

# RAZVOJ IN PRAKTIČNA UPORABA VRHUNSKEGA HIDRAVLIČNEGA MINERALNEGA OLJA

Milan Kambič

## Izveček:

V uvodu prispevka bodo navedene zahteve, s katerimi se srečujemo pri sodobnih strojih in hidravlični opremi. Prikazan bo medsebojni vpliv med zahtevami za nek stroj, kakovostjo maziva in specifikacijami.

V nadaljevanju bo predstavljen razvoj vrhunskega hidravličnega olja na mineralni osnovi, ki upošteva te sodobne zahteve. Omenjene bodo njegove glavne lastnosti in prednosti pred običajnimi hidravličnimi olji. Te prednosti omogočajo znižanje stroškov vzdrževanja in proizvodnje kljub višji ceni olja. Predstavljeni bodo prvi rezultati praktičnih testiranj tega olja v nekaterih slovenskih podjetjih.

## Ključne besede:

hidravlično mineralno olje, specifikacije, oksidacijska stabilnost, znižanje stroškov

## 1 Uvod

Hidravlična tekočina je zelo pomemben sestavni del, ki ga pogosto površno ali le naključno upoštevamo. Najpogosteje se zdi, da je le izpolnjevanje zahtev vgrajene črpalke glavni dejavnik pri izbiri tekočine [1]. Stroški okvar hidravlične črpalke so na splošno eden najdražjih pojavov v hidravličnih sistemih. Vendar pa nepravilno delovanje ventilov in aktuatorjev zaradi neustreznih lastnosti olja, kot je degradacija (oksidacija) olja, ki povzroča nastanek usedlin v kritičnih prostorih, pogosto tudi vodi do drage izgube proizvodnje [1], [2]. Zaradi ozkih toleranc in majhnih zračnosti, prisotnih različnih kovinskih materialov, različnih elastomerov ter visokih tlakov in temperatur sta uporabna doba in zmogljivost vseh komponent sistema odvisni od pravilne izbire in vzdrževanja hidravličnih tekočin.

Hidravlične tekočine poleg prenosa tlaka in energije opravljajo številne druge naloge. Te vključujejo zmanjševanje trenja in obrabe, tesnjenje delov pred prevelikim puščanjem, odvajanje toplote, zmanjševanje usedlin v sistemu, izpiranje obrabnih delcev in kontaminantov ter zaščito površin pred rjo in korozijo. Pomembne lastnosti hidravlične tekočine se razlikujejo glede na uporabljene komponente, namen uporabe in obratovalne pogoje [2].

Kakovost olja, ki jo zahtevajo hidravlični sistemi, je odvisna od naprave in obratovalnih pogojev. Člo-

vek si že od samega začetka uporabe hidravličnih tekočin prizadeva izboljšati njihove lastnosti. Posledično se je v dobrih dveh stoletjih njihove uporabe število različnih tekočin, ki jih danes uporabljamo v hidravličnih napravah, precej povečalo. Vsaka od njih ima prednosti na določenem področju uporabe. Voda je na primer negorljiva, mineralno olje je najbolj univerzalno uporabno, biološko hitreje razgradljiva olja so manj škodljiva za okolje, hidravlična olja za uporabo v živilski industriji lahko pridejo v stik s hrano itd. Vendar nobena tekočina ni tako univerzalna, da bi lahko izpolnjevala vse včasih zelo različne ali celo nasprotujoče si zahteve. Razvojni inženirji zato še vedno vlagajo ogromno truda, časa in sredstev v iskanje hidravlične tekočine, ki bi bila blizu idealni hidravlični tekočini. Med drugim mora biti ta negorljiva, nestrupena, imeti odlične mazalne lastnosti, temperaturno neodvisne fizikalno-kemijske lastnosti [3].

Kljub različnim vrstam hidravličnih tekočin, ki smo jih omenili, pa mineralna olja še vedno predstavljajo glavnino porabe. V prispevku bo zato predstavljeno hidravlično olje vrhunske kakovosti na osnovi mineralnega olja in njegove prednosti pred konvencionalnimi hidravličnimi olji.

## 2 Povezanost zahtev stroja, kakovosti olja in specifikacij

Sodobna hidravlična oprema se spreminja, s tem pa tudi zahteve za hidravlično olje. Zračnosti med posameznimi strojnimi elementi so vse manjše, tlaki naraščajo, zato je na primer zahtevana boljša sto-

Dr. Milan Kambič, univ. dipl. inž., Olma, d. o. o., Ljubljana



Slika 1 : Smernice na področju hidravlične opreme in hidravličnih olj

pnja čistosti olja kot nekoč. Kakovost olja se mora prilagajati novim zahtevam opreme. Enako velja za specifikacije, ki definirajo minimalne zahteve, ki jih olje mora izpolnjevati. Če se specifikacije ob spremenjenih zahtevah opreme in kakovosti olja ne bi posodabljale, bi zastarele in bi tudi manj kakovostna olja izpolnjevala večino zahtev. Uporabnik tako ne bi več mogel razlikovati med bolj in manj kakovostnimi olji in izbrati primerno za posamezen primer uporabe. Zato se pojavljajo nove specifikacije (manj pogosto) oziroma se določene zahteve posameznih specifikacij zaostrejujejo ali dodajajo nove (bolj pogosto). Zahteve stroja, kakovost olja in specifikacije za olja so zato neločljivo povezane in se stalno spreminjajo.

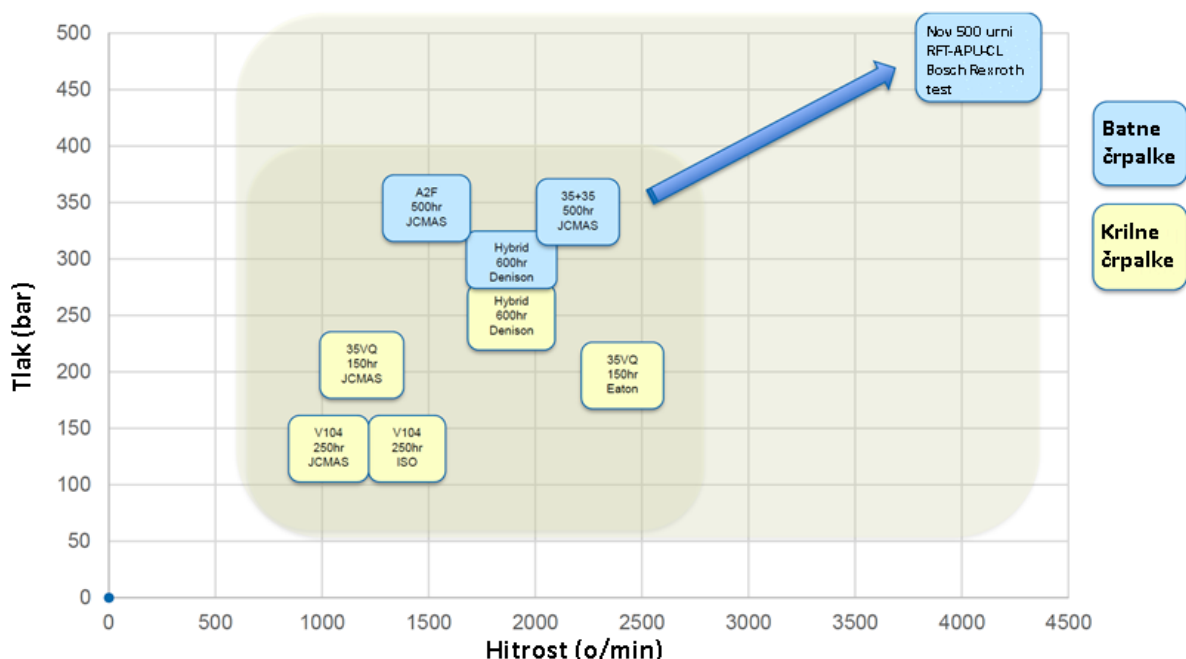
Slika 1 prikazuje smernice pri sodobni hidravlični opremi in oljih, primernih za uporabo v takšni opre-

mi. Hidravlični sistemi so vse manjši, kar še zlasti velja v mobilni hidravliki, kjer smo omejeni tako s prostorom kot s težo. Količina olja je manjša, zato se obtočni časi krajšajo, kar pomeni večje obremenitve za olje (temperatura, tlak). Kljub temu pa lastniki in uporabniki opreme pričakujejo čim manj nenačrtovanih zaustavitev in daljšo uporabno dobo opreme in olja.

Opisano protislovje lahko vsaj delno premostimo z uporabo zelo kakovostnih olj. Ta olja lahko vsebujejo večjo količino aditivov, imajo odlično sposobnost filtracije in nudijo odlično zaščito proti koroziji, kar je pomembno zaradi možne prisotnosti vlage v olju. Zaradi višjih temperatur olja je pomembna odlična toplotna in oksidacijska stabilnost. Zaradi krajših obtočnih časov pa sta ključna hitro izločanje zraka iz olja in odpornost proti penjenju. Usklajitev teh dveh lastnosti ni preprosta, saj povečanje odpornosti proti penjenju lahko upočasni izločanje zraka iz olja.

Večina pomembnih lastnosti mineralnih hidravličnih olj je zajeta v različnih standardih in specifikacijah, kot so na primer:

- ▶ DIN 51524 (del 1: HL, del 2: HLP in del 3: HVLP),
- ▶ AFNOR: NFE 48-603,
- ▶ Denison (HF-2 in HF-O),
- ▶ Vickers (M-2950-S in I-286-S),
- ▶ Cincinnati Milacron: P-68, P-69, P-70,
- ▶ specifikacija Bosch-Rexroth RFT-APU-CL (RD 90235),
- ▶ švedski standard SS 155434,
- ▶ NATO koda H-515 (MIL-H-5606),
- ▶ NATO koda H-537 (MIL-H-83282).



Slika 2 : Primerjava pogojev različnih testov hidravličnih črpalke

Že zelo dolgo je v uporabi specifikacija DIN 51524, ki podaja minimalne zahteve za mineralna hidravlična olja. Nekatere specifikacije so vezane na določena geografska področja (švedski standard), druge na določeno panogo (NATO kode). Od navedenih specifikacij je Bosch Rexroth RFT-APU-CL /RD 90235) najmlajša, hkrati pa izredno zahtevna. Razlog za to prikazuje *slika 2*, kjer vidimo, da testiranje v tem primeru poteka pri praktično dvakrat višjih tlakih in hitrostih, kot je poprečje pri vseh drugih testih črpalk. Bosch Rexroth je s to specifikacijo želel simulirati zahtevne primere uporabe. Po končanem testu se črpalka in hidromotor razstavita, ocenjuje se obraba posameznih sestavnih delov. Olja, ki uspešno prestanejo testiranje, se uvrstijo na Bosch Rexrothov seznam odobrenih olj.

### 3 Vrhunsko hidravlično olje Hydrolubric HC VG 46 in njegove prednosti

Motiv za razvoj vrhunskih hidravličnih olj je dejstvo, da se v zadnjih letih povečuje delež bolj kakovostnih hidravličnih olj na osnovi baznih olj skupine II in III. Posamezne skupine baznih olj in nekatere razlike med njimi prikazuje *preglednica 1*.

#### 3.1 Prilagajanje smernicam na trgu

Med drugim smo opazili trend uporabe tovrstnih olj v strojih za brizganje plastike. V ta namen se že dolgo uspešno uporablja olje na mineralni osnovi Hydrolubric VG 46 (v nekaterih primerih tudi Hydrolubric VG 68). Hydrolubric VG 46 dosega zahteve za olja enega od znanih proizvajalcev strojev za brizganje plastike Krauss Maffei. Kljub temu nekateri ponudniki maziv v zadnjih dveh ali treh letih ponujajo še bolj kakovostna olja za uporabo na teh strojih. Nekateri uporabniki so se odločili za uporabo hidravličnih olj na osnovi baznih olj skupine II ali skupine III ali pa so taka olja začeli preizkušati v svojih strojih. To je bil glavni razlog, da smo se odločili za razvoj vrhunškega hidravličnega olja Hydrolubric HC VG 46, ki po nekaterih lastnostih, kot je

oksidacijska stabilnost, bistveno presega lastnosti olja Hydrolubric VG 46 in se lahko primerja z drugimi trenutno najbolj kakovostnimi olji na trgu.

Hidravlično olje HYDROLUBRIC HC VG 46 je sestavljeno iz posebej izbranih hidrotretiranih baznih olj (takšna olja imajo med drugim boljšo oksidacijsko stabilnost), aditivov proti koroziji, staranju, aditivov EP in AW, izboljševalcev indeksa viskoznosti in dodatkov proti penjenju. Ima odlično termično in oksidacijsko stabilnost, sposobnost filtracije (tudi ob prisotnosti majhne količine vode), odlično hidrolitično stabilnost, odlično sposobnost izločanja zraka in ni nagnjeno k penjenju.

#### 3.2 Osnovne lastnosti

Po opravljenih laboratorijskih testiranjih smo se odločili za najboljšo možno formulacijo olja. Nekatere fizikalno-kemijske lastnosti olja prikazuje *preglednica 2*.

Olje je izredno svetlo, praktično prozorno, kar je posledica visoke stopnje rafinacije baznega olja in s tem zelo nizke vsebnosti žvepla. Indeks viskoznosti je višji kot pri konvencionalnih hidravličnih oljih. Olje hitro izloča vodo in ni nagnjeno k penjenju, saj tega ni v nobeni sekvenci.

Oksidacijsko stabilnost Hydrolubric HC VG 46 smo izmerili v primerjavi z nekaterimi drugimi mineralnimi hidravličnimi olji viskoznostnega razreda ISO VG 46. Uporabili smo tester RapidOxy 100, prikazan na *sliki 3*. Oksidacijsko stabilnost določamo tako, da merimo čas od začetka testiranja do trenutka, ko se tlak kisika ali sintetičnega zraka v napravi zniža za določeno vrednost oziroma odstotek. Rezultati meritev so prikazani v *preglednici 3*. Vidimo lahko, da je oksidacijska stabilnost novega olja Hydrolubric HC VG 46 neprimerno višja kot pri vseh drugih oljih. V nekaterih primerih celo do dvakrat višja. Glede na to lahko upravičeno pričakujemo, da se bo to pri praktični uporabi olja ob enakih obratovalnih pogojih odrazilo na bistveno daljši uporabni dobi olja. To pa seveda pomeni nižje skupne stroške ne glede na višjo ceno olja.

**Preglednica 1** : Splošne lastnosti baznih olj [6]

Parameter	Nafteni (hidrotretirani)	Skupina I	Skupina II	Skupina III	Skupina IV
Indeks viskoznosti	30–60	95	105	130	130
Točka tečenja (%)	-45	-15	-15	-15	<-60
Hlapnost (%)	/	25	15	5-10	10
Anilinska točka (°C)	75	100	115	130	130
% nasičenih maščob (parafini)	65	80	99	99	100
% aromatskih komponent	35	20	0,5	0,2	0
Dušik (ppm)	/	do 60	<5	<1	0
Žveplo (ppm)	0,05	do 7.000	10	<5	0

**Preglednica 2** : Nekatere fizikalne in kemijske lastnosti olja Hydrolubric HC VG 46

Parameter	Metoda	Enota	Mejna vrednost	Izmerjena vrednost
Videz	vizualno	/	Bistra tekočina	Bistra tekočina
Barva	ASTM D1500		<4	L 0,5
Plamenišče (COC)	ASTM D92	°C	>185	>240
Gostota pri 20 °C	ISO 12185	kg/m <sup>3</sup>	850,0-890,0	854,5
Točka tečenja	ASTM D97	°C	<-15	<-33
Viskoznost pri 40 °C	ASTM D445	mm <sup>2</sup> /s	41,4-50,6	46,21
Viskoznost pri 100 °C	ASTM D445	mm <sup>2</sup> /s	>6,100	7,125
Indeks viskoznosti	ASTM D2270	/	>110	113
Nevtralizacijsko število	ASTM D664	mg KOH/g	0,40-0,60	0,41
Korozija na baker	ASTM D130			1b
Oksidacijska stabilnost, RapidOxy Grease 2	ASTM D8206	min		1067
Deemulzivnost 40/0/40 (O/E/W)		min	30	<15
Test penjenja	ASTM D892	ml/ml	150/0 75/0 150/0	0/0 0/0 0/0

Končna formulacija olja izpolnjuje zahteve naslednjih specifikacij:

- ▶ DIN 51524/3 HVLP,
- ▶ ISO 6743/4 HV,
- ▶ ISO 11158 HV,
- ▶ Denison HF-2, HF-0,
- ▶ Vickers I-286-S, M-2950-S,
- ▶ Cincinnati Milacron P-68, P-69, P-70,
- ▶ AFNOR NFE 48-690 (dry),
- ▶ AFNOR NFE 48-691 (wet),
- ▶ AFNOR NFE 48-603.

Med njimi ni navedene najzahtevnejše prej omenjene specifikacije Bosch Rexroth RFT-APU-CL (RD 90235). Razlog je preprosto ta, da gre za novo olje, postopek pridobitve te specifikacije pa traja eno do dve leti. Ne dvomimo pa, da olje ne bi izpolnilo tudi zahtev te specifikacije.

**Slika 3** : Instrument za merjenje oksidacijske stabilnosti RapidOxy 100**Preglednica 3** : Primerjava oksidacijske stabilnosti nekaterih Olminih hidravličnih olj

Naziv olja	Metoda	Enota	Izmerjena vrednost
Hydrolubric HC VG 46	ASTM D8206	min	1067
Hydrolubric VG 46	ASTM D8206	min	664
Hydrolubric HD 46	ASTM D8206	min	570
Hydrolubric HLP 46	ASTM D8206	min	529
Hydrolubric VGS 46	ASTM D8206	min	672
Hydrolubric HVLP 46	ASTM D8206	min	787
Hydrolubric VG 46 D	ASTM D8206	min	536

### 3.3 Praktična testiranja

Po opravljenih laboratorijskih preizkusih v laboratoriju podjetja Olma, ki so potrdili naša pričakovanja, smo v treh podjetjih začeli praktično testiranje olja v nekaterih strojih za brizganje plastike Krauss Maffei. Izvedli smo prve analize vzorcev olja iz teh strojev. Trenutno testiranje poteka v treh podjetjih na 4 lokacijah, v nadaljevanju so prikazani nekateri rezultati iz 2 podjetij, ki sta označeni kot podjetje A in podjetje B. V tretjem podjetju se je testiranje začelo šele pred kratkim.

V podjetju A od maja 2021 testiramo Hydrolubric HC VG 46 na strojih Krauss Maffei KM 204.28 s polnitvijo olja 250 L in KM 204.46 s polnitvijo olja 470 L. Doslej smo opravili tri vzorčenja in analize iz teh dveh strojev. Rezultate analize iz stroja KM 28.46 prikazuje *preglednica 4*, spreminjanje vrednosti barve in nevtralizacijsko število pa slika 4. Spreminjanje vrednosti stopnje čistosti olja na obeh strojih prikazuje *slika 5*.

Viskoznosti, indeks viskoznosti, barva, plamenišče in koncentracija aditivnih elementov se od začetka praktično niso spremenili. Koncentracije obrabnih

**Preglednica 4 :** Pregled rezultatov treh zaporednih analiz vzorcev iz stroja KM 28.46 v podjetju A

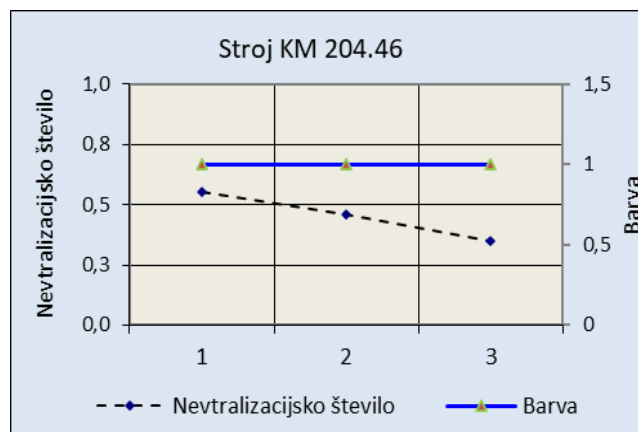
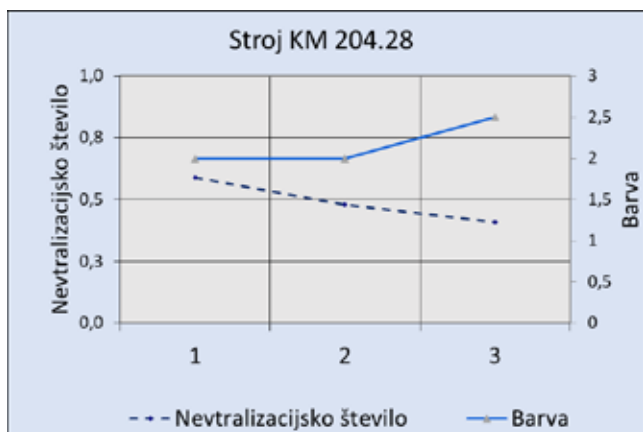
Parameter/število meritve	1	2	3
Datum vzorčenja	8. 6. 2021	23. 9. 2021	18. 1. 2022
Laboratorijska številka vzorca	18963	19412	19807
Obratovalne ure olja (h)	128	1089	1005
Obratovalne ure stroja (h)	26.515	27.604	28.609
Videz - vizualno	bistra tekočina	bistra tekočina	bistra tekočina
Barva/ASTM D 1500	L 1,0	L 1,0	L 1,0
Plamenišče/ASTM D 92 (°C)	239	241	241
Viskoznost pri 40 °C (mm <sup>2</sup> /s)	45,63	45,67	45,80
Viskoznost pri 100 °C (mm <sup>2</sup> /s)	7,06	7,05	7,11
Indeks viskoznosti/ASTM D 2270 (-)	113	112	114
Nevtralizacijsko število/ASTM D 974 (mg KOH/kg)	0,55	0,46	0,35
Vsebnost vode/ISO 12937 (%)	0	0	0
Aditivni elementi/ASTM D 6481 (ut. %)			
Fosfor - P	0,0340	0,0311	0,0307
Žveplo - S	0,1079	0,1034	0,1019
Kalcij - Ca	0,0050	0,0050	0,0047
Cink - Zn	0,0404	0,0400	0,0383
Obrabne kovine/TXMS-06A (mg/kg)			
Krom - Cr	3	<3	<3
Baker - Cu	4	4	11
Železo - Fe	3	4	2
Svinec - Pb	<5	<5	<5
Kositer - Sn	<14	<14	<14
Aluminij - Al	<6	<6	<6
Kontaminanti/DN 8-55 (mg/kg)			
Silici - Si	<5	<5	<5
Stopnja čistosti			
ISO 4406:99 >4 µm	16	15	17
ISO 4406:99 >6 µm	15	13	16
ISO 4406:99 >14 µm	12	10	14
NAS 1638	8	6	10
SAE AS 4059	7/7/6/8/7/6	6/5/4/6/5/3	8/8/8/10/10/9



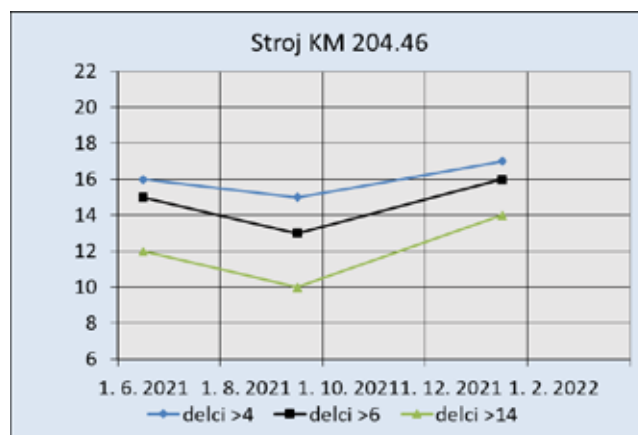
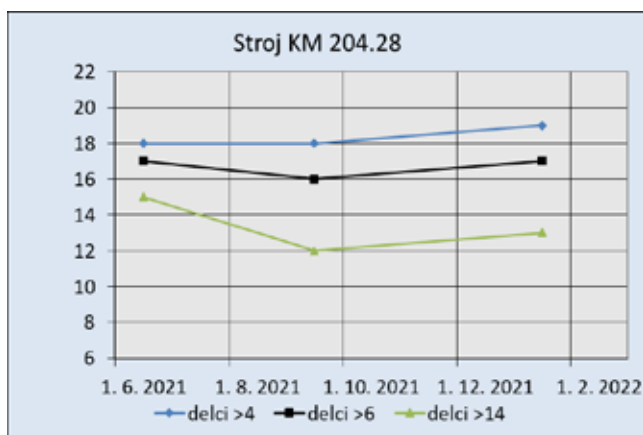
kovin so v normalnem območju za industrijske hidravlične sisteme. Nevtralizacijsko število se je nekoliko znižalo. Stopnja čistosti je večinoma skladna s priporočilom proizvajalca stroja, občasno je preveč delcev, večjih od 6 mikrometrov in od 14 mikrometrov. Doslej so rezultati torej pričakovani in zelo stabilni. Na stroju KM 204.28 bo treba razmisliti o vgradnji bolj finih oziroma bolj učinkovitih filtrskih elementov.

V podjetju B od maja 2021 testiramo Hydrolubric HC VG 46 na strojih Krauss Maffei KM 80 2K s polnitvijo olja 300 L in KM 1000 s polnitvijo olja 1500 L. Barvo in nevtralizacijsko število olja na obeh strojih prikazuje *slika 6*, stopnjo čistosti olja na obeh strojih pa *slika 7*.

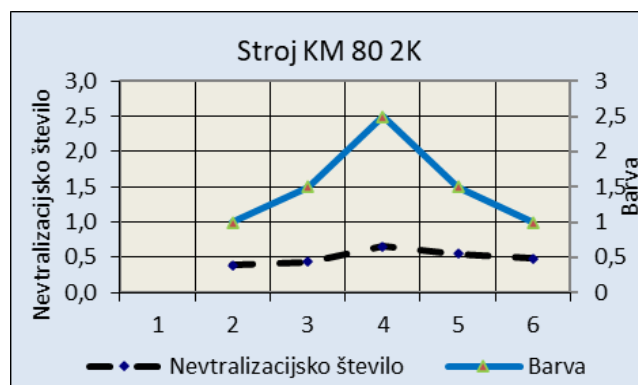
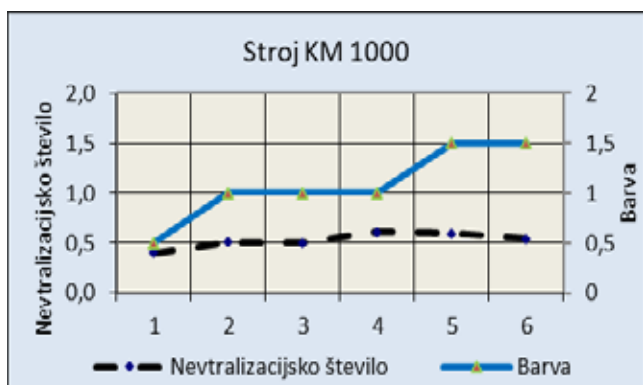
Parametri so zelo stabilni in ves čas v priporočenem območju. Izjema je stopnja čistosti. Na stroju



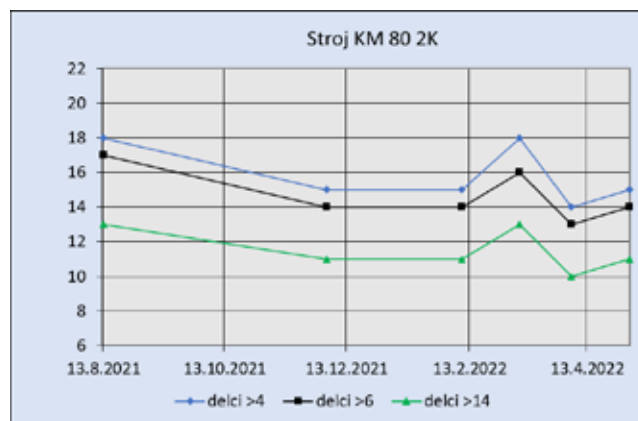
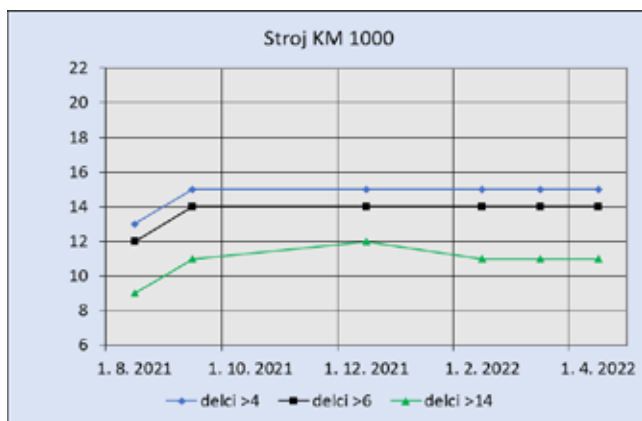
Slika 4 : Nevtralizacijsko število in barva na strojih KM 204.28 (levo) in KM 204.46 (desno) v podjetju A



Slika 5 : Stopnja čistosti olja na strojih KM 204.28 (levo) in KM 204.46 (desno) v podjetju A



Slika 6 : Nevtralizacijsko število in barva na strojih KM 1000 (levo) in KM 80 2K (desno) v podjetju B



Slika 7 : Stopnja čistosti olja na strojih KM 1000 (levo) in KM 80 2K (desno) v podjetju B

KM 1000 je glede na priporočila proizvajalca stroja preveč delcev velikosti nad 14 mikrometrov. Na stroju KM 80 K2 pa je občasno preveč delcev tako velikosti nad 4 mikrometre, nad 6 mikrometrov kot tudi nad 14 mikrometrov.

Po enem letu spremljanja stanja olj na testnih strojih lahko ugotovimo, da se olje trenutno še vedno obnaša odlično. Vse polnitve so v dobrem stanju.

Na končne zaključke praktičnih testiranj pa bo treba počakati dlje časa, saj lahko pričakujemo, da bo uporabna doba olja ob normalnih obratovalnih pogojih znašala več let.

### 3.4 Prednosti uporabe olja Hydrolubric HC VG 46 in znižanje stroškov

Novo razvito olje ima v primerjavi z najpogosteje uporabljanimi hidravličnimi olji naslednje prednosti:

- ▶ višji indeks viskoznosti,
- ▶ neprimerno višja oksidacijska stabilnost,
- ▶ odlično izločanje zraka in odpornost proti penjenju,
- ▶ manjša stisljivost olja,
- ▶ boljše mazalne lastnosti,
- ▶ manjša nevarnost kavitacije,
- ▶ manjša nevarnost zažiganja olja (»dizel efekt«).

Višji indeks viskoznosti pomeni nižjo viskoznost pri nižjih temperaturah, s tem pa manjše upore in padec tlaka pri pretakanju olja, kar posledično pomeni nižjo porabo energije za pogon hidravličnih črpalk. Po drugi strani pa se viskoznost olja pri višjih temperaturah zniža manj, kar pomeni manjše lekaže zaradi netesnosti in boljšo nosilnost mazalnega filma ter posledično manjšo obrabo. Višja oksidacijska stabilnost pomeni daljšo uporabno dobo olja, saj je olje manj nagnjeno k tvorjenju oblog, usedlin in manj maši filterske elemente. Zaradi hitrejšega izločanja zraka iz olja je olje manj stisljivo, hidravlični sistemi pa zato bolj odzivni. Manjša količina zraka v olju med obratovanjem pomeni izboljšanje mazal-

nih lastnosti, manjšo nevarnost tako imenovanega »dizel efekta« in manjšo nevarnost kavitacije.

Možni prihranki tako zajemajo:

- ▶ nižji strošek energije,
- ▶ prihranek zaradi daljše uporabne dobe olja,
- ▶ prihranek zaradi manjše porabe olja za dolivanje,
- ▶ prihranek zaradi daljše uporabne dobe hidravličnih sestavin,
- ▶ nižji strošek odstranjevanja odpadnih olj,
- ▶ nižji strošek dela vzdrževalcev.

Namen praktičnih testiranj sta potrditev odličnih lastnosti olja tudi pri dejanski uporabi in potrditev možnih prihrankov, ki večkratno nadomestijo višjo ceno olja.

## 4 Zaključek

Spremenjene obratovalne zahteve za sodobne stroje in hidravlično opremo se odražajo na spremembah kakovosti hidravličnih olj, prav tako pa na spremembah specifikacij teh olj.

Zaradi povečanja deleža hidravličnih olj na osnovi kakovostnejših baznih olj, ki jih v zadnjih letih opažamo na trgu, smo se odločili za razvoj vrhunskega hidravličnega olja Hydrolubric HC VG 46.

Laboratorijske meritve so potrdile pričakovanje, da bo to olje preseglo lastnosti običajnih hidravličnih olj. Oksidacijska stabilnost tega olja je bistveno višja kot pri drugih običajnih hidravličnih oljih.

V treh podjetjih smo začeli praktično testiranje na nekaterih strojih za brizganje plastike Krauss Maffei. Po enoletnem testiranju so polnitve olja še vedno v odličnem stanju. To omogoča znižanje stroškov, saj se kljub višji ceni olja znižuje obseg potrebnih vzdrževalnih del, okvar opreme in s tem povezanih zastojev proizvodnje. Na končne zaključke pa bo treba počakati dlje časa, saj lahko pričakujemo, da

bo uporabna doba olja ob normalnih obratovalnih pogojih znašala več let.

## Literatura

- [1] M. Kambič in D. Lovrec, „Problems of testing new hydraulic fluids,“ v Fluid power 2017, Maribor, 2017.
- [2] D. M. Pirro and A. A. Wessol, Lubrication fundamentals, 2nd ed., New York, Basel: Marcel Dekker, Inc., 2001.
- [3] M. Kambič in D. Lovrec, „Hidravlične tekočine prihodnosti,“ v Fluidna tehnika 2011, Maribor, 2011.
- [4] “Base oil groups explained,“ Machinery lubrication, no. 10, September–October 2012.
- [5] M. Kambič, „Mineralna bazna olja,“ IRT3000, Izv. 16, št. 114, 2021.
- [6] Robert Scottt, Jim Fitch, Lloyd Leugner, The practical handbook of machinery lubrication, Tulsa, Oklahoma: Noria Corporation, 2012.

## Development and practical use of premium hydraulic oil on mineral basis

### Abstract:

In the introduction of the paper, the requirements encountered in modern machines and hydraulic equipment will be stated. The mutual impact between machine requirements, lubricant quality and specifications will be shown.

Following, premium quality hydraulic oil on mineral basis and its main characteristics will be presented. Its main properties and advantages over conventional hydraulic oils will be mentioned. These advantages make it possible to reduce maintenance and production costs despite the higher price of oil. The first results of practical testing of this oil in some Slovenian companies will be presented.

### Keywords:

mineral hydraulic oil, specifications, oxidation stability, cost reduction

# H I lja

srce hi li i i



Olma

l:

: lm . i ://ww . lm . i

**OLMA75**  
SINCE 1947