

# Property Analysis of the Agricultural Machinery Lubricants

---

Tone PLOJ

## SUMMARY

---

We need to produce enough healthy and cheap food as well as to preserve the ecologic equilibrium. This can be achieved by using modern machinery and up-to-date knowledge and technology. Agricultural machinery, in which 40-60% of all funds are invested, is poorly maintained and underused. The main causes for this are poor knowledge and extensive farm land fragmentation. The fact that over 140,000 tractors in Slovenia are on average 9.6 years old, i.e. that more than 80% of overall agricultural machinery is obsolete, should be a matter of serious concern.

In the paper we follow tribological conditions in particular tractor assemblies. In the first part of the paper we have treated the required conditions of tractor manufacturers in Europe and primarily in Slovenia, what has served us in the final phase of the research for elaboration of the model. In this way we have got data about the presence of particular tractor types. We have separately elaborated the necessary specifications of engine lubricants, transmission, gears, hydraulics and wet breaks.

We have carried out chemical and mechanical analyses of all accessible lubricants in agricultural mechanisation. The results of the new oils were coordinated with the required specifications of tractor manufacturers and so we have got such a model, that certainly meet all lubricating requirements of our tractors.

## KEY WORDS

---

**additives, engine lubricants, motor oil, SUTO-oil, UTTO-oil, viscosity**

University of Maribor, Faculty of Agriculture  
Vrbanska 30, 2000 Maribor, Slovenia

Received: January 10, 2000

# Analiza osobina mazivih sredstava za poljodjelsku mehanizaciju

---

Tone PLOJ

## SAŽETAK

---

Moramo proizvesti dovoljno zdrave i jeftine hrane te očuvati ekološki ravnotežu. To je moguće postići korištenjem dosadašnjih spoznaja te suvremene tehnologije i suvremenih strojnih sustava. Strojna oprema u poljodjelstvu, u koju se ulaže 40 - 60% svih sredstava, slabo je iskorištena i održavana. To je posljedica neznanja i prevelike razdrobljenosti poljodjelskih površina. Zabrinjava podatak da u Sloveniji postoji više od 140.000 traktora, a da je prosječna starost tih strojeva 9,6 godina, što znači da je 80% sveukupne strojne opreme tehnološki zastario.

U istraživanju se prate tribološki uvjeti u pojedinim traktorskim sklopovima. U prvom dijelu rada obradili smo uvjete koje zahtijevaju proizvođači traktora u Europi i posebice u Sloveniji, što je u završnoj fazi istraživanja poslužilo za izradbu analize mazivih sredstava. Tako su iz stvarnih odnosa dobiveni podaci o nazočnosti pojedinih tipova traktora. Posebno su izrađene tražene specifikacije maziva za motore, mjenjače, transmisiju, hidrauliku i mokre kočnice. Izvedene su kemijske i mehaničke raščlambe svih nama dostupnih maziva u poljodjelskoj mehanizaciji. Podaci o novim mazivim uljima obrađeni su i usklađeni sa zahtijevanim specifikacijama proizvođača traktora te na taj način izrađen model koji zacijelo pokriva sve tribološke zahtjeve naših traktora.

## KLJUČNE RIJEČI

---

**aditiv, mazivo, motorno ulje, SUTO-ulje, UTTO-ulje, viskoznost**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo  
Vrbanska 30, 2000 Maribor, Slovenija

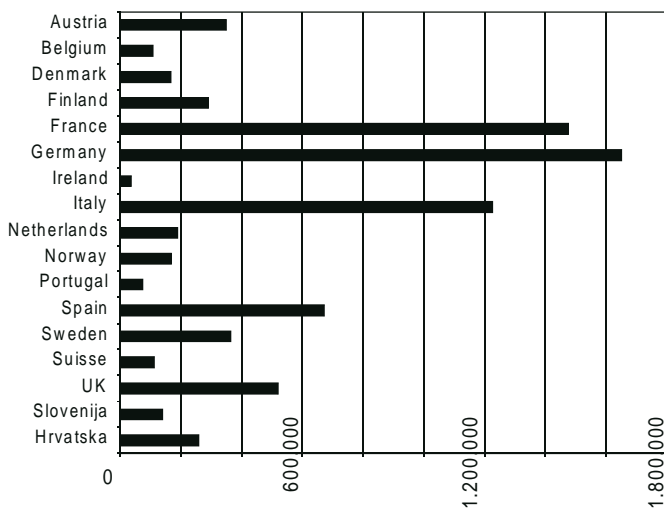
Primljeno: 10 siječnja 2000.



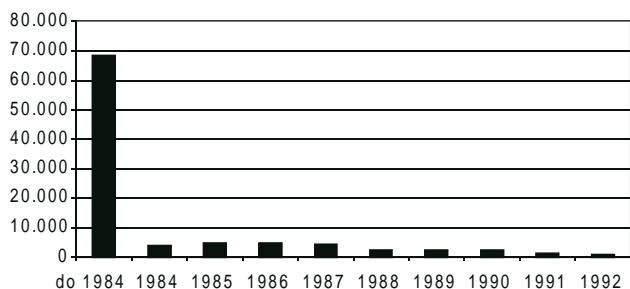
**UVOD I PREGLED STANJA**

Postizanje konkurentne prednosti kakvoćom proizvoda postaje danas prvenstvenom zadaćom razvijenoga svijeta. Devedesete godine ovoga stoljeća označene su kultom tehničkih i tehnolojskih dostignuća u međunarodnoj razmjeni. Međutim ta je razmjena prepuštena oštroj svjetskoj konkurenciji, a uspjeh malih naroda ovisan je o primjeni suvremenih tehničkih i znanstvenih dostignuća te o radinosti i naravnim uvjetima.

Hrana je stratejska kategorija koju svjetska gospodarstva postavljaju na prvo mjesto. U nas postoje idealni uvjeti za proizvodnju hrane, ali se na žalost slabo koriste. Uvozi se više od 60% sirovina za proizvodnju jestivih ulja, iako za te kulture postoje idealni uvjeti. Vinogradarstvo i voćarstvo mogu lako preuzeti, zahvaljujući prirodnim prednostima, vodeću ulogu u Europi uz uvjet da postignu vrhunsku kakvoću.

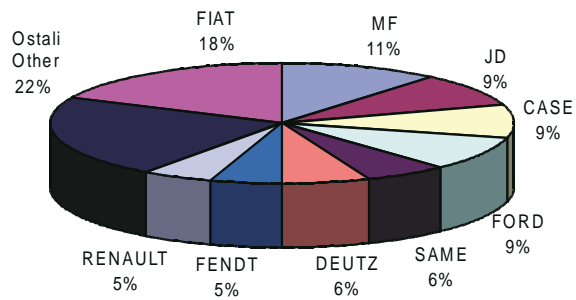


**Dijagram 1.** Broj traktora-Europa  
**Diagram 1.** Number of tractors-Europa

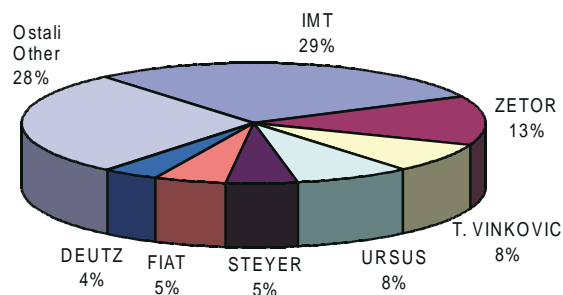


**Dijagram 2.** Broj traktora-Slovenija  
**Diagram 2.** Number of tractors-Slovenia

Dijagram 1. grafički prikazuje zastupljenost traktora u Zapadnoj Europi. U ispitivanju uzet je u obzir broj traktora koji je bio registriran u Sloveniji na dan 28. veljače 1993, a iznosio je 96.792. Držimo da je stvarno stanje 140.000 (naime 40% traktora upotrebljuje se kao radni stroj i nije registriran).



**Dijagram 3.** Zastupljenost traktora-Europa  
**Diagram 3.** Tractor manufacturers-Europa



**Dijagram 4.** Zastupljenost traktora - Slovenija  
**Diagram 4.** Tractor manufacturers-Slovenia

Glede podrijetla, 65% svih traktora proizvedeno je u istočnoeuropskim zemljama, što znači da su u trenutku kupnje već bili tehnološki zastarjeli. Dijagram 2 prikazuje ukupan broj evidentiranih traktora u Sloveniji s obzirom na godinu proizvodnje, ali na žalost iz službenih podataka nije razvidan podatak o starosti strojeva prije godine 1984.

Podaci za Sloveniju pokazuju da postoji 1.900 tipova traktora iz 128 razliĉnih tvornica, što upućuje na zaključak o potpunoj stihiji pri uvozu poljodjelske mehanizacije. I kao što je bilo prije 20 i više godina, tako je i danas. Slovenski poljodjelci uvoze otpisane strojeve iz Austrije, Italije i Njemaĉke. Održavanje i popravak takvih strojeva s tehniĉkog stajališta potpuno je nemoguće. Takvo stanje ne utjeĉe samo na tehniĉku neosposobljenost, nego uvelike i na sigurnost korisnika.

Ti podaci jasno kazuju da će i ubuduće cijena našega kruha biti mnogo veća od one u razvijenim europskim zemljama. Isplativost suvremenih strojeva u pravilnoj je i dovoljno velikoj iskorištenosti. Ti strojevi tehnološki i tehniĉki brzo zastarijevaju. Uzor takva iskorištenja može se vidjeti u Austriji, Italiji, Švicarskoj, Francuskoj i drugdje.

Kupnja novoga traktora gotovo za svakog proizvođaĉa tek je pusta želja. Strojevi snage 60-70 kw pogona na sva četiri kotaĉa stoje oko 40.000 DEM. Po sadašnjim otkupnim cijenama poljodjelskih proizvoda to iznosi 150.000 litara mlijeka ili 170.000 kg pšenice.

Poljodjelsko strojarstvo sastavnim je i nezaobilaznim dijelom suvremene poljodjelske proizvodnje. A upravo to ponajviše utjeĉe na kakvoću i konaĉnu cijenu proizvoda.

Znanje, suvremena tehnologija i visok stupanj mehaniziranosti preduvjeti su za postizanje svjetskih prinosa u poljodjelskoj proizvodnji. Pravilnim izborom i stručnim pristupom u uređivanju i iskorištavanju nerodna zemljišta pretvaraju se u bogate žitnice.

Teški i posebni uvjeti u kojima rade poljodjelski strojevi brzo snizuju životni vijek pogonskih i radnih agregata. Više razloga otežava primjenu novih spoznaja koje donosi svjetski razvoj tribologijskih znanosti na pogonske strojeve u poljodjelstvu.

Razina znanja korisnika i održavatelja poljodjelskih strojeva utječe na pojavu tehnoloških ispada, životni vijek i troškove održavanja. Pogonski i prijenosni sustavi poljodjelskih strojeva sastavljeni su od zahtijevnih elemenata te je utjecaj osoblja koje upravlja i održava strojeve tek posredan. Često je problem u tome što je upravljač i održavatelj ista osoba, bez stručnog znanja iz područja strojarstva. Upravljač stroja često mijenja sredstva za podmazivanje koja su na tržištu dostupna i koja preporučuju proizvođači strojeva u svojim uputama. Međutim radni uvjeti poljodjelskih strojeva često su drugačiji od uvjeta koje je predvidio proizvođač. Tvornice zbog malih serija u poljodjelske strojeve ugrađuju neprikladne motore koji mogu biti pogodni primjerice za čamce na vodi, ali neprikladni kosilicama za strma zemljišta, kao što je podmazivanje zapljuskivanjem odnosno srednjotlačno podmazivanje.

Poljodjelski strojevi rade obično pri izuzetno niskim odnosno visokim temperaturama, u različitim položajima i nagibima, pod utjecajem velike prašine u pojedinim radnim zahvatima (kombajniranje, obradba tla prije sjetve) te pod utjecajem različitih kemijskih preparata (sredstva za zaštitu bilja, mineralna gnojiva). Često se ti strojevi nalaze pod punim opterećenjem više sati uz loše hlađenje (stacionarni pogoni, pogoni različitih drobilica, miješanje naravnih gnojiva i dr.).

Iz literature je poznato da je hrapavost prilikom mjerenja bila nekoliko puta veća od hrapavosti koju je u procjeni predvidio proizvođač strojeva za izbor ulja. Kao što se navodi u literaturi, za novu vrijednost hrapavosti morali bismo prema proračunima propisati i do 440% bolju viskoznost ulja. Budući da je viskoznost ulja nepromijenljiva, lošije podmazivanje ključni je čimbenik zaribavanja, odnosno kraćega životnog vijeka. Promijenjeni uvjeti podmazivanja izravno utječu na promjenu uvjeta prijenosa snage u dodiru i time također utječu na radni vijek pogonskih elemenata.

U literaturi ne postoji "model" koji bi u cijelosti obradio zahtjeve podmazivanja poljodjelskih strojeva. Istraživači najčešće vrlo apstraktno tumače teoriju uljnog filma. Najnovija znanstvena dostignuća s osvrtom na podmazivanje strojeva u poljodjelstvu objavili su W. J. Bartz i G. Reinhard u kojima iznose najnovije spoznaje iz tribologijske struke.

## METODE TESTIRANJA I IZBORA UZORAKA ULJA

Za ispitivanje novih i rabljenih ulja postoji više različitih standardiziranih i internih metoda za analizu. To su za

motornu i uljnu industriju uobičajene pokusne metode za nova motorna ulja. Za svaku vrstu i namjenu ulja postoje posebni standardi prema kojima se ulje ispituje.

### Analiza stranih tijela u ulju

Motorna ulja za vrijeme rada dolaze u dodir s plinovitim, tvrdim ili tekućim tvarima. Pod plinovitim tvarima razumijevamo gorive tvari, zrak i plinovite sastavnice goriva koje motorna ulja ne prihvaćaju trajno nego s njima kemijski reagiraju te ih stoga ne držimo stranim tijelima. Tvrdе čestice mogu biti čađa ili olovne čestice koje nastaju pri sagorijevanju benzinskog ili dieselskog goriva, a javljaju se u uljnom optjecaju.

Tekuća strana tijela primjerice su benzinsko, odnosno dieselsko gorivo ili voda u ulju. Strana tijela smanjuju uporabljivost motornog ulja i o njima ovisi njegova dalja uporaba. Za analizu stranih tijela u ulju postoji niz standardiziranih postupaka. Ovdje su obrađena tvrda i tekuća strana tijela.

### Tvrda strana tijela

Suvremena ulja za podmazivanje mogu se podijeliti prema njihovim dodacima deterdženata/disperzanata i mogućnostima visoke disperzivnosti. Njihova je namjena da pri visokom sadržaju tvari koje nastaju pri starenju ulja te ostataka sagorijevanja veličine ispod  $1\mu\text{m}$  koji se prenose uljem, a djeluju štetno, smanjuju mogućnost prijevremenog stvaranja taloga te začepljenja filtera. Opseg onečišćenja može se odrediti filtracijskom metodom (DIN 51.365). Disperzacija s dodatkom sredstava za koagulaciju ili razređivanje pomoću dodatnih tvari moraju smanjiti opseg onečišćenja. Pritom postoji opasnost od stapanja aditiva s odvojenim tvrdih česticama. Zbog te opasnosti, koja se ne pojavljuje uvijek, moramo biti oprezni pri ocjeni podataka analize rabljenog ulja. Ako se to odnosi samo na tvrda strana tijela, kao u primjeru dieselskih motora gdje je riječ pretežito o čađi, stanje također možemo odrediti i optičkom napravom. Tu metodu ubrajamo u brze metode ispitivanja. Druga brza metoda jest test čestica koju obavljamo kao dio kromatografije. Ona daje samo informacije o disperzijskoj sposobnosti ulja. Postojanje tvrdih stranih tijela kovinskog podrijetla možemo utvrditi spektroskopskim metodama. Ovdje je riječ o reakcijskim proizvodima koji uzrokuju trošenje, a unose se u motor preko goriva, ili o prašini koja se unosi zajedno s usisanim zrakom. Tim metodama možemo odrediti količinu najčešćih kovina: željeza, silicija, bakra, kroma i dr.

Dodatnim metodama, kao što su ferografija, mikroskopija, brojenje čestica ili određivanje njihove veličine, određujemo prvenstveno fizikalne osobine čestica. Sve navedene metode primjenjuju se i u Sloveniji. Određivanje kovinskih aditiva ima samo ograničeno značenje. Za donošenje sigurne ocjene o njihovu utjecaju nije dovoljan samo podatak da je njihov udio u ulju ostao nepromijenjen. Naprotiv, kada se ulje izgubi zbog trošenja, povećava se apsolutni udio kovinskih aditiva, a to može prouzročiti promjenu radnih osobina ulja.

Druga važna okolnost pri određivanju stranih tijela u ulju su kovinske čestice koje nastaju pri trošenju. Njihov udio, koji je npr. u ovisnosti o vremenu uporabe ulja, uvjetuje pri visokim temperaturama kritične podmazujuće osobine ulja koje smanjuju funkcionalnost maziva. Funkcionalnost maziva posebice smanjuju čestice silicija koje se pri trošenju, kao i pri nedovoljnom filtriranju zraka, pojavljuju u ulju kao strana tijela i zbog svoje tvrdoće uzrokuju veće trošenje elemenata motora.

### Tekuće strane tvari

Onečišćenje ulja tekućim stranim tvarima u motornim vozilima mogu uzrokovati benzinsko odnosno dieselsko gorivo, voda i glikol. Benzinsko i dieselsko gorivo općenito utječu na viskoznost i topivost ulja. Kondenzacija benzinskog i dieselskog goriva obično nastaje kada je motor hladan, odnosno kada su temperature ulja niske. Pri kontaminaciji ulja vodom i glikolom u prvom redu nastaje emulzija, odnosno blato, što djeluje štetno na aditive.

Na izabranim uzorcima testirali smo mehaničke osobine ulja prema odgovarajućim specifikacijama Massey Ferguson M/1135 i M 1139 u analitičkom laboratoriju za tehnologiju Strojarskog fakulteta u Ljubljani, i to na četverokugličnom aparatu Four Ball i SRV Optimal.

Specifikacija M.F. M 1135 i M 1139 određuje maksimalnu veličinu promjera kalote 0,4 mm za SUTO i UTTO ulja.

Ista specifikacija za SUTO ulja određuje minimalnu vrijednost indeksa nosivosti 55 kg po standardu ASTM D 2783-82.

Manje zahtjevna specifikacija M 1135 za ulja UTTO određuje minimalnu vrijednost indeksa nosivosti 45 kg po istom standardu ASTM D 2783-82. Nijedna specifikacija ne predviđa minimalne vrijednosti indeksa nosivosti za motorna ulja.

### Postupci ispitivanja

#### Protutrošne osobine ulja

Uvjeti pod kojima se odvija ispitivanje:

- temperatura: sobna
- brzina vrtnje: 1420 min<sup>-1</sup>
- opterećenje: 40 kg odnosno 392 N
- trajanje pokusa: 60 min

Kugle operemo u trikloretilenu. Nakon završenog pokusa optičkim mikroskopom Wild Leitz točnošću 0,01 pri povećanju 100 puta izmjerimo promjer kalote na sve tri mirujuće kugle. Mjerenje izvršimo pravokutno i usporedno na smjer klizanja. Rezultat pokusa je veličina kalote (mm). Taj postupak određuje standard ASTM D 2266-86.

#### Nosive osobine ulja

Nosive osobine ulja određene su pod uvjetima:

- temperatura: sobna

- brzina vrtnje: 1420 + 40 min<sup>-1</sup>
- opterećenje: početno 80 kg koje se povećava u skladu sa standardom
- trajanje pokusa: 10 sek

Pokus nosivih osobina ulja određuje standard ASTM D 2783 - 82.

Tako definiramo indeks nosivosti i točku zavarivanja.

### Izbor uzoraka

Uzorke ulja izabrali smo na dva načina:

- rabljena ulja iz promatranog skupa 300 traktora,
- nova ulja koja se upotrebljavaju u poljodjelskoj mehanizaciji u Sloveniji, dostupna i na europskom tržištu.

Ulja iz promatranih traktora nismo analizirali po standardnim metodama glede kemijskih i mehaničkih osobina budući da su uzorci bili slabo pripremljeni, a gotovo sva ulja po kakvoći jednaka. Rabljena ulja analizirali smo samo glede sadržaja stranih čestica. Analize kemijskih i mehaničkih osobina izvršili smo za uzorke:

- SUTO (super univerzalno traktorsko ulje)
- UTTO (univerzalno transmisijsko traktorsko ulje) i
- motorna ulja koja se najčešće upotrebljavaju, a proizvodi su trojice najpoznatijih europskih proizvođača.

Prije izvedenih laboratorijskih analiza prema propisanim specifikacijama za poljodjelsku mehanizaciju, uzorke ulja smo homogenizirali. Na osnovi analiza čestica u rabljenim uljima razvili smo analizu mazivih sredstva za poljodjelsku mehanizaciju.

### REZULTATI

Analizirali smo kemijske i mehaničke osobine novih ulja koja se upotrebljavaju u poljodjelskoj mehanizaciji. Kemijske analize izvršili smo samo za neka ulja budući da smo utvrdili podudarnost svih osobina s kataloškim podacima.

Mehaničke osobine razvidne su iz priloženih dijagrama. Na taj način prikazali smo krivulje nosivosti, veličine trošnih površina te koeficijent trenja.

- SUTO ulje	15	W - 30	S <sub>1</sub>
- SUTO ulje	10	W - 30	S <sub>2</sub>
- SUTO ulje	15	W - 30	S <sub>3</sub>
- UTTO ulje			U <sub>1a</sub>
- STTO ulje			U <sub>1b</sub>
- ulje za podmazivanje zupčanika			U <sub>2</sub>
- UTTO ulje			U <sub>3</sub>
- motorno ulje	15	W - 40	M <sub>1</sub>
- motorno ulje	15	W - 40	M <sub>2</sub>
- motorno ulje	15	W - 40	M <sub>3</sub>

Svaka točka u dijagramu znači prosječnu vrijednost iz triju dobivenih rezultata mjerenja. Dijagrami su pripremljeni na taj način da se iz njih može razabrati usporedba između trojice proizvođača te tri vrste tipova ulja (SUTO, UTTO i motorno ulje). Zbog preglednosti rezultata, dijagrame smo prikazali odvojeno.

### Mehanička ispitivanja na FOUR BALL

#### Usporedba rezultata SUTO

##### Protutrošne osobine

Granična vrijednost kalote mjerene na kuglici koja određuje M.F. 1139 za SUTO ulje iznosi 0,40 mm max. Rezultati su prikazani u tablici 1. Svi mjereni uzorci izjednačeni su po kakvoći i u potpunosti odgovaraju zahtjevima iz specifikacija.

Specifikacija M.F. 1139 za SUTO ulje određuje najnižu vrijednost indeksa nosivosti 55 kg min. Iz dijagrama 5 vidljivo je da su ulja S1 i S2 izjednačena, a ulje S3 po nosivosti je nešto lošije.

#### Usporedba rezultata UTTO

##### Protutrošne osobine

Granična vrijednost kalote mjerene na kuglici po M.F. 1135 za UTTO je 0,40 mm max. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 2, vrlo su izjednačeni i u okvirima dopuštenih granica.

##### Nosive osobine

(M.F. 1135 za UTTO zahtijeva najnižu vrijednost 45 kg min).

Rezultati su prikazani u dijagramu 6 iz kojih je vidljivo da najviše odstupa ulje U<sub>2</sub>, što znači da je najprikladnije za teške uvjete rada.

#### Usporedba rezultata motornih ulja

##### Protutrošne osobine

Za motorna ulja ne postoje zahtijevane minimalne veličine kalote te smo dobivene rezultate uspoređivali sa zahtjevima M.F. 1139 za vrijednost 0,40 min.

Sva tri motorna ulja koja su prikazana u tablici 3 negativno odstupaju od zahtjeva.

##### Nosive osobine

Budući da za motorna ulja ne postoje zahtijevane minimalne vrijednosti po specifikacijama, uspoređivali smo ih sa zahtjevima M.F. 1135 koji određuju 45 kg min po indeksu nosivosti.

Iz dijagrama 7 vidimo koji to rezultati negativno odstupaju od navedenih zahtjeva.

#### Zaključci mjerenja na FOUR BALL

Uvjeti ispitivanja na napravi FOUR BALL više odgovaraju uvjetima koji vladaju u prijenosnim zupčanicima nego u motorima.

Rezultati ispitivanja pokazuju da su protutrošne osobine i nosive osobine motornih ulja mnogo slabije od osobina ulja SUTO i UTTO.

**Tablica 1.** Rezultati ispitivanja protutrošnih svojstava SUTO ulja

**Table 1.** Results of testing anti-abrasive properties of SUTO oils

	Promjer kalote Diameter of callote	Max.	Odstupanje Aberration
S <sub>1</sub>	0.380 mm		+5.0%
S <sub>2</sub>	0.374 mm	0.40 mm	+6.5%
S <sub>3</sub>	0.392 mm		+2.0%

**Tablica 2.** Rezultati ispitivanja protutrošnih svojstava UTTO ulja

**Table 2.** Results of testing anti-abrasive properties of UTTO oils

	Promjer kalote Diameter of callote	Max.	Odstupanje Aberration
U <sub>1a</sub>	0.387 mm		+3.2%
U <sub>1b</sub>	0.384 mm	0.40 mm	+4.0%
U <sub>2</sub>	0.377 mm		+5.7%
U <sub>3</sub>	0.392 mm		+2.0%

**Tablica 3.** Rezultati ispitivanja protutrošnih svojstava motornih ulja

**Table 3.** Results of testing anti-abrasive properties of motor oils

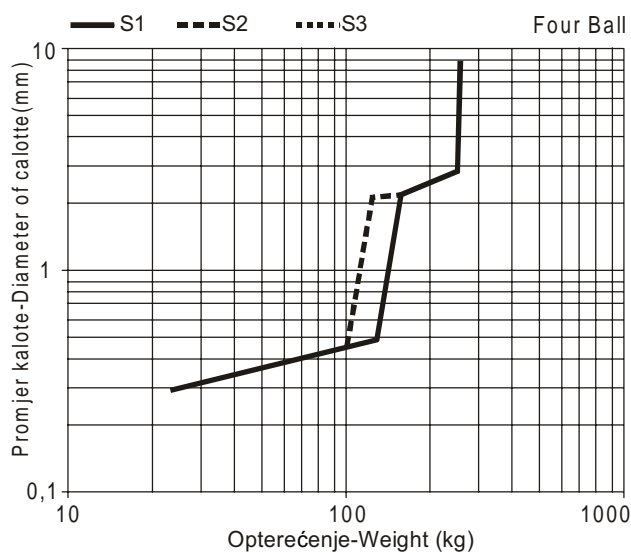
	Promjer kalote Diameter of callote	Max.	Odstupanje Aberration
M <sub>1</sub>	0.484 mm		-21.0%
M <sub>2</sub>	0.443 mm	0.40 mm	-10.7%
M <sub>3</sub>	0.473 mm		-18.2%

motorna ulja također pronašli i u mjenjačima i hidrauličkom prijenosu gdje ta ulja ne bi smjela biti prisutna. Izuzetak je motorno ulje M<sub>3</sub> koje ima nosive osobine usporedive s UTTO i čak s jednim uljem vrste SUTO (S<sub>3</sub> istoga proizvođača), dok su protutrošne osobine tog ulja tako loše da nije prikladno za podmazivanje zupčanika.

UTTO ulja vrlo su izjednačena, što odgovora zahtijevanim specifikacijama M.F. 1135 za UTTO ulje. Glede nosivih osobina odstupa ulje U<sub>2</sub> koje je prikladno za teške uvjete rada pri prijenosu preko zupčanika.

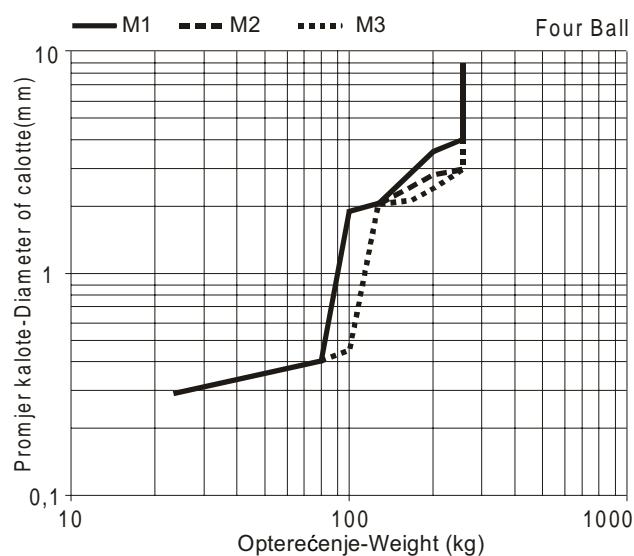
Pokusi su potvrdili da sva ispitivana UTTO ulja zadovoljavaju zahtjeve M.F. 1135.

Zahtjevima M.F. 1139 za UTTO ulje odgovaraju samo S<sub>1</sub> i S<sub>2</sub>, dočim je ulje S<sub>3</sub> u razredu M.F. 1135 za UTTO ulje. Katalog proizvođača navodi obje specifikacije M.F. 1135 i M.F. 1139 za ulje S<sub>1</sub>, dok za ulje S<sub>2</sub> i S<sub>3</sub> samo specifikaciju M.F. 1135, pod uvjetom da ulje S<sub>2</sub> po rezultatima odgovara zahtjevima M.F. 1139. Također smo utvrdili da proizvođači upotrebljavaju kombinacije motornih testova i specifikacije M.F. 1135 za UTTO ulje, koje propisuju nižu zahtjevnost glede nosivosti ulja. Specifikacija M.F. 1139 za SUTO ulja propisuje više zahtjeve za nosivost ulja i ujedno zahtijeva niz motornih testova. Više, odnosno niže zahtjeve susrećemo u svezi



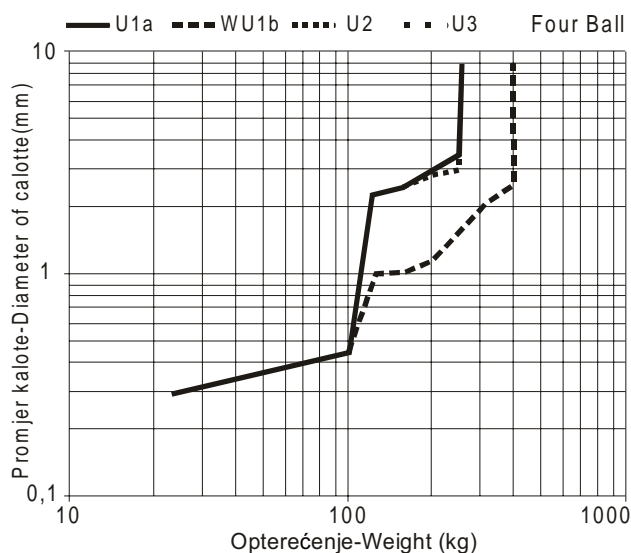
	Indeks nosivosti Carrying capacity	Min.	Odstupanje Aberration
S <sub>1</sub>	53.30 kg		-3.1%
S <sub>2</sub>	54.81 kg	55 kg	-0.3%
S <sub>3</sub>	44.05 kg		-19.9%

**Dijagram 5.** Krivulja nosivosti SUTO ulja  
**Diagram 5.** Curve of SUTO oils carrying capacity



	Indeks nosivosti Carrying capacity	Min.	Odstupanje Aberration
M <sub>1</sub>	36.41 kg		-19.1%
M <sub>2</sub>	37.40 kg	45 kg	-16.9%
M <sub>3</sub>	44.99 kg		~0%

**Dijagram 7.** Krivulja nosivosti motornih ulja  
**Diagram 7.** Curve of motor oils carrying capacity



	Indeks nosivosti Carrying capacity	Min.	Odstupanje Aberration
U <sub>1a</sub>	43.75 kg		-2.7%
U <sub>1b</sub>	42.80 kg	55 kg	-4.8%
U <sub>2</sub>	69.13 kg		+53.6%
U <sub>3</sub>	44.18 kg		-1.8%

**Dijagram 6.** Krivulja nosivosti UTTO ulja  
**Diagram 6.** Curve of UTTO oils carrying capacity

s nosivim osobinama ulja, dok su protutrošne osobine pri objema specifikacijama jednake.

#### Mehanički pokusi SRV optimol

##### Usporedba rezultata SUTO

Koeficijent trenja  $\mu$  za ulje S<sub>2</sub> i S<sub>3</sub> iznose između 0,142 i 0,117, dok je koeficijent trenja za S<sub>1</sub> viši.

Najmanji promjer trošne površine W<sub>k</sub> na kuglici 0,528 mm imalo je ulje S<sub>1</sub>, slijedi S<sub>2</sub> sa 0,542 mm, a najlošije rezultate dalo je ulje S<sub>3</sub> sa 0,762 mm.

##### Usporedba rezultata UTTO

Vrijednost koeficijentata trenja za ulje U<sub>3</sub> iznosi između 0,139 i 0,112. Ulja U<sub>1a</sub> i U<sub>1b</sub> imaju vrijednost koeficijenta trenja između 0,132 i 0,150. Lošim se pokazalo ulje U<sub>2</sub> koje ima maksimalni koeficijent trenja 0,218. Na snimku su vidljivi vrhovi koji upućuju na proces zaribavanja za vrijeme pokusa.

Najmanju trošnu površinu 0,531 mm prouzrokuje ulje U<sub>3</sub>. Ulja U<sub>1a</sub> i U<sub>1b</sub> prouzrokuju jednako veliku trošnu površinu 0,601, a najlošijim pokazalo se ulje U<sub>2</sub> s promjerom površine 0,810 mm.

##### Rezultati uspoređivanja motornih ulja

Ulje M<sub>1</sub> ima vrijednost koeficijenta trenja između 0,139 i 0,121, a ulje M<sub>2</sub> između 0,130 i 0,140. Ulje M<sub>3</sub> ima viši koeficijent trenja a kreće se oko 0,150.

Dobiveni rezultati su zanimljivi i po tome što smo

**Tablica 4.** Ocjena svojstava SUTO, UTTO i motornih ulja  
**Table 4.** Evaluation of SUTO, UTTO and motor oils properties

Ispitivanje-Testing		SUTO			UTTO			Motorno ulje-Motor oil			
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	U <sub>1a</sub>	U <sub>1b</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>
Four Ball	Protutrošne osobine Anti-abrasive properties	++	++	++	++	++	++	++	-	+	-
	Nosive osobine Carrying capacity	++	++	+	++	++	++	++	-	-	++
	Koeficijent trenja Coefficient of friction	+	++	++	+	+	-	++	++	+	+
	Veličina trošne površine Abrasive area	+	++	++	+	+	-	++	++	++	+
SRV	Profil hrapavosti Roughness profile	++	++	++	++	++	-	++	+	-	++
	Stanje površine Area condition	++	++	++	++	++	-	++	+	-	+

++ odlično-excellent    + dobro-good    - slabo-weak

Najmanju trošnu površinu 0,557 mm prouzrokuje ulje M<sub>1</sub>, nešto veću ulje M<sub>2</sub> sa 0,582 mm. Najlošije je ulje M<sub>3</sub> sa 0,756 mm trošne površine.

#### Zaključci mjerenja na SRV

Uvjeti pokusa na SRV napravi slični su uvjetima u cilindru motora te hidrauličkom sustavu.

Zbog toga nas je zanimalo kako se pojedina ulja ponašaju pri istim uvjetima pokusa. Rezultati pokazuju da nema velikih razlika. Iznenaduje motorno ulje M<sub>2</sub> pri uporabi kojega je nastala čak oštećenost površine.

Prema standardu DIN 51834 ulja se vrednuju prema vrijednosti koeficijenta trenja i veličine trošne površine. Bolja su ulja s nižim i padajućim tijekom koeficijenta trenja te manjom trošnom površinom na kuglici.

Analiza rezultata pokazuje da ulja pojedinih proizvođača nemaju isti tijek koeficijenta trenja. Pri pokusima na SRV napravi slabe rezultate postiže ulje U<sub>2</sub>, iako se to ulje sreće u traktorima.

#### RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Rezultati svih mjerenja bili su računalno obrađeni, a zaključci su predočeni u tablici 1. Mogu se uspoređivati samo ocjene, usklađene s propisanom specifikacijom, ulja iste vrste. Rezultati mehaničkih pokusa za svaku vrstu ulja posebno, grafički su prikazani na diagramima. Iz tablice 1. vidljivo je da od triju SUTO ulja najbolje rezultate postiže ulje S<sub>2</sub>, od UTTO ulja ulje U<sub>3</sub>, da su motorna ulja po kakvoći prilično izjednačena i da nisu prikladna za opću uporabu. Motorna ulja testirali smo i uspoređivali zato jer smo utvrdili da se na traktorima pogrešno primjenjuju, što uzrokuje velike štete na pojedinim agregatima. Motorna ulja testiraju se po drugim specifikacijama (motorni testovi). Iz podataka koji se navode u literaturi, razvidno je da su motorna ulja te kakvoće prikladno sredstvo samo za podmazivanje motora traktora.

Motorna ulja uporabljaju se samo za podmazivanje motora s unutrašnjim sagorijevanjem, a njihova kakvoća određuje vrijeme uporabe. Deutz npr. preporučuje zamjenu ulja u motorima bez turbopunjača svakih 500 radnih sati ako je kvaliteta ulja API CE ili CD, a za razinu kakvoće API CC dopušta samo 250 sati.

Ford - New Holland svojom specifikacijom M2C-159 C (rujan 1991) određuje gradaciju 10 W - 30, koju preporučuje i Massey-Ferguson specifikacija 1139 (1969). Pogodna je za temperature do -20° C, ali ne može zadovoljiti srednje europske ljetne temperature 30°C-50°C. Zato je u novije vrijeme uvedena John Deere J-27 specifikacija s viskoznošću 15 W-40. Taj raspon viskoznosti također su prihvatili i drugi poznati proizvođači (Bertolini, Carraro, Deutz, Fendt, Landini, Renault, Steyer, Ursus, Zetor i dr.).

Nove smjernice u razvoju motornih ulja i tribologijske struke preporučuju zamjenu motornoga ulja već nakon svakih 1.600 radnih sati. U dijagramu su motorna ulja ograničena API klasifikacijom od CD/SE do CE/SF.

SUTO ulja uporabljaju se za motore, hidrauliku, transmisiju i mokre kočnice.

Glede zahtjeva traktora koje smo promatrali u našim ispitivanjima, SUTO ulje u potpunosti pokriva zahtjeve poljodjelske mehanizacije.

Iz tih razloga i razloga opisanih u prvom poglavlju, držimo potrebnim i primjerenim pristupiti razvoju vlastitoga univerzalnog traktorskog ulja.

#### LITERATURA

- Assef, P. A.: Used Engine Oil Analysis-A Review, SAE paper 770642  
 Bartz, W. J.: Engine Oils and Automotive Lubrication, Expert Verlag 1993  
 Hudnik V., Vižintin J.: Key Parameters for the reliable Prediction of Machine Failure using Wear Particle Analysis, Tribology International, April 91 (95- 98)



Johari O., Corvin I., Samudra A. V., Staschke J.:  
Correlation of Spectrographic Oil Analysis Data with  
SEM and X-Ray Data by direct Examination of  
Particles in Hydraulic Oils, Jour. of Lubrication  
Technology (1977), 152-157

JUGOMA: Maziva i podmazivanje, Zagreb 1986

Reinhard, G. und 11 Mitautoren: Schmierung von  
erbrenungskraftmaschinen, Expert Verlag, 1992

Vižintin J., Hudnik V.: Key parameters for reliable  
prediction of machine failure. Tribology inter. April 91  
Vol 24 No 2

Vižintin J., Hudnik V.: Nastanek obrabnih delcev pri  
različnih tipih obrabe in diagnoza poškodb na strojnih  
elementih. Strojniški vestnik 10-12, Ljubljana 1988

--- INA maziva, Katalog, Zagreb 1989