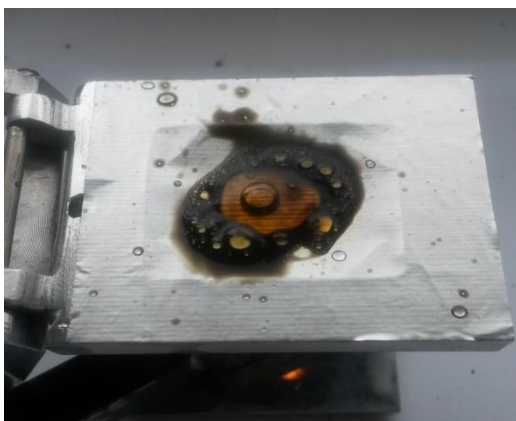
Prevádzkový limit : **max. 0,5%**



Obrázok 186. Vzorkovanie R MO



Obrázok 187. Meranie "R" MO



Obrázok 188. Vpravo, meranie "P1" MO

Obrázok 189. Hore, kontrolné meranie, vzorka P1 kontaminovaná H<sub>2</sub>O v pomere 1:1

Tabuľka 111. Zistené a porovnané parametre - porovnané s etalonom

| P.č.                                                                                                                                                                       | Vizuálne a sluchové prejavy                                                                                                                                 | ~ % vody paliva |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Referenčná vzorka - <b>R</b> bola bez prejavov penenia a prskania, Jemné zadymovanie 0,1 % vody.<br>Vzorka referenčného oleja veľmi mierne kontaminovaná H <sub>2</sub> O. |                                                                                                                                                             |                 |
| Vzorka použitého MO - <b>P1</b> - (RK053BR/27.000 km)                                                                                                                      |                                                                                                                                                             |                 |
| 1                                                                                                                                                                          | Bez bubliniek a zvukových prejavov. Mierne dymenie.                                                                                                         | 0,1 %           |
| 2                                                                                                                                                                          | Bez bubliniek a zvukových prejavov. Mierne dymenie.                                                                                                         | 0,1 %           |
| 3                                                                                                                                                                          | Bez bubliniek a zvukových prejavov. Mierne dymenie.                                                                                                         | 0,1 %           |
|                                                                                                                                                                            | Kontrola správnosti meraní - vzorka P1 MO kontaminovaná vodou v pomere 1:1, silné prskanie, tvorba bublín väčších ako 6-9 mm po celý čas merania.           | cez 50 %        |
| Vzorka použitého MO - <b>P2</b> - (RK195BO/83 000 km)                                                                                                                      |                                                                                                                                                             |                 |
| 1                                                                                                                                                                          | 1-2 bublinky cca. 4-6 sek., do 1 mm. Bez zvukových prejavov a prskania, mierne zadymenie.                                                                   | 0,2 %           |
| 2                                                                                                                                                                          | 4-5 bubliniek počas cca. 4-6 sek., do 1 mm, počas 4-6 sek. 1 bublinka viac ako 1 mm, počas cca 10 sek. Bez zvukových prejavov a prskania, mierne zadymenie. | ~ 3 %           |
| 3                                                                                                                                                                          | 1-2 bublinky počas cca 4-6 sek., do 1 mm. Bez zvukových prejavov a prskania, mierne zadymenie.                                                              | 0,2 %           |

**Čiastkový záver** (obsah vody, paliva):

Doplňková skúška týkajúca sa kinematickej viskozity.

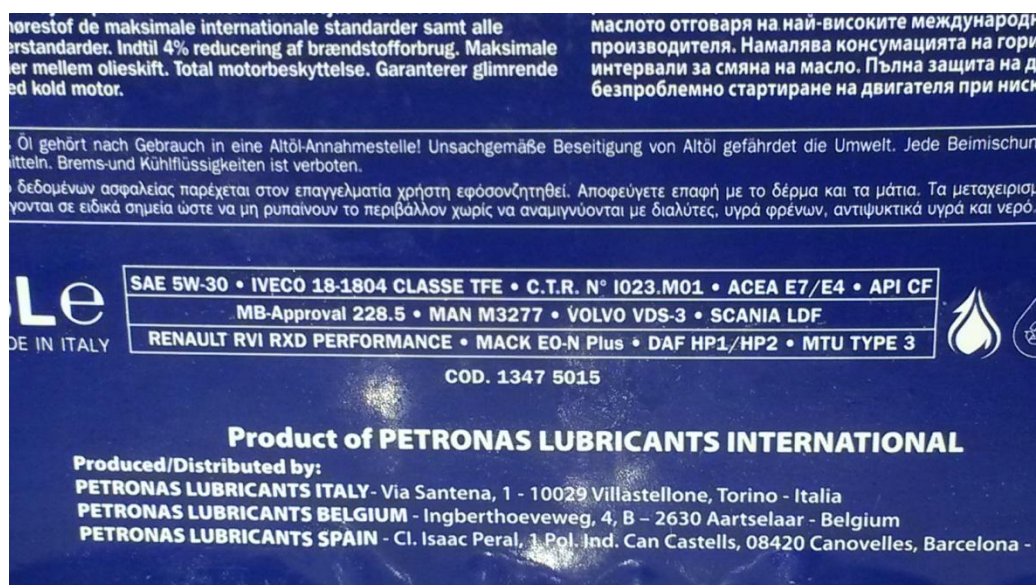
**Pripustná hranica % objemu vody je 0,5%.**

**Meranie prskacím testom na % objemu paliva/vody v MO P1** (RK053BR/27 000 km) bolo vykonané porovnaním s etalonom a stanovené na **0,1 %**.

**Motorový olej : VYHOVUJE na ďalšie použitie.**

**Meranie prskacím testom na % objemu paliva/vody v MO P2** (RK195BO/83 000 km) bolo vykonané porovnaním s etalonom a stanovené na **0,2 % až 0,3 %**.

**Motorový olej : VYHOVUJE na ďalšie použitie.**

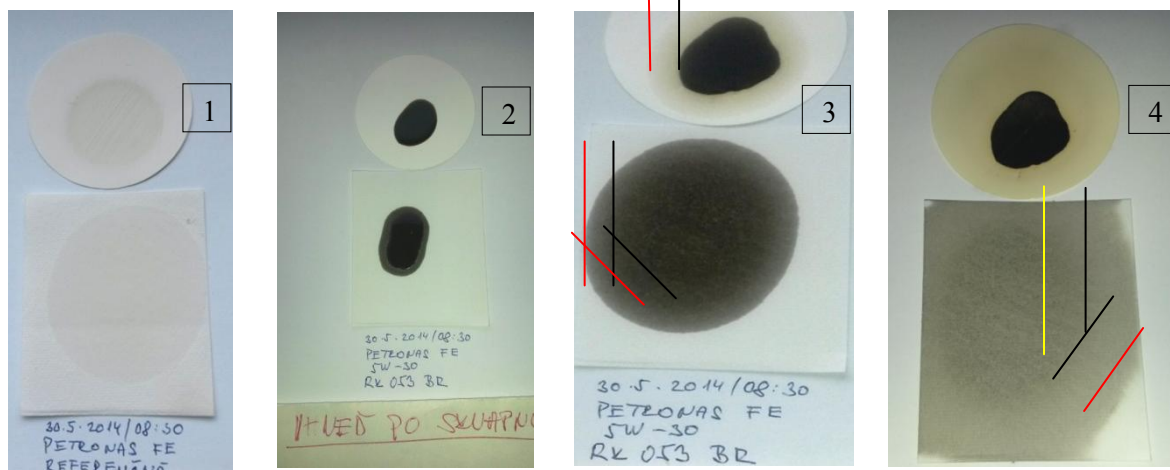


Obrázok 190. Ilustračné FOTO špecifikácii MO Petronas 5W-30

**Stupeň znečistenia (kvapková skúška-separačný filter):**Prevádzkový limit pozri vzorová stupnica: **nevyhovuje stupeň 6, 8, 9**

Tabuľka 112. Separačný filter MO "P1" - RK053BR / 27 000 km

| MO                                                      | Stupeň znečistenia <b>P1</b> | Vzor číslo |
|---------------------------------------------------------|------------------------------|------------|
| Referenčná vzorka bola čistá, číra, bez známok denzity. |                              |            |
| 1. skúška                                               | Mierne znečistenie           | 2          |
| 2. skúška                                               | Mierne znečistenie           | 2          |
|                                                         |                              |            |



Obrázok 191. Vzorka č.1- Referenčná-R: hore - separčná membrána, dole separačný filter

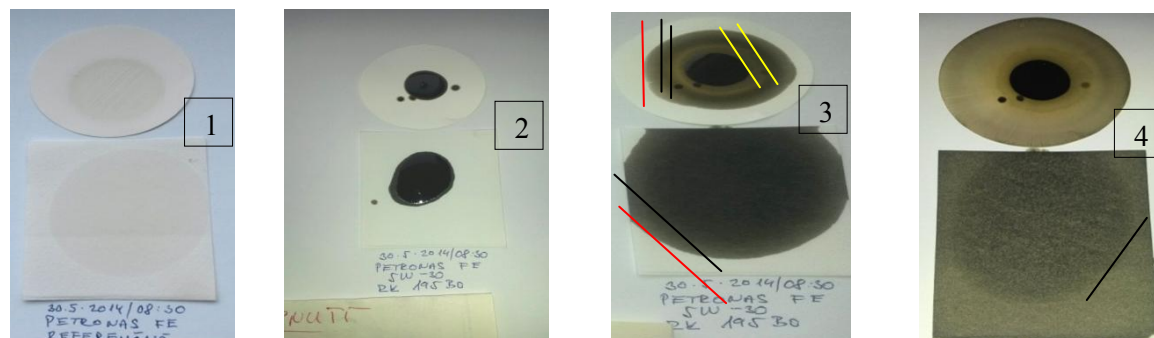
Obrázok 192. Vzorka č.2- P1(RK053BR/27.000 km), hneď po skvapnutí

Obrázok 193. Vzorka č.3- P1(RK053BR/27.000 km), 1 hod. a 30 min. po skvapnutí

Obrázok 194. Vzorka č.4- P1(RK053BR/27.000 km), 4 dni po skvapnutí

Tabuľka 113. Separačný filter MO "P2" - RK195BO / 83 000 km !!!

| MO                                                      | Stupeň znečistenia <b>Castrol SLX</b> | Vzor číslo |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------|
| Referenčná vzorka bola čistá, číra, bez známok denzity. |                                       |            |
| 1. skúška                                               | Stredné znečistenie                   | 5          |
| 2. skúška                                               | Silné znečistenie                     | 6          |



Obrázok 195. Vzorka č.1- Referenčná-R: hore - separčná membrána, dole separačný filter

Obrázok 196. Vzorka č.2- P2(RK195BO/83 000 km), hneď po skvapnutí

Obrázok 197. Vzorka č.3- P2(RK195BO/83 000 km), 1 hod. a 30 min. po skvapnutí

Obrázok 198. Vzorka č.4- P2(RK195BO/83 000 km), 4 dni po skvapnutí

**Čiastkový záver (kvapková skúška).**

**Stupeň znečistenia separačného filtra a detergentno-disperzné vlastnosti boli porovnané s porovnávacím vzorom a klasifikované stupňom:**

**P1 (RK053BR/27.000 km) - hodnotený stupňom číslo 2 mierne znečistenie, MO VYHOVUJE na ďalšie použitie.**

**P2 (RK195BO/83.000 km) - hodnotený stupňom číslo 5 a 6 stredné až silné znečistenie, MO VYHOVUJE na ďalšie použitie s obmedzením na sledovanie sadzí.**

## **ZÁVER.**

**Vzorka MO Petronas Urania FE, 5W-30, z autobusu Irisbus, RK053BR, zadávateľ uvádza, že do odobratia kontrolnej vzorky bolo s MO najazdené 27 000 km:**

**Predpoklad:**

Zadávateľ uvádza, že motorový olej je v motore od výroby vozidla, teda ide o nové vozidlo, v dobrom technickom stave, s motorovým olejom plneným od výrobcu. Prevádzka bola zadávateľom označená ako prímestská linka, z čoho sa dá usudzovať, že motor pracoval prevažne v stave prevádzkových teplôt (chladiaca sústava: 80° až 90 °C; mazacia sústava: 90° až 130 °C). Podľa špecifikácie motorového oleja výrobcom (5W-30; API CF; ACEA E7, E4) je zrejmé, že ide o dieselový motor s vysokotlakovým vstrekaním (cca 240 až 260 Mpa), pravdepodobne typu Common Rail, pracovný proces motora je riadený procesorom.

- Zadávateľ uviedol jemu známu normu životnosti MO 80 000 km.
- „Copyright © 2010 PETRONAS Lubricants International. All rights reserved“ na stránke / + URANIA FE - < <http://www.pli-petronas.co.uk/Browse.aspx?sezione=79> > dokonca uvádza v súvislosti s týmto MO normu životnosti 150 000 km.

**Výsledky-zhrnutie:**

**Kinematická viskozita.**

Je rozhodujúcou vlastnosťou potrebnou na správnu hydrodynamickú činnosť motorového oleja v motore vozidla, t.j. na jeho správny prevádzkový tlak počas prevádzky. Jej rozpätie by sa nemalo líšiť viac ako  $\pm 20\%$  od nového-referenčného MO.

**Priemerná hodnota kinematickej viskozity nameranej v použitom motorovom oleji P1 (RK053BR/27 000 km) je 59,952 cSt / 25,96 °C, je len mierne pod strednou úrovňou priemeru referenčnej vzorky, stekutenie MO je o 2,7890%. Z pohľadu tejto skúšky bol MO vo veľmi dobrej kondícii. Motorový olej : VYHOVUJE na ďalšie použitie.**

**Celkové znečistenie.**

**Priemerná hodnota rozdielu celkového znečistenia u MO P1 (RK053BR/27 000 km) je 16,70  $\mu$ A. Motorový olej : Mierne znečistený - VYHOVUJE na ďalšie použitie.**

**Obsah vody, paliva.**

**Meranie prskacím testom na % objemu paliva/vody v MO P1 (RK053BR/27 000 km) bolo vykonané porovnaním s etalom a stanovené na 0,1 %.**

**Motorový olej : VYHOVUJE na ďalšie použitie**

**Stupeň znečistenia.**

**P1 (RK053BR/27 000 km) - hodnotený stupňom číslom 2 mierne znečistenie, MO VYHOVUJE na ďalšie použitie.**



Vzhľadom na uvedené skutočnosti možno konštatovať, že motorový olej je vo veľmi dobrej kondícii a s prihliadnutím:

- na uvádzané normy (80 000; 150 000),
- na správny technický stav vozidla,
- na rovnaký typ prevádzky,
- na výsledky rovnakého typu MO vo vozidle RK 195BO,

**je možné jeho ďalšie použitie v prevádzke.** Je vhodné, po najazdení cca 70 000 až 80 000 km vykonať jeho tribodiagnostickú kontrolu použiteľnosti. To za predpokladu vykonávania všetkých predpísaných noriem týkajúcich sa údržby a správneho technického stavu motora vozidla a jeho sústav.

## **5.2. Vzorka MO Petronas Urania FE, 5W-30, z autobusu Irisbus, RK195BO, zadávateľ udáva, že do odobratia kontrolnej vzorky pri výmene MO, bolo s MO najazdených 83 000 km.**

Predpoklad:

Zadávateľ uvádza, že motorový olej bol v motore od výroby vozidla, až do jeho výmeny za nový. Ide o nové vozidlo, v dobrom technickom stave, s motorovým olejom, ktorý bol plnený do vozidla výrobcom. Prevádzku zadávateľ označil ako prímestskú linku, z čoho sa dá usudzovať, že motor pracoval prevažne v stave prevádzkových teplôt (chladiaca sústava: 80° až 90 °C; mazacia sústava: 90° až 130 °C). Podľa špecifikácie motorového oleja výrobcom (5W-30; API CF; ACEA E7, E4) je zrejmé, že ide o dieselový motor s vysokotlakovým vstrekaním (cca 240 až 260 MPa), pravdepodobne typu Common Rail, pracovný proces motora riadi procesor.

- Zadávateľ uviedol jemu známu normu životnosti MO 80 000 km.
- „Copyright © 2010 PETRONAS Lubricants International. All rights reserved“ na stránke / + URANIA FE - < <http://www.pli-petronas.co.uk/Browse.aspx?sezione=79> > dokonca uvádza v prípade tohto MO normu životnosti 150 000 km.

Výsledky-zhrnutie:

Kinematická viskozita.

Je rozhodujúcou vlastnosťou potrebnou na správnu hydrodynamickú činnosť motorového oleja v motore vozidla, t.j. na jeho správny prevádzkový tlak počas prevádzky. Jej rozpätie by sa nemalo líšiť viac ako  $\pm 20\%$  od nového-referenčného MO.

**Priemerná hodnota kinematickej viskozity nameranej v použitom motorovom oleji P2 (RK195BO/83 000 km) je 58,444 cSt / 25,90 °C, je len mierne pod strednou úrovňou priemeru referenčnej vzorky, stekutenie MO je o 5,2342%. Z pohľadu tejto skúšky bol MO vo veľmi dobrej kondícii. Motorový olej : VYHOVUJE na ďalšie použitie.**

Celkové znečistenie.

**Priemerná hodnota rozdielu celkového znečistenia v MO P2 (RK195BO/83 000 km) je 14,50  $\mu$ A. Motorový olej : mierne znečistený - VYHOVUJE na ďalšie použitie.**

Obsah vody, paliva.

**Meranie prskacím testom na % objemu paliva/vody v MO P2 (RK195BO/83 000 km) bolo vykonané porovnaním s etalom a stanovené na 0,2 % až 0,3 %.**

**Motorový olej : VYHOVUJE na ďalšie použitie.**

Stupeň znečistenia.

**P2 (RK195BO/83.000 km) - hodnotený stupňom číslo 5 a 6 stredné až silné znečistenie, MO VYHOVUJE na ďalšie použitie s obmedzením na sledovanie sadzí.**



Vzhľadom na uvedené skutočnosti možno konštatovať, že motorový olej bol z hľadiska kinematickej viskozity vo veľmi dobrej kondícii, no vzhľadom na vysoké množstvo sadzí je na hranici použiteľnosti, a preto i s prihliadnutím:

- na uvádzané normy (80 000; 150 000),
- na správny technický stav vozidla,
- na rovnaký typ prevádzky,

**by bolo možné jeho ďalšie použitie v prevádzke s obmedzením.** Bola by vhodná tribodiagnostická kontrola po najazdení každých 10 000 km až 15 000 km do hraničného znečistenia, najmä sadzami. To za predpokladu vykonávaní všetkých predpísaných noriem údržby a správneho technického stavu motora vozidla a jeho sústav. Je predpoklad, že by MO vzhľadom na uvedené skutočnosti bol schopný prevádzky približne do najazdených 20000 až 30 000 km (ak by sa použila NM s vyšším cetanovým číslom - CC 55 alebo CC 60, tzv. výberová NM, je predpoklad, že by MO mohol dosiahnuť normu životnosti (NŽ) až 150 000 km, s podobným typom prevádzky a technickým stavom vozidla).

**7. Podmienky na špecifikáciu vybraných typov mazív podľa  
Metrologického a skúšobného ústavu logistiky v Žiline**

**7.1 Motorové oleje.**

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

Ministerstvo obrany  
Veliteľstvo logistiky OS SR

---

**VOJENSKÁ ŠPECIFIKÁCIA**



Palivá, mazivá a prevádzkové kvapaliny

**MSU-27.1/L**

Motorový olej  
SAE 30, SAE 50 (20W50), 10W, 10W30, 15W40

|                                                                                               |                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Súvisiaci kód NATO</b>                                                                     | O-236, O-237, O-238, O-239, O-1176, O-1236                                                                                                                 |
| <b>Národná vojenská špecifikácia</b>                                                          | MSU-27.1/L                                                                                                                                                 |
| <b>Používateľ</b>                                                                             | Pozemné vojsko                                                                                                                                             |
| <b>Súvisiace normy</b>                                                                        | MIL-PRF-2104 G, DEF STAN 91-43,<br>DEF STAN 91-113, DCSEA 214 /B, C                                                                                        |
| Úrad pre obrannú štandardizáciu,<br>kodifikáciu a štátne overovanie kvality<br><b>TRENČÍN</b> | <b>Oddelenie kontroly kvality :</b><br><b>Metrologický a skúšobný ústav logistiky</b><br>Rajecká cesta č.18<br>010 01 <u>Žilina</u><br>Slovenská republika |
| <b>Vydanie</b>                                                                                | 1/2004                                                                                                                                                     |
| <b>Zmena</b>                                                                                  | 2                                                                                                                                                          |

Spracovateľ : MSÚ log

**Motorový olej**  
**SAE 30, SAE 50 (20W50), 10W, 10W30, 15W40**

## **1. POUŽITIE**

Táto špecifikácia obsahuje motorové oleje vhodné na mazanie spaľovacích motorov zážihových, vznetrových i kompresne zážihových, vznetrových typov, ako aj ich aplikácií v príslušných prevodových systémoch vo vojenskej technike.

## **2. ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE**

Produkt, používaný v OS SR, musí byť vyrobený z ropných frakcií, synteticky pripravených zlúčenín alebo kombináciou dvoch typov produktov. Môžu byť panenské, rerafinované alebo ich kombinácia. Základový olej by mal byť aditívovaný funkčnými detergentmi, disperzantmi, inhibítormi oxidácie, inhibítormi korózie, atď. s príslušnou aditíváciou zodpovedajúcou SAE a API.

### **2.1 POŽIADAVKY KLADENÉ NA FINÁLNY PRODUKT**

Mazacie oleje by mali vyhovovať kritériám uvedeným v tabuľke 1 a požiadavkám SAE a API v tabuľke :

| Viskozita podľa SAE | Výkonnosť podľa API | NATO kód |
|---------------------|---------------------|----------|
| 10W30               | <b>CF/SJ</b>        | O-1176   |
| 15W40               | <b>CG4/CF</b>       | O-236    |
| 50 (20W50)          | CG4/CF              | O-239    |
| 10W                 | CF/SJ               | O-237    |
| 30                  | CF4/SJ              | O-238    |
| 15W40               | CF/SJ               | O-1236   |

## **3. TOXICITA**

Karta (list) bezpečnostných údajov produktu musí spĺňať všetky náležitosti zákona 163/2001 Z. z. o chemických látkach a prípravkoch a smernice 91/155/EEC.

## **4. STABILITA PRI SKLADOVANÍ, MIEŠATELNOSŤ**

Produkt nesmie vykazovať žiadne výrazné zmeny vzhľadu a hodnoty fyzikálno-chemických vlastností, musia byť v rozsahu povolených limitov podľa tabuľky č.1 počas skladovania (v podmienkach stanovených výrobcom – dodávateľom pre produkt v originálnom balení). Záručná lehota (od dátumu plnenia uvedeného na obale) je požadovaná minimálne 5 rokov.

Od výrobcu – dodávateľa sa vyžaduje záruka miešateľnosti produktov rovnakej viskozitnej triedy SAE vo funkčných systémoch, prípadne stanovenie podmienok vyžadovanej miešateľnosti.

## **5. KONTROLA KVALITY A SKÚŠANIE**

Kontrola kvality a skúšanie produktu je zabezpečené podľa požiadaviek vojenskej špecifikácie v súlade STANAG 3149.

### **5.1 VZORKOVANIE**

Vzorky na skúšanie sa musia odobrať podľa STN EN ISO 3170 alebo ASTM D 4057.

## **5.2 SKÚŠOBNÉ METÓDY**

Skúšobné metódy sú stanovené v tabuľke č.1. Akceptovateľné je použitie štandardných skúšobných metód STN/EN/ISO/ASTM.

## **5.3 KONTROLA KVALITY DODANÉHO PRODUKTU**

Ak produkt nie je kvalifikovaný, výrobca - dodávateľ je povinný vykonať jeho analýzu podľa tabuľky č.1 a spolu s produktom dodať užívateľovi príslušný protokol o skúške (certifikát) vykonaný akreditovaným (autorizovaným) laboratóriom.

Odberateľ si vyhradzuje právo pred dodaním produktu vyžiadať minimálne 1L vzorky produktu (spresnenie podľa nakupovaného množstva) z každej šarže a vykonať analýzu určených rozhodujúcich fyzikálno-chemických vlastností podľa tabuľky č.1 v akreditovanom vojenskom laboratóriu MSÚ log v Žiline. V prípade reklamácie sa na riešenie sporu využijú ustanovenia a postupy aktuálnej EN ISO 4259.

## **6. KODIFIKÁCIA PRODUKTU A ŠTÁTNE OVEROVANIE KVALITY**

Produkt podlieha štátnemu overovaniu kvality a systému kodifikácie výrobkov a služieb podľa zákona č. 11/2004 Z. z. o obrannej štandardizácii, kodifikácii a štátnom overovaní výrobkov a služieb na účely obrany.

Výrobca produktu vydá písomné vyhlásenie o zhode s technickými predpismi, vrátane spôsobu posudzovania zhody a na požiadanie predloží doklady o použitom postupe posudzovania zhody a vyhlásenie o zhode zástupcovi pre štátne overovanie kvality.

### **6.1 ZÁKLADNÁ DOKUMENTÁCIA**

- a) Bezpečnostný list na produkt podľa zákona č. 163/2001 Z. z.,
- b) Protokol o skúške (certifikát) vykonaný akreditovaným laboratóriom podľa požiadaviek tabuľky č. 1,
- c) Dokumentácia deklarujúca zloženie produktu, aditíva, komponenty ich pomer v konečnom produkte a názov produktu,
- d) Ďalšia dokumentácia:
  - Certifikát kvality rady ISO 9000,
  - Deklarácia používania produktu v armádach NATO,
  - Schválenie (certifikát) produktu výrobcami techniky.

## **7. BALENIE A OZNAČENIE PREBERANÉHO PRODUKTU**

Produkt môže byť do OS SR prijatý vo vhodnom originálnom balení ( obaly s objemom 1 až 200 litrov) .

Obaly s produktom musia byť označené:

- názov produktu,
- technická špecifikácia,
- dátum výroby (balenia),
- bezpečnostné (environmentálne) požiadavky, likvidácia,
- hmotnosť obsahu,
- názov, sídlo a identifikačné číslo výrobcu,
- záručná lehota,
- dátum kontroly kvality.

## **8. INFORMÁCIE O PREPRAVE A DOPRAVE**

Nie je nebezpečný na prepravu pod kódmi UN, IMO, ADR/RID a IATA/ICAO.

| Charakteristika |                                                                                               |                    | Limity          |                |                 |                  |                 |                 | Metóda                       | Kontrola |    |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|----------|----|
| číslo           | Vlastnosť                                                                                     | jednotky           | O-1176<br>10W30 | O-236<br>15W40 | O-239<br>SAE 50 | O-237<br>SAE 10W | O-238<br>SAE 30 | O-1236<br>15W40 | Norma                        | A        | B2 |
| 1.01            | Vzhľad                                                                                        | –                  | vyhovuje        | vyhovuje       | vyhovuje        | vyhovuje         | vyhovuje        | vyhovuje        | bez nečistôt                 | X        | X  |
| 1.02            | Hustota pri 15°C                                                                              | kg/m <sup>3</sup>  | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          | ISO 12185<br>ASTM D 1298     | X        | X  |
| 1.03            | Kinematická viskozita                                                                         | mm <sup>2</sup> /s |                 |                |                 |                  |                 |                 | EN ISO 3104<br>ASTM D 445    |          |    |
| 1.03.1          | Kinematická viskozita pri 100°C                                                               | mm <sup>2</sup> /s | 9,3-12,5        | 12,5-16,3      | 16,3-21,9       | 5,6-7,4          | 9,3-12,5        | 12,5-16,3       |                              | X        | X  |
| 1.03.2          | Kinematická viskozita pri 40°C                                                                | mm <sup>2</sup> /s | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          |                              | X        | X  |
| 1.03.3          | Pokles kinematickej viskozity pri 100°C po skúške FZG                                         | mm <sup>2</sup> /s | min. 9,5        | min. 12        | –               | min. 6           | –               | min. 12         | EN ISO 3104                  |          |    |
| 1.04            | Viskozitný index                                                                              | –                  | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          | ASTM D 2270<br>ISO 2909      | X        | X  |
| 1.05            | Dynamická viskozita                                                                           | mPa.s              |                 |                |                 |                  |                 |                 |                              |          |    |
| 1.05.1          | Dynamická viskozita pri 150°C, šmyková rýchlosť 10 <sup>6</sup> s <sup>-1</sup>               | Pa.s               | min. 3,3        | min. 3,5       | záznam          | záznam           | záznam          | min. 3,5        | CEC-L-36A-90<br>CEC-L-07A-85 | X        |    |
| 1.05.2          | Dynamická viskozita pri 150°C, šmyková rýchlosť 10 <sup>6</sup> s <sup>-1</sup> po skúške FZG | Pa.s               | min.3           | min. 3,5       | –               | –                | –               | min. 3,5        |                              | X        |    |
| 1.05.3          | Dynamická viskozita pri -15°C, šmyková rýchlosť 10 <sup>6</sup> s <sup>-1</sup>               | Pa.s               | –               | max. 3,5       | –               | –                | –               | max. 3,5        | ASTM D 5293                  | X        |    |
| 1.05.4          | Dynamická viskozita pri -20°C, šmyková rýchlosť 10 <sup>6</sup> s <sup>-1</sup>               | Pa.s               | max. 3,5        | záznam         | max. 3,5        | –                | –               | min. 3,5        |                              | X        |    |
| 1.06            | Čerpaceľnosť pri viskozite 60 000 mPa.s                                                       | °C                 | max. -30        | max. -25       | –               | max. -30         | –               | max. -25        | ASTM D 4684                  | X        |    |
| 1.07            | Bod tečenia                                                                                   | °C                 | max. -33        | max. -27       | max. -9         | max. -30         | max. -18        | max. -23        | ASTM D 97<br>ISO 3016        | X        |    |
| 1.08            | Stabilný bod tečenia, cyklus C                                                                | °C                 | max. -33        | max. -27       | –               | max. -30         | –               | max. -23        | FTM 791B/203                 |          |    |
| 1.09            | Bod vzplanutia OT                                                                             | °C                 | min. 190        | min. 205       | min. 215        | min. 205         | min. 220        | min. 215        | ISO 2592<br>ASTM D 92        | X        | X  |



| Charakteristika |                                       |          | Limity          |                |                 |                  |                 |                 | Metóda                                    | Kontrola |    |
|-----------------|---------------------------------------|----------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------------|----------|----|
| číslo           | Vlastnosť                             | jednotky | O-1176<br>10W30 | O-236<br>15W40 | O-239<br>SAE 50 | O-237<br>SAE 10W | O-238<br>SAE 30 | O-1236<br>15W40 | Norma                                     | A        | B2 |
| 1.10            | Odparivosť podľa Noacka, 1h pri 250°C | % m/m    | max. 15         | max. 13        | –               | záznam           | –               | záznam          | ASTM D 5800<br>CEC-L-40A-93               | X        |    |
| 1.11            | Korózia na medi, 3h pri 100°C         | povlak   | max. 1          | max. 1         | max. 1          | max. 1           | max. 1          | max. 1          | ISO 2160<br>ASTM D 130                    | X        |    |
| 1.12            | Kyslosť TAN                           | mg KOH/g | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          | ASTM D664                                 | X        |    |
| 1.13            | Alkalita TBN                          | mg KOH/g | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          | ASTM D 2896                               | X        |    |
| 1.14            | Penivosť / stabilita po 10 min.       | mL/mL    |                 |                |                 |                  |                 |                 |                                           |          |    |
| 1.14.1          | Pri 25°C                              | mL/mL    | max. 10/0       | max. 10/0      | X               | X                | max. 10/0       | max. 10/0       | ASTM D 892                                | X        | X  |
| 1.14.2          | Pri 95°C                              | mL/mL    | max. 50/0       | max. 50/0      | X               | X                | max. 50/0       | max. 50/0       |                                           | X        | X  |
| 1.14.3          | Pri 25°C po ochladení z 95°C          | mL/mL    | max. 10/0       | max. 10/0      | X               | X                | max. 10/0       | max. 10/0       |                                           | X        | X  |
| 1.15            | Obsah popola                          | % m/m    | max. 0,2        | max. 0,2       | max. 0,2        | záznam           | záznam          | záznam          | ISO 6245                                  | X        | X  |
| 1.16            | Uhlíkatý zvyšok                       | % m/m    | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          | ISO 10 370<br>ASTM D 524                  | X        |    |
| 1.17            | Obsah sulfátového popola              | % m/m    | max. 2          | max. 2         | max. 2          | záznam           | záznam          | záznam          | ASTM D 874                                | X        | X  |
| 1.18            | Obsah prvkov                          | ppm      |                 |                |                 |                  |                 |                 |                                           |          |    |
| 1.18.1          | Obsah Ca                              | ppm      | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          | ASTM D 4628,<br>4927, 4951, 5185          |          |    |
| 1.18.2          | Obsah Zn                              | ppm      | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          | záznam                                    |          |    |
| 1.18.3          | Obsah Si                              | ppm      | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          | záznam                                    |          |    |
| 1.18.4          | Obsah P                               | ppm      | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          | záznam                                    |          |    |
| 1.18.5          | Obsah S                               | ppm      | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          | ASTM D 2622,<br>4294, 4927, 4951,<br>5185 | X        |    |
| 1.18.6          | Obsah N                               | ppm      | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          | ASTM D 3228                               |          |    |
| 1.18.7          | Obsah kovových prvkov                 | ppm      | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          | záznam                                    |          |    |
|                 |                                       |          |                 |                |                 |                  |                 |                 |                                           |          |    |

| číslo  | Charakteristika                                        |                  | Limity          |                |                 |                  |                 |                 | Metóda        | Kontrola |    |
|--------|--------------------------------------------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|---------------|----------|----|
|        | Vlastnosť                                              | jednotky         | O-1176<br>10W30 | O-236<br>15W40 | O-239<br>SAE 50 | O-237<br>SAE 10W | O-238<br>SAE 30 | O-1236<br>15W40 | Norma         | A        | B2 |
| 1.19   | Infračervené spektrum<br>(4000 – 400) cm <sup>-1</sup> | cm <sup>-1</sup> | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          | ASTM E 1252   |          |    |
| 1.20   | Kompatibilita s elastomérmí typu<br>fluoro RE1         |                  | ACEA E3         | ACEA E3        | ACEA E3         | ACEA E3          | ACEA E3         | ACEA E3         | CEC-L-39-T-87 |          |    |
| 1.20.1 | Zmena tvrdosti Shore A                                 | Body             | 0-5             | 0-5            | 0-5             | 0-5              | 0-5             | 0-5             |               |          |    |
| 1.20.2 | Zmena hmotnosti                                        | –                | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          |               |          |    |
| 1.20.3 | Zmena objemu                                           | %                | 0-5             | 0-5            | 0-5             | 0-5              | 0-5             | 0-5             |               |          |    |
| 1.20.4 | Zmena ohybnosti pri prasknutí                          | %                | -60-0           | -60-0          | -60-0           | -60-0            | -60-0           | -60-0           |               |          |    |
| 1.20.5 | Zmena odporu pri prasknutí                             | %                | -50-0           | -50-0          | -50-0           | -50-0            | -50-0           | -50-0           |               |          |    |
| 1.21   | Kompatibilita s elastomérmí typu<br>akrylat ACM, RE2   |                  | ACEA E3         | ACEA E3        | ACEA E3         | ACEA E3          | ACEA E3         | ACEA E3         | CEC-L-39-T-87 |          |    |
| 1.21.1 | Zmena tvrdosti Shore A                                 | Body             | -5+5            | -5+5           | -5+5            | -5+5             | -5+5            | -5+5            |               |          |    |
| 1.21.2 | Zmena hmotnosti                                        | –                | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          |               |          |    |
| 1.21.3 | Zmena objemu                                           | %                | 0-5             | 0-5            | 0-5             | 0-5              | 0-5             | 0-5             |               |          |    |
| 1.21.4 | Zmena ohybnosti pri prasknutí                          | %                | -35-10          | -35-10         | -35-10          | -35-10           | -35-10          | -35-10          |               |          |    |
| 1.21.5 | Zmena odporu pri prasknutí                             | %                | -15-10          | -15-10         | -15-10          | -15-10           | -15-10          | -15-10          |               |          |    |
| 1.22   | Kompatibilita s elastomérmí typu<br>silikón RE3        |                  | ACEA E3         | ACEA E3        | ACEA E3         | ACEA E3          | ACEA E3         | ACEA E3         | CEC-L-39-T-87 |          |    |
| 1.22.1 | Zmena tvrdosti Shore A                                 | Body             | -25-0           | -25-0          | -25-0           | -25-0            | -25-0           | -25-0           |               |          |    |
| 1.22.2 | Zmena hmotnosti                                        |                  | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          |               |          |    |
| 1.22.3 | Zmena objemu                                           | %                | 0-30            | 0-30           | 0-30            | 0-30             | 0-30            | 0-30            |               |          |    |
| 1.22.4 | Zmena ohybnosti pri prasknutí                          | %                | -20+10          | -20+10         | -20+10          | -20+10           | -20+10          | -20+10          |               |          |    |
| 1.22.5 | Zmena odporu pri prasknutí                             | %                | -30+10          | -30+10         | -30+10          | -30+10           | -30+10          | -30+10          |               |          |    |
| 1.23   | Kompatibilita s elastomérmí typu<br>nitril NBR, RE4    |                  | ACEA E3         | ACEA E3        | ACEA E3         | ACEA E3          | ACEA E3         | ACEA E3         | CEC-L-39-T-87 |          |    |
| 1.23.1 | Zmena tvrdosti Shore A                                 | Body             | -25-0           | -25-0          | -25-0           | -25-0            | -25-0           | -25-0           |               |          |    |
| 1.23.2 | Zmena hmotnosti                                        | –                | záznam          | záznam         | záznam          | záznam           | záznam          | záznam          |               |          |    |
| 1.23.3 | Zmena objemu                                           | %                | 0-30            | 0-30           | 0-30            | 0-30             | 0-30            | 0-30            |               |          |    |
| 1.23.4 | Zmena ohybnosti pri prasknutí                          | %                | -20+10          | -20+10         | -20+10          | -20+10           | -20+10          | -20+10          |               |          |    |
| 1.23.5 | Zmena odporu pri prasknutí                             | %                | -30+10          | -30+10         | -30+10          | -30+10           | -30+10          | -30+10          |               |          |    |
| 1.25   | FZG                                                    | stupeň           | min. 12         | min. 12        | min. 12         | min. 12          | min. 12         | min. 12         | CEC L-07-A-95 |          |    |

SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
Ministerstvo obrany  
Veliteľstvo logistiky OS SR

---

**VOJENSKÁ ŠPECIFIKÁCIA**



Palivá, mazivá a prevádzkové kvapaliny

**MSU-27.2/L**

**Motorový olej**  
**0W30, 5W30, 5W40, 10W40, 10W60**

|                                                                                               |                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Súvisiaci Kód NATO</b>                                                                     | —                                                                                                                                                          |
| <b>Národná vojenská špecifikácia</b>                                                          | MSU-27.2/L                                                                                                                                                 |
| <b>Používateľ</b>                                                                             | OS SR                                                                                                                                                      |
| <b>Súvisiace normy</b>                                                                        | MIL-PRF-2104 G                                                                                                                                             |
| Úrad pre obrannú štandardizáciu,<br>kodifikáciu a štátne overovanie kvality<br><b>TRENČÍN</b> | <b>Oddelenie kontroly kvality :</b><br><b>Metrologický a skúšobný ústav logistiky</b><br>Rajecká cesta č.18<br>010 01 <u>Žilina</u><br>Slovenská republika |
| <b>Vydanie</b>                                                                                | 2/2009                                                                                                                                                     |
| <b>Zmena</b>                                                                                  | 0                                                                                                                                                          |

Spracovateľ : MSÚ log

**Motorový olej**  
**0W30, 5W30, 5W40, 10W40, 10W60**

## **1. POUŽITIE**

Táto špecifikácia obsahuje motorové oleje vhodné na mazanie spaľovacích motorov zážihových, vznetových i kompresne zážihových, vznetových typov, ako aj ich aplikácií v príslušných prevodových systémoch vo vojenskej technike.

## **2. ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE**

Produkt používaný v OS SR musí byť vyrobený ako polosyntetický alebo plne syntetický olej. Základový olej by mal byť aditívovaný funkčnými detergentmi, disperzantmi, inhibítormi oxidácie, inhibítormi korózie, atď. s príslušnou aditíváciou zodpovedajúcou SAE a API/ACEA.

### **3.1 POŽIADAVKY KLADENÉ NA FINÁLNY PRODUKT**

Mazacie oleje mali by spĺňať kritériá uvedené v tabuľke 1 a požiadavky SAE a API/ACEA v tejto tabuľke :

| Viskozita podľa SAE | Kód NATO | Výkonnosť podľa API<br>minimálne | Výkonnosť podľa ACEA, <b>minimálne</b> |
|---------------------|----------|----------------------------------|----------------------------------------|
| 0W 30               | –        | <b>SG/CF4</b>                    | <b>E2,E3</b>                           |
| 5W30                | O-1178   | <b>SJ/ CF</b>                    | E3                                     |
| 5W40                | O-1179   | <b>SJ/ CF</b>                    | E7                                     |
| 10W40               | O-1180   | <b>SJ/CF</b>                     | E6                                     |
| 10W60               | –        | <b>SG/CF4</b>                    | E2,E3                                  |

## **4. TOXICITA**

Karta (list) bezpečnostných údajov produktu musí spĺňať všetky náležitosti zákona č. 163/2001 Z. z. o chemických látkach a prípravkoch a smernice 91/155/EEC.

## **5. STABILITA PRI SKLADOVANÍ, MIEŠATEĽNOSŤ**

Produkt nesmie vykazovať žiadne výrazné zmeny vzhľadu a hodnoty fyzikálno-chemických vlastností musia byť v rozsahu povolených limitov podľa tabuľky č.1 počas skladovania (za podmienok stanovených výrobcom – dodávateľom pre produkt v originálnom balení). Záručná lehota (od dátumu plnenia uvedeného na obale) je požadovaná minimálne 5 rokov. Od výrobcu – dodávateľa sa vyžaduje záruka miešateľnosti produktov rovnakej viskozitnej triedy SAE vo funkčných systémoch, prípadne stanovenie podmienok vyžadovanej miešateľnosti.

## **6. KONTROLA KVALITY A SKÚŠANIE**

Kontrola kvality a skúšanie produktu je zabezpečené podľa požiadaviek vojenskej špecifikácie v súlade so STANAG 3149.

### **7.1 VZORKOVANIE**

Vzorky k skúšaniam sa musia odoberať podľa STN EN ISO 3170 alebo ASTM D 4057.

### **7.2 SKÚŠOBNÉ METÓDY**

Skúšobné metódy sú stanovené v tabuľke č.1. Akceptovateľné je použitie štandardných skúšobných metód STN/EN/ISO/ASTM.

### **7.3 KONTROLA KVALITY DODANÉHO PRODUKTU**

Ak produkt nie je kvalifikovaný, výrobca - dodávateľ je povinný vykonať jeho analýzu podľa tabuľky č.1 a spolu s produktom dodať užívateľovi príslušný protokol o skúške (certifikát) vykonaný akreditovaným (autorizovaným) laboratóriom.

Odberateľ si vyhradzuje právo pred dodaním produktu vyžiadať minimálne 5 L vzorky produktu (spresnenie podľa nakupovaného množstva) z každej šarže a vykonať analýzu určených rozhodujúcich fyzikálno-chemických vlastností podľa tabuľky č.1 v akreditovanom vojenskom laboratóriu MSÚ log Žilina. V rámci reklamácie sa na riešenie sporu využijú ustanovenia a postupy aktuálnej EN ISO 4259.

## **8. KODIFIKÁCIA PRODUKTU A ŠTÁTNE OVEROVANIE KVALITY**

Produkt podlieha štátnemu overovaniu kvality a systému kodifikácie výrobkov a služieb podľa zákona č. 11/2004 Z. z. o obrannej štandardizácii, kodifikácii a štátnom overovaní výrobkov a služieb na účely obrany.

Výrobca produktu vydá písomné vyhlásenie o zhode s technickými predpismi, vrátane spôsobu posudzovania zhody a na požiadanie predloží doklady o použitom postupe posudzovania zhody a vyhlásenie o zhode zástupcovi pre štátne overovanie kvality.

### **8.1 ZÁKLADNÁ DOKUMENTÁCIA**

- e) Bezpečnostný list na produkt podľa zákona č. 163/2001 Z. z.,
- f) Protokol o skúške (certifikát) vykonaný akreditovaným laboratóriom podľa požiadaviek tabuľky č. 1,
- g) Dokumentácia deklarujúca zloženie produktu, aditíva, komponenty, ich pomer v konečnom produkte a názov produktu,
- h) Ďalšia dokumentácia:
  - Certifikát kvality rady ISO 9000,
  - Deklarácia používania produktu v armádach NATO,
  - Schválenie (certifikát) produktu výrobcami techniky.

## **9. BALENIE A OZNAČENIE PREBERANÉHO PRODUKTU**

Produkt môže byť do OS Slovenskej republiky preberaný vo vhodnom originálnom balení (plechové obaly s objemom 1 až 200 litrov).

Obaly s produktom musia byť označené:

- názov produktu,
- technická špecifikácia,
- dátum výroby (balenia),
- bezpečnostné (environmentálne) požiadavky, likvidácia,
- hmotnosť obsahu,
- názov, sídlo a identifikačné číslo výrobcu,
- záručná lehota,
- dátum kontroly kvality.

## **10. INFORMÁCIE O PREPRAVE A DOPRAVE**

Nie je nebezpečný na prepravu pod kódmi UN, IMO, ADR/RID a IATA/ICAO.



Tabuľka 1.

| Charakteristika |                                                                                               |                    | Limity        |                |                |                 |               | Metóda                     | Kontrola |             |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|----------------------------|----------|-------------|
| číslo           | Vlastnosť                                                                                     | jednotky           | –<br>0W30     | O-1178<br>5W30 | O-1179<br>5W40 | O-1180<br>10W40 | –<br>10W60    | Norma                      | A        | B2          |
| 1.01            | Vzhľad                                                                                        | –                  | vyho-<br>vuje | vyho-<br>vuje  | vyho-<br>vuje  | vyho-<br>vuje   | vyho-<br>vuje | homogénny, bez<br>nečistôt | X        | X           |
| 1.02            | Hustota pri 15°C                                                                              | kg/m <sup>3</sup>  | záznam        | záznam         | záznam         | záznam          | záznam        | ISO 12185<br>ASTM D 1298   | X        | X           |
| 1.03            | Kinematická viskozita                                                                         | mm <sup>2</sup> /s |               |                |                |                 |               | EN ISO 3104<br>ASTM D 445  | X        | X           |
| 1.03.1          | Kinematická viskozita pri 100°C                                                               | mm <sup>2</sup> /s | 9,2 –<br>12,5 | 9,3 –<br>12,5  | 12,5 –<br>16,3 | 12,5 –<br>16,3  | 21,9 –26,1    |                            |          |             |
| 1.03.2          | Kinematická viskozita pri 40°C                                                                | mm <sup>2</sup> /s | záznam        | záznam         | záznam         | záznam          | záznam        |                            |          |             |
| 1.03.3          | Pokles kinematickej viskozity pri 100°C po skúške FZG                                         | mm <sup>2</sup> /s | max.<br>9,5   | záznam         | záznam         | max.<br>12,3    | max.<br>21,5  | ISO 3104                   | X        |             |
| 1.04            | Viskozitný index                                                                              | –                  | záznam        | záznam         | záznam         | záznam          | záznam        | ASTM D 2270<br>ISO 2909    | X        | X           |
| 1.05            | Dynamická viskozita                                                                           |                    |               |                |                |                 | CEC-L-36A-90  | X                          |          |             |
| 1.05.1          | Dynamická viskozita pri 150°C, šmyková rýchlosť 10 <sup>6</sup> s <sup>-1</sup>               | Pa . s             | min. 2,4      | min. 2,9       | min. 2,9       | min. 2,9        |               |                            |          | min.<br>2,9 |
| 1.05.2          | Dynamická viskozita pri 150°C, šmyková rýchlosť 10 <sup>6</sup> s <sup>-1</sup> po skúške FZG | Pa.s               | záznam        | záznam         | záznam         | záznam          |               |                            |          | záznam      |
| 1.05.3          | Dynamická viskozita pri mínus 30°C, šmyková rýchlosť 10 <sup>6</sup> s <sup>-1</sup>          | Pa.s               | max.<br>3,25  | max.<br>6,60   | max.<br>6,60   | –               | –             | ASTM D 5293                | X        |             |
| 1.05.4          | Dynamická viskozita pri mínus 20°C, šmyková rýchlosť 10 <sup>6</sup> s <sup>-1</sup>          | Pa.s               | –             | –              | –              | max.<br>3,5     | max. 3,5      |                            |          |             |
| 1.06            | Čerateľnosť pri viskozite 30 000 mPa.s                                                        | °C                 | max.<br>–35   | max.<br>–30    | max.<br>–30    | max.<br>–25     | max.<br>–25   | ASTM D 4684                | X        |             |

| Charakteristika |                                       |             | Limity       |                |                |                 |              | Metóda                             | Kontrola |    |
|-----------------|---------------------------------------|-------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|------------------------------------|----------|----|
| číslo           | Vlastnosť                             | jednotky    | –<br>0W30    | O-1178<br>5W30 | O-1179<br>5W40 | O-1180<br>10W40 | –<br>10W60   | Norma                              | A        | B2 |
| 1.07            | Bod tečenia                           | °C          | max.<br>–33  | max.<br>–33    | max.<br>–33    | max.<br>–33     | max.<br>–33  | ASTM D 97<br>ISO 3016              | X        |    |
| 1.08            | Stabilný bod tečenia, cyklus C        | °C          | záznam       | záznam         | záznam         | záznam          | záznam       | FTM 791B/203                       |          |    |
| 1.09            | Bod vzplanutia OT                     | °C          | min.<br>200  | min.<br>200    | min.<br>200    | min.<br>200     | min.<br>200  | ASTM D 92<br>ISO 2592              | X        | X  |
| 1.10            | Odparivosť podľa Noacka, 1h pri 250°C | % m/m       | max. 15      | max. 15        | max. 15        | max. 15         | max. 15      | CEC-L-40A-93                       | X        |    |
| 1.11            | Korózia na medi, 3h pri 100°C         | povlak      | max. 1       | max. 1         | max. 1         | max. 1          | max. 1       | ISO 2160                           | X        |    |
| 1.12            | Kyslosť TAN                           | mg<br>KOH/g | záznam       | záznam         | záznam         | záznam          | záznam       | ASTM D 664                         | X        |    |
| 1.13            | Alkalita TBN                          | mg<br>KOH/g | záznam       | min.9          | min.9          | min.9           | záznam       | ASTM D 2896                        | X        |    |
| 1.14            | Penivosť / stabilita po 10 min        |             |              |                |                |                 |              | ASTM D 892                         | X        | X  |
| 1.14.1          | Pri 25°C                              | mL/mL       | max.<br>10/0 | max.<br>20/0   | max.<br>20/0   | max.<br>10/0    | max.<br>10/0 |                                    |          |    |
| 1.14.2          | Pri 95°C                              | mL/mL       | max.<br>50/0 | max.<br>100/0  | max.<br>100/0  | max.<br>50/0    | max.<br>50/0 |                                    |          |    |
| 1.14.3          | Pri 25°C po ochladení z 95°C          | mL/mL       | max.<br>10/0 | max.<br>20/0   | max.<br>20/0   | max.<br>10/0    | max.<br>10/0 |                                    |          |    |
| 1.15            | Obsah popola                          | % m/m       | záznam       | záznam         | záznam         | záznam          | záznam       | I ISO 6245                         | X        |    |
| 1.16            | Uhlíkatý zvyšok                       | % m/m       | záznam       | záznam         | záznam         | záznam          | záznam       | ASTM D 524<br>ISO 10 370           |          |    |
| 1.17            | Obsah sulfátového popola              | % m/m       | záznam       | záznam         | záznam         | záznam          | záznam       | ASTM D 874                         |          |    |
| 1.18            | Obsah prvkov                          |             |              |                |                |                 |              | ASTM D 4628,<br>4927,<br>4951,5185 | X        |    |
| 1.18.1          | Obsah Ca                              | ppm         | záznam       | záznam         | záznam         | záznam          | záznam       |                                    |          |    |

| Charakteristika |                                                      |                  | Limity    |                |                |                 |            | Metóda                                    | Kontrola |    |
|-----------------|------------------------------------------------------|------------------|-----------|----------------|----------------|-----------------|------------|-------------------------------------------|----------|----|
| číslo           | Vlastnosť                                            | jednotky         | –<br>0W30 | O-1178<br>5W30 | O-1179<br>5W40 | O-1180<br>10W40 | –<br>10W60 | Norma                                     | A        | B2 |
| 1.18.2          | Obsah Zn                                             | ppm              | záznam    | záznam         | záznam         | záznam          | záznam     | záznam                                    | X        |    |
| 1.18.3          | Obsah Si                                             | ppm              | záznam    | záznam         | záznam         | záznam          | záznam     | záznam                                    |          |    |
| 1.18.4          | Obsah P                                              | ppm              | záznam    | záznam         | záznam         | záznam          | záznam     | záznam                                    |          |    |
| 1.18.5          | Obsah S                                              | ppm              | záznam    | záznam         | záznam         | záznam          | záznam     | ASTM D 2622,<br>4294, 4927,<br>4951, 5185 | X        |    |
| 1.18.6          | Obsah N                                              | ppm              | záznam    | záznam         | záznam         | záznam          | záznam     | ASTM D 3228                               | X        |    |
| 1.18.7          | Obsah kovových prvkov                                | ppm              | záznam    | záznam         | záznam         | záznam          | záznam     | záznam                                    | X        |    |
| 1.19            | Infračervené spektrum<br>(4000-400) cm <sup>-1</sup> | cm <sup>-1</sup> | záznam    | záznam         | záznam         | záznam          | záznam     | ASTM E 1252                               | X        |    |
| 1.20            | FZG                                                  | stupeň<br>zátáže | min. 12   | min.12         | min.12         | min.12          | min.12     | CEC L-07-A-95                             | X        |    |

SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
Ministerstvo obrany  
Veliteľstvo logistiky OS SR

---

**VOJENSKÁ ŠPECIFIKÁCIA**



Palivá, mazivá a prevádzkové kvapaliny

**MSU-28.1/L**

**Prevodový olej  
75W, 80W/90, 85W/140**

|                                                                                               |                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Súvisiaci Kód NATO</b>                                                                     | O-186, O-226, O-228                                                                                                                 |
| <b>Národná vojenská špecifikácia</b>                                                          | MSU-28.1/L                                                                                                                          |
| <b>Používateľ</b>                                                                             | Pozemné vojsko                                                                                                                      |
| <b>Súvisiace normy</b>                                                                        | MIL-PRF-2105E, DEF STAN 91-59                                                                                                       |
| Úrad pre obrannú štandardizáciu,<br>kodifikáciu a štátne overovanie kvality<br><b>TRENČÍN</b> | <b>Oddelenie kontroly kvality :</b><br><b>Metrologický a skúšobný ústav logistiky</b><br>Rajecká cesta č.18<br>010 01 <u>Žilina</u> |
| <b>Vydanie</b>                                                                                | 1/2004                                                                                                                              |
| <b>Zmena</b>                                                                                  | 2                                                                                                                                   |

Spracovateľ : MSÚ log

**Prevodový olej  
75W, 80W/90, 85W/140**

## **1. POUŽITIE**

Táto špecifikácia obsahuje prevodové oleje na použitie v systémoch prevodoviek, ozubení s veľkými tlakmi a ich modifikácií vo vojenskej technike.

## **2. ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE**

Produkt používaný v OS SR musí byť vyrobený na ropnom základe. Základový olej musí byť aditívovaný funkčnými detergentmi, disperzantmi, inhibítormi oxidácie, inhibítormi korózie, protioderovými prísadami, atď. s príslušnou aditíváciou zodpovedajúcou klasifikácii SAE a API.

### **2.1 POŽIADAVKY KLADENÉ NA FINÁLNY PRODUKT**

Prevodové oleje by mali spĺňať kritériá uvedené v tabuľke 1 a požiadavky SAE v tejto tabuľke :

| SAE     | API      | NATO kód |
|---------|----------|----------|
| 75W     | GL5      | O – 186  |
| 80W/90  | GL5, MT1 | O – 226  |
| 85W/140 | GL5, MT1 | O – 228  |

## **3. TOXICITA**

Karta (list) bezpečnostných údajov produktu musí spĺňať všetky náležitosti zákona č. 163/2001 Z. z. o chemických látkach a prípravkoch a smernice 91/155/EEC.

## **4. STABILITA PRI SKLADOVANÍ, MIEŠATEĽNOSŤ**

Produkt nesmie vykazovať žiadne výrazné zmeny vzhľadu a hodnoty fyzikálno-chemických vlastností musia byť v rozsahu povolených limitov podľa tabuľky č.1 počas skladovania (za podmienok stanovených výrobcom – dodávateľom pre produkt v originálnom balení). Záručná lehota (od dátumu plnenia uvedeného na obale) je požadovaná minimálne 5 rokov.

Od výrobcu – dodávateľa sa vyžaduje záruka miešateľnosti produktov rovnakej viskozitnej triedy SAE vo funkčných systémoch, prípadne stanovenie podmienok vyžadovanej miešateľnosti.

## **5. KONTROLA KVALITY A SKÚŠANIE**

Kontrola kvality a skúšanie produktu je zabezpečené podľa požiadaviek vojenskej špecifikácie v súlade so STANAG 3149.

### **5.1 VZORKOVANIE**

Vzorky na skúšanie sa musia odoberať podľa STN EN ISO 3170 alebo ASTM D 4057.

### **5.2 SKÚŠOBNÉ METÓDY**

Skúšobné metódy sú stanovené v tabuľke č.1. Akceptovateľné je použitie štandardných skúšobných metód STN/EN/ISO/ASTM.

### **5.3 KONTROLA KVALITY DODANÉHO PRODUKTU**

Ak produkt nie je kvalifikovaný, výrobca - dodávateľ je povinný vykonať jeho analýzu podľa tabuľky č.1 a spolu s produktom dodať užívateľovi príslušný protokol o skúške (certifikát) vykonaný akreditovaným (autorizovaným) laboratóriom.

Odberateľ si vyhradzuje právo pred dodaním produktu vyžiadať minimálne 2 L vzorky produktu (spresnenie podľa nakupovaného množstva) z každej šarže a vykonať analýzu určených rozhodujúcich fyzikálno-chemických vlastností podľa tabuľky č.1 v akreditovanom vojenskom laboratóriu MSÚ log v Žiline. Pri reklamácií sa na riešenie sporu využijú ustanovenia a postupy aktuálnej EN ISO 4259.

## **6. KODIFIKÁCIA PRODUKTU A ŠTÁTNE OVEROVANIE KVALITY**

Produkt podlieha štátnemu overovaniu kvality a systému kodifikácie výrobkov a služieb podľa zákona č. 11/2004 Z. z. o obrannej štandardizácii, kodifikácii a štátnom overovaní výrobkov a služieb na účely obrany.

Výrobca produktu vydá písomné vyhlásenie o zhode s technickými predpismi, vrátane spôsobu posudzovania zhody a na požiadanie predloží doklady o použitom postupe posudzovania zhody a vyhlásenie o zhode zástupcovi pre štátne overovanie kvality.

### **6.1 ZÁKLADNÁ DOKUMENTÁCIA**

- i) Bezpečnostný list na produkt podľa zákona č. 163/2001 Z. z.,
- j) Protokol o skúške (certifikát) vykonaný akreditovaným laboratóriom podľa požiadaviek tabuľky č. 1,
- k) Dokumentácia deklarujúca zloženie produktu, aditíva, komponenty ich pomer v konečnom produkte a názov produktu,
- l) Ďalšia dokumentácia:
  - Certifikát kvality rady ISO 9000,
  - Deklarácia používania produktu v armádach NATO,
  - Schválenie (certifikát) produktu výrobcami techniky.

## **7. BALENIE A OZNAČENIE PREBERANÉHO PRODUKTU**

Produkt môže byť do OS SR preberaný vo vhodnom originálnom balení (plechové obaly s objemom 1 až 200 litrov).

Obaly s produktom musia byť označené :

- názov produktu,
- technická špecifikácia,
- dátum výroby (balenia),
- bezpečnostné (environmentálne) požiadavky, likvidácia,
- hmotnosť obsahu,
- názov, sídlo a identifikačné číslo výrobcu,
- záručná lehota,
- dátum kontroly kvality.



## 8. INFORMÁCIE O PREPRAVE A DOPRAVE

Nie je nebezpečný na prepravu pod kódmi UN, IMO, ADR/RID a IATA/ICAO.

| Charakteristika |                                                      |                             | Limity                                                        |                |                | Metóda                                                  | Kontrola |    |
|-----------------|------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------------------------------|----------|----|
| číslo           | Vlastnosť                                            | jednotky                    | 75 W                                                          | 80 W<br>/ 90   | 80 W<br>/ 140  | Norma                                                   | A        | B2 |
| 1.01            | Vzhľad                                               | vyhovuje                    | číra, transparentná,<br>homogénna bez viditeľných<br>nečistôt |                |                | vizuálne                                                | X        | X  |
| 1.02            | Hustota pri 15°C                                     | kg/m³                       | záznam                                                        | záznam         | záznam         | ISO 12185<br>ASTM D 1298                                | X        | X  |
| 1.03            | Kinematická viskozita                                | mm²/s                       |                                                               |                |                | EN ISO 3104<br>ASTM D 445                               |          |    |
| 1.03.1          | Kinematická viskozita pri 100°C                      | mm²/s                       | min.<br>4,1                                                   | 13,5 –<br>24,0 | 24,0 –<br>41,0 |                                                         | X        | X  |
| 1.03.2          | Kinematická viskozita pri<br>40°C                    | mm²/s                       | záznam                                                        | záznam         | záznam         |                                                         | X        | X  |
| 1.04            | Dynamická viskozita max. 150000<br>m Pas pri teplote | °C                          | – 40                                                          | – 26           | – 12           | ASTM D 2983                                             | X        |    |
| 1.05            | Viskozitný index                                     |                             | záznam                                                        | záznam         | záznam         | ASTM D 2270<br>ISO 2909                                 | X        |    |
| 1.06            | Teplota tečenia                                      | °C                          | záznam                                                        | záznam         | záznam         | ASTM D 97<br>ISO 3016                                   | X        |    |
| 1.07            | Bod brázd                                            | °C                          | max.<br>– 45                                                  | max.<br>– 35   | max.<br>– 20   | FED-STD-791<br>No 3456                                  | X        |    |
| 1.08            | Bod vzplanutia OT                                    | °C                          | min.<br>150                                                   | min.<br>165    | min.<br>180    | ASTM D 92<br>ISO 2592                                   | X        | X  |
| 1.09.1          | Korózia na medi, 3h pri (120±1)°C                    | stupeň                      | max.<br>3                                                     | max.<br>3      | max.<br>3      | ASTM D130<br>EN ISO 2160                                | X        | X  |
| 1.09.2          | Vzhľad po skúške                                     | žiadnen pitting, poleptanie |                                                               |                |                |                                                         |          |    |
| 1.10            | Odolnosť proti hrdzaveniu<br>(60±1)°C, 168h          |                             | bez korózie a pittingu                                        |                |                | ASTM D 665                                              | X        |    |
| 1.11            | Sulfátový popol                                      | % m/m                       | záznam                                                        | záznam         | záznam         | ASTM D 874                                              |          | X  |
| 1.12            | Látky nerozpustné v pentáne                          | % m/m                       | záznam                                                        | záznam         | záznam         | ASTM D 893                                              | X        |    |
| 1.13            | Obsah S                                              | % m/m                       | záznam                                                        | záznam         | záznam         | ASTM D 129,<br>1552, 2622,<br>4294, 4927,<br>4951, 5185 | X        |    |
| 1.14            | Obsah P                                              | % m/m                       | záznam                                                        | záznam         | záznam         | ASTM D<br>1091, 4047,<br>4927, 4951,<br>5185            |          |    |
| 1.15            | Obsah N                                              | % m/m                       | záznam                                                        | záznam         | záznam         | ASTM D<br>3228,4629                                     |          |    |
| 1.16            | Obsah B                                              | % m/m                       | záznam                                                        | záznam         | záznam         | ASTM D<br>4628,4927,<br>4951, 5185                      |          |    |
| 1.17            | Obsah Zn                                             | % m/m                       | záznam                                                        | záznam         | záznam         |                                                         | X        |    |
| 1.18            | Obsah K                                              | % m/m                       | záznam                                                        | záznam         | záznam         |                                                         |          |    |
| 1.19            | Obsah Cl                                             | % m/m                       | záznam                                                        | záznam         | záznam         | ASTM D<br>808,1317                                      | X        |    |
| 1.20            | Obsah organokovových zložiek                         | % m/m                       | záznam                                                        | záznam         | záznam         | ASTM D<br>4628,4927,<br>4951, 5185                      | X        |    |

| Charakteristika |                                                               |                  | Limity                                              |                      |                      | Metóda                                    | Kontrola |    |
|-----------------|---------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------|----------|----|
| číslo           | Vlastnosť                                                     | jednotky         | 75 W                                                | 80 W<br>/ 90         | 80 W<br>/ 140        | Norma                                     | A        | B2 |
| 1.21            | Penivosť / stabilita po 10 min.                               | mL/mL            |                                                     |                      |                      |                                           | X        | X  |
| 1.21.1          | Pri 25°C                                                      | mL/mL            | max.<br>20/0                                        | max.<br>20/0         | max.<br>20/0         | ASTM D 892                                |          |    |
| 1.21.2          | Pri 95°C                                                      | mL/mL            | max.<br>50/0                                        | max.<br>60/0         | max.<br>50/0         |                                           |          |    |
| 1.21.3          | Pri 25°C po ochladení z 95°C                                  | mL/mL            | max.<br>20/0                                        | max.<br>20/0         | max.<br>20/0         |                                           |          |    |
| 1.22            | Termická oxidačná stabilita                                   |                  |                                                     |                      |                      | ASTM D 5704<br>L-60-1                     | X        |    |
| 1.22.1          | Zvýšenie viskozity pri 100°C                                  | %                | max.<br>100                                         | –                    | –                    |                                           |          |    |
| 1.22.2          | Nerozpustné látky v pentáne                                   | % m/m            | max.<br>3,0                                         | –                    | –                    |                                           |          |    |
| 1.22.3          | Nerozpustné látky v toluéne                                   | % m/m            | max.<br>2,0                                         | –                    | –                    |                                           |          |    |
| 1.22.4          | Uhlík / stupeň lakov                                          |                  | min. 7,5                                            | –                    | –                    |                                           |          |    |
| 1.22.5          | Stupeň kalov                                                  |                  | min. 9,4                                            | –                    | –                    |                                           |          |    |
| 1.23            | Nízko/vysoko rýchlostný torzný test                           | vyhovuje         |                                                     |                      |                      | ASTM D 6121<br>L-37                       | X        |    |
| 1.23.1          | Ozubenie prevodov                                             | vyhovuje         | bez zmien a depozitov                               |                      |                      |                                           |          |    |
| 1.23.2          | Ložiská a hnacie ústrojenstvo                                 | vyhovuje         | bez neprimeraných oderov,<br>pitingov alebo korózie |                      |                      |                                           |          |    |
| 1.24            | Vysoko rýchlostný stresový test<br>Referenčný olej RGO 114    | vyhovuje         | bez neprimeraných zmien                             |                      |                      | ASTM D 6121<br>L-42                       | X        |    |
| 1.25            | Skúška skladovania                                            | vyhovuje         |                                                     |                      |                      | DEF STAN 91-<br>59                        | X        |    |
| 1.25.1          | Separácia častíc                                              | % V/V            | max. 0,25                                           |                      |                      |                                           |          |    |
| 1.25.2          | Separácia kvapalín                                            | % V/V            | max. 0,50                                           |                      |                      |                                           |          |    |
| 1.25.3          | Kompatibilita                                                 | vyhovuje         | bez depozitov a turbidity                           |                      |                      |                                           |          |    |
| 1.13            | Obsah pevných častíc<br>5 –25<br>26 –50<br>51– 100<br>nad 100 | µm               | max.<br>10 000<br>250<br>50<br>10                   |                      |                      | FED-STD-791                               | X        |    |
| 1.14            | Mazivosť                                                      |                  |                                                     |                      |                      |                                           |          |    |
| 1.14.1          | ŠGS, oderová stopa<br>147N<br>392N                            | mm               | max.<br>0,30<br>0,65                                | max.<br>0,30<br>0,65 | max.<br>0,30<br>0,65 | ASTM D 4172<br>ASTM D 2266<br>STN 65 6254 | X        |    |
| 1.15            | Infračervené spektrum<br>(4000 – 400) cm <sup>-1</sup>        | cm <sup>-1</sup> | záznam                                              | záznam               | záznam               | ASTM E 1252                               |          |    |

SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
Ministerstvo obrany  
Veliteľstvo logistiky OS SR

---

VOJENSKÁ ŠPECIFIKÁCIA



Palivá, mazivá a prevádzkové kvapaliny

**MSU-39.3/G**

**Komplexné hlinité plastické mazivo**

|                                                                                               |                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Súvisiaci Kód NATO</b>                                                                     | -                                                                                                                                   |
| <b>Národná vojenská špecifikácia</b>                                                          | MSU - 39.3/G                                                                                                                        |
| <b>Používateľ</b>                                                                             | OS SR                                                                                                                               |
| <b>Súvisiace normy</b>                                                                        | -                                                                                                                                   |
| Úrad pre obrannú štandardizáciu,<br>kodifikáciu a štátne overovanie kvality<br><b>TRENČÍN</b> | <b>Oddelenie kontroly kvality :</b><br><b>Metrologický a skúšobný ústav logistiky</b><br>Rajecká cesta č.18<br>010 01 <u>Žilina</u> |
| <b>Vydanie</b>                                                                                | 1/2004                                                                                                                              |
| <b>Zmena</b>                                                                                  | 1                                                                                                                                   |

Spracovateľ : MSÚ log

## **Komplexné hlinité plastické mazivo**

### **1. POUŽITIE**

Komplexné hlinité plastické mazivo (produkt) je určené na mazanie klzných a valivých ložísk pracujúcich pri zvýšených tlakoch a pri vyššom dynamickom namáhaní. Dobre odoláva vode.

### **2. ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE**

Produkt, používaný v OS SR, musí byť vyrobený zahustením minerálneho oleja hlinitým komplexom. Musí obsahovať prísady na zlepšenie oxidačnej stability a vysokotlakových vlastností. Produkt musí zabezpečovať použiteľnosť v rozsahu teplôt od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+100^{\circ}\text{C}$ .

#### **2.1 POŽIADAVKY KLADENÉ NA FINÁLNY PRODUKT**

Produkt musí spĺňať všetky požiadavky kladené na fyzikálno-chemické vlastnosti podľa tabuľky č.1 a požiadavky bodu 2 – základné informácie.

### **3. TOXICITA**

Karta (list) bezpečnostných údajov produktu musí spĺňať všetky náležitosti zákona č. 163/2001 Z. z. o chemických látkach a prípravkoch a smernice 91/155/EEC.

### **4. STABILITA PRI SKLADOVANÍ, MIEŠATELNOSŤ**

Produkt nesmie vykazovať výraznú separáciu oleja, zmeny konzistencie, zápachu počas skladovania a hodnoty fyzikálno-chemických vlastností musia byť v rozsahu povolených limitov podľa tabuľky č.1. Záručná lehota (od dátumu plnenia uvedeného na obale) je požadovaná minimálne 5 rokov za podmienok stanovených výrobcom – dodávateľom pre produkt v originálnom balení.

### **5. KONTROLA KVALITY A SKÚŠANIE**

Kontrola kvality a skúšanie produktu je zabezpečené podľa požiadaviek vojenskej špecifikácie na komplexné hlinité plastické mazivo v súlade so STANAG 3149.

#### **5.1 VZORKOVANIE**

Vzorky na skúšanie sa musia odoberať podľa STN EN ISO 3170 alebo ASTM D 4057.

#### **5.2 SKÚŠOBNÉ METÓDY**

Skúšobné metódy sú stanovené v tabuľke č.1. Akceptovateľné je použitie štandardných skúšobných metód STN/EN/ISO/ASTM.

#### **5.3 KONTROLA KVALITY DODANÉHO PRODUKTU**

Ak produkt nie je kvalifikovaný, výrobca - dodávateľ je povinný vykonať jeho analýzu podľa tabuľky č.1 a spolu s produktom dodať užívateľovi príslušný protokol o skúške (certifikát) vykonaný akreditovaným (autorizovaným) laboratóriom.

Odberteľ si vyhradzuje právo pred dodaním produktu vyžiadať minimálne 1 kg vzorky produktu (spresnenie podľa nakupovaného množstva) z každej šarže a vykonať analýzu určených rozhodujúcich fyzikálno-chemických vlastností podľa tabuľky č.1 v akreditovanom vojenskom laboratóriu MSÚ log Žilina. Pri reklamácii sa na riešenie sporu využijú ustanovenia a postupy aktuálnej EN ISO 4259.

## **6. KODIFIKÁCIA PRODUKTU A ŠTÁTNE OVEROVANIE KVALITY**

Produkt podlieha štátnemu overovaniu kvality a systému kodifikácie výrobkov a služieb podľa zákona č. 11/2004 Z. z. o obrannej štandardizácii, kodifikácii a štátnom overovaní výrobkov a služieb na účely obrany.

7. Výrobca produktu vydá písomné vyhlásenie o zhode s technickými predpismi, vrátane spôsobu posudzovania zhody a na požiadanie predloží doklady o použitom postupe posudzovania zhody a vyhlásenie o zhode zástupcovi pre štátne overovanie kvality.

### **a. ZÁKLADNÁ DOKUMENTÁCIA**

- m) Bezpečnostný list na produkt podľa zákona č. 163/2001 Z. z.,
- n) Protokol o skúške (certifikát) vykonaný akreditovaným (autorizovaným) laboratóriom podľa požiadaviek tabuľky č. 1,
- o) Dokumentácia deklarujúca zloženie produktu, aditíva, komponenty ich pomer v konečnom produkte a názov produktu,
- p) Ďalšia dokumentácia:
  - Certifikát kvality rady ISO 9000,
  - Deklarácia používania produktu v armádach NATO.

## **8. BALENIE A OZNAČENIE PREBERANÉHO PRODUKTU**

Komplexné hlinité plastické mazivo môže byť do OS Slovenskej republiky preberané vo vhodnom originálnom balení ( plechové obaly v množstve 0,5 až 20 kilogramov) .

Obaly s produktom musia byť označené :

- názov produktu,
- technická špecifikácia,
- dátum výroby (balenia),
- bezpečnostné (environmentálne) požiadavky, likvidácia,
- hmotnosť obsahu,
- názov, sídlo a identifikačné číslo výrobcu,
- záručná lehota,
- dátum kontroly kvality.

## **9. INFORMÁCIE O PREPRAVE A DOPRAVE**

Cestná ADR –

Železničná RID –

Vnútrozemská vodnú ADN/ADNR –

Námorná IMDG –

Letecká ICAO/IATA –

Ďalšie údaje: Výrobok nie je považovaný za nebezpečný na dopravu podľa kódu UN, IMO, ADR/RID a IATA/ICAO.

| P. Č. | FYZIKÁLNO-CHEMICKÉ<br>VLASTNOSTI                                                                           | STANOVENÉ<br>HODNOTY | SKÚŠOBNÁ<br>NORMA                      | KONTROLA |    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------|----------|----|
|       |                                                                                                            |                      |                                        | A        | B2 |
| 1     | Vzhľad                                                                                                     | vyhovuje             | VIZUÁLNE                               | X        | X  |
| 2     | BOD SKVAPNUTIA v °C, min.                                                                                  | 200                  | STN 65 6305<br>ASTM D 2265<br>ISO 6299 | X        | X  |
| 3     | PENETRÁCIA v 10 <sup>-1</sup> mm pri<br>25°C, v rozpätí                                                    | 260-300              | STN 65 6307<br>ASTM D 217<br>ISO 2137  | X        | X  |
| 4     | OXIDAČNÁ STÁLOSŤ pri<br>100°C pokles tlaku po 100 h<br>v MPa, max.                                         | 0,04                 | ASTM D 942<br>STN 65 6318              | X        |    |
| 5     | Vypierateľnosť V LOŽISKU<br>VODOU PRI 80°C V % M/M,<br>MAX.                                                | 10                   | ASTM D 1264<br>STN 65 6330             | X        |    |
| 6     | ŠGS v mm,<br>(zvarové zaťaženie v N), min.                                                                 | 2600                 | STN 65 6254                            | X        |    |
| 7     | MECHANICKÁ STÁLOSŤ:<br>Penetrácia po 10 000 DT<br>zvýšenie % max.                                          | 20                   | ASTM D 217<br>STN 65 6307              | X        |    |
| 8     | URÝCHLENÁ SKÚŠKA<br>KORÓZNEHO POSOBNIA<br>pri 100 °C/3 h:<br>- na oceľovom pliešku<br>- na medenom pliešku | Vyhovuje<br>Vyhovuje | STN 65 6075<br>ASTM D 4048             | X<br>X   |    |
| 9     | ODLÚČIVOSŤ OLEJA pri<br>100°C/24 hod. v % m/m, max.                                                        | 12                   | ASTM D 1742<br>STN 65 6313             | X        | X  |
| 10    | KOLOIDNÁ STÁLOSŤ,<br>% m/m odlúčeného oleja, max.                                                          | 7,0                  | STN 65 6331                            | X        | X  |
| 11    | MEDZA PEVNOSTI v Pa, min.<br>- pri 20°C<br>- pri 80°C                                                      | 550<br>250           | STN 65 6338                            | X<br>X   |    |
| 12    | ROLL STABILITY TEST<br>Zmena penetrácie v 10 <sup>-1</sup> mm,<br>max.                                     | 14,5                 | ASTM D 1831                            | X        |    |
| 13    | RUST TEST                                                                                                  | negatívny            | ASTM D 1743                            |          |    |
| 14    | SKF, test B, stupeň, max.                                                                                  | 1                    | STN 65 6335                            |          |    |



SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
Ministerstvo obrany  
Veliteľstvo logistiky OS SR

---

VOJENSKÁ ŠPECIFIKÁCIA



Palivá, mazivá a prevádzkové kvapaliny

**MSU-39.19/G**

Viacúčelové lítné plastické mazivo

|                                                                                               |                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Súvisiaci Kód NATO</b>                                                                     | G - 414                                                                                                                             |
| <b>Národná vojenská špecifikácia</b>                                                          | MSU - 39.19/G                                                                                                                       |
| <b>Používateľ</b>                                                                             | OS SR                                                                                                                               |
| <b>Súvisiace normy</b>                                                                        | -                                                                                                                                   |
| Úrad pre obrannú štandardizáciu,<br>kodifikáciu a štátne overovanie kvality<br><b>TRENČÍN</b> | <b>Oddelenie kontroly kvality :</b><br><b>Metrologický a skúšobný ústav logistiky</b><br>Rajecká cesta č.18<br>010 01 <u>Žilina</u> |
| <b>Vydanie</b>                                                                                | 1/2004                                                                                                                              |
| <b>Zmena</b>                                                                                  | 1                                                                                                                                   |

Spracovateľ : MSÚ log

## **Viacúčelové lítne plastické mazivo**

### **1. POUŽITIE**

Viacúčelové lítne plastické mazivo (produkt) je určené na mazanie klzných a valivých ložísk pri suchých a mokrých podmienkach. Ďalej sa používa v zariadeniach pracujúcich v širokom tepelnom rozpätí pri ťažkých rázových zaťaženiach a vysokých rýchlostiach. Je určené na použitie pri extrémnych tlakoch, vyžaduje výbornú šmykovú a vysokoteplotnú stabilitu a odolnosť proti vode.

### **2. ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE**

Produkt, používaný v OS SR musí byť vyrobený zahustením minerálneho oleja lítym mydlom hydroxistearovej kyseliny. Musí obsahovať antikorózne, vysokotlakové a antioxidačné aditíva. Produkt musí zabezpečovať použiteľnosť v rozsahu teplôt od – 30°C do + 140°C a krátkodobo do + 160°C.

#### **2.1 POŽIADAVKY KLADENÉ NA FINÁLNY PRODUKT**

Produkt musí spĺňať všetky požiadavky kladené na fyzikálno-chemické vlastnosti podľa tabuľky č.1 a požiadavky uvedené v bode 2 – základné informácie.

### **3. TOXICITA**

Karta (list) bezpečnostných údajov produktu musí spĺňať všetky náležitosti zákona 163/2001 Z. z. o chemických látkach a prípravkoch a smernice 91/155/EEC.

### **4. STABILITA PRI SKLADOVANÍ, MIEŠATELNOSŤ**

Produkt nesmie vykazovať výraznú separáciu oleja, zmeny konzistencie, zápachu počas skladovania a hodnoty fyzikálno-chemických vlastností musia byť v rozsahu povolených limitov podľa tabuľky č.1. Záručná lehota (od dátumu plnenia uvedeného na obale) je požadovaná minimálne na 5 rokov za podmienok stanovených výrobcom – dodávateľom pre produkt v originálnom balení.

### **5. KONTROLA KVALITY A SKÚŠANIE**

Kontrola kvality a skúšanie produktu je zabezpečené podľa požiadaviek vojenskej špecifikácie, týkajúce sa lítneho viacúčelového plastického maziva v súlade so STANAG 3149.

#### **5.1 VZORKOVANIE**

Vzorky na skúšanie sa musia odoberať podľa STN EN ISO 3170 alebo ASTM D 4057.

#### **5.2 SKÚŠOBNÉ METÓDY**

Skúšobné metódy sú stanovené v tabuľke č.1. Akceptovateľné je použitie štandardných skúšobných metód STN/EN/ISO/ASTM.

#### **5.3 KONTROLA KVALITY DODANÉHO PRODUKTU**

Ak produkt nie je kvalifikovaný, výrobca - dodávateľ je povinný vykonať jeho analýzu podľa tabuľky č.1 a spolu s produktom dodať užívateľovi príslušný protokol o skúške (certifikát) vykonaný akreditovaným (autorizovaným) laboratóriom.

Odberateľ si vyhradzuje právo pred dodaním produktu vyžiadať minimálne 1 kg vzorky produktu (spresnenie podľa nakupovaného množstva) z každej šarže a vykonať analýzu určených rozhodujúcich fyzikálno-chemických vlastností podľa tabuľky č.1 v akreditovanom vojenskom laboratóriu MSÚ log Žilina. Pri reklamácii sa na riešenie sporu využijú ustanovenia a postupy aktuálnej EN ISO 4259.

## **6. KODIFIKÁCIA PRODUKTU A ŠTÁTNE OVEROVANIE KVALITY**

Produkt podlieha štátnemu overovaniu kvality a systému kodifikácie výrobkov a služieb podľa zákona č. 11/2004 Z. z. o obrannej štandardizácii, kodifikácii a štátnom overovaní výrobkov a služieb na účely obrany.

Výrobca produktu vydá písomné vyhlásenie o zhode s technickými predpismi, vrátane spôsobu posudzovania zhody a na požiadanie predloží doklady o použitom postupe posudzovania zhody a vyhlásenie o zhode zástupcovi pre štátne overovanie kvality.

## **7. ZÁKLADNÁ DOKUMENTÁCIA**

- q) Bezpečnostný list na produkt podľa zákona č. 163/2001 Z. z.,
- r) Protokol o skúške (certifikát) vykonaný akreditovaným (autorizovaným) laboratóriom podľa požiadaviek tabuľky č. 1,
- s) Dokumentácia deklarujúca zloženie produktu, aditíva, komponenty ich pomer v konečnom produkte a názov produktu,
- t) Ďalšia dokumentácia:
  - Certifikát kvality rady ISO 9000,
  - Deklarácia používania produktu v armádach NATO.

## **8. BALENIE A OZNAČENIE PREBERANÉHO PRODUKTU**

Viacúčelové lítné plastické mazivo môže byť do OS SR preberané vo vhodnom originálnom balení (v množstve 0,5 až 20 kilogramov) .

Obaly s produktom musia byť označené:

- názov produktu,
- technická špecifikácia,
- dátum výroby (balenia),
- bezpečnostné (environmentálne) požiadavky, likvidácia,
- hmotnosť obsahu,
- názov, sídlo a identifikačné číslo výrobcu,
- záručná lehota,
- dátum kontroly kvality.

## **9. INFORMÁCIE O PREPRAVE A DOPRAVE**

Cestná ADR –

Železničná RID –

Vnútrozemská vodnú ADN/ADNR –

Námorná IMDG –

Letecká ICAO/IATA –

Ďalšie údaje: –

| P. Č. | FYZIKÁLNO - CHEMICKÉ VLASTNOSTI                                                                              | LIMITY               | SKÚŠOBNÁ NORMA                         | KONTROLA |    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------|----------|----|
|       |                                                                                                              |                      |                                        | A        | B2 |
| 1     | Vzhľad                                                                                                       | Vyhovuje             | VIZUÁLNE                               | X        | X  |
| 2     | BOD SKVAPNUTIA v °C, min.                                                                                    | 190                  | STN 65 6305<br>ASTM D 2265<br>ISO 6299 | X        | X  |
| 3     | PENETRÁCIA v 10 <sup>-1</sup> mm pri 25°C, v rozpätí                                                         | 265-290              | STN 65 6307<br>ASTM D 217<br>ISO 2137  | X        | X  |
| 4     | OXIDAČNÁ STÁLOSŤ pri 100°C pokles tlaku po 100 h v bar., max.                                                | 0, 4                 | ASTM D 942<br>STN 65 6318              | X        |    |
| 5     | Vypierateľnosť V LOŽISKU VODOU PRI 80°C V % M/M., MAX.                                                       | 10                   | ASTM D 1264<br>STN 65 6330             | X        |    |
| 6     | ŠGS v mm, (zvarové zaťaženie v N), min.                                                                      | 3000                 | ASTM D 2596<br>STN 65 6254             | X        |    |
| 7     | URÝCHLENÁ SKÚŠKA<br>KORÓZNEHO POSOBENIA pri 100 °C/3 hod. :<br>- na oceľovom pliešku<br>- na medenom pliešku | Vyhovuje<br>Vyhovuje | STN 65 6075<br>ASTM D 4048             | X        |    |
| 8     | ODLÚČIVOSŤ OLEJA pri 100°C/24 hod. v % m/m., max.                                                            | 6,0                  | ASTM D 1742<br>STN 65 6313             | X        | X  |
| 9     | KOLOIDNÁ STÁLOSŤ, % odlúčeného oleja, max.                                                                   | 12,0                 | STN 65 6331                            | X        | X  |
| 10    | MEDZA PEVNOSTI v Pa, min.<br>- pri 20°C<br>- pri 80°C                                                        | 350<br>160           | STN 65 6338                            | X        |    |
| 11    | ROLL STABILITY TEST<br>Zmena penetrácie v 10 <sup>-1</sup> mm, max.                                          | 14,5                 | ASTM D 1831                            | X        |    |
| 12    | OBSAH VODY v % m/m., max.                                                                                    | 0,05                 | STN 65 6062<br>STN 65 0330             | X        |    |
| 13    | RUST TEST                                                                                                    | negatívna            | ASTM D 1743                            | X        |    |
| 14    | DYNAMICKÁ VISKOZITA v Pa.s<br>- pri 50°C, 100/s, min.<br>- pri 0°C , 10/s, max.<br>- pri -20°C, 10/s, max.   | 10<br>180<br>650     | STN 65 6332<br>ASTM D 10921            | X        |    |
| 15    | SKF, test B, stupeň, max.                                                                                    | 1                    | STN 656335                             | X        |    |

SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
Ministerstvo obrany  
Veliteľstvo logistiky OS SR

---

**VOJENSKÁ ŠPECIFIKÁCIA**



Palivá, mazivá a prevádzkové kvapaliny

**MSU-39.2/G**

**Viacúčelové lítné plastické mazivo**

|                                                                                               |                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Súvisiaci Kód NATO</b>                                                                     | -                                                                                                                            |
| <b>Národná vojenská špecifikácia</b>                                                          | MSU - 39.2/G                                                                                                                 |
| <b>Používateľ</b>                                                                             | OS SR                                                                                                                        |
| <b>Súvisiace normy</b>                                                                        | -                                                                                                                            |
| Úrad pre obrannú štandardizáciu,<br>kodifikáciu a štátne overovanie kvality<br><b>TRENČÍN</b> | <b>Oddelenie kontroly kvality :</b><br><b>Metrologický a skúšobný ústav logistiky</b><br>Rajecká cesta č.18<br>010 01 Žilina |
| <b>Vydanie</b>                                                                                | 1/2004                                                                                                                       |
| <b>Zmena</b>                                                                                  | 1                                                                                                                            |

Spracovateľ : MSÚ log

## **Plastické mazivo - grafitové**

### **1. POUŽITIE**

Grafitové plastické mazivo (produkt) je určené na mazanie nezabehaných alebo veľmi zaťažených klzných ložísk, na mazanie otvorených, pomaly sa pohybujúcich prevodov, pracujúcich v prašnom prostredí, ďalej na premazávanie listových pier, podvozkov automobilov a na mazanie trecích plôch rôznych mechanizmov, kde nevyhovujú bežné plastické mazivá.

### **2. ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE**

Produkt, používaný v OS SR, musí byť vyrobený zahustením rafinovaného minerálneho oleja vápenatými mydlami mastných kyselín. Na zabezpečenie požadovaných vlastností musí obsahovať do 10 % m/m chemicky čistého grafitu. Produkt musí zabezpečovať použiteľnosť v rozsahu teplôt od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+70^{\circ}\text{C}$ .

#### **2.1 POŽIADAVKY KLADENÉ NA FINÁLNY PRODUKT**

Produkt musí spĺňať všetky požiadavky na fyzikálno-chemické vlastnosti podľa tabuľky č.1 a požiadavky uvedené v bode 2 – základné informácie.

### **3. TOXICITA**

Karta (list) bezpečnostných údajov produktu musí spĺňať všetky náležitosti zákona č. 163/2001 Z. z. o chemických látkach a prípravkoch a smernice 91/155/EEC.

### **4. STABILITA PRI SKLADOVANÍ, MIEŠATEĽNOSŤ**

Produkt nesmie vykazovať výraznú separáciu oleja, zmeny konzistencie, zápachu počas skladovania a hodnoty fyzikálno-chemických vlastností musia byť v rozsahu povolených limitov podľa tabuľky č.1. Záručná lehota (od dátumu plnenia uvedeného na obale) je požadovaná minimálne na 5 rokov za podmienok stanovených výrobcom – dodávateľom pre produkt v originálnom balení.

### **5. KONTROLA KVALITY A SKÚŠANIE**

Kontrola kvality a skúšanie produktu je zabezpečené podľa požiadaviek vojenskej špecifikácie pre grafitové plastické mazivo v súlade so STANAG 3149.

#### **5.1 VZORKOVANIE**

Vzorky na skúšanie sa musia odoberať podľa STN EN ISO 3170 alebo ASTM D 4057.

#### **5.2 SKÚŠOBNÉ METÓDY**

Skúšobné metódy sú stanovené v tabuľke č.1. Akceptovateľné je použitie štandardných skúšobných metód STN/EN/ISO/ASTM.

#### **5.3 KONTROLA KVALITY DODANÉHO PRODUKTU**

Produkt nie je kvalifikovaný, výrobca - dodávateľ je povinný vykonať jeho analýzu podľa tabuľky č.1 a spolu s produktom dodať užívateľovi príslušný protokol o skúške (certifikát) vykonaný akreditovaným (autorizovaným) laboratóriom.

Odberteľ si vyhradzuje právo pred dodaním produktu vyžiadať minimálne 1 kg vzorky produktu (spresnenie podľa nakupovaného množstva) z každej šarže a vykonať analýzu určených rozhodujúcich fyzikálno-chemických vlastností podľa tabuľky č.1 v akreditovanom vojenskom laboratóriu MSÚ log v Žiline. Pri reklamácií sa na riešenie sporu využijú ustanovenia a postupy aktuálnej EN ISO 4259.



## **6. KODIFIKÁCIA PRODUKTU A ŠTÁTNE OVEROVANIE KVALITY**

Produkt podlieha štátnemu overovaniu kvality a systému kodifikácie výrobkov a služieb podľa zákona č. 11/2004 Z. z. o obrannej štandardizácii, kodifikácii a štátnom overovaní výrobkov a služieb na účely obrany.

Výrobca produktu vydá písomné vyhlásenie o zhode s technickými predpismi, vrátane spôsobu posudzovania zhody a na požiadanie predloží doklady o použitom postupe posudzovania zhody a vyhlásenie o zhode zástupcovi pre štátne overovanie kvality.

### **6.1 ZÁKLADNÁ DOKUMENTÁCIA**

- u) Bezpečnostný list na produkt podľa zákona č. 163/2001 Z. z.,
- v) Protokol o skúške (certifikát) vykonaný akreditovaným laboratóriom podľa požiadaviek uvedených v tabuľke č. 1,
- w) Dokumentácia deklarujúca zloženie produktu, aditíva, komponenty, ich pomer v konečnom produkte a názov produktu,
- x) Ďalšia dokumentácia:
  - Certifikát kvality rady ISO 9000,
  - Deklarácia používania produktu v armádach NATO.

## **7. BALENIE A OZNAČENIE PREBERANÉHO PRODUKTU**

Grafitové plastické mazivo môže byť do OS SR preberaná vo vhodnom originálnom balení ( plechové obaly v množstve 0,5 až 20 kilogramov).

Obaly s produktom musia byť označené:

- názov produktu,
- technická špecifikácia,
- dátum výroby (balenia),
- bezpečnostné (environmentálne) požiadavky, likvidácia,
- hmotnosť obsahu,
- názov, sídlo a identifikačné číslo výrobcu,
- záručná lehota,
- dátum kontroly kvality.

## **8. INFORMÁCIE O PREPRAVE A DOPRAVE**

Cestná ADR –

Železničná RID –

Vnútrozemská vodnú ADN/ADNR –

Námorná IMDG –

Letecká ICAO/IATA –

Ďalšie údaje: Výrobok nie je považovaný za nebezpečný na dopravu podľa kódu UN, IMO, ADR/RID a IATA/ICAO.

| P. Č. | FYZIKÁLNO-CHEMICKÉ<br>VLASTNOSTI                                                                                            | LIMITY               | SKÚŠOBNÁ<br>NORMA                      | KONTROLA    |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------|-------------|----|
|       |                                                                                                                             |                      |                                        | A           | B2 |
| 1     | Vzhľad                                                                                                                      | vyhovuje             | VIZUÁLNE                               | X           | X  |
| 2     | BOD SKVAPNUTIA v °C, min.                                                                                                   | 90                   | STN 65 6305<br>ASTM D 2265<br>ISO 6299 | X           | X  |
| 3     | PENETRÁCIA pri 25°C,<br>v rozpätí                                                                                           | 215-255              | STN 65 6307<br>ASTM D 217<br>ISO 2137  | X           | X  |
| 4     | OBSAH VODY v % m/m., max.                                                                                                   | 3                    | STN 65 6062<br>STN 65 0330             | X           |    |
| 5     | OBSAH VOLNÝCH KYSELÍN<br>A ZÁSAD:<br>- % m/m Kyseliny olejovej,<br>max.<br>- % m/m KOH, max.<br>- zodpovedá % m/m CaO, max. | 0,20<br>0,30<br>0,21 | STN 65 6333                            | X<br>X<br>X |    |
| 6     | ŠGS v mm,<br>(75°C, 1200 ot/min, záťaž 40 kg<br>čas 60 min.), max.                                                          | 0,60                 | ASTM D 2266                            | X           |    |
| 7     | KOLOIDNÁ STÁLOSŤ,<br>% m/m odlúčeného oleja, max.                                                                           | 6,0                  | STN 65 6331                            | X           | X  |
| 8     | DYNAMICKÁ VSKOZITA pri<br>0°C a strednom gradiente<br>rýchlosti deformácie 10 s <sup>-1</sup> ,<br>Pa.s, max.               | 180                  | STN 65 6332<br>ASTM D 10921            | X           |    |
| 9     | MEDZA PEVNOSTI, 50°C, Pa,<br>min.                                                                                           | 250                  | STN 65 6338                            | X           |    |
| 10    | URÝCHLENÁ SKÚŠKA<br>KORÓZNEHO POSOBENIA<br>pri 100 °C/3 h:<br>- na oceľovom pliesku<br>- na medenom pliesku                 | vyhovuje<br>vyhovuje | STN 65 6075<br>ASTM D 4048             | X<br>X      |    |

## LITERATÚRA

- [1] MARKO, M.: Aplikovaná chémia I - Vybrané aspekty tribotechniky, tribológie a úvod do petrochémie. AOS M.R.Štefánika, Liptovský Mikuláš, 2012, ISBN 978-80-8040-451-2.
- [2] MARKO, M.: Špecifikácia motorových olejov. In Zborník z vedeckej konferencie „Smery vývoja techniky pozemného vojska“ 24., 25.11.1999. Liptovský Mikuláš : 1999. str. 132-136. ISBN 80-8040-116-0.
- [3] MARKO, M.: Špecifikácia prevodových olejov. In Zborník zo seminára s medzinárodnou účasťou „International Seminar for Aspirants and Advisers“ 27.11.2001. Liptovský Mikuláš : Vojenská akadémia, 2001. str. 45-51. ISBN 80-8040-164-0.
- [4] MARKO, M.: Prevádzkové hodnotenie motorového oleja typu M7ADX, SAE 15W/40 v priebehu životnosti vo vozidlách. In REOTRIB 2006. Sborník přednášek, 12. ročník konference. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická, str. 54 – 58. ISBN 80-7080-603-6.
- [5] LIPTÁK,P., MARKO,M., DUDÁŠ,J: Špeciálna technika z pohľadu tribologického diagnostikovania chemických prvkov pri použití jednotného paliva, Zborník z 15. medzinárodnej vedeckej konferencie - Výzbroj a technika pozemných síl 2009, Katedra Strojárstva, Akadémia ozbrojených síl, 2009, ISBN 978-80-8040-379-9.
- [6] MARKO,M., DUDÁŠ,J: Degradation of motor oils during operation / Miroslav Marko, Jozef Dudáš. In: Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów. - ISSN 1642-347X. - Nr. 5 (81) (2010), s. 119-124. - Tiež zborník abstraktov Technical Systems Degradation Conference - TSD : 9th International Technical Systems Degradation Conference : Liptovský Mikuláš, 7-10 April 2010. - Warszawa : Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne, 2010. - ISBN 978-83-911726-8-1. - S. 121-122. - Organizátor: Akadémia ozbrojených síl Liptovský Mikuláš, Žilinská univerzita, Technická univerzita Varšava, Technická univerzita Lublin
- [7] MARKO.M., STIAVNICKY.M.: Degradation of motor oils of type Shell and ÖMV operated in Tatra 815 vehicles / Miroslav Marko, Mário Štiavnický. In: Deterioration, dependability, diagnostics : monograph. - Brno : University of Defense, 2010. - ISBN 978-80-254-8377-0. - S. 97-102.
- [8] MARKO.M., STIAVNICKY.M.: Change of selected parameters of motor oils in respect to the operation type of special machinery / Miroslav Marko, Mário Štiavnický. In: Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów. - ISSN 1642-347X. - č. 4 (85) (2011), s. 39-46.
- [9] Odborný posudok neznámeho motorového oleja M7AD; SAE 5W/40; VW 502.00 : [číslo: 001-2012-L007/2011 : v Liptovskom Mikuláši, 16.02.2012] / Miroslav Marko. - [1. vyd.]. - Liptovský Mikuláš : [s.n.], 2012. - 8 s. + 14 príl.
- [10] MARKO.M.: Odborný posudok Vplyv detergentu Motor-Fit na kinematickú viskozitu nového motorového oleja po čistení vnútorných častí v dosahu mazacej sústavy motora : [číslo: 004-2012-L007/2011 : v Liptovskom Mikuláši, 02.07.2012] / Miroslav Marko. - [1. vyd.]. - Liptovský Mikuláš : [s.n.], 2012. - 31 s. + 8 príl.
- [11] MARKO.M.: Odborný posudok Vplyv prevádzky typu "Go-Stop" na motorové oleje Castrol EDGE Profesional LongLife III 5W-30 a Castrol SLX Professional Powerflow 5W-30 : pokračovanie Odborného posudku číslo 004-2012-L007/2011 : [číslo: 004.2-2012-L007/2011 : v Liptovskom Mikuláši, 22.11.2012] / Miroslav Marko. - [1. vyd.]. - Liptovský Mikuláš : [s.n.], 2012. - 15 s. + 8 príl.
- [12] MARKO.M.: Odborný posudok použitého motorového oleja po výmene v motore vozidla M7AD; SAE 5W-30; ACEA C3 obchodného názvu: Originál BMW Quality Longlife-04 : [číslo: 005-2012-L007/2011 : v Liptovskom Mikuláši, 28.08.2012] / Miroslav Marko. - [1. vyd.]. - Liptovský Mikuláš : [s.n.], 2012. - 11 s. + 5 príl.

- [13] MARKO.M.: Odborný posudok použitého motorového oleja po pravidelnej výmene v motore vozidla M7AD Fully Synthetic; SAE 5W/30; ACEA A3/B3, A3/B4, C3 obchodného názvu: Castrol EDGE : [číslo: 003-2012-L007/2011 : v Liptovskom Mikuláši, 17.06.2012] / Miroslav Marko. - [1. vyd.]. - Liptovský Mikuláš : [s.n.], 2012. - 9 s. + 6 príl.
- [14] MARKO.M.: Odborný posudok použitého motorového oleja po pravidelnej výmene v motore vozidla obchodného názvu: Mobil 1 ESP Formula Emission System Protection; Fully Shyntetic; SAE 5W/30; ACEA C2, C3, A3/B3/B4, A5/B5, VW 504 00/507 00, MB 229.31, BMW Longlife 04 : [číslo: 006-2012-L007/2011 : v Liptovskom Mikuláši, 12.11.2012] / Miroslav Marko. - [1. vyd.]. - Liptovský Mikuláš : [s.n.], 2012. - 17 s. + 6 príl.
- [15] MARKO.M.: Motorový olej PETRONAS Urania FE, 5W-30 (Fully Synthetic Engine oil) : odborný posudok : [číslo: 010-2014-L007/2011 : v Liptovskom Mikuláši, 3. 6. 2014] / Miroslav Marko. - [1. vyd.]. - Liptovský Mikuláš : [s.n.], 2014. - 16 s. + 10 príl.
- [16] MSU 27.1/L: 2004, Motorové oleje pre pozemnú techniku, Úrad pre obrannú štandardizáciu, kodifikáciu a štátne overovanie kvality, TREŇČÍN - Metrologický a skúšobný ústav logistiky, Žilina.
- [17] MSU 27.2/L: 2004, Motorové oleje pre pozemnú techniku, Úrad pre obrannú štandardizáciu, kodifikáciu a štátne overovanie kvality, TREŇČÍN – Metrologický a skúšobný ústav logistiky, Žilina.
- [18] MSU 28.1/L: 2004, Prevodové oleje, Úrad pre obrannú štandardizáciu, kodifikáciu a štátne overovanie kvality, TREŇČÍN-Metrologický a skúšobný ústav logistiky, Žilina
- [19] MSU 39.3/G: 2004, Komplexné hlinité plastické mazivo, Úrad pre obrannú štandardizáciu, kodifikáciu a štátne overovanie kvality, TREŇČÍN – Metrologický a skúšobný ústav logistiky, Žilina.
- [20] MSU 39.19/G: 2004, Viacúčelové litne plastické mazivo, Úrad pre obrannú štandardizáciu, kodifikáciu a štátne overovanie kvality, TREŇČÍN-Metrologický a skúšobný ústav logistiky, Žilina
- [21] MSU 39.2/G: 2004, Plastické mazivo grafitové, Úrad pre obrannú štandardizáciu, kodifikáciu a štátne overovanie kvality, TREŇČÍN - Metrologický a skúšobný ústav logistiky, Žilina
- [22] KOVARÍK, L.: Teorie vozidlových spalovacích motorů. Brno : VAAZ, 1981.
- [23] VOCEL, M., DUFEK, V.: Tření a opotřebení strojních součástí. Praha : SNTL, 1976.
- [24] BLÁŠKOVIČ, P., BALLA, J., DZIMKO, M.: Tribológia. Bratislava : Vydavateľstvo ALFA, 1990. ISBN 80-05-00 633-00.
- [25] Slovnaft a.s.: Ropa a uhlie č. 2.,4.,8. Bratislava : VÚRUP, 1995.
- [26] ČERNÝ, J.: Motorové oleje SAE 5W/30 na trhu ČR a jejich vlastnosti. In. REOTRIB 2002, 2002. str. 55.
- [27] DOBEŠ, P.: Vlastnosti moderních motorových olejů třídy SAE 0W/XX, In REOTRIB 2002. 2002, str .65.
- [28] JÁNOŠÍK, Š., KOŠOVÁ, V.: Univerzálné traktorové oleje. In REOTRIB 2002. 2002, str.67.
- [29] VÁCLAVÍČKOVÁ, I.: Chladicí kompresorové oleje pro čpavkové pístové a šroubové kompresory, In REOTRIB 2002. 2002, str. 71.
- [30] DOBEŠ, P.: Potravinářská maziva a požavky na ně kladené. In REOTRIB 2002. 2002, str. 75
- [31] STRAKA, B.: Motorové oleje a tribotechnická diagnostika naftových motorov. Praha : NADAS, 1986.
- [32] Kolektív autorov: Zborník - Tribotechnik č. 1., 2., 3. Bratislava : Dom techniky ZSVTS, 1994.
- [33] ŠTĚPINA,V., VESELÝ,V.: Mazivá a speciálne oleje. Bratislava : VEDA, 1980.

- [34] JETMAR, J.: Tribotoechnická diagnostika automobilov. Brno : Vojenská akademie, 1993
- [35] BOWEN, E. R., WESTCOTT, V. C.: Wear particle Atlas. Foxboro Transsonics, Inc. Burlington, Ma 01803 Naval Air Eng. Center, Lakehurst, USA, 1981.
- [36] BÁTORA, B.: Tribodiagnostics of machined surfaces. In INTERTRIBO 99, Slovenská republika : 1999. str. 447.
- [37] STANESCU, CH., BOIANGIU, V.: Development of laboratory tests for evolution of additives and lubricants. In INTERTRIBO 99. Slovenská republika : 1999. str. 427.
- [38] IVKOVIC, B.: The new family of tribological instruments for research and industrial application in Serbia. In INTERTRIBO 2002. Slovenská republika, 2002. str. 251.
- [39] VORONIN, N, A.: A novel approach to calculation the mechanical properties of materials from loadpenetration curves with spherical indenter. In. INTERTRIBO 2002. Slovenská republika, 2002, str. 268.
- [40] RADULESCU, A. V. a kol.: Theoretical and experimental methods concerning the stress analysis in the rim of the cielo car Wheel. In INTERTRIBO 99. Slovenská republika, 1999. str. 431.
- [41] PIEKOSZEWSKI, W., SZCZEREK, M., TUSZYŃSKI, W.: A method for scuffing propagation assessment. In INTERTRIBO 99. Slovenská republika : 1999. str. 463.
- [42] DASIC, P. a kol.: Computer alalyzing of reliability of cutting tools. In *INTERTRIBO 99. Slovenská republika*, 1999. str. 443.
- [43] FERENCEY, V.: Možnosti eliminácie prehrievania vysoko zaťažovaných naftových motorov. Habilitačná práca. Bratislava : 1999.
- [44] FERENCEY, V., KOVAŘÍK, L., SKALSKÝ, R., ČÁSTEK, L.: Konstrukce vozidlových spalovacích Motorů. Praha : HSVTZ, 1992.
- [45] TRNKA, J., URBAN, J.: *Spaľovacie motory*. Bratislava : Vydavateľstvo ALFA, 1992.
- [46] KULIJEV, A. M.: Chémia a technológia prísad do olejov a palív. Bratislava : ALFA, 1978.
- [47] ILKOVIČ, D.: *Fyzika I*. Bratislava : ALFA, 1972.
- [48] Kolektív autorov: Tribologické problémy v exponovaných trecích sústavách. In *INTERTRIBO 96*. Bratislava : Dom techniky ZSVTS, 1996.
- [49] JETMAR, J.: Tribotoechnická diagnostika automobilov. Brno : Vojenská akademie, 1993.
- [50] KOVAŘÍK, L.: Teorie vozidlových spalovacích motorů. Brno : VAAZ Brno, 1981.
- [51] KOVAŘÍK, L. a kol.: Konstrukce vozidlových spalovacích motorů. Praha : Naše vojsko, 1992.
- [52] BOWEN, E. R., WESTCOTT, V. C.: Wear particle Atlas. Foxboro Transsonics, Inc. Burlington, Ma 01803 Naval Air Eng. Center, Lakehurst USA, 1981.
- [53] NEPPEL, H. P., RAUSCHMAIR, F.: Prüfung an einem PKW über den Einfluß eines Zusatzes zu Motor-, Schalt-, und Differentialgetriebeölen, TÜV Prüfbericht, Nr. D4-TPT-351-051-86, München, 1986.
- [54] NEPPEL, H. P., RAUSCHMAIR, E.: Leistungsprüfung an einem und Differentialgetriebeölen. TÜV Prüfbericht, Nr. D4-TPT-351-006-8"T, München, 1986
- [55] NOSKIEVIČ, J.: Mechanika tekutín. ČSFR : Štátne nakladateľstvo technickej literatúry. 1987.
- [56] JAVORSKIJ, B. M., DETLAF, A.A.: Príručka fyziky. Bratislava : SVTL, 1965.
- [57] SLÁČIK, S.: Atlas oterových častíc pre ferografiu. Ostrava : Reo Trade, s.r.o., 1999.
- [58] Ministerstvo obrany SR, Predpis S-PHM-21-2, Akostná špecifikácia pohonných hmôt, mazív a špeciálnych kvapalín, Trenčín, 1996, č.10210/83 OPHM.
- [59] Automobilové benzíny. Dostupné na internete:  
<[http://www.slovnaft.sk/sk/obchodni\\_partneri/vyroby/pohonne\\_hmoty/automobilo\\_ve\\_benziny/](http://www.slovnaft.sk/sk/obchodni_partneri/vyroby/pohonne_hmoty/automobilo_ve_benziny/)>
- [60] Motorová nafta. Dostupné na internete:

- <[http://www.slovnaft.sk/sk/obchodni\\_partneri/vyroby/pohonne\\_hmoty/motorova\\_nafta/](http://www.slovnaft.sk/sk/obchodni_partneri/vyroby/pohonne_hmoty/motorova_nafta/)>
- [61] Uhl'ovodíky. Dostupné na internete:  
< <http://sk.wikipedia.org/wiki/Uh%C4%BEovod%C3%ADk>>
- [62] Plastické mazivá. Dostupné na internete:  
< <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-42009/plasticke-maziva.html> >
- [63] STOPKA, J.: Úvod do tribotechniky. In *Zborník z dlhodobého kurzu TRIBOTECHNIK*, 1994. ISBN 80-233-0310-4.
- [64] S-PHM 21-2, Akostná špecifikácia PHM a špeciálnych kvapalín, predpis, MO SR, Trenčín 1996, 10210/83 OPHM
- [65] Aut 24-23, Terénny nákladný automobil T-815, Ošetrovanie, predpis, MNO ČSSR, Praha 1985, 15202/TAS/1983
- [66] DROPPA, Peter: Analysis of systems track vehicles of chassis springing, Liptovský Mikuláš, AOS 2006, 85 strán. [Monograph]. ISBN 80-8040-279-5.
- [67] Tank 26-27, BVP-1, BVP-1K,VPV, Ošetrovanie, predpis, MNO ČSSR, Praha 1986, 25871/TAS/1985
- [68] DROPPA, Peter: Analysis of systems track vehicles of chassis springing, Liptovský Mikuláš, AOS 2006, 85 strán, Monograph. ISBN 80-8040-279-5.

## ZDROJE OBRÁZKOV

- [1] Dostupné na internete: <<http://sk.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADk>>  
< <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-12011/maziva-pre-prevodovky.html>>
- [2] Dostupné na internete: <<http://www.tribotechnika.sk/rocnik-2011.html>>
- [3] MARKO,M., ŠIAVNICKÝ, M.: Effect of the special machinery operation on the motor oils in vehicles T-815. In *Zborník prednášok z 12. medzinárodnej vedeckej konferencie - TRANSFER 2011*. 2011. ISBN 978-80-8075-505-8.
- [4] Dostupné na internete: <<http://sk.wikipedia.org/wiki/Trenie>>
- [5] Atlas otěrových částic pro ferografii, REO TRADE, s.r.o. ve spolupráci s Ing. Stanislavem Sláčíkem, CSc., č. 98281006302.
- [6] Dostupné na internete: <<http://sk.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADk>>  
<<http://sk.wikipedia.org/wiki/Ropa>>
- [7] Dielenská příručka Volkswagen -Service Training, Selbststudienprogramm 442, Der 1,6 l-TDI-Motor, str. 6, obr. S442\_057.
- [8] Spařovací motor. Dostupné na internete:  
<[http://www.google.sk/search?q=spa%C4%BEovac%C3%AD+motor&hl=sk&rlz=1G1ACAW\\_SKSK413&prmd=imvns&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=NqQvT5PEKdDesgbCvPDyDA&sqi=2&ved=0CEAQsAQ&biw=1257&bih=663](http://www.google.sk/search?q=spa%C4%BEovac%C3%AD+motor&hl=sk&rlz=1G1ACAW_SKSK413&prmd=imvns&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=NqQvT5PEKdDesgbCvPDyDA&sqi=2&ved=0CEAQsAQ&biw=1257&bih=663)>
- [9] *Tank-21-12, Ošetřování středního tanku T-55*. Přílohová část, Praha 1981.
- [10] Dostupné na internete: <<http://www.rcsvet.sk/product/sk/Vybrus-piest-valec-zabruseny>>
- [11] Dostupné na internete: <<http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-12011/maziva-pre-prevodovky.html>>  
<<http://www.castrol.sk>, <<http://www.valvoline.sk>, <<http://www.total.sk>, >
- [12] Dostupné na internete: <[www.slovnaft.sk](http://www.slovnaft.sk)
- [13] Hydrodynamické prevodovky. Dostupné na internete:  
<[http://cs.wikipedia.org/wiki/Hydrodynamick%C3%A1\\_p%C5%99evodovka](http://cs.wikipedia.org/wiki/Hydrodynamick%C3%A1_p%C5%99evodovka)>
- [14] Plastické mazivá. Dostupné na internete:  
<<http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-42009/plasticke-maziva.html>.
- [15] Dostupné na internete: <[www.shell.sk](http://www.shell.sk)>

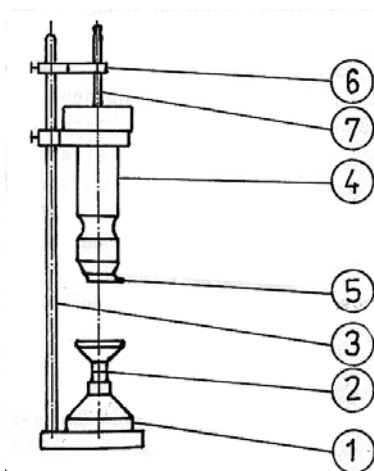


- [16] BRATSKÝ, D. a kol.: Benzíny rady UNI-bezolovnaté autobenzíny pre celý autopark. In *Ropa a uhlie* č. 2. Bratislava : Slovnaft a. s., VÚRUP, 1995. str. 104.
- [17] Dostupné na internete: <<http://sk.wikipedia.org/wiki/Vod%C3%ADk#Vlastnosti>>
- [18] Dostupné na internete: <[http://technet.idnes.cz/vodik-palivo-budoucnosti-ktere-nahradi-benzin-i-naftu-pf4-/tec\\_technika.aspx?c=A071028\\_001202\\_software\\_jza](http://technet.idnes.cz/vodik-palivo-budoucnosti-ktere-nahradi-benzin-i-naftu-pf4-/tec_technika.aspx?c=A071028_001202_software_jza)>
- [19] BURIANEKOVÁ, Z.: *Klasifikácia, trendy a použitie multigrádnych prevodových olejov*. Bakalárska práca, str. 16, Obr. 3. Liptovský Mikuláš : Akadémia ozbrojených síl, 2011.

## PRÍLOHY

### Kinematická viskozita

### Príloha č.1

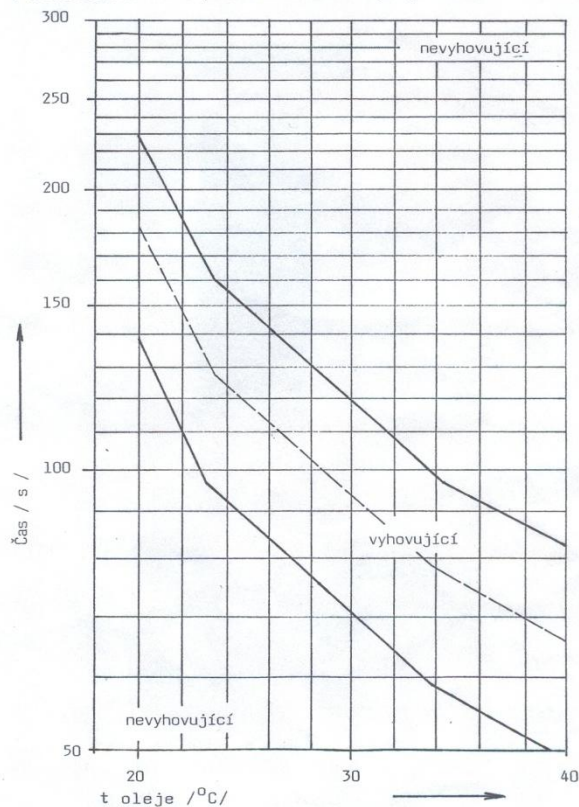


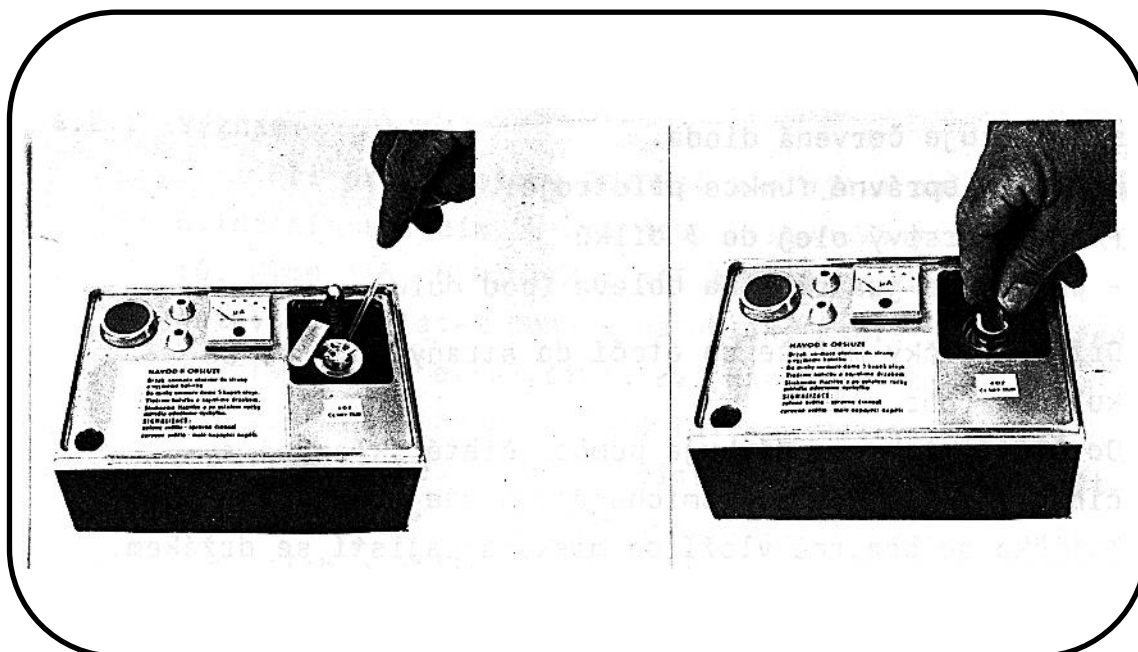
Obr. Schéma viskozimetra

- |                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| 1 - Nádobka s ryskou 60 ml | 5 - Uzáver dýzy      |
| 2 - Značka                 | 6 - Svorka teplomera |
| 3 - Stojan                 | 7 - Teplomer         |

Diagram ká hodnocení viskozity oleje M 7 ADX

Měřený parametr: Doba průtoku  $60 \pm 1$  ml oleje /s/  
v závislosti na teplotě. Průměr trysky 3 mm.





#### 6.2.4 Vyhodnocení, mezní hodnoty.

Vyhodnocení se provede odečtením počtu dílků na stupnici měřicího přístroje.

Mezní hodnoty dílků jsou určeny v tabulce. Olej, který vykazuje počet dílků vyšší než je hodnota mezní, je pro další provoz nevyhovující a olejová náplň musí být vyměněna.

| Druh oleje  | Mezní počet dílků |
|-------------|-------------------|
| MT-16p      | 70                |
| M-16 ICHP 3 | 70                |
| M6 AD       | 75                |
| M6 ADS II   | 95                |
| M7 ADX      | 65                |

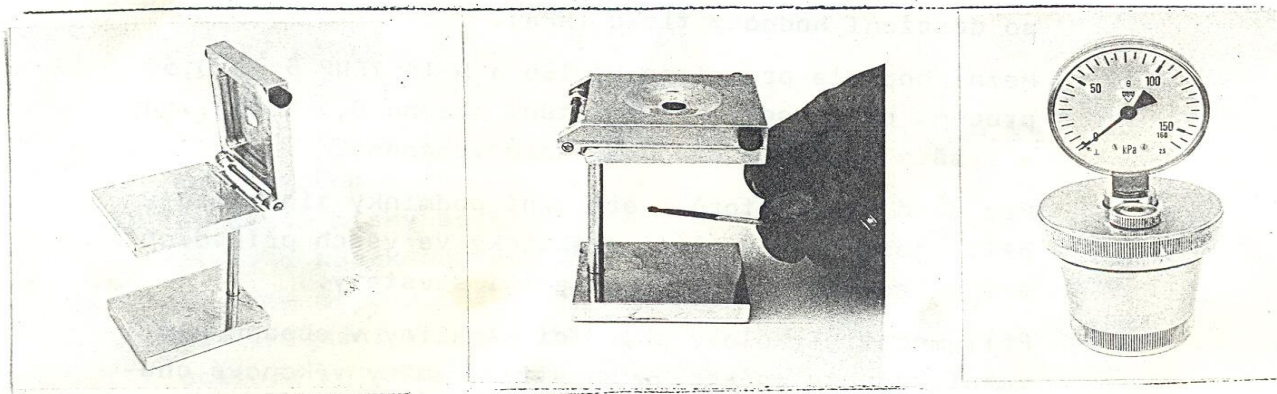
Úroveň výsledků měření je zpravidla v relaci s výsledky měření obsahu látek nerozpustných v hexanu a testem na znečištění oleje (kapková zkouška na chromatografickém papíru).

|                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pomůcka pro vyhodnocení zkoušky na přítomnost vody<br/>v oleji - "prskací test"</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|

| Vizuální znaky                                                                                                                           | sluchové vjemy                                      | obsah vody              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------|
| olej beze změny<br>žádné pění, jen<br>lehký dým                                                                                          | bez jakýchkoliv<br>projevů                          | bez vody,<br>0,1 % vody |
| vznik drobných bub-<br>linek o průměru asi<br>1 mm po dobu asi<br>3 s, nepění                                                            | bez jakýchkoliv<br>projevů                          | 0,2 % vody              |
| vyvíjí se shluk<br>drobných bublinek do<br>2 mm s možností tvo-<br>ření větších bublinek<br>do průměru 5mm                               | slabý praskot<br>2 - 4x během<br>zahřívání          | 0,5 % vody              |
| rychlý vývoj bubli-<br>nek se sklonem k mír-<br>nému pění, bublinky<br>se shlukují do vět-<br>ších o průměru 5 mm                        | tvorbu pěny vždy<br>provází praskot<br>nižší úrovně | 1,0 % vody              |
| tvorba velmi četných<br>bublinek provázená pě-<br>něním, drobné bublin-<br>ky se spojují ve<br>shluky o průměru 10 mm<br>a velké bubliny | středně silný<br>praskot                            | 2,0 % vody              |
| velmi silné pění<br>ihned po nanesení ole-<br>je do misky, splývá-<br>ní bublinek do velkých<br>bublin překrývajících,<br>okraj misky    | velmi silný<br>praskot                              | 5,0 % vody              |



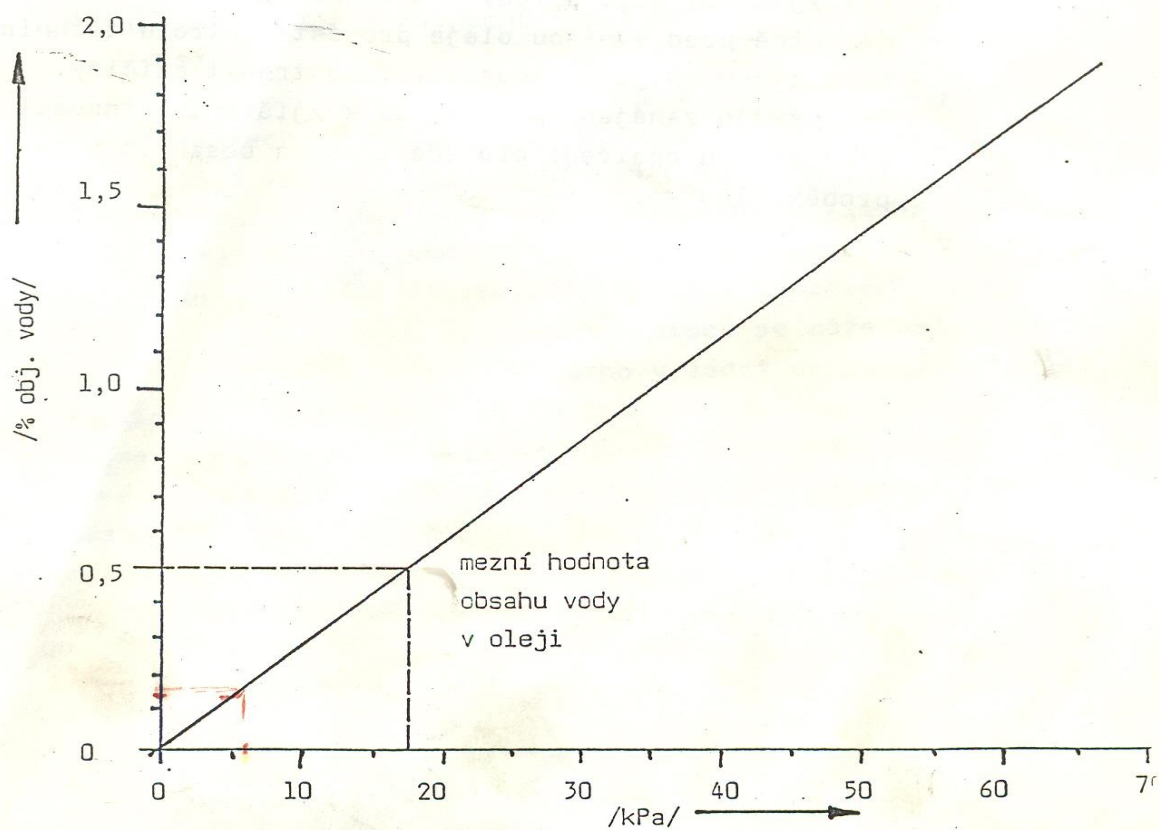
- 27 -



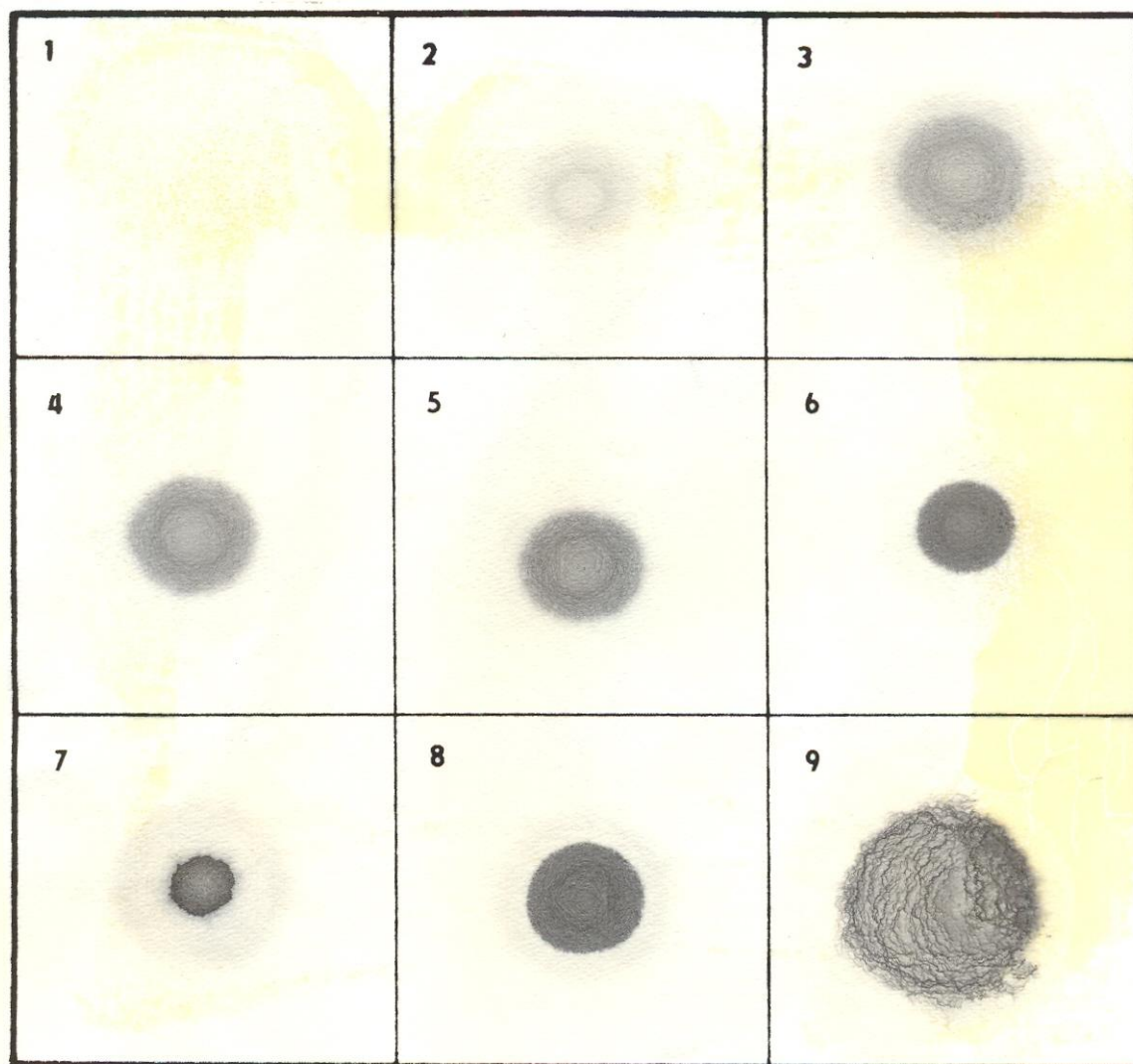
Obr. 17

Obr. 18

Obr. 19

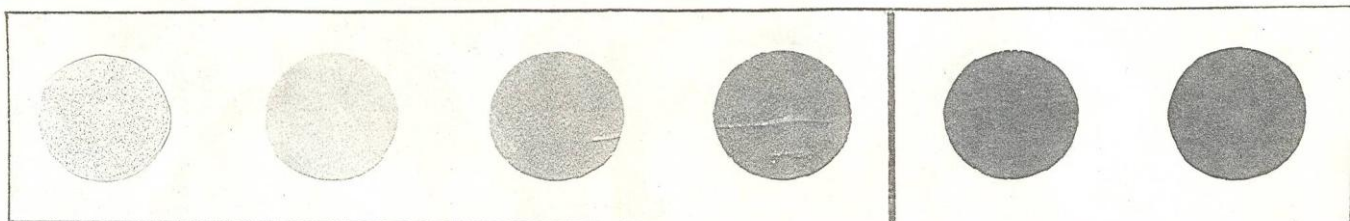
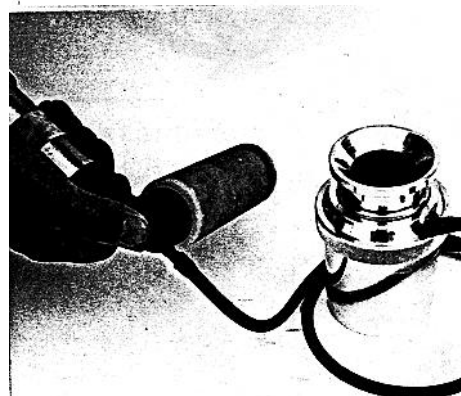


Obr. 20



Příloha  
Vzorová stupnice pro hodnocení stupně znečištění





Hustota netransparentného materiálu (DENZITA)-[D]  
Hmotnosť nečistôt vzorku [g]

|            |                 |                 |                 |                 |             |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 0 - 0,10   | 0,10 - 0,30     | 0,30 - 0,50     | 0,50 - 0,70     | 0,70 - 1,00     | 1,00 - 1,30 |
| 0 - 0,0003 | 0,0003 - 0,0008 | 0,0008 - 0,0016 | 0,0016 - 0,0024 | 0,0024 - 0,0030 | 0,0030 <    |

**Overenie spôsobilosti:** Certifikačný orgán pre certifikáciu personálu v technickej diagnostike

<http://www.atdsr.sk/Vzdelavanie%20COP.html>

<http://www.atdsr.sk/Certifikacia.html>

[http://www.atdsr.sk/tribo\\_cert\\_prac.html](http://www.atdsr.sk/tribo_cert_prac.html)

|                                                                                                                                                                              |                                                                                           |                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                             | <p>CERTIFICATION BODY FOR<br/>CERTIFICATION OF PERSONNEL<br/>IN TECHNICAL DIAGNOSTICS</p> |                                           |
| <p>COP TD, VIHORLATSKA 8, 949 01 NITRA<br/>ACCREDITED BY SLOVAK NATIONAL ACCREDITATION SERVICE<br/>under the number O 007 / 2003 in accordance with STN EN ISO/IEC 17024</p> |                                                                                           |                                                                                                                              |
| <p><b>CERTIFICATE</b></p>                                                                                                                                                    |                                                                                           |                                                                                                                              |
| <p>THIS IS TO CERTIFY THAT</p>                                                                                                                                               |                                                                                           |                                                                                                                              |
| <p><b>Ing. Miroslav Marko, PhD.</b></p>                                                                                                                                      |                                                                                           |                                                                                                                              |
| <p>Date of birth: 25<sup>th</sup> September 1954<br/>Permanent address: : Lipová 521/3, Podbreziny, 031 04 Liptovský Mikuláš</p>                                             |                                                                                           |                                                                                                                              |
| <p>IS QUALIFIED FOR ACTIVITIES IN TECHNICAL DIAGNOSTICS AS:</p>                                                                                                              |                                                                                           |                                                                                                                              |
| <p><b>Tribotechnician II</b></p>                                                                                                                                             |                                                                                           |                                                                                                                              |
| <p>TD Methods: Lubricant analysis<br/>TD Objects: TTS, BGS, RMS</p>                                                                                                          |                                                                                           |                                                                                                                              |
| <p>Validity of certificate until: 20<sup>th</sup> May 2016<br/>Number certificate: L007 / 2011<br/>Certification card Number: L007 / 2011</p>                                |                                                                                           |                                                                                                                              |
| <p>Symbols in according with COP-03-10 directive:</p>                                                                                                                        |                                                                                           |                                                                                                                              |
| <p>TD Methods :<br/>LDA - Lubric.diagn.analys.<br/>WDA - Wear debris analys.</p>                                                                                             |        | <p>TD Objects:<br/>TTS - Torque transmission systems<br/>BGS - Bearing guide systems<br/>RMS - Reciprocal motion systems</p> |
| <p>20. May 2011<br/>Date of certification</p>                                                                                                                                |                                                                                           | <p>Ing. Viera Petková, PhD.<br/>Head of Certification Body</p>                                                               |

**Overenie spôsobilosti:** Certifikačný orgán pre certifikáciu personálu v technickej diagnostike

<http://www.atdsr.sk/Vzdelavanie%20COP.html>

<http://www.atdsr.sk/Certifikacia.html>

[http://www.atdsr.sk/tribo\\_cert\\_prac.html](http://www.atdsr.sk/tribo_cert_prac.html)

**CERTIFIKAČNÝ ORGÁN PERSONÁLU V TECHNICKEJ DIAGNOSTIKE**



**CERTIFIKAČNÝ PREUKAZ**

Číslo preukazu: L007 / 2010

**Ing. Miroslav Marko, PhD.**

Certifikovaný ako tribotechnik

|                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| <i>Kategória:</i>  | <i>Kategória II.</i> |
| <i>Metódy TD:</i>  | <i>LDA</i>           |
| <i>Objekty TD:</i> | <i>TTS, BGS, RMS</i> |

*Dátum certifikácie: 20.05.2011*



*Platnosť preukazu do: 20.05.2016*

**CERTIFIKAČNÝ ORGÁN PERSONÁLU V TECHNICKEJ DIAGNOSTIKE**



Vihorlatská 8, 949 01 Nitra

*dátum narodenia:*  
25. september 1954

*adresa:*  
Lipová 521/3, Podbreziny  
031 04 Liptovský Mikuláš

*Metódy TD:*  
LDA – Analýza mazív  
WDA – Analýza častíc opotrebenia

*Objekty TD:*  
TTS – Sústavy strojov na prenos krútiaceho momentu  
BGS – Sústavy strojov s klznými a valivými uloženíami  
RMS – Sústavy strojov s vratným pohybom



**Ing. Viera Pet'ková, PhD.**

.....  
*vedúci COP TD*