

Utvrđivanje optimalnog perioda zamjene ulja primjenom savremenih laboratorijskih metoda ispitivanja

Omer Kovač¹, Pero Dugić¹, Jadranka Vujica¹, Aleksandar Kekić²

¹Rafinerija ulja Modriča, BiH; ²PIK-Bečaj Poljoprivreda, Srbija

Sažetak : Dijagnostika stanja motornog ulja i motora u eksploataciji je od veoma velikog značaja za ocjenu stanja ulja , a takođe i za ocjenu stanja vitalnih dijelova motora, odnosno cijelog motora. Na osnovu rezultata dobijenih laboratorijskom provjerom ulja mogu se blagovremeno predvidjeti nastanci kvarova na vozilima i preventivno djelovati na njihovo blagovremeno otklanjanje. Dijagnostika je naročito značajna za vozila i mašine velike materijalne vrijednosti, a takođe i za one mašine kod kojih zbog zastoja nastaju veliki gubici. Takav je slučaj sa poljoprivrednom mehanizacijom koja radi u veoma teškim uslovima eksploatacije. Iz tih razloga je obavljeno eksploataciono ispitivanje motornog ulja za teške dizel motore Maxima Turbo SAE 15W-40 na različitim poljoprivrednim mašinama u PIK-u Bečaj , pri veoma teškim uslovima eksploatacije. U toku eksploatacije vršeno je ispitivanje relevantnih fizičko-hemijskih karakteristika i utvrđivanje količine metala habanja (aluminijum, bakar, željezo i olovo) atomsko-apsorpcionom spektrofotometrijom. Rezultati ispitivanja su pokazali izvanrednu zaštitu motora pri podmazivanju ispitivanim motornim uljem.

Ključne riječi: motorno ulje, dijagnostika, HD motori, eksploataciono ispitivanje, poljoprivredna mehanizacija

Abstract: Diagnosing the condition of engine oil and engine in the exploitation have great importance for assessing the status of oil, and also for assessing the status of vital engine parts or the whole engine. Results obtained by laboratory analysis of oil allows us to predict and prevent possible failures in the vehicles . Diagnostics is especially important for large vehicles and machinery of great material values and also for those machines where delays occur due to large losses. That is the case with agricultural machinery working in very difficult conditions of exploitation. These are the reasons for the conduction of exploitation testing of motor oils for heavy diesel engines Maxima Turbo SAE 15W-40 in various agricultural machines, in very difficult exploitation conditions in PIK „Bečaj“ . During exploitation we tested relevant physical-chemical characteristics and quantitative analysis of wear metals (aluminum, copper, iron and lead) with atomic -absorption spectrophotometry. According to the obtained results we can conclude that the tested oil provides excellent protection during the engine operation.

Key words: motor oil, diagnostics, HD engines, examining exploitation, agricultural machinery

Uvod

Poljoprivredni kombinat PIK Bečaj spada u red uspješnih poljoprivrednih kombinata. U svom voznom parku posjeduje veliki broj savremenih poljoprivrednih mašina koje blagovremeno i veoma stručno održavaju. Osim održavanja mašina značajno mjesto se daje i pravilnom izboru maziva, kao i provjeri njegovog kvaliteta u samoj eksploataciji. Problematika podmazivanja je niz godina zajednički rad inženjera PIK-a Bečaj i Rafinerije ulja Modriča.

Kao plod dugogodišnje saradnje realizovan je program eksploatacionog ispitivanja motornog ulja Maxima Turbo SAE 15W-40 za teške dizel motore kvalitetnog nivoa API CI-4, uz korištenje savremenih laboratorijskih metoda ispitivanja. Karakteristike ispitivanog ulja i specifikacije koje ispunjava prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1:
Osnovne fizičko-hemijske karakteristike i specifikacije
ulja Maxima Turbo SAE 15W-40

Karakteristika	Jedinica	Metoda	Tipična vrijednost
Viskozitet na 40 ⁰ C	mm ² /s	BAS ISO 3104	112.54
Viskozitet na 100 ⁰ C	mm ² /s	BAS ISO 3104	14.76
Indeks viskoziteta	-	BAS ISO 2909	135
Tačka paljenja, min.	⁰ C	ISO 2592	241
Tačka tečenja, max.	⁰ C	BAS ISO 3016	- 27
TBN	mgKOH/g	BAS ISO 3771	10.27
Gustina 15 ⁰ C	kg/m ³	ASTM D 5002	873.0
Viskozitet na niskim temp.(CCS)-20 ⁰ C	mPas	ASTM D 5293	6900
Pjenjenje,max. 24 ⁰ C 94 ⁰ C 24 ⁰ C	ml	ASTM D 892	0/0 0/0 0/0
Specifikacije	API CI-4/CH-4/CG-4/CF/SL ACEA E7-04, E5-02, A3-98, B3-98/2, B4-02 MB 228.3/229.1; GLOBAL DHD-1 ; SCANIA LDF, RENAULT RLD ; MACK EO-M PLUS; VW 50500/50100		
Approved	MAN 3275; VOLVO VDS-3 CUMMINS CES 20076/20077/20078		

Table 1:
Basic physical-chemical specifications of oil
Maxima Turbo SAE 15W-40

Eksploataciono ispitivanje

Uvođenjem u primjenu kvalitetnih goriva kao i kvalitetnih motornih ulja nove generacije ukazala se potreba utvrđivanja optimalnog perioda zamjene ulja kao i utvrđivanje svih promjena kod ulja uz istovremeno praćenje promjena na motoru.

Kod provođenja ispitivanja u obzir su uzeti starost motora, tehnička ispravnost, način eksploatacije, kao i vrsta korištenog goriva. U toku eksploatacije vršeno je ispitivanje ulja u cilju utvrđivanja optimalnog perioda zamjene ulja i održavanja radne ispravnosti motora kao i smanjenja troškova održavanja i zastoja u radu.

Prilikom izbora mašina na kojim je vršeno eksploataciono ispitivanje ulja izabrane su mašine različitih proizvođača, različiti motori, a takođe i različitih starosti (starost mašina je od 3 do 6 godina). Uslovi eksploatacije mašina su bili različiti: oranje na černoze i ritskoj crnici, predstjetvena priprema, sjetva strnina i okopavina i sl. U tabeli 2 su navedene osnovne poljoprivredne mašine sa osnovnim podacima o motoru i preporučenom ulju.

Tabela 2: Osnovne karakteristike radnih mašina

Table 2: Basic characteristics of the working machine

R. Br.	Marka i tip sredstva polj. tehn.	Gar. broj	God. pr.	Tip pog. motora	Snaga	Pog. gor.	Nivo kval. prep. ulja
1.	Kombajn za grašak PMC 979AT	3402	2003	Deutz BF8M 1015	290	D2	SAE 15W-40, API CG-4/ CF-4/CI-4
2.	Traktor John Deere 8320	2403	2006	John Deere RG 6081	182	Euro dizel	SAE 15W-40, API CG-4/ CF-4/CI-4
3.	Traktor John Deere 6820	2503	2003	John Deere CD 6068	99	Euro dizel	SAE 15W-40, API CG-4/ CF-4/CI-4
4.	Kombajn John Deere 9680WTS	3903	2004	John Deere RG 6081	247	Euro dizel	SAE 15W-40, API CG-4/ CF-4/CI-4
5.	Sjekač i čupač metlica Bourgoin	4301	2005	Deutz BFM 2011	59	Euro dizel	SAE 15W-40, API CG-4/ CF-4/CI-4

Ispitivanje je vršeno u intervalu između 25 i 250 moto-sati. Pravilno uzorkovana ulja su ispitivana u laboratoriji Rafinerije ulja Modriča koja je akreditovana prema standardu ISO 17025. **Programom ispitivanja su predviđene sljedeće grupe ispitivanja :**

- **utvrđivanje fizičko-hemijskih karakteristika ulja bitnih za ocjenu učinkovitosti ulja u eksploataciji**
- **spektro-fotometrijska ispitivanja hemijskih promjena ulja (oksidacija, nitratacija, sulfatacija, količina čađi idr.)**
- **utvrđivanje količine metala habanja (Fe, Cr, Al, Pb i Cu)**

Rezultati ispitivanja i diskusija

Rezultati ispitivanja su prikazani tabelarno (Tabela 3 i 4) kao i dijagramski (Dijagrami 1 do 12).

Tabela 3 : Rezultati ispitivanja

Table 3: Test results

R.br	Karakteristika	Jed.	PMC-979 AT							Traktor JD 8320-2403				Bourgain 3200TCV			
			25 mč	50 mč	75 mč	100	125	150	175	50mč	100	150	200	50 mč	100	150	200
1.	Viskoznost na 40°C	mm ² /s	105.23	105.13	105.05	106.99	107.08	107.93	109.0	104.41	103.76	104.49	103.33	104.38	104.35	106.26	106.87
2.	Viskoznost na 100°C	mm ² /s	14.47	14.36	14.45	14.74	14.77	14.84	14.98	14.32	14.23	14.30	14.17	14.59	14.58	15.02	15.27
3.	Indeks viskoznosti	-	1.41	1.40	1.41	1.43	1.43	1.43	1.43	1.40	1.40	1.40	1.40	1.44	1.44	1.48	1.48
4.	Tačka paljenja	°C	231	229	226	227	225	223	223	232	230	226	224	234	232	232	234
5.	TBN	mg KO Hlg	11.18	10.91	10.71	9.06	9.46	9.33	8.89	9.73	9.87	9.78	9.65	9.36	9.33	9.28	9.03
6.	TAN	mg KO Hlg	2.76	2.85	2.84	3.56	3.76	4.09	3.59	2.90	2.98	2.96	3.61	4.05	3.87	4.50	2.83
7.	Sadržaj metala	ppm															
	Fe		26.00	11.43	73.06	12.92	11.26	10.24	11.71	8.37	8.59	11.33	11.97	33.52	36.88	41.95	48.50
	Cu		1.30	1.20	1.30	1.18	1.41	1.49	1.49	0.79	0.60	1.19	0.80	2.46	2.18	2.55	2.77
	Al		11.93	14.40	14.33	11.89	16.74	10.52	11.71	24.25	32.26	35.03	34.68	15.30	31.9	15.27	12.30
	Pb		2.0	1.34	2.0	2.03	2.0	1.31	2.62	2.71	2.74	3.27	2.19	4.68	5.54	3.11	3.80
	Cr	0.93	1.50	1.32	1.10	0.56	0.36	0.55	0.35	0.72	0.71	0.76	1.87	1.85	2.38	2.13	
8.	Čađ DIN (400cm ^h)	%	0.044	0.060	0.066	0.192	0.209	0.222	0.256	0	0.004	0.023	0.035	0.155	0.240	0.266	0.389
9.	Čađ DIN (1970cm ^h)	%	0.008	0.027	0.052	0.157	0.180	0.191	0.232	0	0	0	0.019	0.120	0.192	0.233	0.343
10.	Oksidacija DIN (1710cm ^h)	Ab s/cm	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.078	0.952	2.811	1.012	3.548	7.012	5.397	8.992
11.	NOxOksidacija DIN(1640cm ^h)	Ab s/cm	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	6.213	5.244	9.710	13.682	11.905	14.370	
12.	Oksidacija/Sulfatacija DIN(1150cm ^h)	Ab s/cm	2.827	3.868	4.898	9.842	11.206	12.529	13.253	5.809	6.809	9.830	8.294	15.007	22.342	19.885	25.957
13.	Nitratacija DIN(1630cm ^h)	Ab s/cm	0.290	0.309	0.373	0.592	0.544	0.625	0.778	0.199	0.338	0.309	0.514	0	0	0.017	0.091

Tabela 4 : Rezultati ispitivanja

Table 4: Test results

R.br	Karakteristika	Jed.	Kombain JD 9680 WTS(3903)					Traktor JD 6820 (2503)			
			100	100	150	160	250	50 mč	100	150	200
1.	Viskoznost na 40°C	mm ² /s	115.00	104.34	111.81	105.16	111.35	106.59	106.87	106.73	106.60
2.	Viskoznost na 100°C	mm ² /s	15.22	14.23	15.00	14.37	14.86	14.59	14.47	14.46	14.52
3.	Indeks viskoznosti	-	1.38	1.39	1.39	1.40	1.38	1.41	1.39	1.39	1.40
4.	Tačka paljenja	°C	229	238	231	230	233	233	230	232	230
5.	TBN	mg KO Hlg	9.38	9.46	9.41	8.83	9.39	10.14	9.85	9.92	10.02
6.	TAN	mg KO Hlg	3.78	2.46	3.22	2.38	3.85	2.7	2.17	2.80	2.62
7.	Sadržaj metala	ppm									
	Fe		35.68	9.08	94.13	15.95	37.72	16.02	9.53	12.49	15.90
	Cu		1.55	2.03	1.54	1.58	1.46	2.71	2.01	1.61	2.02
	Al		30.76	1.48	35.40	34.17	37.16	13.42	33.22	46.47	8.54
	Pb		2.71	0	2.69	2.44	2.73	3.27	1.04	1.51	3.03
	Cr	0.94	28.73	0.93	0.73	1.26	1.26	0.44	0.71	1.07	
8.	Čađ DIN (4000cm ^h)	%	0.865	0.096	0.939	0.195	0.935	0.081	0.144	0.215	0.256
9.	Čađ DIN (1970cm ^h)	%	0.874	0.076	0.955	0.176	0.958	0.072	0.132	0.202	0.262
10.	Oksidacija DIN (1710cm ^h)	Ab s/cm	0.061	0.000	0.066	0.065	0.056	0.000	0.090	0.000	0.000
11.	NOxOksidacija DIN(1640cm ^h)	Ab s/cm	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12.	Oksidacija/Sulfatacija DIN(1150cm ^h)	Ab s/cm	0.000	0.000	0.000	0.000	0.260	0.000	0.000	0.000	0.000
13.	Nitratacija DIN(1630cm ^h)	Ab s/cm	10.304	5.120	12.888	9.848	13.321	1.534	3.491	4.573	4.964

Kinematska viskoznost

Prilikom primjene motornih ulja često dolazi do promjene viskoznosti koja može biti izazvana različitim djelovanjem. U toku eksploatacije dešavaju se promjene povećanja vrijednosti viskoznosti, a isto tako i do pada viskoznosti. Ukoliko dolazi do pada vrijednosti viskoznosti mogući razlozi su :

- razrjeđenje motornog ulja gorivom zbog nepodešenosti sistema za ubrzavanje ili zbog povećanih zazora u području klipnih prstenova
- drugi razlog je destrukcija upotrijebljenog impruvera viskoznosti usljed djelovanja mehaničkih sila

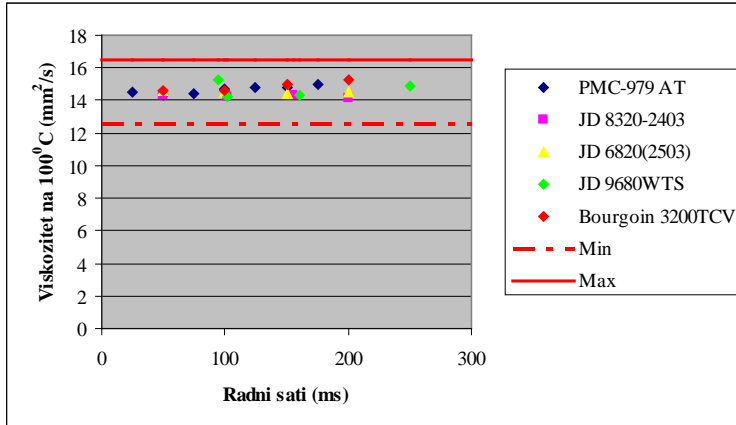
Ukoliko dolazi do povećanja viskoznosti njačešći razlozi su:

- prisustvo povećane količine čađi u motornom ulju
- oksidacija i polimerizacija pojedinih ugljikovodoničnih struktura prisutnih u ulju.

Na dijagramima 1 i 2 prikazane su vrijednosti viskoznosti na 100°C i 40°C

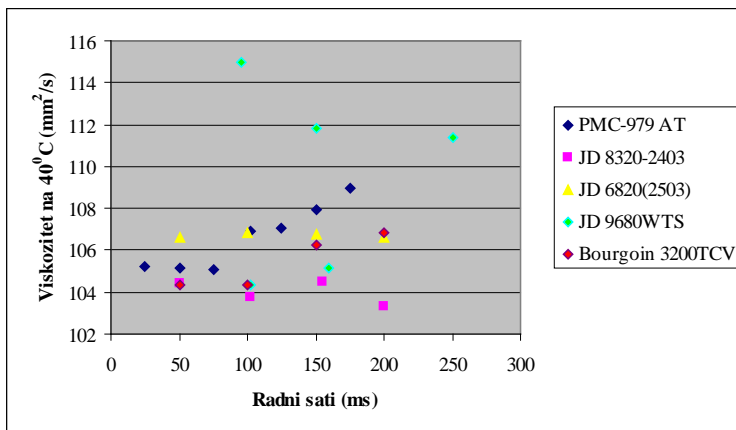
Dijagram 1 : Vrijednost viskoznosti na 100°C

Chart 1: Viscosity at 100°C



Dijagram 2 : Vrijednost viskoznosti na 40°C

Chart 2: Viscosity at 40°C



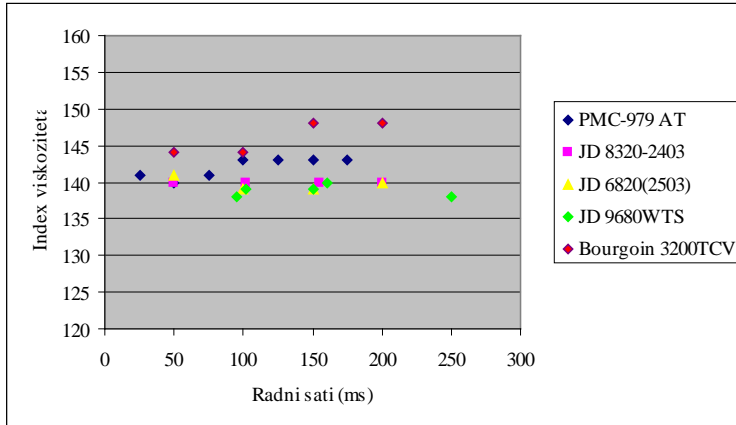
Na dijagramu 1 su predstavljeni rezultati ispitivanja kao i granične vrijednosti viskoziteta za viskozitetnu klasu SAE 40(12,5 do 16,3 mm²/s). Svi ispitani uzorci ulja se nalaze u okviru viskozitetne gradacije što ukazuje na to da nije došlo do značajnih promjena u ulju a takođe ni do destrukcije polimera.

Indeks viskoziteta

Indeks viskoziteta je karakteristika preko koje se utvrđuje promjena viskoznosti sa pomjenom temperature. Na dijagramu 3 prikazane su vrijednosti indeksa viskoziteta. Analizom dijagrama zaključujemo da nije došlo do značajnih promjena indeksa viskoziteta niti do pada njegove vrijednosti, što ukazuje na postojanje impruvera u ulju kod koga se prilikom eksploatacije nije desila značajna mehanička destrukcija.

Dijagram 3 : Vrijednosti indeksa viskoziteta

Chart 3: Viscosity index values

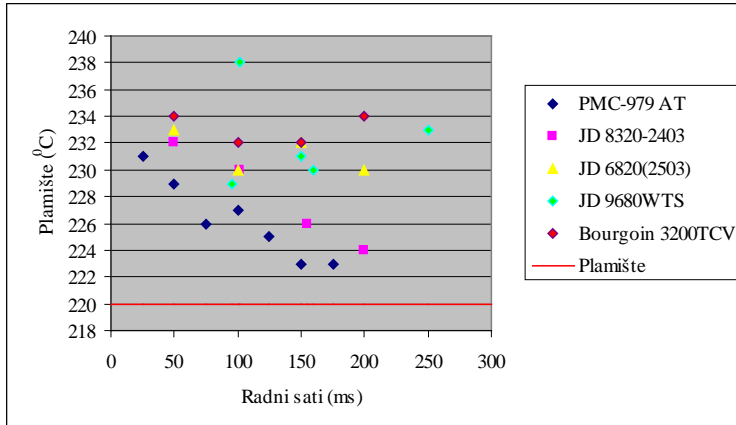


Plamište

U toku procesa podmazivanja gorivo dospijeva u mazivo. Izvjesna količina ostaje u ulju, što dovodi do smanjenja viskoziteta i vrijednosti plamišta. Veliki pad vrijednosti plamišta ukazuje na loš rad sistema za ubrizgavanje goriva. Nakon uočavanja pada vrijednosti plamišta potrebno je izvršiti kontrolu sistema za ubrizgavanje i otkloniti eventualne kvarove. Na dijagramu 4 su prikazane dobijene vrijednosti plamišta. Kao granična vrijednost uzeta je granica od 220⁰C. Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da ne dolazi do značajnijeg prodiranja goriva u ulje i da se svi sistemi na ispitnim mašinama blagovremeno i kvalitetno održavaju. Kod traktora JD 9680WTS je primjenčeno kontinuirano prodiranje goriva u toku cijelog ispitivanja.

Dijagram 4 : Vrijednosti plamišta

Chart 4: Flash point values

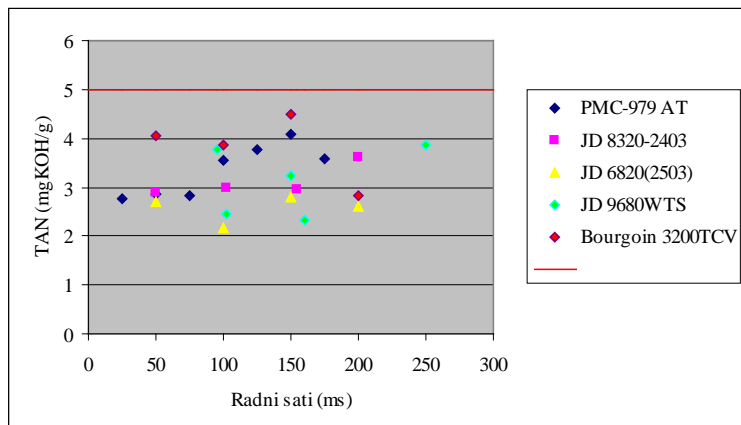


TAN (Total acid number)

TAN je karakteristika koja ukazuje na hemijske promjene koje se dešavaju u procesu oksidacije pri samoj eksploataciji. Povećanje vrijednosti TAN-a ukazuje na oksidacione promjene ulja kao i na prisustvo kiselih produkata nastalih u procesu sagorijevanja goriva. Vrijednosti TAN-a prikazane na dijagramu 5 su ispod 3,5mgKOH/g što je daleko ispod kritične vrijednosti od 5mgKOH/g.

Dijagram 5 : Vrijednosti TAN-a

Chart 5: TAN

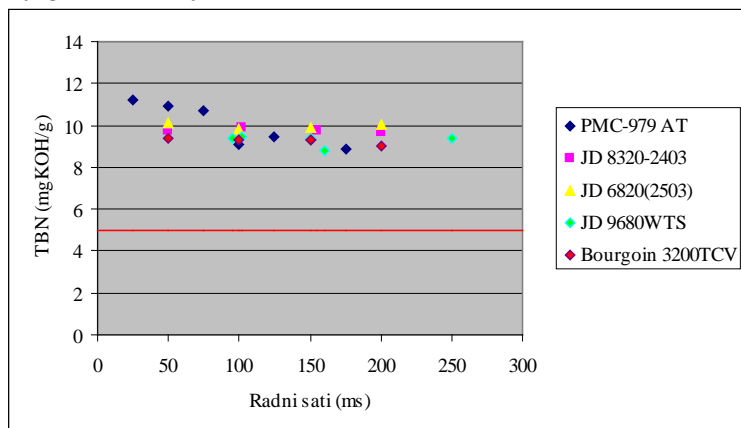


TBN (Total base number)

Kod motornih ulja jedna od bitnih osobina je rezervna alkalnost preko koje se obezbjeđuje zaštita motora od uticaja različitih korozivnih produkata nastalih u procesu sagorjevanja goriva, kao i od produkata nastalih procesom oksidacije i nitratacije. Vrijednost TBN-a prikazane na dijagramu 6 pokazuju da se izmjerene vrijednosti nalaze daleko iznad dozvoljenih vrijednosti koja se kod većine velikih proizvođača motora uzima kao 1/2 početne vrijednosti TBN-a preporučenog motornog ulja.

Dijagram 6 : Vrijednosti TBN-a

Chart 6: TBN

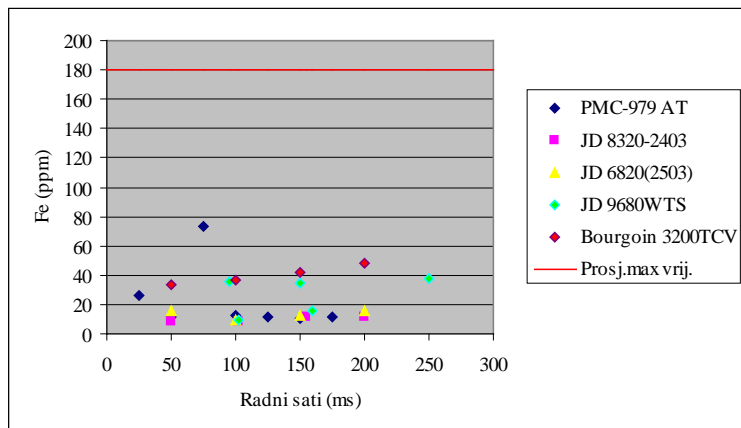


Metali habanja

U sklopu ispitivanja metala habanja izvršeno je određivanje količine prisutnog željeza (Fe), hroma (Cr), bakra (Cu), aluminijuma (Al) i olova (Pb). Na dijagramima 7, 8, 9, 10 i 11 prikazane su vrijednosti habanja kao i gornje vrijednosti za pojedine metale. Sve vrijednosti metala su daleko ispod dozvoljenih granica što ukazuje na dobru antihabajuću zaštitu koje pruža korišteno motorno ulje.

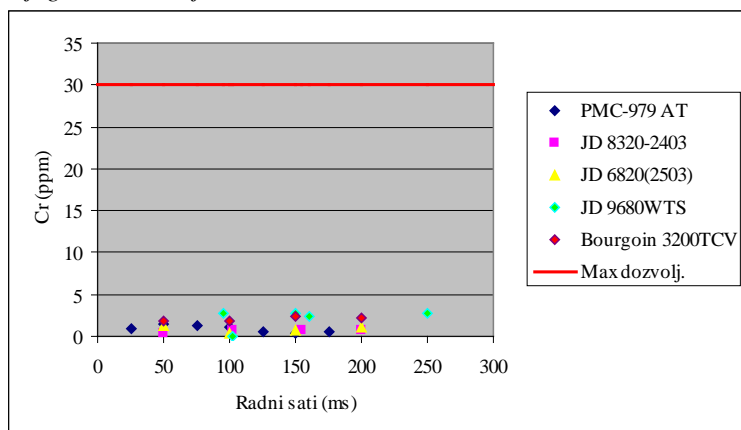
Dijagram 7 : Vrijednosti željeza

Chart 7 : Fe values



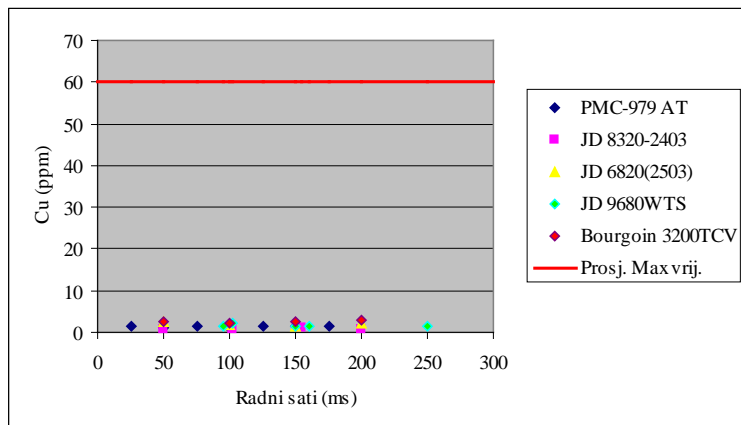
Dijagram 8 : Vrijednosti kroma

Chart 8: Cr values



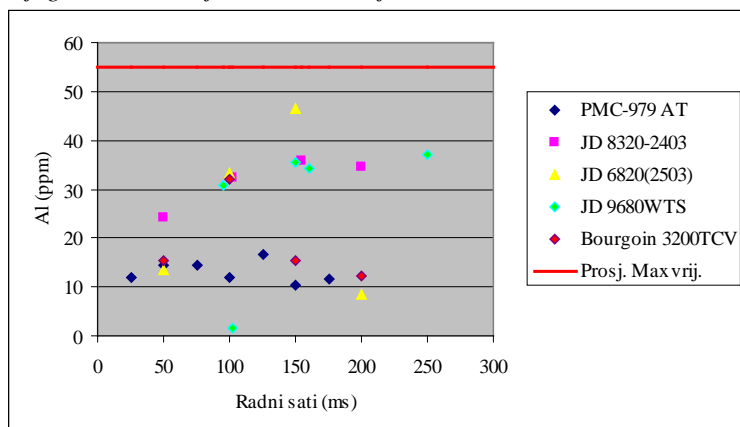
Dijagram 9 : Vrijednosti bakra

Chart 9: Cu values



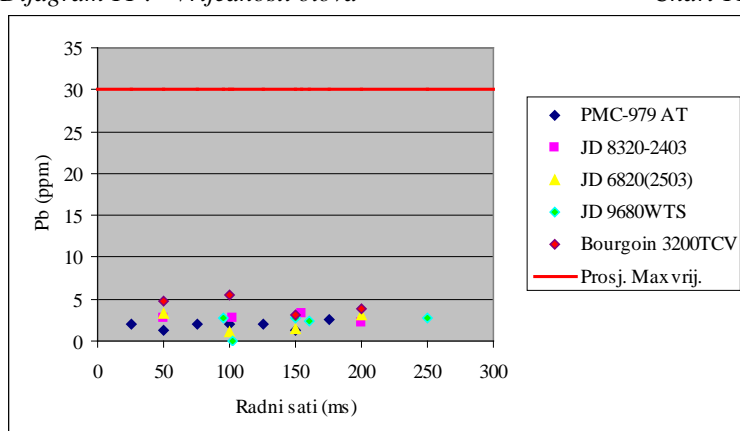
Dijagram 10 : Vrijednosti aluminijuma

Chart 10: Al values



Dijagram 11 : Vrijednosti olova

Chart 11: Pb values



Hemijske promjene ulja

Produkti oksidacije - Organski spojevi, koji su sastavni dio maziva, pri povišenim temperaturama i pritiscima u prisustvu kiseonika iz vazduha se oksidiraju pri čemu nastaju spojevi kao što su ketoni, aldehidi, esteri i kiseline. Nastale organske kiseline se neutrališu aditivima koji su sastavni dio paketa za motorna ulja. Istovremeno dolazi do pada bazne rezerve izražene kroz vrijednost T B N -a. Stvaranje kiselih produkata doprinosi ugušćenju ulja, odnosno povećanju viskoziteta, a takođe dovodi i do korozije metalnih površina. Utvrđivanje stepena oksidacije vrši se primjenom FT-IR spektrofotometrije u području apsorpcije karbonilne grupe ($C=O$) u području između 1670 cm^{-1} i 1800 cm^{-1} .

Produkti nitratacije - Pri izlaganju organskih spojeva povišenim temperaturama i pritiscima u prisustvu azota i kiseonika, kao što je to slučaj kod motora sa unutrašnjim sagorijevanjem, nastaju azotni oksidi u formi NO , NO_2 i N_2O_4 . Sa ostalim produktima kao što je voda stvaraju azotnu kiselinu ili se pak vežu za druge organske spojeve i na taj način doprinose ugušćenju, kao i stvaranju lakova na metalnim površinama. Visok indeks nitratacije najčešće ukazuje na nepravilno podešen odnos gorivo/vazduh. Metodom FT-IR spektrofotometrije mjeri se promjena produkata nitratacije u području apsorpcije između 1600 i 1650 cm^{-1} .

Sulfatacija - Produkti sumpora nastaju najčešće oksidacijom sumpora prisutnog u gorivu pri čemu se stvaraju sumporni oksidi SO_2 i SO_3 koji potom reaguju sa vodom stvarajući sumpornu kiselinu. Ovi proizvodi doprinose stvaranju taloga i lakova a takođe izazivaju koroziju metalnih površina. Tipična apsorpcija za ovu grupu spojeva je u području između 1120 i 1180 cm^{-1} .

Čađ - Pojačana količina čađi kod klasičnih motora je najčešće posledica problema pri sagorijevanju goriva. Kod EGR motora jedan dio izduvnih gasova se uvodi ponovo u motor čime se unosi određena

količina čađi, a osim toga snižena temperatura u motoru doprinosi nastajanju čađi. Količina čađi se može takođe utvrditi primjenom FT-IR spektro-fotometrijske metodom.

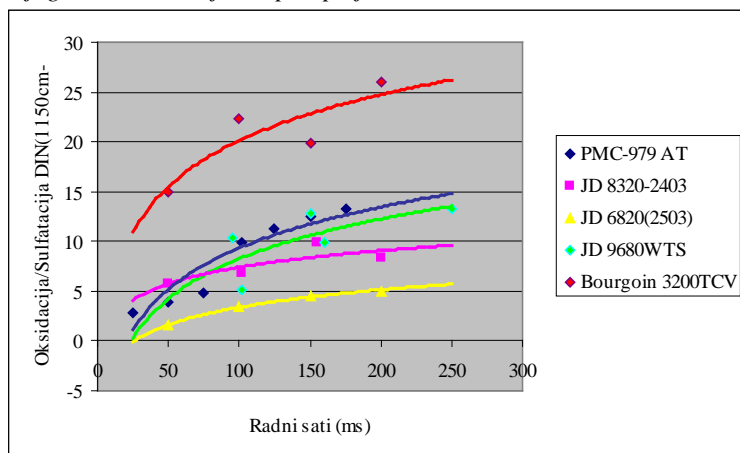
Za utvrđivanje hemijskih promjena ulja korištena je metoda FT-IR (infra crvene spektro-metrije).

Dobijeni rezultati pokazuju da su kod ulja veoma male hemijske promjene jer su vrijednosti oksidacije, sulfatacije i nitratacije ispod dozvoljenih vrijednosti.

Na dijagramu 12 prikazane su promjene apsorpcije na 1150cm^{-1} na osnovu kojih se mogu pratiti promjene izazvane oksidacijom i sulfatacijom u toku eksploatacije.

Dijagram 12: Promjene apsorpcije na 1150cm^{-1}

Chart 12: Changes in the absorption on 1150cm^{-1}



ZAKLJUČAK

1. Eksploataciono ispitivanje motornog ulja Maxima Turbo SAE 15W-40 na mašinama firme PIK-Bečej pokazalo je visok kvalitet ispitivanog motornog ulja
2. Rezultati pokazuju da nakon 200 moto-sati ulje posjeduje značajnu rezervu i da se može koristiti i nakon preporučenog perioda zamjene
3. Sve fizičko-hemijske karakteristike ulja kao i metali habanja se nalaze u predviđenim granicama za ove tipove motora i za ovaj kvalitetni nivo ulja
4. Ulje nije pretrpjelo značajnu hemijsku degradaciju što ukazuje na izuzetan kvalitet upotrijebljenog baznog ulja i paketa aditiva
5. Dobijeni rezultati pokazuju da se upotrebom ovog ulja značajno može produžiti interval zamjene ulja, čime se postiže njegova značajna ušteda, a smanjuju se i zastoji radi promjene ulja i servisiranja.
6. Primjenom savremenih laboratorijskih metoda ispitivanja može se utvrditi optimalni vijek zamjene i uočiti eventualno nastali kvarovi na voznim jedinicama.

Literatura :

- Tehnička uputstva : Engine Requirement- Lubricating Oil (Detroit Diesel, Cummins, Caterpillar i dr.)
- Tehnička uputstva: Oil Analysis, različitih proizvođača opreme
- Metode : ASTM, DIN, ISO- metode
- N. Robinson, Monitoring oil degradation with infrared spectroscopy, Wear check
- A. Geach, Infrared Analysis as Tool for Assessing Degradation in Used Engine Lubricants, Wear check
- S.Perić i dr., Eksploataciono ispitivanje menjačkog ulja sa aspekta dijagnostike stanja i održavanja tribomehaničkog sistema
- YUMTO 2006: A.Kekić, J Vujica, Određivanje optimalnog intervala zamjene ulja u motorima poljoprivrednih mašina pomoću dve metode,
- XXXIV simpozijum Poljoprivredna tehnika, Zlatibor 2008 : Kovač, Vujica, Kekić: Eksploataciono ispitivanje motornog ulja Maxima Turbo SAE 15W-40 na motorima poljoprivredne mehanizacije u poljoprivrednom kombinatu PIK Bečej
- DEMI 2009: Kovač, Vujica, Trumić, Eksploataciono ispitivanje motornog ulja Maxima Turbo SAE 15W-40 u Rudniku „Đurđevik“.