



Висока школа електротехнике и
рачунарства струковних студија

СИСТЕМ ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ МОТОРА СУС

1. Намена и подела система
2. Конструкцијска решења система за подмазивање



НАМЕНА И ПОДЕЛА СИСТЕМА

Основни задаци система за подмазивање су:

- смањење трења између покретних клизних површина (клипно цилиндарског склопа, лежајева коленастог вратила, лежајева брегастог вратила итд.),
- одвођење топлоте са делова мотора,
- побољшавање заптивања радног простора мотора због постојања уљног слоја између клипа и цилиндра,
- чишћење и спирање гарежи и талога са делова мотора,
- амортизација удара при бурном сагоревању,
- заштита од корозије делова мотора.



ЗАХТЕВИ МОТОРА У ОДНОСУ НА УЉЕ ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

1. Смањење отпора трења - посебно важно током хладног старта и загревања мотора.

Од уља за подмазивање се захтева:

- ☐ да има довољно мали вискозитет који омогућује добро струјање и спречава непотребан отпор кретању;
- ☐ да има довољан вискозитет који спречава додир клизних површина при свим условима броја обртаја и оптерећења;
- ☐ да има довољан вискозитет на високим температурама;
- ☐ да има добра мазајућа својства у условима изостанка хидродинамичког подмазивања;
- ☐ да спречава заривавање, посебно током периода разраде.



ЗАХТЕВИ МОТОРА У ОДНОСУ НА УЉЕ ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

2. Допринос хлађењу мотора - посебно се односи на хлађење клипа, клипних прстенова, цилиндра и лежајева клипњаче.

Од уља за подмазивање се захтева:

- ☐ да има добру термичку стабилност и отпорност на оксидацију;
- ☐ да нема велику испарљивост
- ☐ вискозитет не сме бити исувише велики.

3. Допринос заптивању радног простора - односи се на зону клипних прстенова, посебно у СМТ.

Од уља за подмазивање се захтева:

- ☐ да има довољан вискозитет на високим температурама и ниску испарљивост;
- ☐ да спречи хабање прстенова и кошуљице цилиндра;
- ☐ не сме учествовати у формирању талоба у жљебовима прстена и мора спречити то формирање;



ЗАХТЕВИ МОТОРА У ОДНОСУ НА УЉЕ ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

4. Чишћење талоба и њихово одношење - односи се на талобе чађи, талобе оловних оксида, органска једињења из сагорелог горива и уља, абразивне последице хабања, атмосферске нечистоће итд.

Од уља за подмазивање се захтева:

- ☐ да је способно да одржи у суспендованом стању све чврсте материје при свим температурам и другим физичко-хемијским условима;
- ☐ треба да је способно да раствори извесна органска једињења, посебно продукте интензивне оксидације.



ЗАХТЕВИ МОТОРА У ОДНОСУ НА УЉЕ ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

5. Заштита од корозије и хабања - важно је за све нормалне радне услове, а посебно за рад на ниским температурама или током гашења мотора.

Од уља за подмазивање се захтева:

- ☐ да заштити металне делове од корозивног дејства производа разлагања горива (воде, CO_2 , HCl , HBr , итд.);
- ☐ да спречи сопствено разлагање (мора имати добру термичку стабилност и отпорност на оксидацију);
- ☐ да спречи дејство продуката разлагања горива и мазива при вишим температурама на неке негвоздене метале;
- ☐ мора поседовати добру способност пријањања уз металне површине (добра мазивост).

poklopac za dolivanje ulja

klackalice

klipovi

**prstenovi na
bregastoj**

**kanali u
bloku motora**

pumpa za ulje

filter za ulje

**kanali u
bloku motora**

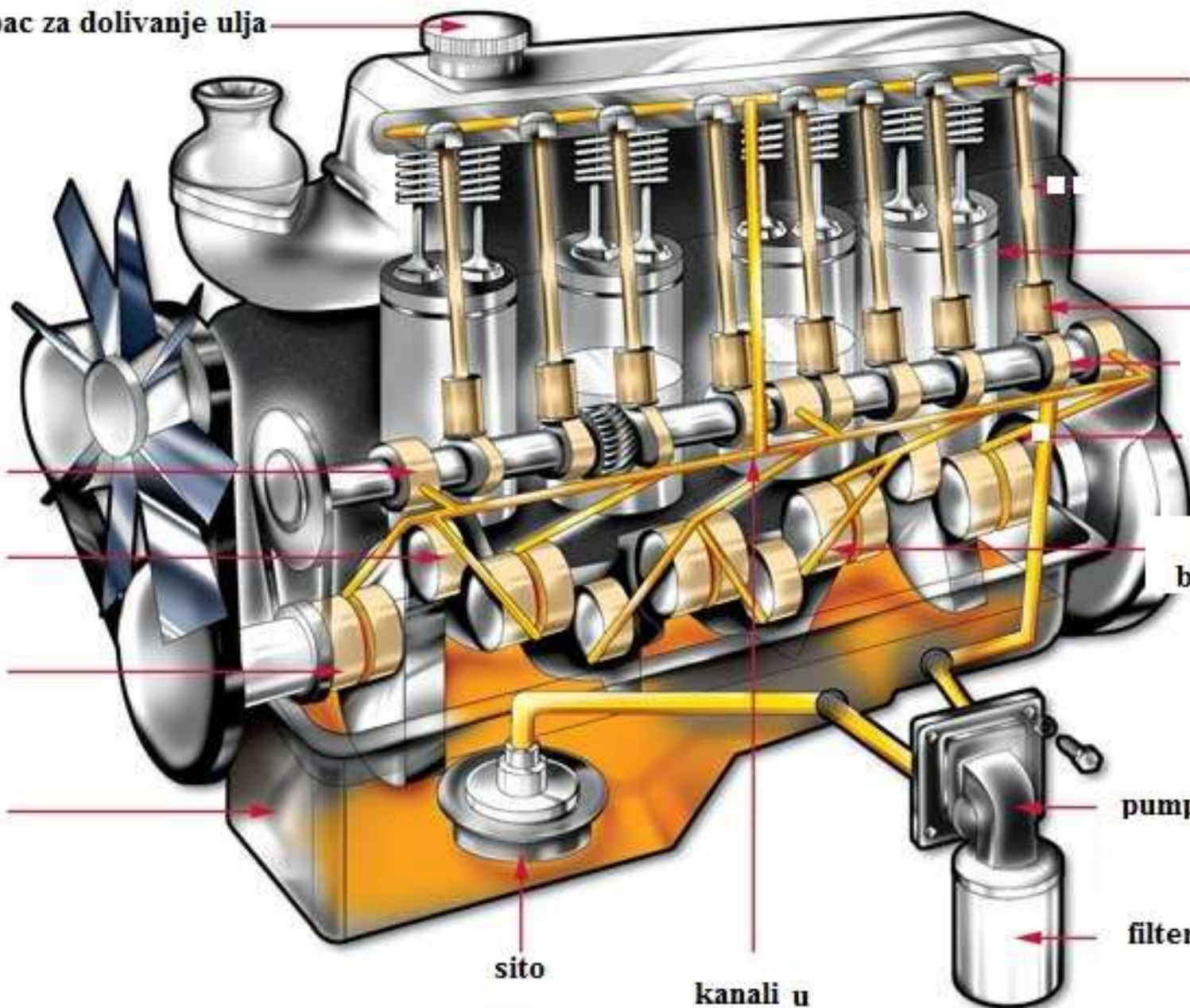
sito

karter

radilica

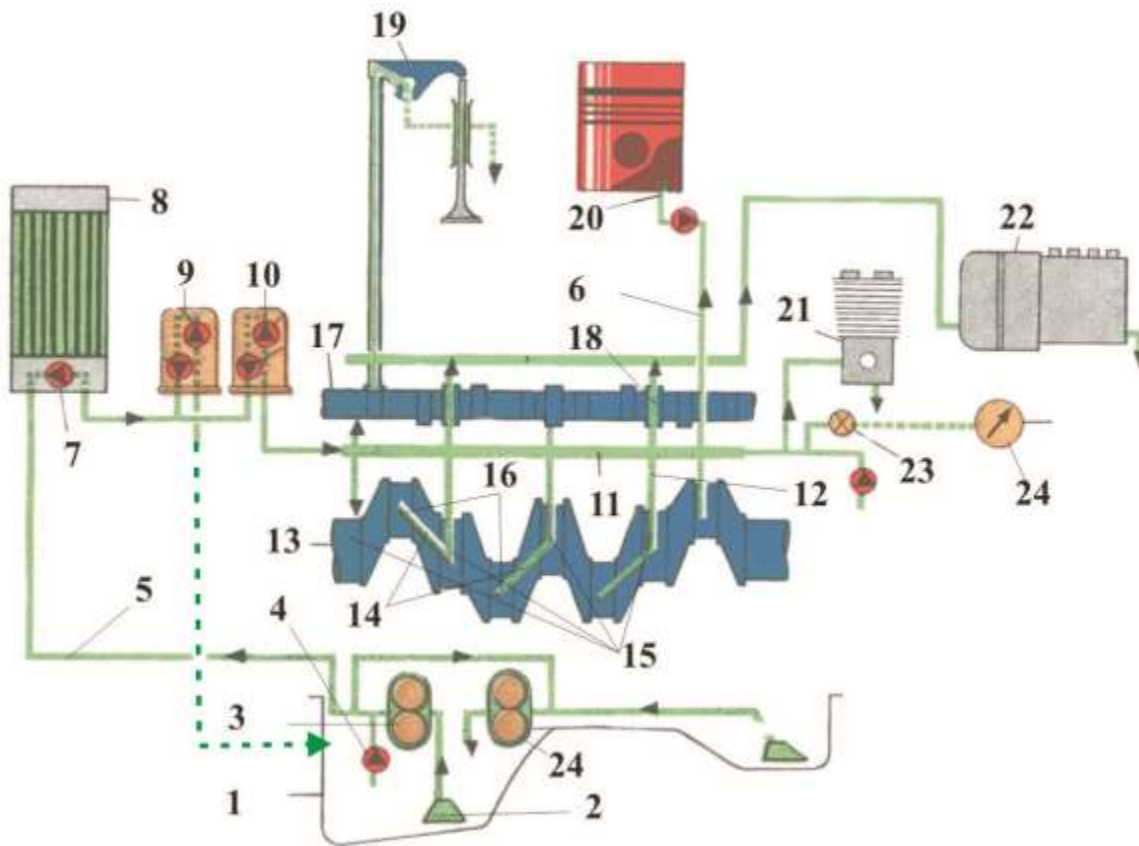
lezajevi

bregasta





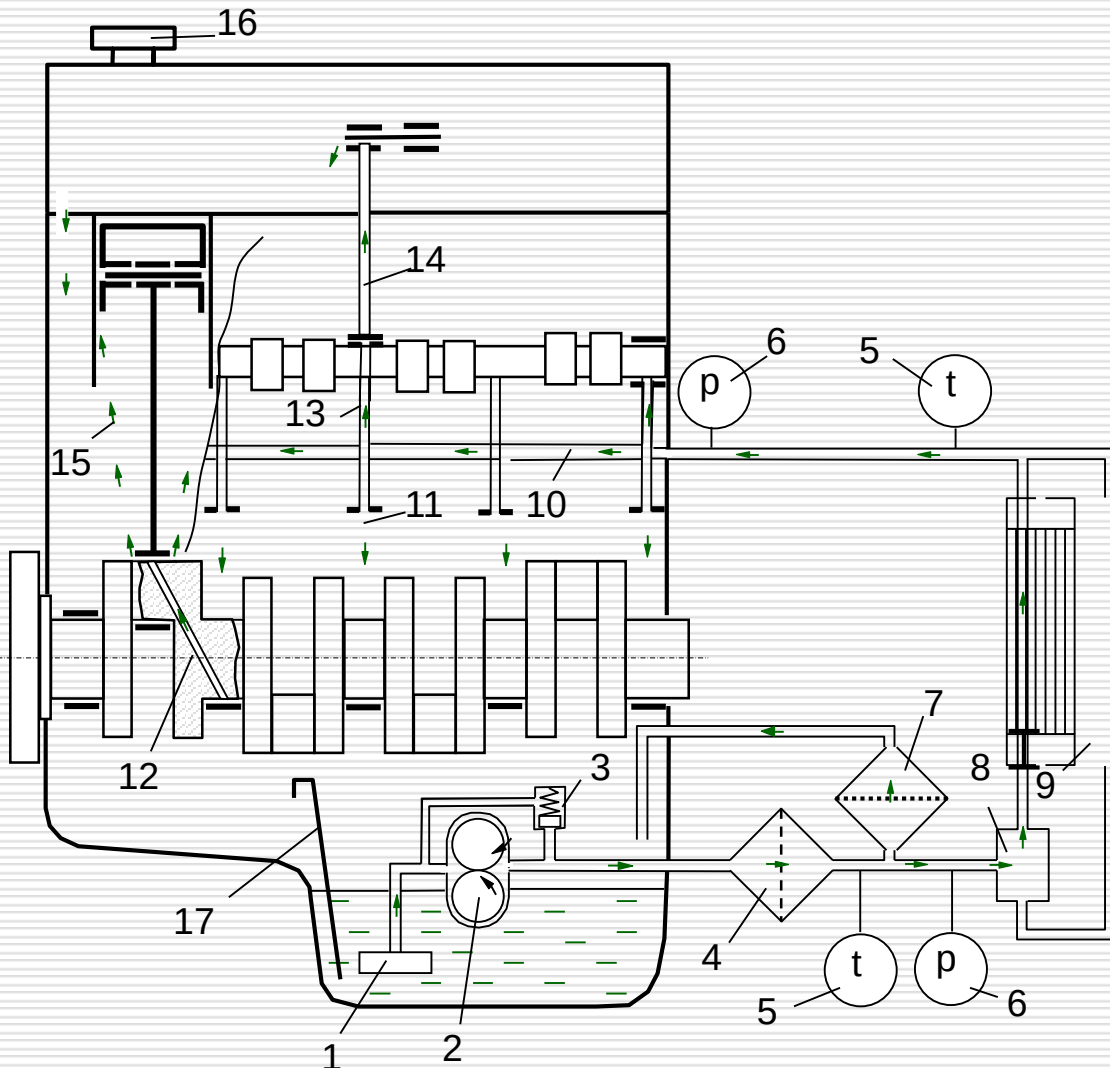
ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ



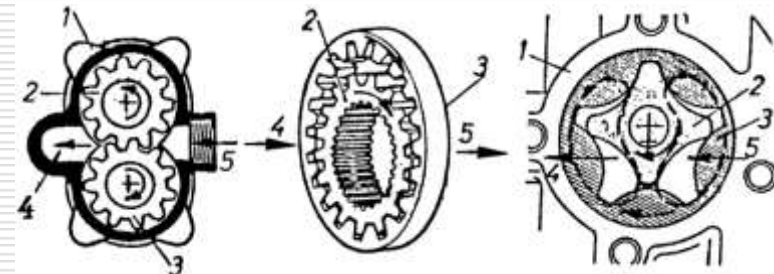
1. картер мотора (резервоар за уље)
2. усисно сито
3. пумпа за уље
4. вентил сигурности
5. канал за уље
6. канал за уље
7. вентил сигурности хладњака за уље
8. хладњак за уље
9. фини пречистач
10. груби пречистач
11. главна уљна магистрала
12. канал за подмазивање основног лежаја КВ
13. коленасто вратило (КВ)
14. канал за уље у рамену КВ
15. основни лежаји КВ
16. летећи лежаји КВ
17. брегасто вратило
18. канал за подмазивање брегастог вртила
19. клацкалица
20. млазница за хлађење клипа
21. компресор
22. пумпа високог притиска
23. давач притиска уља
24. показивач притиска уља
25. пумпа за преливање уља



ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ



1. Усисна корпа са ситом
2. Уљна пумпа
3. Регулатор притиска уља (преливни вентил)
4. Пречистач уља
5. Давач температуре уља
6. Давач притиска уља
7. Фини пречистач уља
8. Термостат уља
9. Хладњак уља
10. Главна уљна магистрала
11. Канал за довод уља у ослоначке лежајеве кол. врат.
12. Канал у кол. вратилу за довод уља у летеће лежајеве
13. Канал за одвод уља у лежајеве брег. вратила
14. Канал за довод уља у клацкалице вентила
15. Подмазивање цилиндра прскањем уља
16. Чеп за наливање уља у мотор
17. Мерач нивоа уља





ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

- ❑ Потребан притисак за циркулацију уља и његов продор у зазоре лежајева код принудног подмазивања, остварује се помоћу хидрауличне пумпе за подмазивање (поз. 2), која, преко једне усисне корпе са грубим ситом за пречишћавање (поз. 1), црпе уље за подмазивање из доњег дела корита мотора или посебног резервоара, и шаље га у систем подмазивања мотора.
- ❑ Уљна пумпа мотора је најчешће зупчастог типа, а ређе се користи клипна или крилна пумпа. Зупчасте пумпе имају погодне карактеристике, мале хидрауличне губитке и могу створити високе притиске потискивања при релативно ниским бројевима обртаја.
- ❑ Пумпе са спољним озубљењем често се користе јер су једноставне, пошто су погонски и гоњени зупчаник идентични. Међутим, габарити ових пумпи су знатни и захтевају посебан пренос погона до пумпе.
- ❑ Пумпе са унутрашњим озубљењем су технолошки сложеније и скупље, а такође су знатних димензија. Међутим, оне се могу сместити директно на коленастом вратилу, чиме се избегава пренос погона до пумпе.



ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

- ❑ Пумпе са специјалним профилем су, уствари, пумпе са унутрашњим озубљењем редуцираног броја зуба, а одликују се великом компактношћу и малим габаритима, али зато и сложенијом технологијом израде.
- ❑ Зупчаста пумпа ради на тај начин што је усисна страна тамо где зуби излазе из спреге, тако да се међузубље пуни уљем које се преноси до потисне стране. На потисној страни зуби улазе у спрегу истискујући уље из међузубља у потисни вод.
- ❑ На излазу из пумпе се обично налази тзв. регулатор притиска уља (**поз. 3**), уствари један преливни вентил, који се отвара након одређеног притиска (обично $4 \div 8$ бар, зависно од типа мотора) спречавајући даљи пораст притиска било при порасту броја обрта или при порасту густине уље.



ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

- ❑ Код мотора са тзв. *мокрим коритом*, код којих се уље смешта у доњем кућишту, које игра улогу резервоара, најчешће се користи само једна потисна пумпа, која црпе уље из корита и шаље га у систем подмазивања.
- ❑ Међутим, код мотора са тзв. *сувим картером*, код којих се уље смешта у посебном резервоару, користе се и тзв. црпне пумпе (једна или, чешће, више њих), које са најнижих места корита мотора захватају уље, које се слива са површина које се подмазују у мотору, и пребацују га у резервоар где се уље складишти.
- ❑ "Суви картер" се користи код већине великих мотора или код специјалних мањих мотора (као што су авио мотори, тркачки мотори, радне машине и сл.). У том случају, потисна пумпа црпи уље из резервоара и шаље га у систем подмазивања мотора.
- ❑ Пре него што потиснуто уље од стране пумпе доспе у мотор, оно пролази кроз пречистач (филтер) уља. Код мотора се у принципу користе два типа пречистача:
 - пречистач уља пуног протока и
 - пречистач уља делимичног протока.



ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

- ❑ Код *пречистача уља пуног протока* сво уље пролази кроз пречистач тако да се из њега отклањају све честице које би могле да угрозе нормално функционисање лежаја.
- ❑ Овај тип пречишћавања се и најчешће користи код свих мотора путничких и теретних возила.
- ❑ Код *пречистача делимичног протока* само део повратног уља пролази кроз фини пречистач, који отклања микроскопски fine честице, након чега се уље одмах враћа у корито.
- ❑ Значи, уље се "делимично" посебно finely пречишћава на овај начин, тако да се претпоставља да ће сво уље током времена проћи кроз овај филтер finely се пречишћавајући.
- ❑ Уколико би овако фини пречистач био у пуном протоку, могао би изазвати пад притиска на улазу у мотор и угрозити ефикасност подмазивања.
- ❑ Пречистач делимичног протока најчешће се користи као фини пречистач, док се као грубљи филтер користи пречистач пуног протока или центрифугални пречистач.



ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

- Код термички оптерећенијих мотора (форсирани ото-мотори, нормално и јаче оптерећени дизел-мотори, нормално оптерећени ваздушно хлађени мотори, мотори са натпуњењем и сл.) долази до знатног загревања уља, што може угрозити његову хемијску стабилност.
- Већ изнад $110 \div 120$ °C оксидација минералних уља постаје знатна, због чега се, уградњом *хладњака уља*, одржава његова температура испод критичне вредности.
- Хладњак уља (**поз.9**) се најчешће смешта на улазу уља у мотор. Он може бити изведен на више начина:
 - *хладњак уље - ваздух*, када се уље хлади помоћу околног ваздуха који струји под дејством кретања возила или вентилатора;
 - *хладњак уље - вода*, када се уље хлади помоћу воде из расхладног система мотора или из околине где мотор ради.



ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

- ❑ Међутим, када је температура уља за подмазивање, нижа од оптималне (која износи око 90 до 100 °C), то изазива негативне последице везане за повећану густину и вискозитет уља, што доводи до повећања механичких губитака и тиме до пада снаге и губитка економичности.
- ❑ Због тога се, најчешће, на улазу у хладњак уграђује термостат (поз. 8), који пушта уље мимо хладњака све док оно не достигне радну температуру. Термостат ради на истом принципу као и у систему хлађења мотора, с тим што се углавном користи једновентилска конструкција.
- ❑ У мотор се уље доводи у тзв. главну уљну магистралу, канал бушен уздужно у блоку (поз.10), у коме се одржава прописан притисак и из кога се уље разводи, по могућности под једнаким условима до свих одговорних клизних површина.



ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

- Из те магистрале уље одлази, посебно, до свих ослоначких лежаја коленастог вратила (**поз. 11**), одакле, преко бушених канала кроз коленасто вратило, уље одлази и подмазује лежаје велике песнице клипњаче (**поз. 12**).
- Код већих мотора се уље одводи из лежаја клипњаче, преко канала бушеног кроз стабло, до мале песнице клипњаче подмазијући лежај осовинице.
- Код мањих мотора се осовиница подмазује прскањем уља и његовим хватањем преко отвора на клипњачи или на окцима клипа.



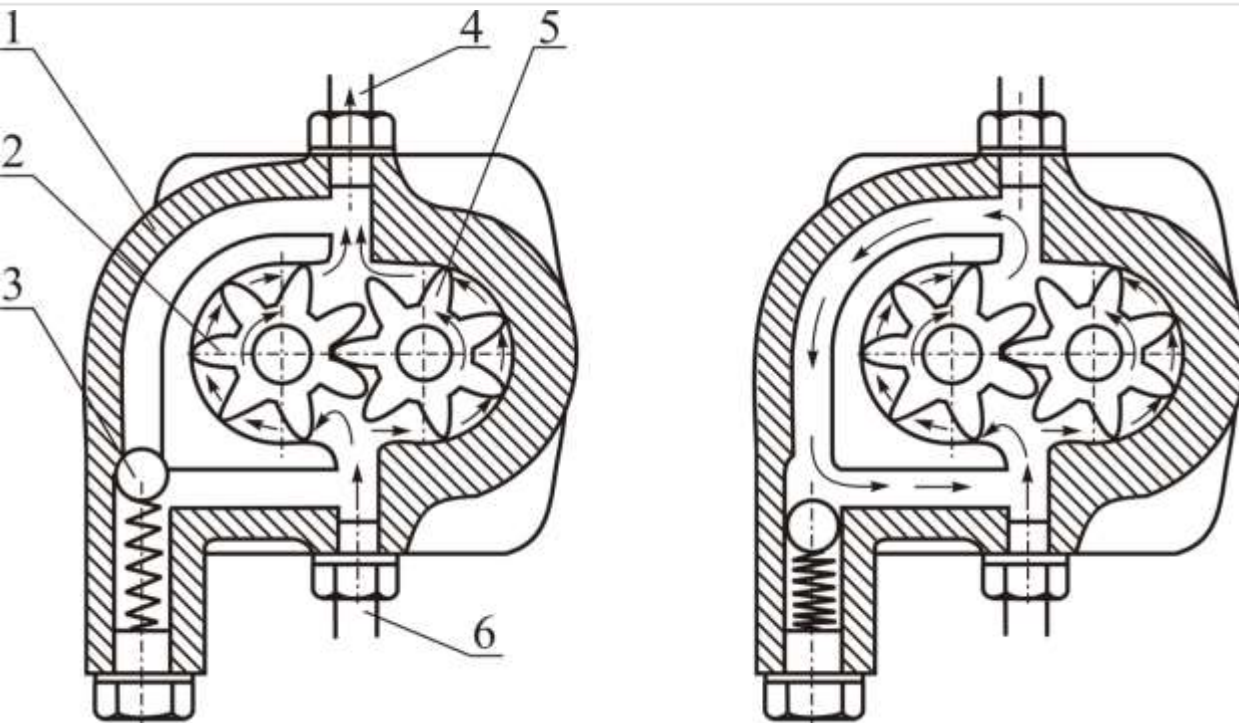
ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

- Из главне уљне магистрале уље се одводи и до свих лежаја брегастог вратила у блоку (поз. 13), а такође се одводи и у цилиндарску главу (поз. 14) ради подмазивања било брегастог вратила, ако је оно у глави мотора, или лежаја клацкалица на њеној осовини. Уље које излази из лежаја клацкалица прска (разбацује) се и подмазује врх вентила и друге клизне површине преносних елемената система развода. Након квашења клизних површина уље се слива у кућиште мотора.
- Цилиндри мотора се подмазују прскањем уља, осим код спороходних бродских мотора, где се уље доводи под притиском. Прскање уља се остварује, најчешће, на рачун уља које излази из лежаја коленастог вратила и које се под дејством центрифугалне силе интензивно хаотично баца по целом кућишту, подмазујући све клизне површине у њему. Међутим, често се уље и усмерено прска на клизне површине цилиндра, брегова и сл. било помоћу бушених канала (млазница) на великој песници клипњаче или уградњом посебних прскалица - брызгача директно повезаних са главном уљном магистралом. Овакви брызгачи служе, код јаче термички оптерећених мотора, и за прскање уља по доњој страни чела клипа ради његовог хлађења.



КОНСТРУКЦИЈСКА РЕШЕЊА СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

Зупчаста пумпа за уље



- зупчаста
- погон непосредно или посредно од коленастог вратила
- уроњена у уље
- често се у мотору налазе две пумпе: основна за подмазивање и помоћна за прелив уља



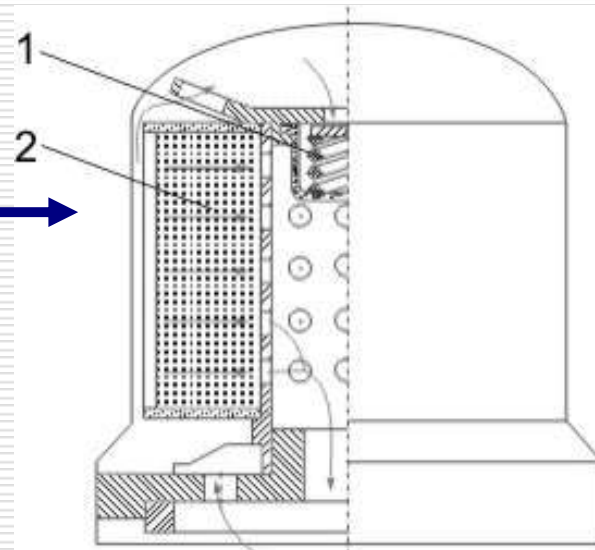
КОНСТРУКЦИЈСКА РЕШЕЊА СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

Пречистач уља

У систему за подмазивање мотора се користе два типа пречистача:

- пречистач уља пуног протока и
- пречистач уља делимичног протока.

Пречистач уља
пуног протока





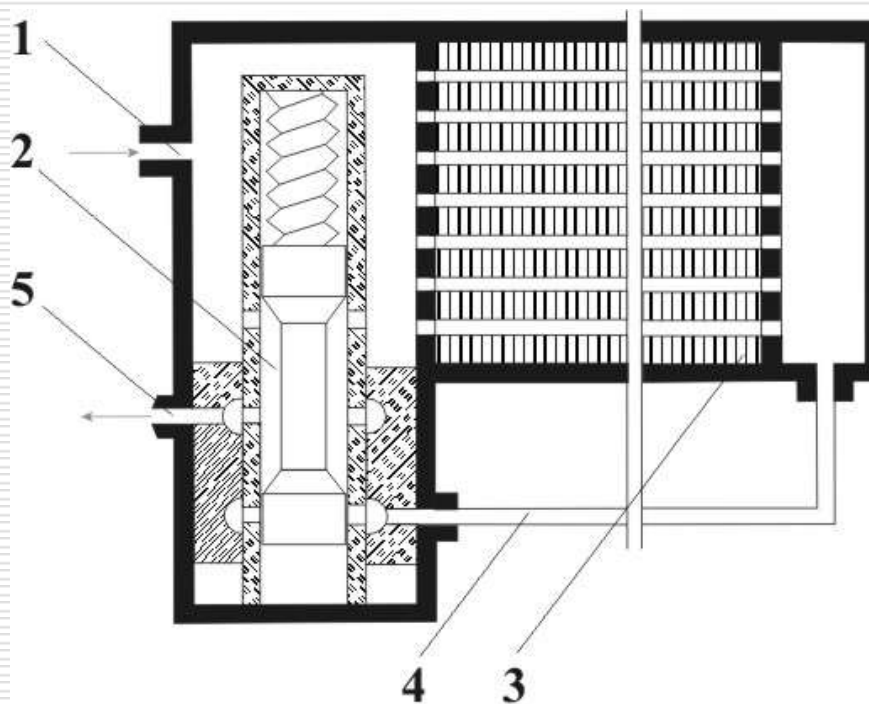
КОНСТРУКЦИЈСКА РЕШЕЊА СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

Хладњак за уље

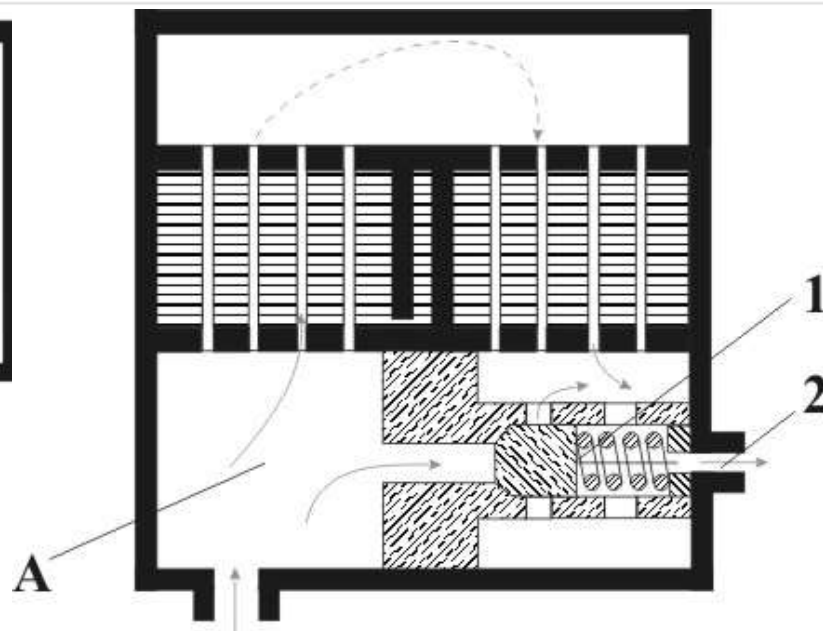
- **хладњак уље-ваздух**, када се уље хлади помоћу околног ваздуха који струји под дејством кретања возила и вентилатора и
- **хладњак уље-течност**, када се уље хлади помоћу расхладне течности из расхладног система мотора.



КОНСТРУКЦИЈСКА РЕШЕЊА СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ



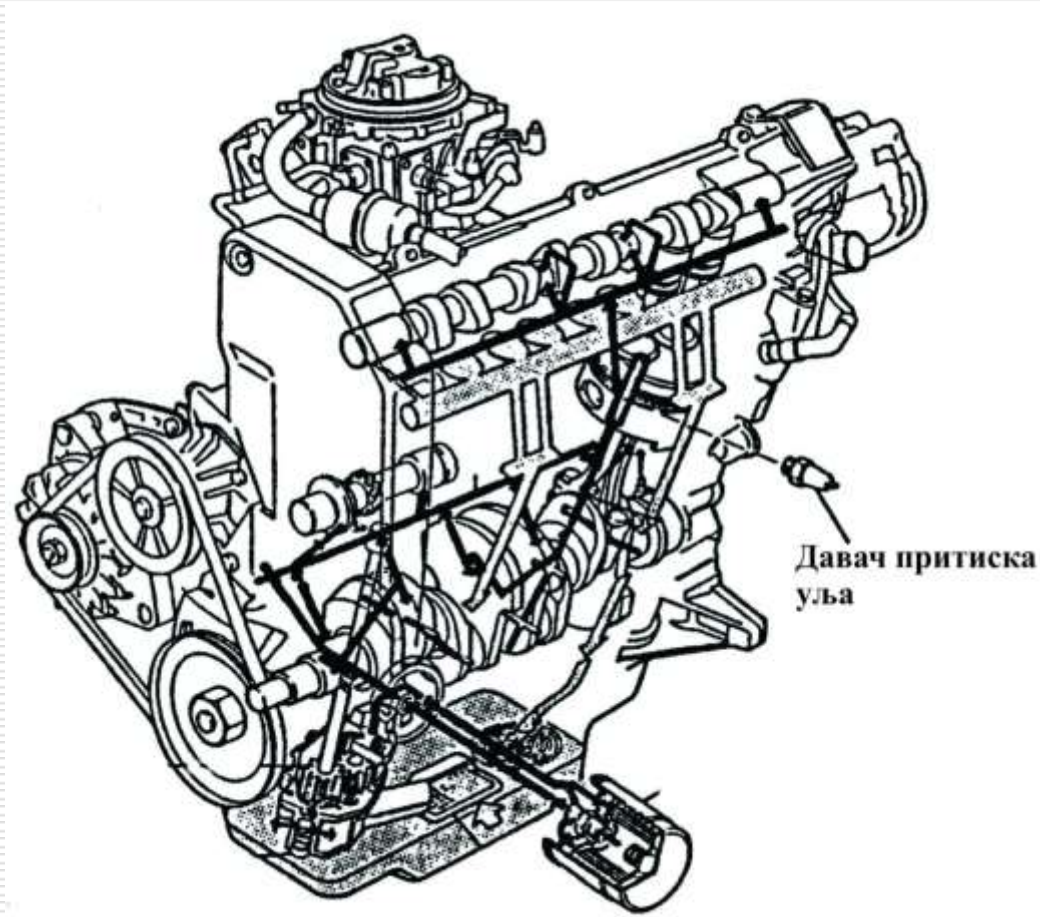
Хладњак за уље
са термостатским
вентилом



Хладњак за уље са
опружним вентилом



КОНСТРУКЦИЈСКА РЕШЕЊА СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ





МАЗИВА

- Подмазивање: поступак раздвајања спрегнутих површина тела у релативном кретању слојем мазива ради смањења трења и хабања контактних површина
- Мазиво: било која материја којом се раздвајају, потпуно или делимично, површине тела у релативном кретању.
- Допунске функције мазива:
 - заптивање
 - одвођење топлоте (хлађење)
 - заштита радних површина (од корозије)
 - одржавање чистоће подмазиваног простора (испирање нечистоћа)
 - смањење буке и ублажавање удара



ПОДЕЛА МАЗИВА

- Према пореклу:
 - Минерална
 - Синтетичка
- Према агрегатном стању:
 - течна (мазива уља),
 - пластична (мазиве масти),
 - чврста (графит, азбест, тефлон)



МАЗИВА

Мазива уља

- ☐ течна мазива
- ☐ мешавина базних уља и адитива
 - Базна уља – продукти сирове нафте који имају велики утицај на квалитет мазива,
 - Адитиви – додаци за побољшање одређених карактеристика (детерџенти, ЕР адитиви и сл.)
- ☐ намењена за подмазивање затворених сложених система
- ☐ у моторним возилима заступљене су две врсте мазивих уља
 - **Моторна уља – подмазивање покретних делова мотора**
 - **Трансмисиона уља – подмазивање преносника снаге**



МАЗИВА

Састав уља за подмазивање

- Уља за подмазивање представљају мешавину базних уља и различитих адитива у циљу добијања жељених - карактер.
- Базна уља могу бити *минерална* или *синтетичка*.



Састав уља за подмазивање



МАЗИВА

- *Адитиви* су синтетичке хемијске материје које се додају базним уљима => добијање жељених карактеристика.
- Адитиви се додају у малим количинама при чему се добијају следећи позитивни ефекти:
 - побољшање карактеристика базних уља,
 - елиминација нежељених карактеристика базних уља
 - додавање нових карактеристика базним уљима.



МАЗИВА

Prednosti

- odlična tečljivost na niskim temperaturama,
- bolja oksidaciona stabilnost,
- rad u veoma širokim temperaturnim intervalima,
- rad na visokim temperaturama,
- visoka temperatura paljenja i samozapaljivanja,
- poboljšana svojstva podmazivanja,
- stabilan indeks viskoziteta,
- niska isparljivost,
- nekorozivnost i
- duži period eksploatacije do zamene ulja.

Nedostaci

- znatno viša cena,
- nekompatibilnost sa određenim tipovima materijala za izradu zaptivki, prevlakama i bojama,
- potencijalna toksičnost,
- visoki troškovi odlaganja,
- nekompatibilnost – nemogućnost mešanja sa mineralnim uljima ili nemogućnost mešanja različitih sintetičkih ulja između sebe.

Предности и недостаци синтетичких базних уља



a)

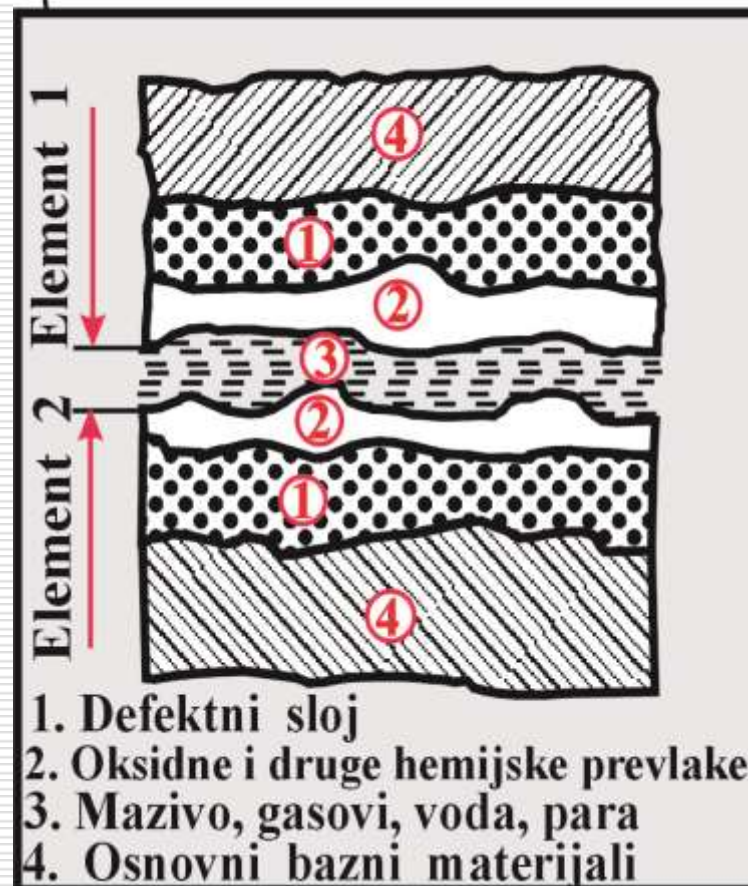


b)

Типичне формулације моторног уља за:
аутомобиле (а) и камионе (б)

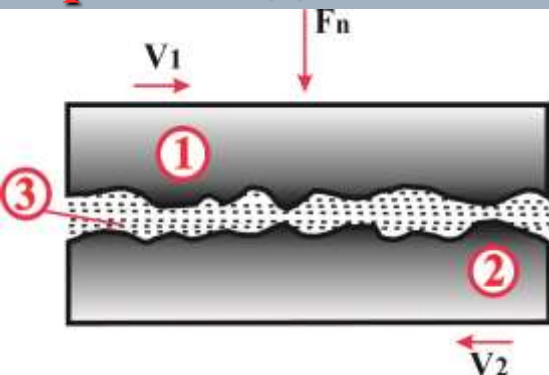


Kontaktni par

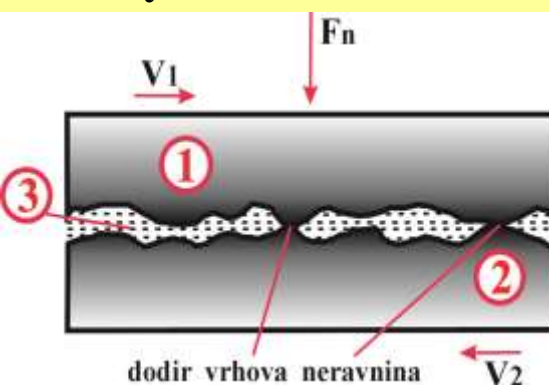


Структурна схема трибомеханичког система према DIN 50320

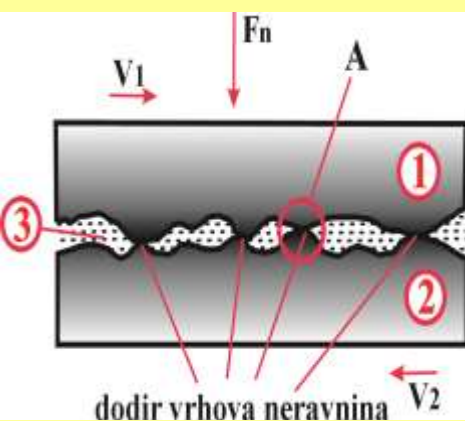
Врсте подмазивања



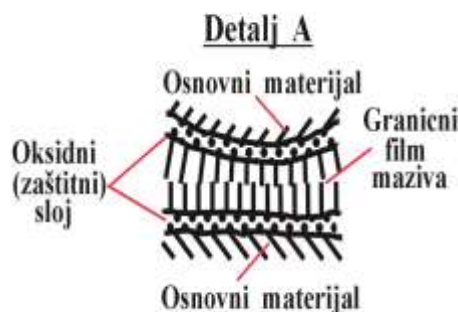
Потпуно подмазивање



Мешовито подмазивање



Гранично подмазивање



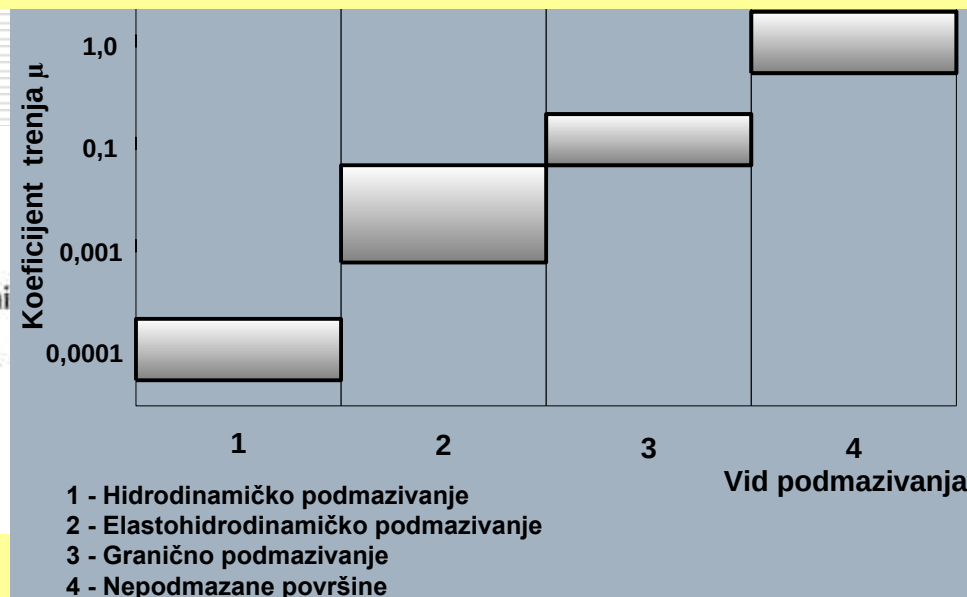
Потпуно подмазивање се реализује:

1. Довођењем флуида под притиском:
 - хидростатичко подмазивање и
 - гасно-статичко подмазивање.
2. Самогенерисањем унутрашњег притиска у флуиду:
 - Хидродинамичко подмазивање,
 - Еласто-хидродинамичко подмазивање и
 - Гасно-динамичко подмазивање.

Непотпуно подмазивање:

- мешовито подмазивање (МП) и
- гранично подмазивање (ГП).

Вредности коефицијента трења за различите режиме подмазивања



TIP ADITIVA	TIP MAZIVA				
	Motorna ulja	ATF ulja	Ulja za zupčaste prenosnike	Hidraulična ulja	Turbinska ulja
Detergenti	◆	◆			
Disperzanti	◆	◆			
Impruveri viskoznosti	◆	◆	◆		
Depresanti stinjavanja	◆	◆	◆	◆	
Antioksidansi	◆	◆	◆	◆	◆
Inhibitori rđe	◆	◆	◆	◆	◆
Inhibitori korozije	◆	◆	◆		
Modifikatori trenja	◆	◆	◆		
Antihabajući aditivi	◆	◆	◆	◆	
EP aditivi			◆		
Inhibitori pene	◆	◆	◆	◆	◆

Типови адитива за мазива



МАЗИВА

Физичко хемијске карактеристике мазивих уља

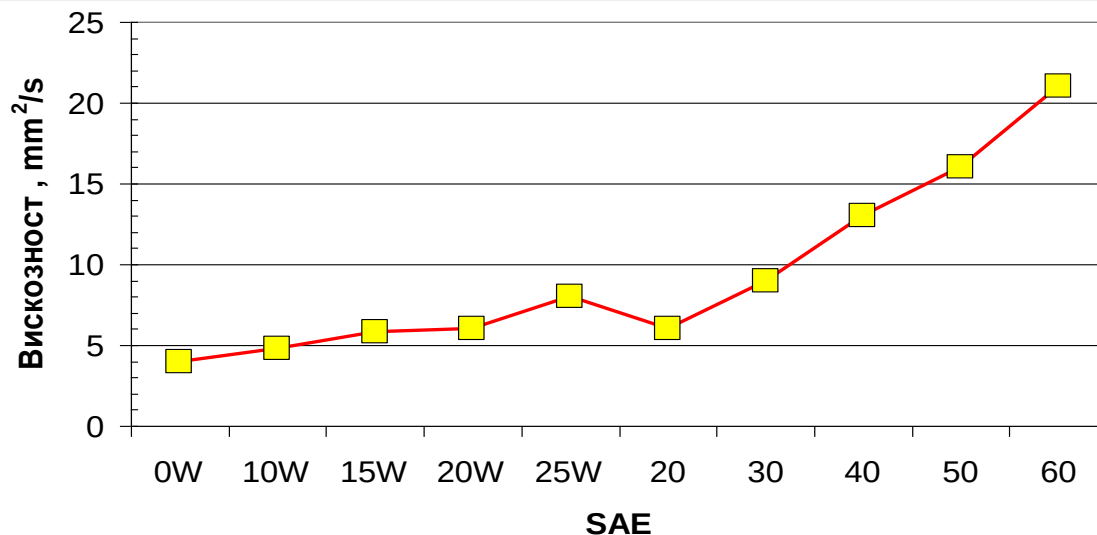
- ВИСКОЗНОСТ,
- ИНДЕКС ВИСКОЗНОСТИ,
- температура или тачка паљења,
- температура или тачка стињавања,
- укупни базни број,
- садржај воде,
- садржај нетопивих честица,
- пенушање и
- ТОКСИЧНОСТ.



МАЗИВА

Вискозност [mm^2/s]:

- мера унутрашњег отпора или трења које се јавља у течности приликом струјања
- основно физичко својство уља за подмазивање
- SAE градације: подела уља према вискозности предложена од стране SAE – Друштва америчких аутомобилских инжењера





МАЗИВА

Моторна уља

Захтеви:

- Подмазивање тарних површина обезбеђењем непрекидног уљног филма
- Одвођење дела топлоте настале сагоревањем горива у мотору, као и топлоте проузроковане трењем делова,
- Заптивање простора између клипа и цилиндара,
- Чишћење – одстрањивање продуката хабања и сагоревања са клизних површина
- Заштита металних површина од корозије (инхибитори корозије)
- Олакшавање старта хладног мотора
- Амортизација - ублажавање удара при раду
- Смањење буке



МАЗИВА

Моторна уља, класификација

- SAE класификација - према вискозности
- Моноградна уља – зимска и летња: SAE 0W, SAE 5W, SAE 10W, SAE 15W, SAE 20, SAE 20W, SAE 25W, SAE 30, SAE 40, SAE 50, SAE 60.
- Мултиградна уља: намењена за коришћење и у зимским и у летњим условима експлоатације.

Пример : моторно уље SAE 15 W/40 значи да се ово уље у зимским условима рада понаша као уље SAE 15 W, а у летњим условима понаша се као уље SAE 40. импрувери вискозности.



МАЗИВА

Моторна уља, класификација

API класификација: према квалитету (условима рада)

- ☐ S – SERVICE: уља првенствено намењена за бензинске моторе
- ☐ C - COMMERCIAL: уља првенствено намењена за дизел моторе.

Прво слово означава поље примене, а друго слово означава степен квалитета, а слова се нижу по абecedном реду, SA, SB..., CA, CB...



МАЗИВА

Карактеристике уља за подмазивање

- Уља има читав низ заједничких карактеристика, као и оне специфичне само за одређене области примене.
- Ове карактеристике представљају основ за избор типа уља за примену у одређеној области и избор дијагностичких параметара преко којих се може пратити стање уља.
- Вискозност, Индекс вискозности, густина, стишљивост, тачка стињавања, боја, специфична топлота, хидролитичка стабилност, термичка стабилност, оксидациона стабилност, деемулзивност, пенушавост, антихабајуће карактеристике, неутрализациони број.



Контаминација уља за подмазивање

□ У основне контаминанте уља за подмазивање спадају: *механичке нечистоће, вода и продукти хемијских реакција и деградације уља.*

Контаминација уља механичким нечистоћама

□ Механичке нечистоће => најчешћи извор контаминације уља и основни узрок хабања контактних површина система који се подмазује.

□ У ову групу контаминаната спадају *чврсте честице* различитог порекла, структуре, облика и величине.

□ Посебно негативан ефекат чврсте честице имају у: хидрауличким техничким системима, моторима СУС и зупчастим преносницима (интензивни триболошки процеси).



Контаминација уља за подмазивање

Сви извори контаминације деле се у четири групе:

- ☐ контаминација унета у систем у току процеса израде и монтаже,
- ☐ контаминација унета преко новог уља,
- ☐ контаминација која продире у систем из околине и
- ☐ контаминација генерисана унутар система у току рада, (последица триболошких процеса).



Контаминација уља за подмазивање

Контаминац. унета у систем у току израде и монтаже

- ☐ остаци од заваривања,
- ☐ честице абразива,
- ☐ делови боје, лака и антикорозивних средстава,
- ☐ остаци заптивних елемената,
- ☐ текстилна влакна, прљавштиња, прашина, метални опилъци.

Контаминац. која продире у систем из околине

- ☐ Отвори за одушак на резервоарима уља
- ☐ Заптивке на покретним деловима система
- ☐ Лежајеви
- ☐ Радови на сервисирању и одржавању.



Контаминација уља за подмазивање

Контаминац. која се генерише унутар система (хабање)

- ☐ абразивно хабање,
- ☐ ерозивно хабање,
- ☐ адхезивно хабање,
- ☐ заморно хабање,
- ☐ корозивно хабање,
- ☐ кавитационо хабање.



Контаминација уља за подмазивање

- ❑ Најчешће коришћена метода за одређивање нивоа контаминације хидрауличког радног флуида чврстим честицама, дефинисана је стандардом ИСО 4406.
- ❑ ИСО 4406 је ознака нивоа чистоће радног флуида, која се састоји од три броја међусобно одвојених са "/".
- ❑ Ови бројеви представљају класе (кодове) за одређивање укупног броја чврстих честица у 100 ml радног флуида, уз коришћење одговарајуће табеле.
- ❑ Из табеле се види да свака следећа класа чистоће садржи двоструко више чврстих честица од претходне.

Broj čestica u 100 ml		
Klasa	od	do
24	8×10^6	16×10^6
23	4×10^6	8×10^6
22	2×10^6	4×10^6
21	1×10^6	2×10^6
20	500×10^3	1×10^6
19	250×10^3	500×10^3
18	130×10^3	250×10^3
17	64×10^3	130×10^3
16	32×10^3	64×10^3
15	16×10^3	32×10^3
14	8×10^3	16×10^3
13	4×10^3	8×10^3
12	2×10^3	4×10^3
11	1×10^3	2×10^3
10	500	1×10^3
9	250	500
8	130	250
7	64	130
6	32	64
5	16	32
4	8	16
3	4	8
2	2	4
1	1	2
00	0	1

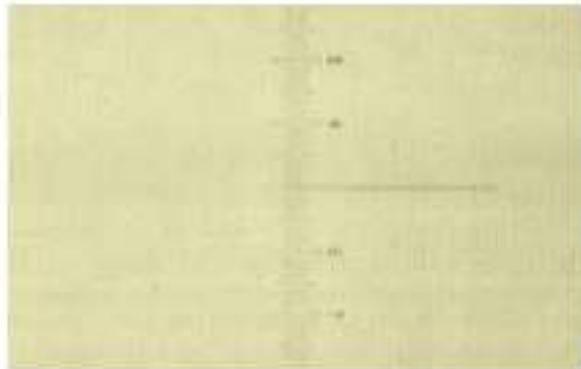
ISO 4406 XX / XX / XX

>4µm >6µm >14µm

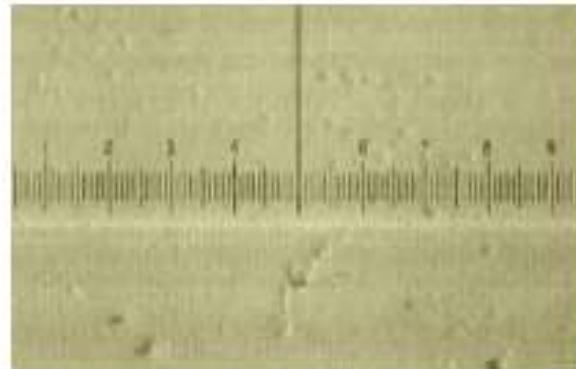
ПРИМЕР: Узорак радног флуида означен класом чистоће **ISO 4406 18/14/12**

То значи да у 100 ml овог флуида постоји највише до:

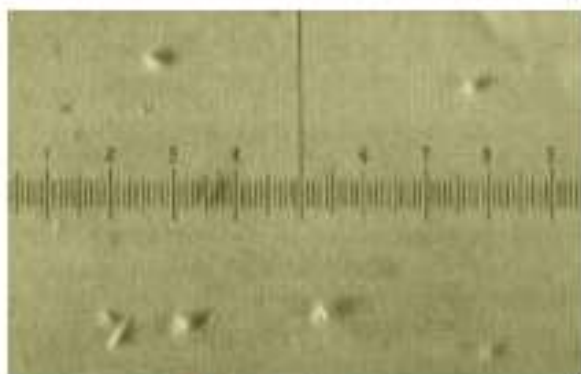
- 250000 честица већих од 4 µm
- 16000 честица већих од 6 µm
- 4000 честица већих од 14 µm



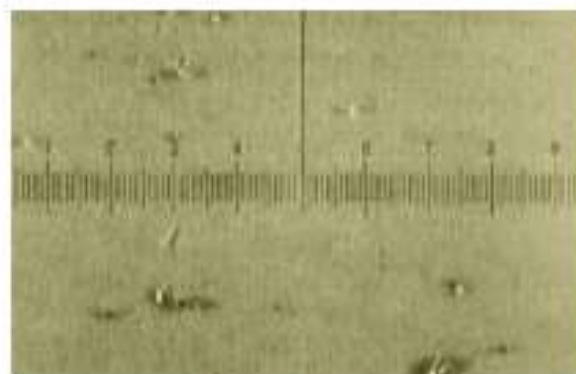
bez kontaminacije



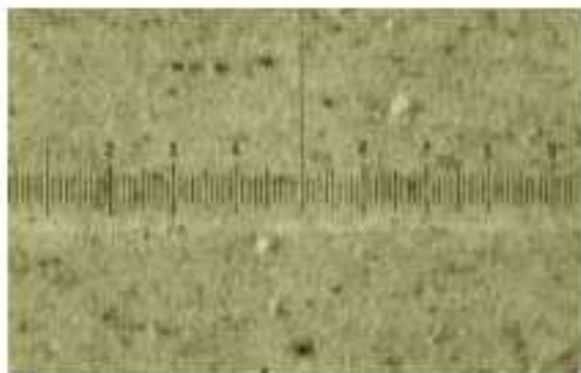
ISO 16/14/12



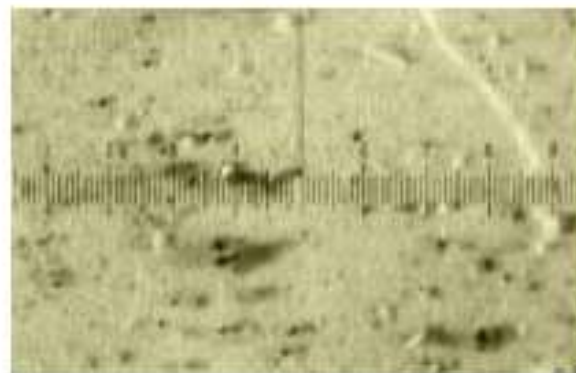
ISO 18/16/14



ISO 19/17/15



ISO 21/19/15



ISO 23/21/17

Микроскопски снимци узорци уља са различитим степеном чистоће по ISO 4406



Контаминација уља за подмазивање

□ Према димензијама продуката хабања => дијагноза о стању подмазаности контактних површина и условима остварења контакта.

□ Величине честица продуката хабања:

а. $< 5 \text{ } \mu\text{m}$ $\leftrightarrow$ хидродинамичко подмазивање,

б. $< 15 \text{ } \mu\text{m}$ $\leftrightarrow$ гранично подмазивање,

ц. $< 150 \text{ } \mu\text{m}$ $\leftrightarrow$ разарање уљног филма и појава чврстих атхезионих микроспојева

д. $< 1000 \text{ } \mu\text{m}$ $\leftrightarrow$ катастрофално хабање.

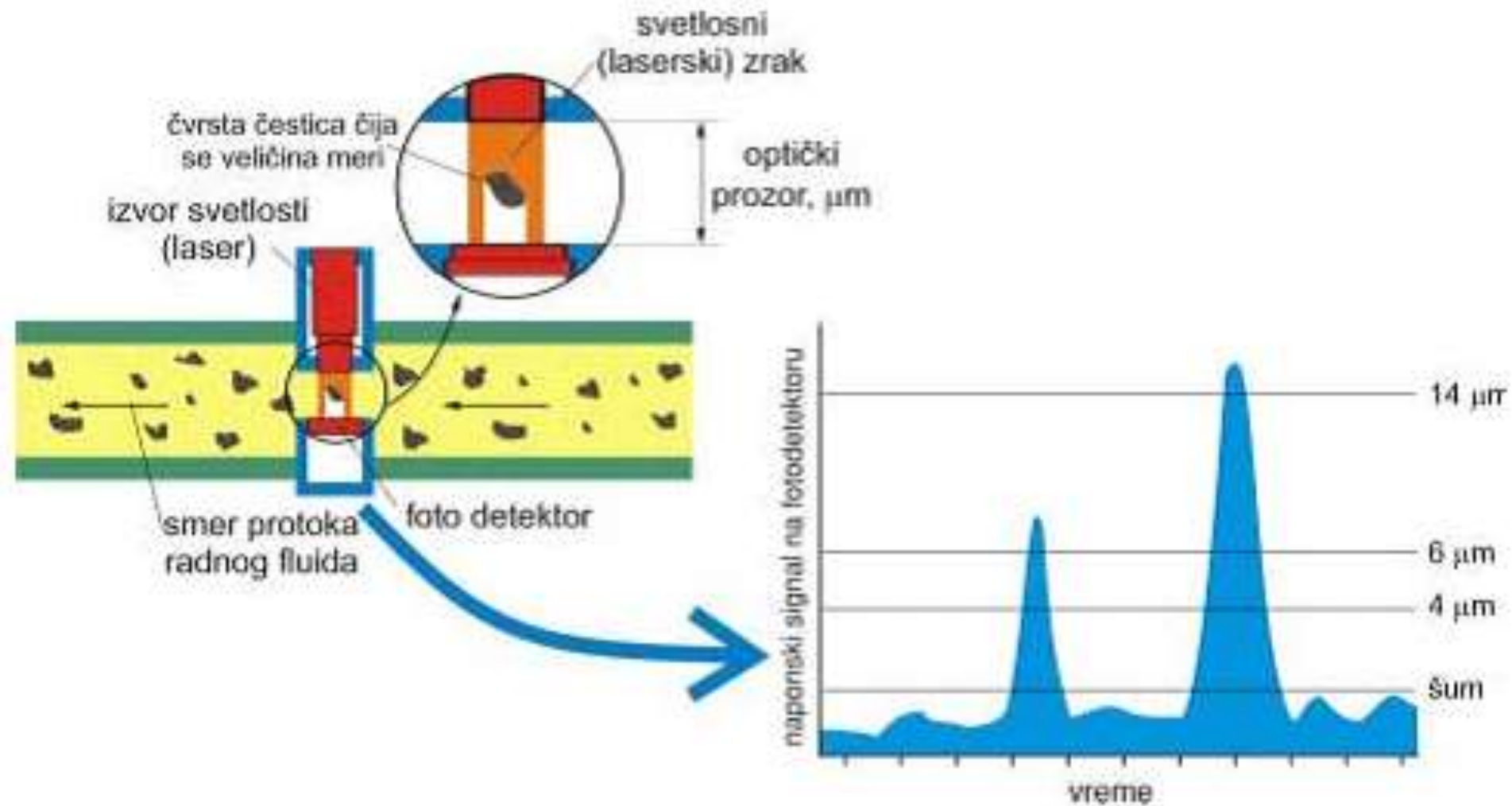


Контаминација уља за подмазивање

- ❑ Инструменти за идентификацију чврстих честица => сензори на посебно одређеном месту прикључени на хидрауличку инсталацију и део за кондиционирање сигнала и приказивање резултата.
- ❑ Сензорски део се састоји од извора ласерског зрака и фото детектора између којих пролази струја радног флуида.
- ❑ Честице у радном флуиду заклањају фото детектор што за последицу има стварање напонског сигнала који је пропорционалан величини, односно броју честица.
- ❑ Излазна вредност на уређају представља ISO 4406 код чистоће радног флуида-уља.



Контаминација уља за подмазивање



Принцип рада уређаја за одређивање степена чистоће уља



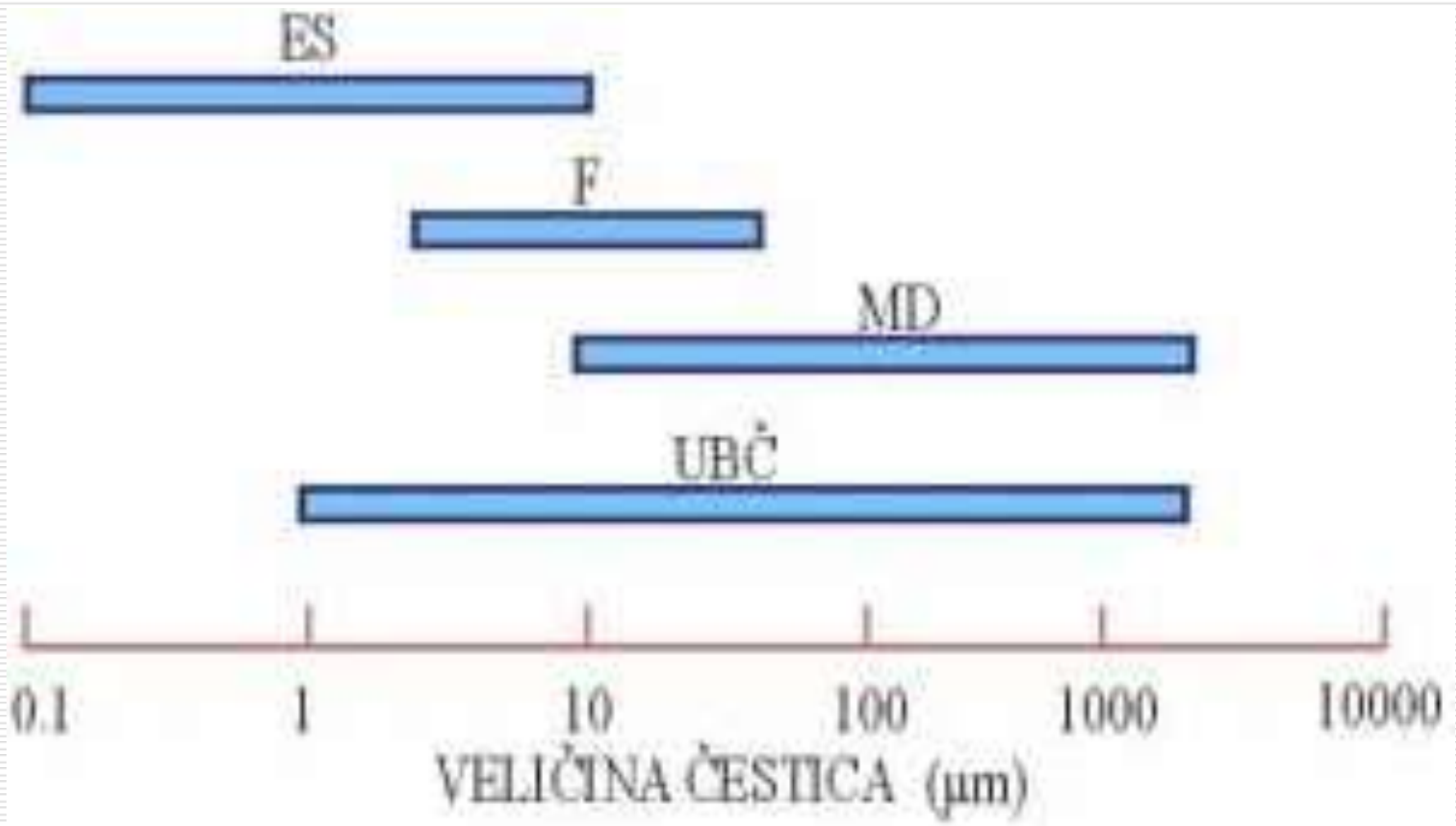
Уређаји водећих светских произвођача за одређивање степена чистоће уља



Најновија генерација компактних on-line уређаја за мониторинг чистоће уља



Контаминација уља за подмазивање



Поређење метода за анализу продуката хабања са аспекта величине мерне области: **ES-емисиони спектрометар**, **F-ферограф**, **MD-магнетни детектор** и **UBČ-ултразучни бројач честица**



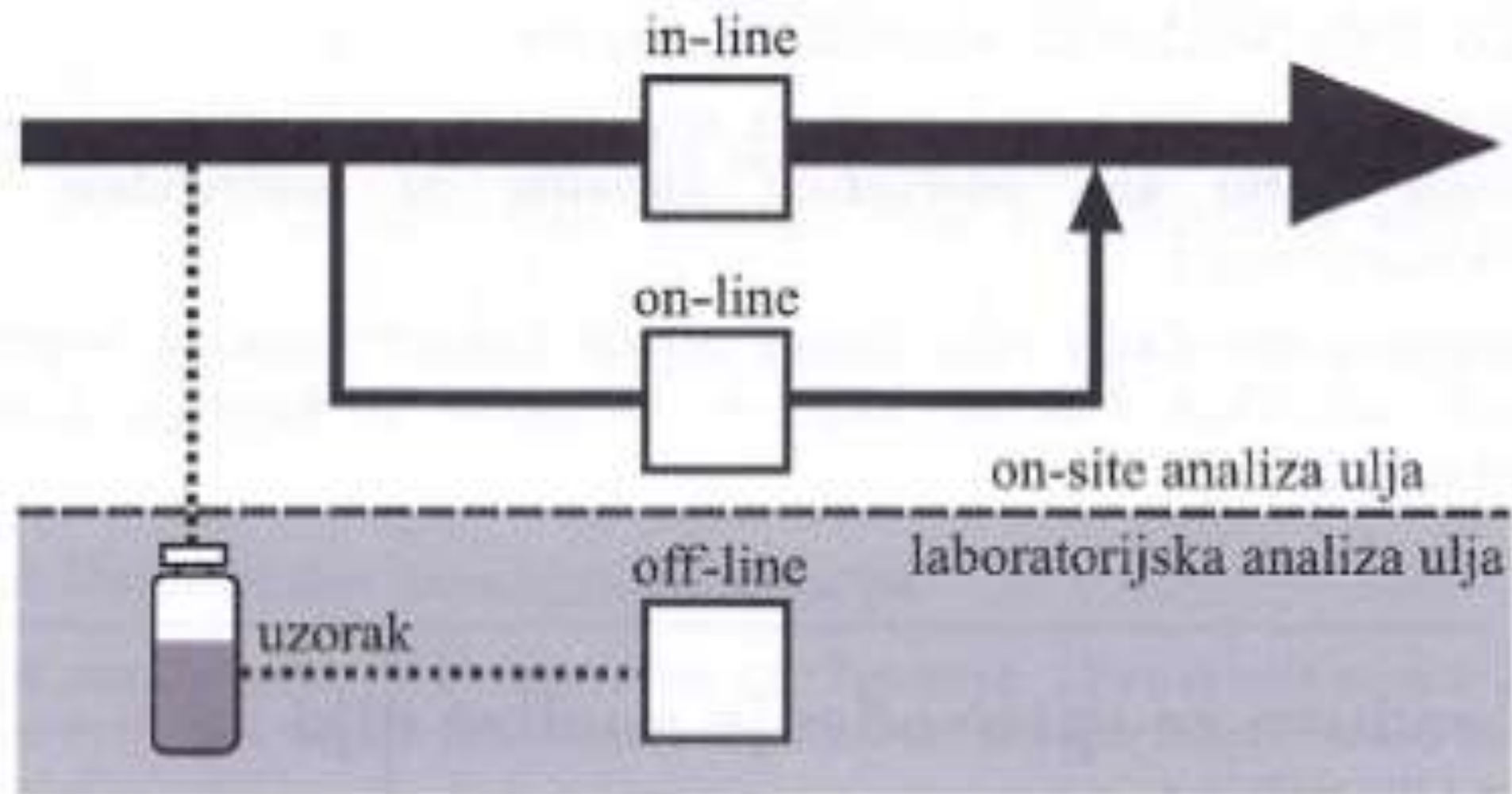
Процедура за спровођење анализе уља

Иницијализација програма анализе уља => дефинисање процедуре за спровођење анализе:

- Дефинисање начина за спровођење анализе уља => методе и места за узорковање уља,
- Дефинисање дијагностичких параметара и избор тестова за анализу уља,
- Дефинисање граничних вредности дијагностичких параметара
- Интерпретација резултата и израда извештаја о спроведеној анализи.



Процедура за спровођење анализе уља



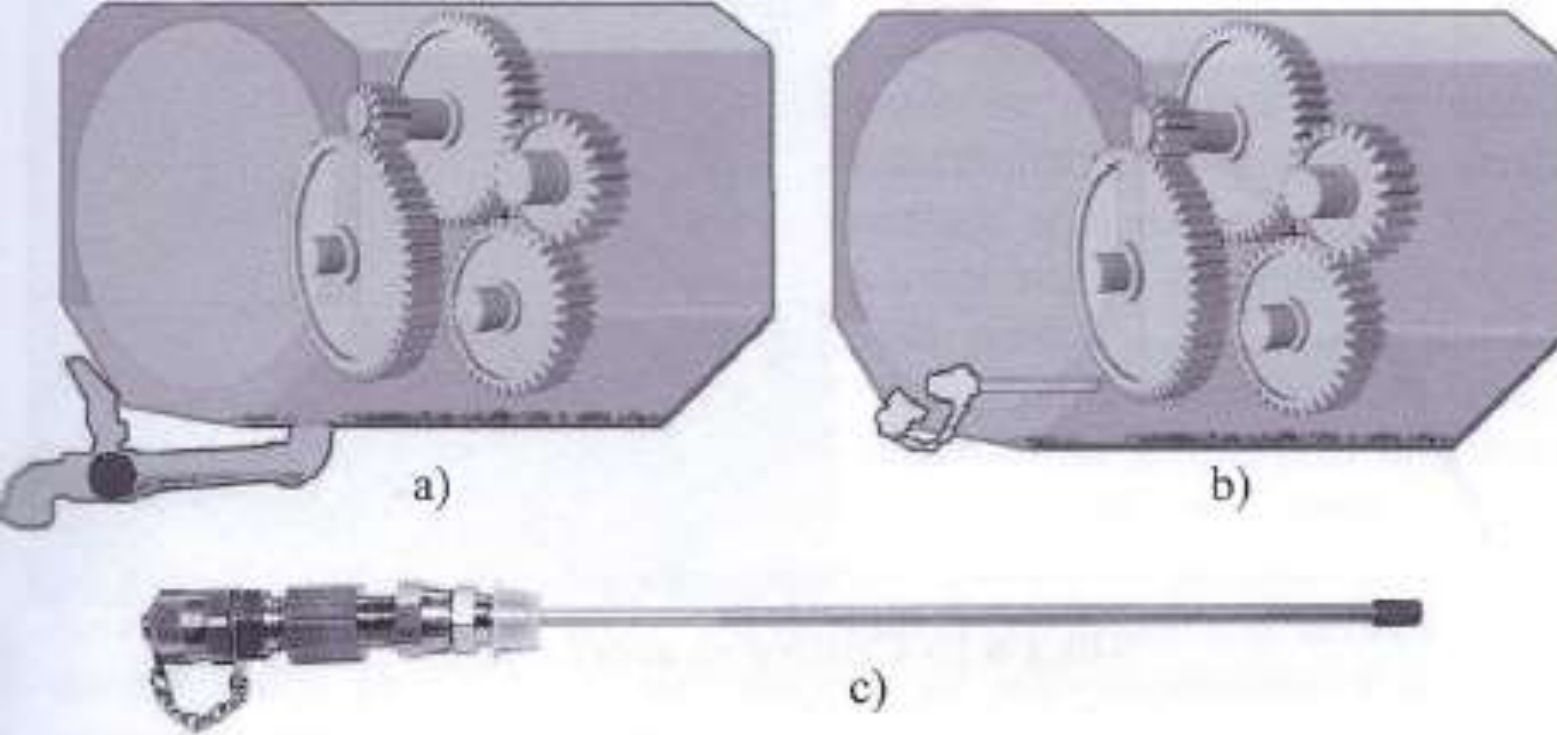
Начини за спровођење анализе уља



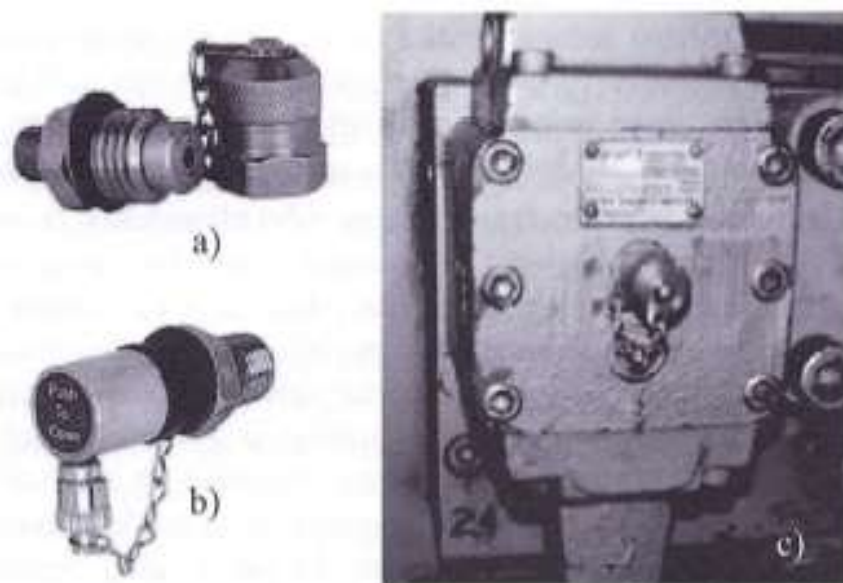
Процедура за спровођење анализе уља

Узорковање уља

- ☐ Од пресудне важности је правилно одредити место за узорковање уља из система,
- ☐ Технички систем са уљем које циркулише кроз систем => дефинише се примарно и више секундарних места,
- ☐ Репрезентативност узорка зависи од методе узимања узорка:
 - а) Узимање узорка испуштањем из резервоара,
 - б) Узимање узорка преко Питотове цеви,
 - ц) Узимање узорка преко вентила за узорковање,
 - д) Узимање узорка помоћу вакуум пумпи.



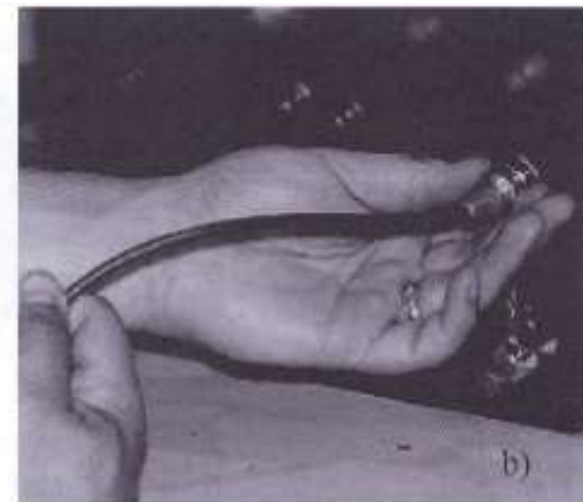
Узимање узорка испуштањем
и преко Питотове цеви



Вентили за узорковање

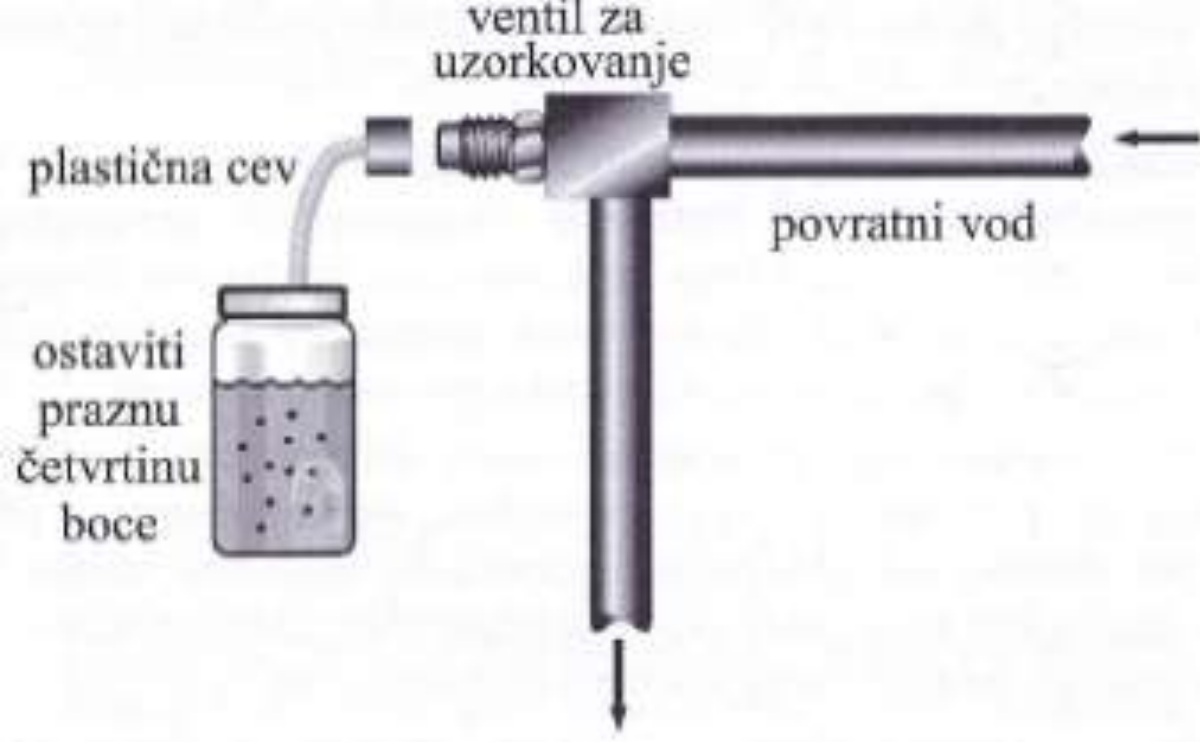


a)



b)

Цевчице за узорковање



Правилно узорковање уља из
хидрауличних система



Узорковање вакуум
пумпом



Процедура за спровођење анализе уља

Дефинисање граничних вредности изабраних дијагностичких параметара:

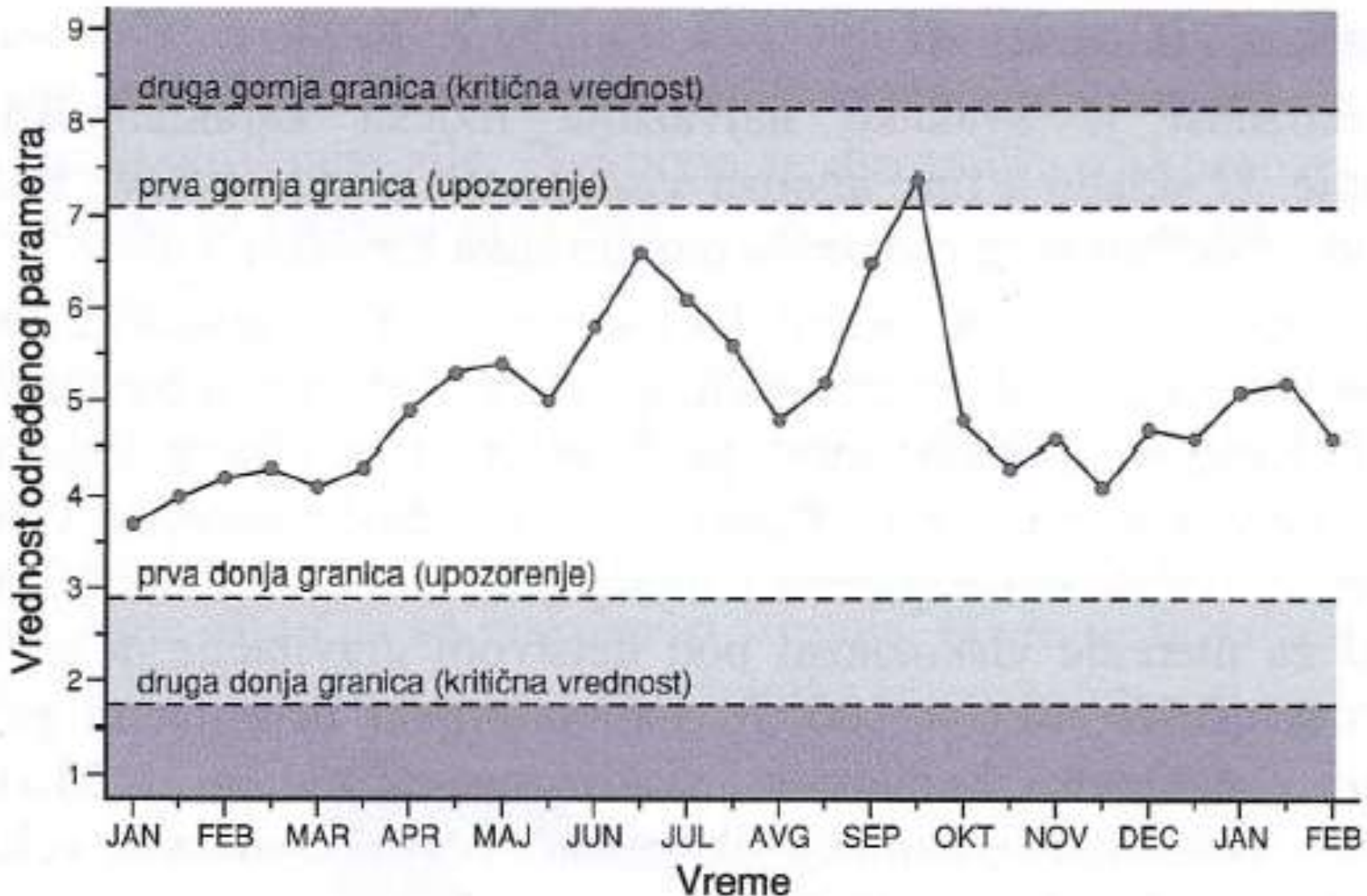
- Правилно одређивање допуштених нивоа дијагностичких параметара веома значајна,
- Важно => детаљна анализа система подмазив. и фактора:
- општа конструкција система и његова функција,
- уграђене компоненте и њихово тренутно стање,
- време које је систем провео у експлоатацији (km, mč),
- анализирање групе најосетљивијих компоненти у систему,
- уље које се користи и његове карактеристике,
- услови рада и агресивност радне средине,
- значај конкретног техничког система.

☐ *Ниво упозорења (I ниво)*

☐ *Критичан ниво (други ниво)*

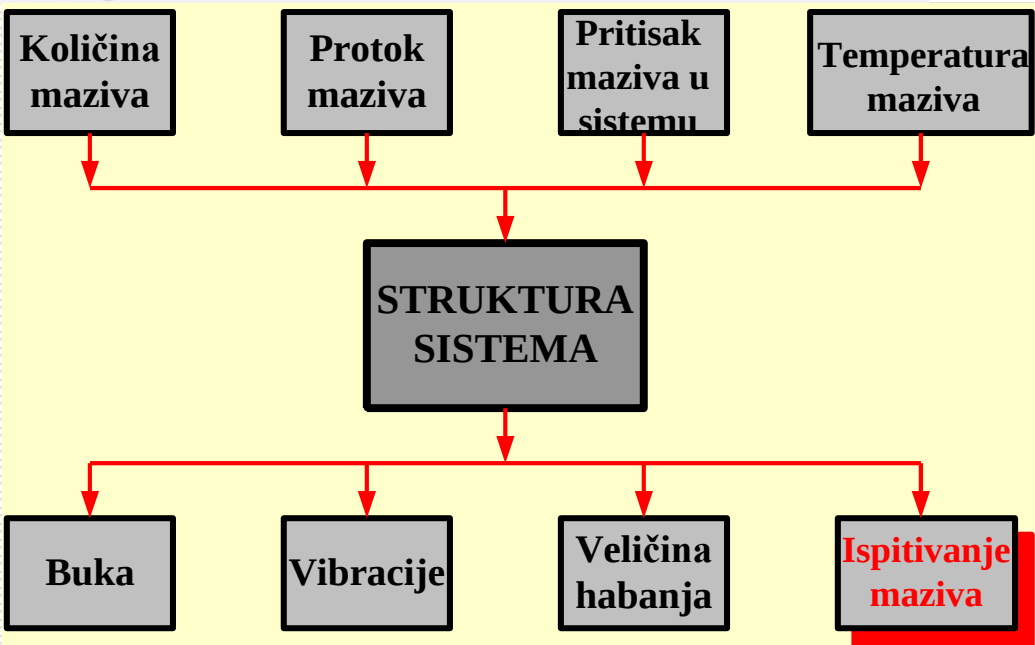


Процедура за спровођење анализе уља



Дефинисање граничних вредности дијагностичких параметара

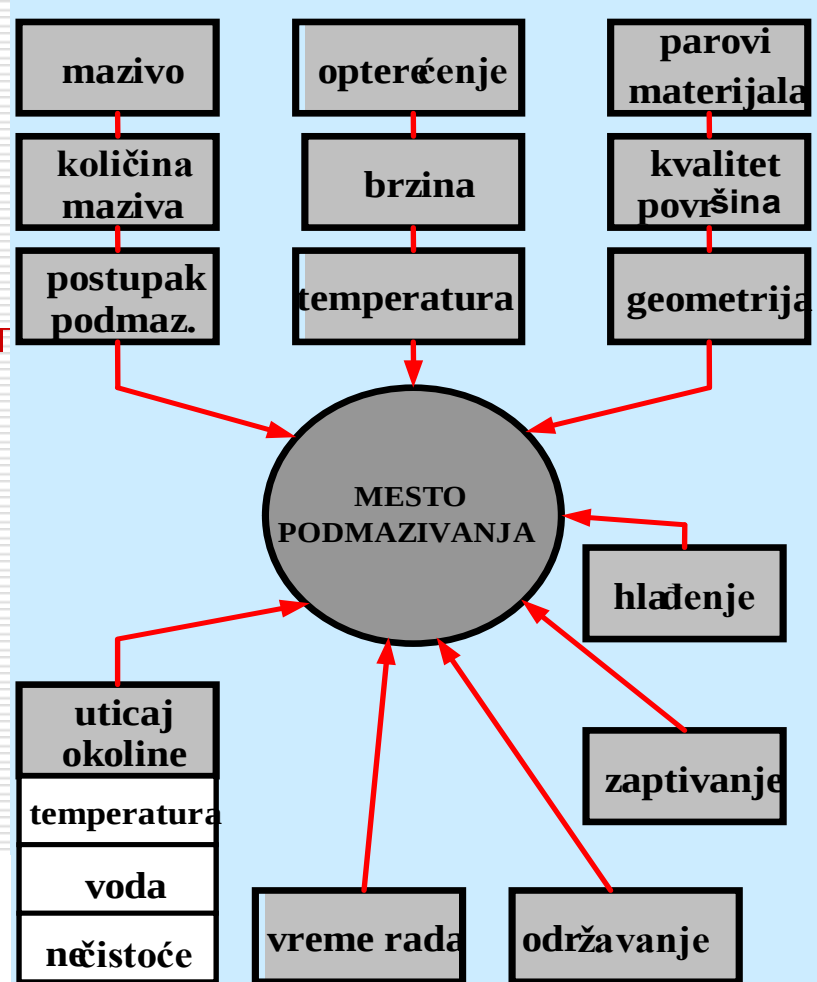
Дијагностика стања мазива



Мониторинг методе трибомеханичког система

Основни циљеви анализе уља м/в су:

- анализа процеса хабања елемената система,
- анализа процеса контаминације мазива,
- праћење промена у својствима мазива ради оптимизације века употребе и контроле функционалности система (продор контамината, стање температуре и притиска, ефикасност пречистача и др.).
- утврђивање стања оштећења и узрока отказа.



Триболошке зависности у процесу дијагностике

Процедура дијагностике стања мазива

1. Избор склопова возила из којих ће бити вршено узорковање уља,
2. Сагледавање рада склопа м/в, система подмазивања, услова експлоатације и његове намене, преглед основних техничких карактеристика,
3. Анализа триболошких процеса у склоповима моторних возила
4. Анализа функционалних отказа склопова возила са аспекта идентификације узрочника.
5. Информације о стању склопа возила и уља током анализе (притисак и температура уља, температура расхладне течности, ниво уља у систему).

Naziv TMS	Metali u legurama kontrolisanih površina	Mehanizam habanja	Režim podmazivanja
Klip-klipni prstenovi-cilindar	Željezo, aluminijum, hrom, molidben, nikl	Adhezija, abrazija, korozija, zamor materijala, freting	Granično i hidrodinamičko podmazivanje
Ležaj-rukavac	Olovo, kalaj, željezo, hrom, aluminijum, antimon, bakar	Adhezija, abrazija, korozija, zamor materijala, kavitacija, erozija	Granično i hidrodinamičko podmazivanje
Breg-podizač	Željezo	Zamor materijala, adhezija	Granično i elasto-hidrodinamičko podmazivanje
Ventil-vođica, sedište	Željezo	Adhezija, abrazija, erozija, korozija pri visokim temperaturama, freting korozija	Granično i hidrodinamičko podmazivanje

Триболошки процеси у
трибомеханичком систему мотора
СУС

Методе идентификације и мерења хабања преко продуката хабања у уљу

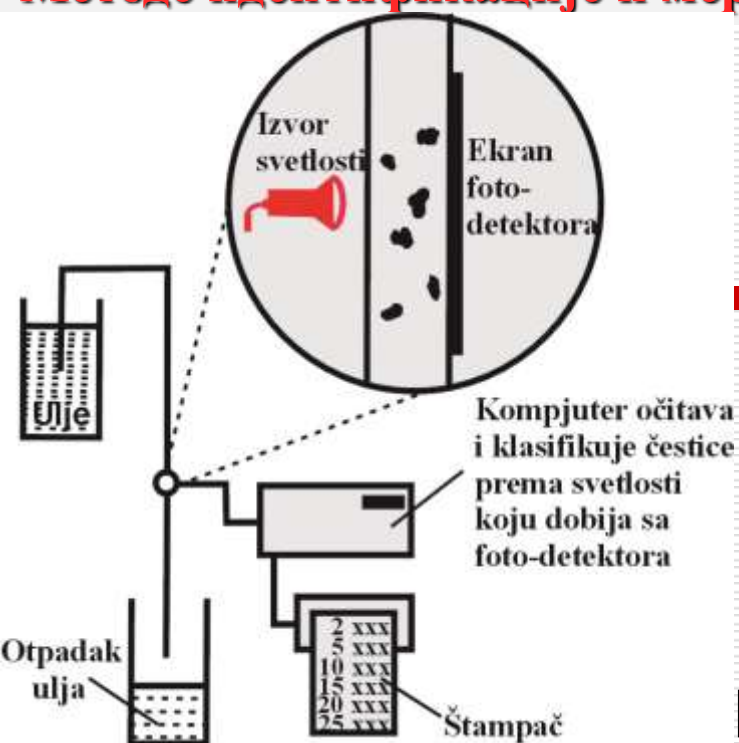
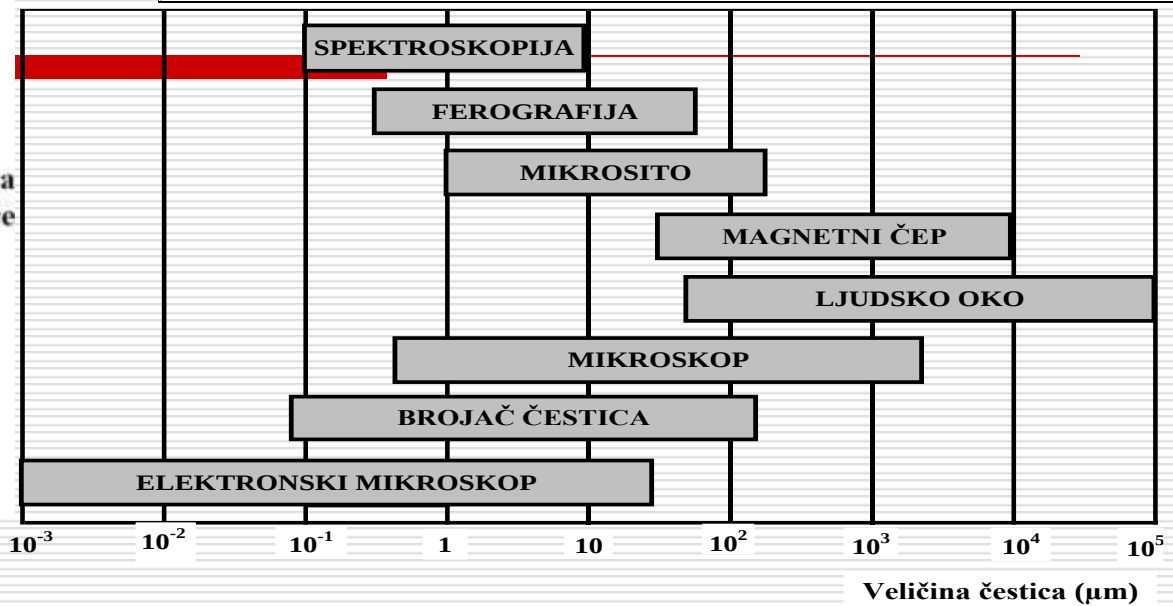


Схема бројача честица

Број честица за ISO код 22/18/13

ISO kod	22	18	13
min čestica / ml	20000	1300	40
max čestica / ml	40000	2500	80



Утицај величине честице на методу испитивања

ISO кодови чистоће уља

	12/9/7	14/11/8	16/13/10	18/15/11	20/17/13	22/19/15	24/21/17	26/23/17
HIDRAULIČNO ULJE	Vrlo čisto			Čisto		Zaprljano		
MENJAČKO ULJE			Vrlo čisto		Čisto		Zaprljano	
MOTORNO ULJE			Vrlo čisto		Čisto		Zaprljano	
TURBINSKO ULJE			Vrlo čisto		Čisto		Zaprljano	



Тестови за анализу уља

Тестови за анализу физичких карактеристика мазива:

- ☐ *Анализа Вискозности*
- ☐ *Анализа Тачке паљења (Flash Point)*
- ☐ *Анализа Тачке замућења (Cloud Point)*
- ☐ *Анализа Тачке течења (Pour Point)*
- ☐ *Анализа Испарљивости (Volatillity)*
- ☐ *Анализа Емулзивности (Emulsibillity)*
- ☐ *Анализа Деемулзивности (Deemulsibillity)*
- ☐ *Анализа Пенушања (Foaming)*
- ☐ *Анализа Деаерације (Air Release).*



Тестови за анализу уља

Тестови за анализу хемијских карактеристика мазива:

- ☐ Анализа TBN – Total Base Number (motorna ulja)
- ☐ Анализа TAN – Total Acid Number (transmisiona ulja)
- ☐ Анализа Оксидационе стабилности (Oxidation Stabillity)
- ☐ Анализа Термичке стабилности (Thermal Stabillity)
- ☐ Анализа Садржаја пепела (Ash Content)
- ☐ Анализа Садржаја кокса (Carbon Residue)
- ☐ Анализа Хидролитичке стабилности (Hydrolytic Stabillity)
- ☐ Анализа Корозивности (Corrodibillity)
- ☐ Анализа Способности заштите од корозије (Corrosin Protection Carabillity)
- ☐ Анализа Садржаја воде (Water Content)
- ☐ Анализа Садржаја асфалтена (Asphaltene Content).



Тестови за анализу уља

- ☐ *Одређивање броја честица*
- ☐ *Ферографија,*



Тестови за анализу уља

Karakteristika	Metoda ispitivanja
Gustina, gr/cm ³	SRPS B.H8.015
Kinematska viskoznost, mm ² /s	SRPS B.H8.022
Indeks viskoznosti	SRPS B.H8.024
Tačka paljenja (°C)	ISO 2592, ASTM D 92
Tačka tečenja (°C)	ISO 3016
Penušanje, ml/ml: 24°C; 94°C; 24°C	ASTM D892
Sadržaj vode, mas.%	ASTM D 95
TAN, mgKOH/g	ASTM D 664
TBN, mgKOH/g	ASTM D 2896
Nerastvorne materije u n-pentanu, %	ASTM D 893
Nerastvorne materije u benzenu, %	ASTM D 4055
Sadržaj Fe, %	ASS
Sadržaj Cu, %	ASS

Примењени тестови и методе за испитивање физичко-хемијских карактеристика уља



Тестови за анализу уља

Fizičko-hemijske karakteristike ulja i produkti habanja	Maks. dozv. odstupanja od početnih vrednosti	
	Motorna ulja	Menjačka ulja
Viskoznost na 40°C i 100°C, [mm ² /s]	20%	20%
Indeks viskoznosti IV, [%]	± 5 %	± 5 %
TAN, [mgKOH/gr]	—	3 mg KOH/gr
TBN, [mg KOH/gr]	pad do 50%	—
Tačka paljenja, K	20 %	20 %
Nerastvorni talog u toluenu, [%]	—	0,5 %
Sadržaj vode, [%]	0,2 %	0,1 %
Nerastvorne materije u n-pentanu, [%]	3,5	—
Nerastvorne materije u benzenu, [%]	2,5	—
Produkti habanja-Sadržaj Fe, [ppm(μg/gr)]	100 ppm	500 ppm
Produkti habanja-Sadržaj Cu, [ppm(μg/gr)]	50 ppm	50 ppm

Дозвољене вредности одступања физичко-хемијских карактеристика новог и коришћеног уља

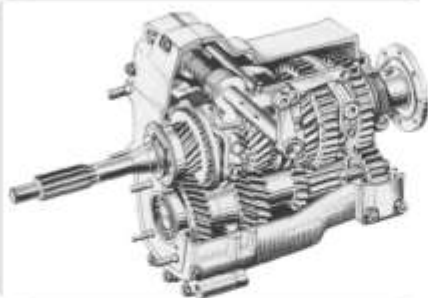


4. Тестови за анализу уља

Тестови триболошких карактеристика мазива (уља):

Standard	Kontaktna geometrija
<i>Antihabajuće osobine (Wear Preventive Characteristics)</i>	
ASTM D2670	Pin i V blok (Pin and Vee Block)
ASTM D4172	Četiri kuglice (Four Ball)
<i>EP karakteristike (Extreme Pressure Properties)</i>	
ASTM D2782	Blok i prsten (Block on Ring)
ASTM D2783	Četiri kuglice (Four Ball)
ASTM D3233	Pin i V blok (Pin and Vee Block)
IP 240	Blok i prsten (Block on Ring)
<i>Frikcione karakteristike (Friction characteristics)</i>	
ASTM D 5183	Četiri kuglice (Four Ball)
<i>Tribološko ponašanje na uređajima sa realnim mašinskim elementima</i>	
ASTM D5182	Zupčasti par (FZG – Gear Test Rig)

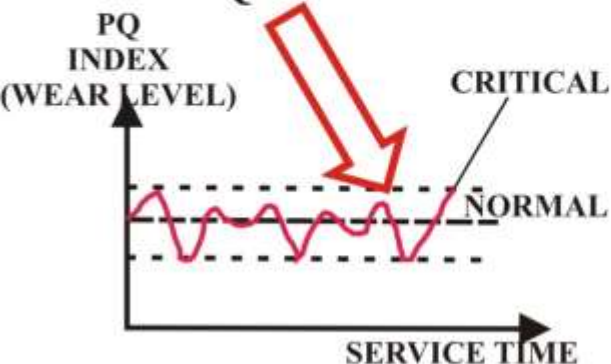
Тестови триболошких карактеристика уља за подмазивање



Tribomehanički sistem



**PQ kvantifikator čestica
PQ 2000**



Uzorak

**Fizičko-
hemijske
karakteristike**



- Sila trenja
- Koeficijent trenja
- Habanje elemenata (pina i diska)
- Temperatura pina i ulja
- Topografija površina
- PQ indeks ...



Rotacioni depozitor RPD

Пример модел испитивања триболошких карактеристика уља у току експлоатације

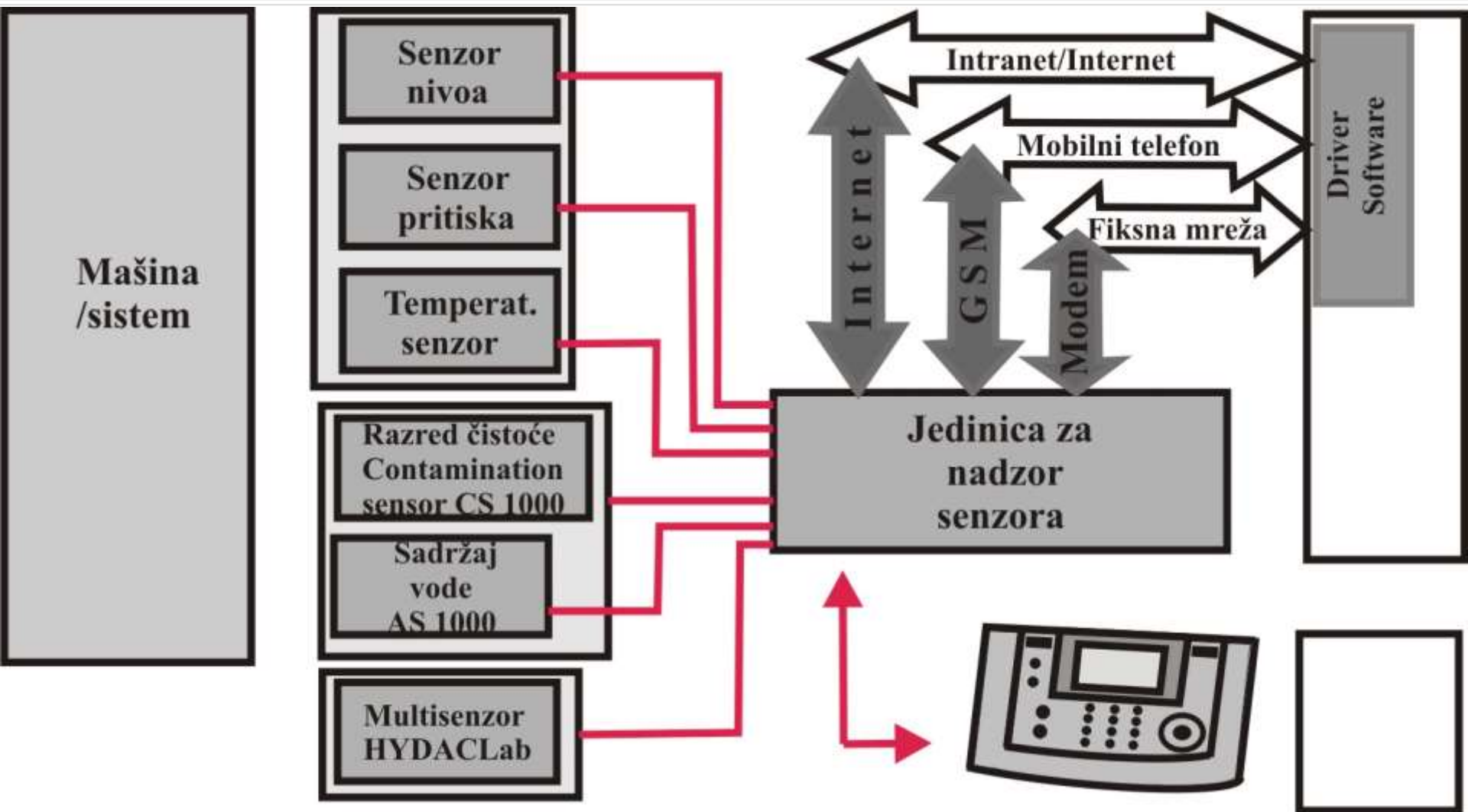


Метода on-line мониторинга (стална контрола) квалитета уља

- ❑ Скуп мерних поступака, при чему се анализирани узорак доводи у мерни уређај директно из система, а резултати анализа се континуирано контролишу.
- ❑ On-line monitoring => непрекидна контрола количине чврстих честица (разред чистоће) и садржаја воде у уљу.
- ❑ Могуће пратити и промену других параметара: вискозности, диелектричне константе, итд.
- ❑ Свака промена стања у систему се одмах региструје, корисник правовремено обавештен и може спречити нежељене последице.



Метода on-line мониторинга (стална контрола) квалитета уља



Шематски приказ on-line контроле система



Метода on-line мониторинга (стална контрола) квалитета уља

- ❑ Најчешће опрема конструисана за сталну уградњу у системе (интегрисана у систем).
- ❑ Измерене вредности се воде на контролна места, где се обрађују и приказују.
- ❑ Дата је могућност да се изврши прикључивање на различите системе алармирања у случају прекорачења задатих граничних вредности.
- ❑ Највећи део мерних уређаја садржи у себи и управљачке модуле, тако да може управљати деловањем сервисне опреме.
- ❑ Нпр. код повећане контаминације уља чврстим честицама се аутоматски укључује филтерски агрегат у by-passy и ради све док се не постигне потребан разред чистоће.