

Zasnova izločevalnika vode iz hidravličnega olja

Nejc STRAVNIK, Franc MAJDIČ

Izvleček: V hidravličnem sistemu so vseskozi številne nečistoče. Nečistoče v obliki trdnih delcev ali vode so lahko zunanega izvora, večina pa jih nastane med delovanjem hidravličnih sestavin. V tem prispevku je predstavljena problematika vode v hidravličnem olju, ki zajema tako mobilno kot tudi industrijsko hidravliko. Predstavljene so oblike vode v olju, razlogi za pojav in težave, ki se pojavijo zaradi vode. Teoretične osnove so podkrepjene z realnimi meritvami vlažnosti svežega olja. V nadaljevanju sta predstavljeni zasnova in izdelava lastnega izločevalnika vode, prikazane so tudi meritve, izvedene na prototipu.

Ključne besede: hidravlično olje, voda v olju, relativna vsebnost, izločanje vode, filtracija

1 Uvod

Z razvojem novih tehnologij postajajo izdelki vse bolj dovršeni, tolerance izdelave pa vse manjše. S tem se v hidravličnih sestavinah manjšajo reže, posledično pa večajo zahteve po čistosti hidravlične tekočine. Nečistoče v obliki trdnih delcev ali vode so v hidravlični tekočini povsem normalen pojav. Nekaj jih

pride v hidravlično tekočino že med proizvodnjo, med transportom in skladiščenjem, nekaj med polnjenjem hidravličnih naprav, večina nečistoč pa izvira oz. nastaja med delovanjem hidravličnega sistema. Ker se nečistočam torej ne moremo povsem izogniti, je pomembno njihovo zaznavanje, torej merjenje čistosti hidravlične tekočine, in predvsem njihovo odstranjevanje, torej

2 Problematika vode v hidravličnem olju

2.1 Razlogi za pojav vode

Problematika vode v hidravličnem olju zadeva tako industrijsko kot tudi mobilno hidravliko. Zaradi izpostavljenosti različnim okoljem in s tem velikim temperaturnim razlikam prihaja do nabiranja kondenzata v hidravlični tekočini. Razloge za onesnaženje z vodo lahko najdemo tudi v okvari tesnil in puščanju izmenjevalnika toplote (olje-voda), seveda pa ni odveč pri razlogih omeniti tudi človeškega faktorja. Slabo zaprt ali celo odprt pokrov rezervoarja (slika 1) je pogost razlog za prisotnost vode [1].

2.2 Težave, povezane z vodo

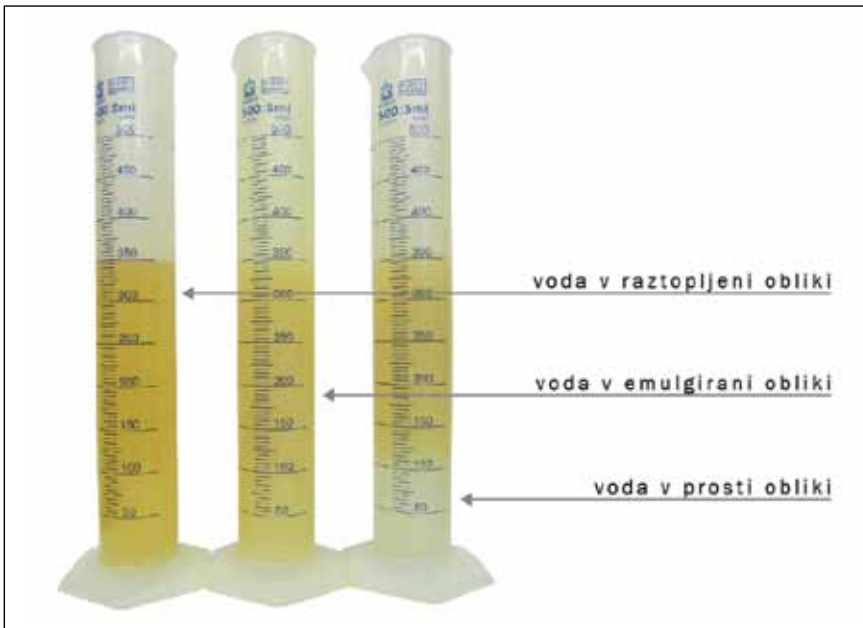
Pojav vode v hidravlični tekočini ima negativne posledice, ki niso nujno takojšnje. Okvare hidravličnih sestavin pogosto izvirajo iz neprimerne hidravlične tekočine, tj. tekočine s povišano vsebnostjo delcev in vode. Voda v hidravličnem olju povzroča nastanek rje in galvanske korozije, parne kavitacije, znižuje viskoznost, pri nizkih temperaturah se tvorijo ledeni kristali, razvijejo se bakterije in drugi mikroorganizmi



Slika 1. Odprt pokrov rezervoarja

Nejc Stravnik, dipl. inž., doc. dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

vzdrževanje čistega olja. V tem prispevku se bomo podrobneje dotaknili vode kot nečistoče v olju, njenega zaznavanja v hidravlični tekočini in njenega odstranjevanja.



Slika 2. Oblike vode v olju

[2, 3]. Vse našteje težave vodijo v okvare hidravličnih sestavin in nazadnje lahko tudi v zastoj hidravličnega sistema. Spremljanje in zagotavljanje čistosti hidravlične tekočine je tako dandanes nuja.

2.3 Oblike vode v hidravličnem olju

Voda je v vsakem okolju. Tako kot najdemo vodu v zraku, kar poznamo kot vlažnost zraka, obstaja tudi v olju (slika 2). Voda je lahko v raztopljenem stanju, ko so njene molekule razpršene med molekulami olja. Podobno kot v zraku, kjer vode neposredno ne vidimo, tudi olje na pogled deluje bistro in jasno. Takšno pa je samo do določene meje, ki ji pravimo točka zasičenosti. Če povečamo vsebnost vode in to točko presežemo, se voda v olju pojavlja v obliki emulzije. Olje postane na pogled megleno, motno. Podobno je z zrakom. Ko vsebnost vode v zraku preseže točko zasičenosti, se pojavi megla. Ko je količina vode zadostna oziroma ko olje ni več sposobno tvoriti emulzije, se voda v olju pojavlja v prosti in za hidravlične sestavine najbolj nevarni obliki [2, 4].

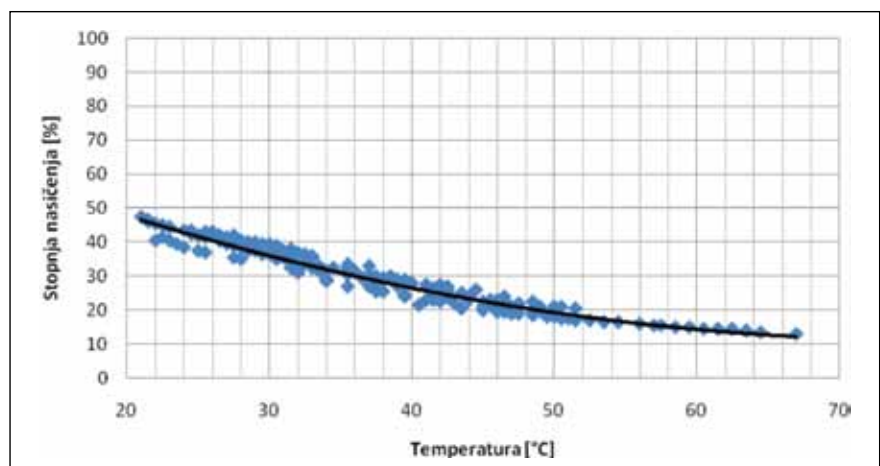
Večja kot bo vsebnost vode v hidravličnem olju, več in bolj pogoste bodo zgoraj omenjene težave.

2.4 Zaznavanje vode v hidravličnem olju

Voda se torej v olju pojavlja v treh oblikah: v raztopljeni, emulgirani in prosti obliki. To dejstvo pripomore k



Slika 3. Senzor vlage AS 3000



Slika 4. Izmerjena stopnja nasičenja hidravličnega olja z vodo v odvisnosti od temperature

temu, da je natančno količino vode v olju izredno težko izmeriti. V splošnem se metode merjenja delijo na dve, in sicer na merjenje absolutne in merjenje relativne vsebnosti vode v olju [5]. Merjenje absolutne vsebnosti nam poda celotno količino vode v olju. Rezultate navadno podamo v enotah ppm (parts per million). Relativna vsebnost nam poda stopnjo nasičenosti. Podamo jo v odstotkih nasičenja, ko 0 % pomeni, da v olju ni vode, 100 % pa, da je olje zasičeno in se voda že pojavlja v emulgirani oziroma prosti obliki. Standardizirani sta dve metodi merjenja absolutne vsebnosti vode, in sicer titracijska, določena po standardu ISO 12937, in destilacijska, določena s standardom ISO 9029. V našem laboratoriju za nadzor stanja vode v olju uporabljamo senzor vlage AS 3000 (slika 3).

Senzor vlage deluje na principu merjenja kapacitivnosti in nam poleg temperature omogoča spremljanje trenutne relativne vsebnosti vode v olju in s tem neposreden nadzor stanja olja. Absolutnih vsebnosti vode s takšnim senzorjem ne moremo meriti, vendar jih za trenutni nadzor pogosto niti ne potrebujemo. Ko stopnja nasičenosti doseže 100 %, vemo, da je potrebno ukrepati in vodo z eno izmed metod izločiti. Standarda, ki bi določal mejne oz. dopustne vsebnosti vode, ni. Za hidravlična olja velja priporočilo, da naj bodo vsebnosti vode manjše od 0,1 % [6]. Sicer pa v splošnem velja, da naj bo

vsebnost vode najnižja možna, ki jo s sprejemljivimi stroški lahko dosežemo. Vsekakor mora biti vsebnost vode pri temperaturi obratovanja pod mejo zasičenosti (slika 4).

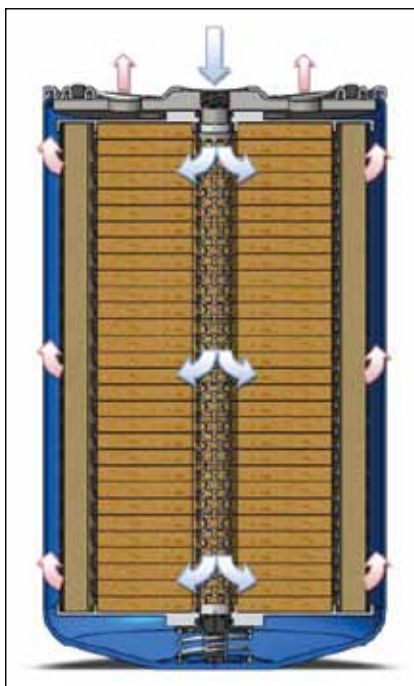
Zavedati se moramo, da tudi novo olje ni povsem brez vode. Slika 4 prikazuje izmerjeno stopnjo nasičenja novega olja ISO VG 46 v odvisnosti od temperature. Višja, kot je temperatura, nižja je stopnja nasičenja, čeprav je v olju vseskozi enaka količina vode. Točko zasičenja, se pravi stopnjo nasičenosti 100 %, pri tem olju in pri temperaturi 30 °C dosežemo pri vsebnosti vode okoli 300 ppm (0,03 %). Pomembno je, da vzdržujemo vsebnost vode pod to točko, v primeru prekoračitve pa hitro in ustrezno ukrepamo.

2.5 Izločanje vode iz hidravličnega olja

Za izločanje vode iz olja je razvitih nekaj tehnologij, ki delujejo na različnih principih. Tukaj omenjamo tri, ki se v hidravliki najpogosteje uporabljajo. Prva tehnologija je izločanje z vakuumskimi izločevalniki. Ti delujejo na principu izhlapevanja. Z vakuumom dosežemo vrelišče vode pri nižjih temperaturah in s tem pospešeno izhlapevanje vode, ki jo nato v obliki vodnih par lahko izločimo. Centrifugalna separacija, kot druga tehnologija, izkorišča različno specifično težo hidravličnega olja in vode. Pri veliki centrifugalni sili se ti dve sestavini ločita. Tretja tehnologija so posebni filtrirni vložki z možnostjo absorbiranja vode. Količina na ta način izločene vode je seveda pogojena z velikostjo vložka, ki ga je po nasičenju potrebno zamenjati [5]. Izbira tehnologije je odvisna predvsem od volumna vode, ki jo je odstraniti potrebno iz onesnaženega olja, od zahtevanega pretoka in od vrste hidravličnega olja (mineralno, sintetično, ...).

■ 3 Zasnova lastnega izločevalnika vode

Za izločanje vode iz hidravlične tekočine smo v našem laboratoriju razvili



Slika 5. Idejna zasnova filtrirnega vložka



Slika 6. Izdelani prototip filtrirnega vložka

lasten izločevalnik vode. Po pregledu konkurenčnih izdelkov smo ugotovili, da ti glede na volumen vložka izločajo relativno majhno količino vode. Cilj je torej bil razviti izločevalnik, ki bi poleg filtracije zagotavljal izločanje večjih količin vode. Skupaj s podjetjem TRM Filter smo zasnovali in izdelali filtrirni vložek, ki učinkovito izloča tako prosto in emulgirano kot tudi raztopljeno oz. vezano vodo. Filtracija poteka na dveh nivojih. Vložek je zasnovan tako, da je na prvem nivoju zagotovljen velik volumen za izločanje vode, na drugem nivoju pa še vedno velika površina za filtracijo delcev. Na ta način lahko vložek absorbira karseda veliko vode in ima hkrati veliko filtrirno površino, s čimer je omogočeno zadržanje večje količine trdnih delcev.

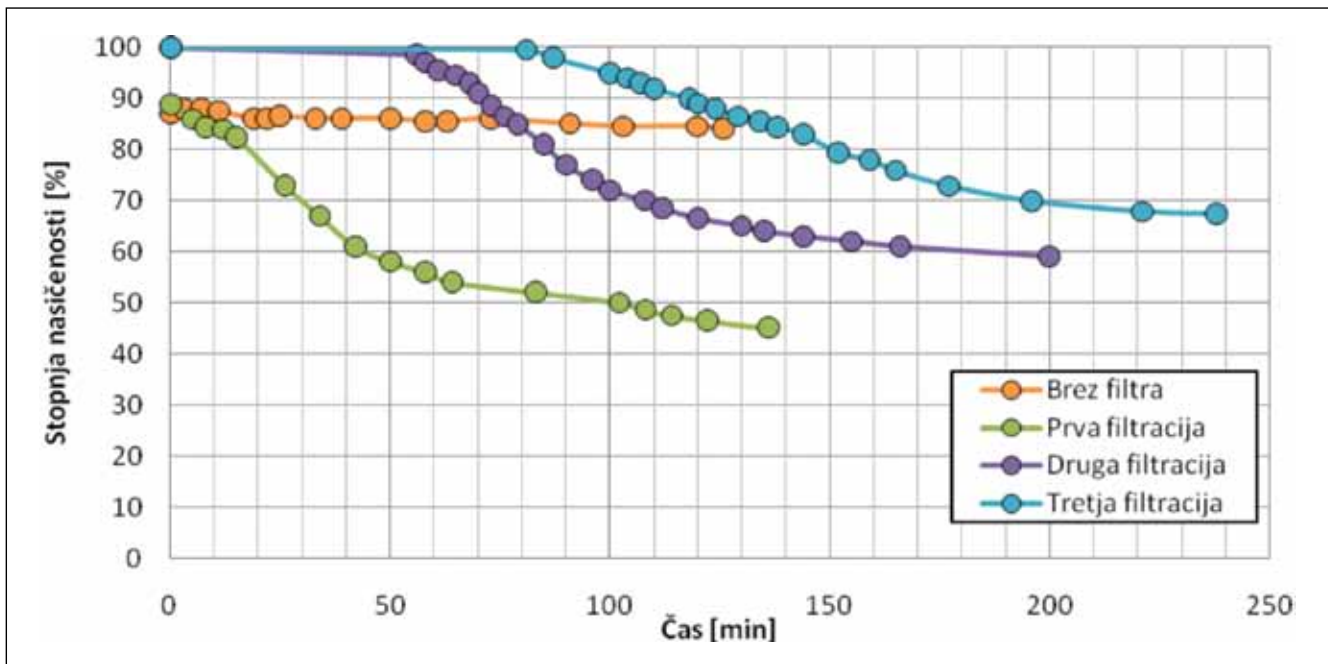
Preglednica 1. Karakteristike filtrirnega vložka

Parameter	Vrednost
zunanj premer	Ø160 mm
notranji premer	Ø 85 mm
višina	500 mm
največji pretok	10–15 l/min
volumen – nivo 1	2.600 cm ³
filtrirna površina – nivo 2	12.000 cm ²
količina absorbirane vode	> 2 l
filtracija	10 µm

Prvotna ideja je bila zasnovana kot filtrirni vložek »spin-on« (slika 5). Kasneje smo to zasnovo spremenili in izdelali klasičen filtrirni vložek.

Na sliki 6 je prikazan izdelani prototipni vložek. Njegove karakteristike so zbrane v preglednici 1.

Testiranje prototipa smo izvajali na manjšem hidravličnem preizkuševališču s 15-litrskim vzorcem svežega olja in pretokom okoli 2,5 l/min. Temperatura olja je bila ves čas meritev okrog 30 °C. Testiranja smo izvajali postopoma in z majhnimi koncentracijami vode v olju. Rezultati meritev so prikazani na sliki 7. Prva meritev je bila referenčna in brez dodanega filtrirnega vložka v sistemu. Zaradi predhodno



Slika 7. Izmerjene stopnje nasičenosti olja z vodo v odvisnosti od časa, s filtrom in brez

opravljenih meritev je bila stopnja nasičenosti višja kot pri svežem olju. Pri referenčni meritvi je znašala 86 % in je bila skozi celotno meritev bolj ali manj konstanta. Nato smo v hidravlični sistem dodali filtrirni vložek. S filtriranjem je stopnja nasičenosti hitro upadla vse tja do vrednosti 45 %, kar je le nekaj odstotkov višje, kot smo izmerili pri čisto svežem olju. Pri vseh naslednjih meritvah smo nato v isti vzorec olja dodajali znane količine vode. Pri drugi filtraciji je bilo v olje dodanih 100 ml oziroma 6670 ppm vode, pri tretji filtraciji pa 200 ml oziroma okoli 13330 ppm vode.

Vidimo, da je hitrost izločanja močno odvisna od koncentracije vode v olju. Pri tretji filtraciji je bilo v vzorec olja dodane 2-krat več vode kot pri drugi. Kljub temu smo stopnjo nasičenosti pod 100 % pri tretji filtraciji dosegli le dobrih 20 minut kasneje. Višja, kot je torej koncentracija vode, hitrejša bo izločanje. Na gra-

fu se tudi vidi (sl. 7), da se doseže na končna stopnja nasičenosti viša. Bolj, kot je vložek z vodo nasičen, manj vezane vode lahko izloči.

Testiranja smo nadaljevali z dodajanjem po 100 ml vode v olje. Pri četrti filtraciji smo dosegli končno stopnjo nasičenosti le nekaj odstotkov pod mejo zasičenosti. Ker nam merilna oprema v laboratoriju ne omogoča merjenja absolutnih vsebnosti vode, smo spremenili način določanja uspešnosti filtracije. Tako smo merili čas filtracije, potreben do bistrega videza olja. Spreminjanje videza olja prikazuje *slika 8*, rezultate meritev pa *slika 9*.

Opravljenih 12 filtracij pri vsakokrat dodanih 100 ml vode pomeni skupno izločene 1,2 l vode. Vidimo, da smo pri 12. filtraciji do bistrega videza olja potrebovali že preko 15 ur filtriranja. Če bi na ta način nadaljevali meritve, bi zelo težko določili celotno količino vode, ki jo

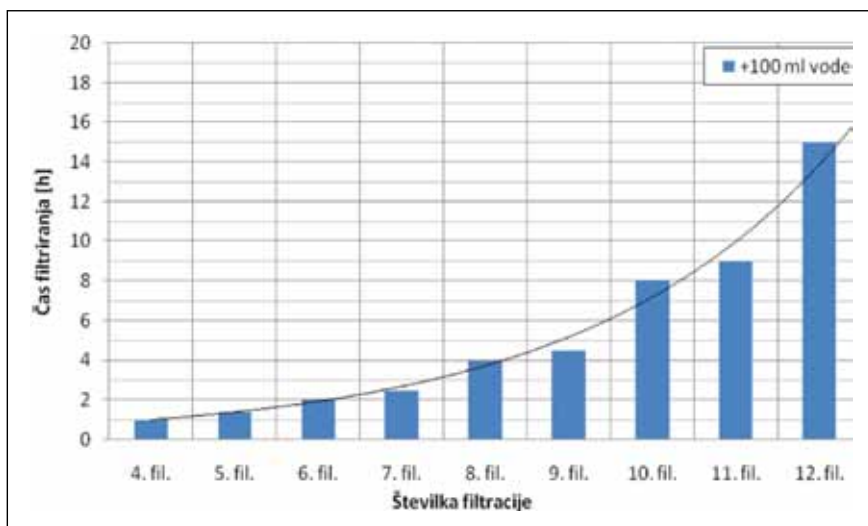
lahko izloči filtrirni vložek. Meritve bi namreč bile zelo dolgotrajne. Tako smo pri 13. filtraciji močno povečali koncentracijo vode v olju. V vzorec smo dodali 2 l vode in filtracijo izvajali 24 ur. Celotno količino izločene vode smo določili na podlagi tehtanja filtrirnega vložka. Filtrirni vložek je skupno izločil preko 2 l vode. Če upoštevamo, da je volumski del vložka, namenjenega izločanju vode, velik 2600 cm³, lahko izračunamo preko 75-odstotno zapolnitev tega volumna.

S prototipnim filtrirnim vložkom smo dosegli vrednosti čistosti olja po ISO 4406: 19/18/14. S temi vrednostmi nismo popolnoma zadovoljni, zato v novih prototipih že pripravljamo izboljšave.

Z našim filtrirnim vložkom smo dosegli vsebnosti vode, skoraj primerljive tistim v svežem olju, in čistočo olja, primerno za manj zahtevne hidravlične sisteme. V en izdelek smo zdru-



Slika 8. Spreminjanje videza olja glede na vsebnost vode v njem



Slika 9. Čas filtriranja, potreben do bistrega videza olja

žili izločanje vode in filtracijo delcev in s tem zagotovili vse potrebno za ohranjanje čistega olja in s tem daljšo uporabno dobo hidravličnih sestavin.

■ 4 Zaključek

Namena našega dela sta bila razvoj in izdelava lastnega izločevalnika vode. Kot se je izkazalo, je pojav vode v hidravličnem olju precej kompleksen in tudi pogost. Pred zasnovo izločevalnika je bilo tako potrebno opraviti vrsto bazičnih meritev, s katerimi smo potrdili teoretično znanje. Pridobljena ekspe-

rimentalna znanja smo nato uporabili pri izdelavi filtrirnega vložka. Že prvi prototip je dal zelo dobre rezultate. Trenutno pripravljamo še dve izvedbi. Ena izvedba bo bolj kot filtraciji namenjena izločanju vode. Pričakujemo, da bo takšen vložek pri istih dimenzijah lahko izločil preko 4 l vode ob še vedno zadovoljivi filtraciji delcev. Pri drugi izvedbi se bolj posvečamo doseganju stopnje čistosti, primerne za najzahtevnejše hidravlične sisteme. Seveda bo takšen filtrirni vložek še vedno sposoben izločiti okrog 2 l vode. Prvi prototip je izpolnil pričakovanja in bi bil lahko že sedaj povsem pri-

meren za uporabo. Nadaljnje planirane izboljšave obetajo še mnogo boljši končni izdelek.

Literatura

- [1] Jim Fitch, Noria Corporation: Strategies to Achieve and Sustain Dry Oil, Machinery Lubrication, maj 2009.
- [2] Department of the Army, U. S. Army Corps of Engineers, Washington, DC 20314-1000: Engineering and Design Lubricants and Hydraulic Fluids, EM 1110-2-1424, februar 1999, str. 12–20.
- [3] Marianne Duncanson: Detecting and controlling water in oil, Practicing Oil Analysis, september 2005.
- [4] Brendan Casey: How to solve and prevent hydraulic problems, Dealing with water in hydraulic fluid, HydraulicSupermarket.com, West Perth WA, Australia, 2005.
- [5] Martin Williamson: Options for Removing Water in Oil, Practicing Oil Analysis, julij 2003.
- [6] Heinz P. Bloch: Practical Lubrication for Industrial Facilities, Second Edition, The Fairmont Press, Lilburn Georgia, USA, 2009.

Design of water separator for hydraulic oil

Abstract: There are many contaminants in the form of solid particles or water, which are continuously present in hydraulic system. Contaminants can enter in hydraulic system as an external source. However the majority occur during the operation of the hydraulic components. This article presents the problem of water in the hydraulic oil, which includes both mobile and industrial hydraulics. There are different water stages in oil that are presented in the article as well as reasons for the phenomenon and the problems that occur with the presence of water. Theoretical facts are supported by humidity measurements of fresh oil. The design of our own water separator is shown below as well as measurements performed on a prototype.

Key words: hydraulic oil, water in oil, relative humidity, water separation, filtration

Zahvala

Pri izdelavi filtrirnega vložka smo veliko sodelovali s podjetjem TRM Filter. Zahvala gre tudi podjetju OLMA, kjer so zagotovili nekatere nujno potrebne analize in potrdili naše domneve in rezultate.