

# ZDRUŽLJIVOST FILTRIRNIH MATERIALOV Z IONSKIMI HIDRAVLIČNIMI TEKOČINAMI

Darko Lovrec

## Izveček:

Učinkovito filtriranje je na področju strojev in naprav pogosto zelo pomembno, saj je od učinkovitosti filtra odvisno varno, zanesljivo ter dolgotrajno in ekonomično delovanje celotnega sistema. To še posebej velja za izredno obremenjene hidravlične sisteme. Pri teh sta učinkovitost filtra in sposobnost filtriranja odvisni od različnih faktorjev, od vrste, zgradbe in oblike filtrirnega materiala in tudi od obratovalnih razmer in vrste tekočine, ki jo filtriramo.

V prispevku je predstavljena problematika združljivosti novih, ionskih hidravličnih tekočin s filtrirnimi materiali. Na podlagi raziskav, vezanih na kompatibilnost filtrirnih materialov z novimi ionskimi hidravličnimi tekočinami, je prišlo do spoznanja, da se je treba izogniti uporabi sicer zelo učinkovitih filtrov na bazi celuloze.

## Ključne besede:

hidravlični filtri, filtrirni material, celulozni filtri, ionske hidravlične tekočine, združljivost s tekočino

## 1 Uvod

Filtriranje različnih vrst tekočin, ki jih uporabljamo za določene namene in pri različnih procesih, na najrazličnejših strojih in napravah, je zelo pomembna, če že ne kar najpomembnejša naloga, ki se ji moramo posvečati tako pred kot tudi med samim obratovanjem stroja ali naprave. Pri tehnoloških tekočinah le ustrezno čista tekočina zagotavlja neoporečnost določenega procesa in dolgo uporabno dobo tako same tekočine kot posameznih vgrajenih komponent in celotne naprave. To še posebej velja za hidravlične tekočine, ki so ene izmed najbolj obremenjenih tehnoloških tekočin – tekočih maziv. Razen učinkovitega mazanja morajo izpolnjevati še vrsto drugih nalog. Poleg prenosa sil in gibanja, kot primarne naloge hidravlične tekočine, opravljajo še hlajenje vgrajenih komponent, izpiranje obrabnih delcev iz rež gibajočih se delov v hidravlični komponenti in njihov transport do filtra, kjer se ujamejo in tako izločijo iz sistema. Tako zagotavljamo in ohranjamo omejeno, dopustno količino in tudi velikost delcev nečistoč. S tem je zagotovljena majhna obraba komponent ter posledično minimalne izgube zaradi puščanja, kot tudi nepredvideni in zelo dragi zastoji stroja in naprave zaradi nenadne okvare komponente.

Za doseganje ustrezne stopnje čistoče hidravlične tekočine so različni filtri vgrajeni na različnih mestih hidravlične naprave. Njihova finost in učinkovitost ter s tem zahtevana čistoča tekočine se ravna po najzahtevnejši vgrajeni komponenti. Tako npr. opcijsko vgrajeni sesalni filtri varujejo pred nečistočami hidravlično črpalko, visokotlačni filtri pa kakovostne, visokozmogljive regulacijske ventile. Filtriranje tekočine, ki se vrača v rezervoar, je najpogosteje uporabljena varianta. V ta namen vgrajujemo povratne filtre ali na povratno cev ali na pokrov rezervoarja. Zaradi nizkih tlakov na povratnem vodu so ti filtri cenovno precej ugodni, nezahtevni za vzdrževanje in zajamejo čiščenje celotne količine tekočine, ki se vrača v rezervoar.

Glede na namen filtra in mesto njegove vgradnje ter s tem povezano višino prisotnega tlaka, so filtri različno zasnovani in izdelani iz različnih materialov. V nadaljevanju se bomo posvetili nizkotlačnim povratnim filtrom, ki jih najdemo na (skoraj) vsaki hidravlični napravi, in na opcijsko prisotne nizkotlačne obtočne oziroma by-pass filtre. V ospredju obravnave bo problematika vrste filtrirnega materiala, ki opravlja dejansko filtriranje, ter njegova učinkovitost in združljivost z novimi vrstami hidravličnih tekočin. Dodatne informacije, vezane na filtriranje, različne filtre ter njihovo nalogo in zgradbo, najdemo v literaturi, npr. [1-6].

**Prof. dr. Darko Lovrec**, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

## 2 Filtrirni vložki in filtrirni materiali

Material, ki opravlja dejansko nalogo filtriranja, pogosto imenujemo kar filtrirni material ali filtrirni medij. Filtrirne materiale je mogoče razvrstiti glede na materiale, iz katerih so izdelani, kot so bombaž, volna, lan, steklena vlakna, porozni ogljik, kovine in rajoni. V rabi so tudi različni polimerni materiali, ki jih uporabljamo posamezno ali v kombinaciji z drugimi materiali. Za filtriranje pa pogosto uporabljamo tudi papir in materiale na bazi celuloze. Material filtra in obliko ohišja, v katerem se nahaja, izbiramo glede na vrsto in uporabo filtra ter seveda glede na vrsto medija, ki ga želimo filtrirati. Na področju hidravlične pogonske tehnike je filtrirni material praviloma v notranjosti filtrirnega oziroma filtrskega vložka. Tudi ko imamo v mislih filtrski vložek, ne gre za samo eno vrsto materiala, tistega, ki opravlja dejansko filtriranje, temveč za celo vrsto različnih »podpornih in funkcionalnih« materialov. Njihove združljivosti z novimi tekočinami v okviru tega prispevka ne bomo obravnavali.

Filtrirni vložek je sestavljen iz več nagubanih filtrirnih in podpornih plasti, ki so nameščene kot valj okoli ali znotraj podporne cevi. Vsi sloji filtrirnega vložka, ki jih obdaja zunanji plastični tulec,



**Slika 1 :** Značilna zgradba filtrirnega vložka (vir slike: Hydac)

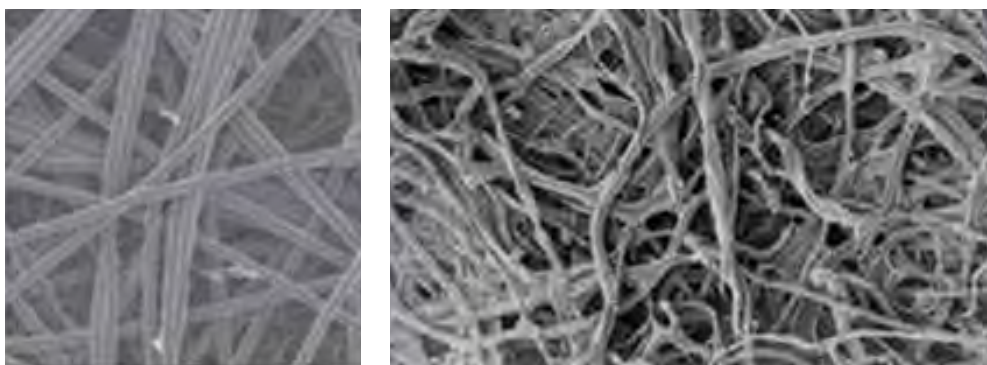
so zaprti z zaključnima pokrovoma. Ne glede na vrsto filtra je smer pretoka skozi filtrirne elemente od zunaj navznoter. Kot primer prikazuje *slika 1* zgradbo značilnega filtrskega vložka, primernega za uporabo kot globinski filter, nameščen na povratnem vodu hidravličnega sistema.

Vsi omenjeni materiali filtrirnega vložka morajo imeti ustrezno trdnost in morajo biti združljivi s tekočino, ki jo filtriramo. To še posebej velja za filtrirni material, ki opravlja dejansko nalogo filtriranja. Kot filtrirni material se uporablja material z različno velikimi porami, da lahko filtrira delce v območju 3–50 mikrometrov. Po obliki je filtrirni material v glavnem naguban, kot material pa so to lahko plastika ali steklena vlakna (npr. poliester, najlon, dacron ...) ali pa papir, flis, celuloza ali celuloza, impregnirana s fenoli, ali pa tudi pletivo iz nerjavnega jekla. [7], [8]

Steklena (mikro)vlakna so po mnenju stroke eden boljših materialov za hidravlične filtrirne elemente, ker imajo vlakna (in pore) enotno velikost. Pletivo iz najlonskih ali sintetičnih vlaken ima gladka, zaobljena vlakna, ki zagotavljajo manjši upor proti pretoku tekočine skozi filter. Enotna oblika in velikost vlaken zagotavljata nemoten pretok tekočine skozi filtrirni material, kar zagotavlja boljšo učinkovitost filtracije.

Tudi papir je kot filtrirni material primeren za uporabo v hidravličnih filterih za enkratno uporabo. Je poceni in tudi dobro absorbira morebitno vlago ali vodo v hidravlični tekočini. Proizvajalci pri izdelavi hidravličnega filtrirnega papirja uporabljajo politetrafluoroetilen (PTFE) ali poliestrska vlakna. Tudi velikost por in debelina filtrirnega papirja se lahko prilagodita glede na uporabo.

Celulozni filtri (navadno v obliki filtrirnega papirja) na splošno veljajo kot vsestranski in raznoliki mikrofiltracijski material, ki deluje tako, da ujame in zadrži delce v matriki naključno oblikovanih celulozskih vlaken. V bistvu gre za lesna vlakna mikroskopske velikosti, ki jih povezuje smola. Vlakna so



**Slika 2 :** Povečan pogled na tkani najlonski material (levo) in celulozni material (desno)

nepravilne velikosti in tudi oblike. Celulozni filtrirni material ima manjše pore, kar sicer povzroča večji upor proti prehajanju tekočine, a s tem zagotavlja večjo učinkovitost filtracije hidravličnih tekočin in drugih tekočin maziv na mineralni podlagi. Primerjavo filtrirnega materiala iz sintetičnih vlaken in vlaken na bazi celuloze, v povečanem pogledu prikazuje slika 2. [9]

Celulozni filtri so po navedbah proizvajalcev na splošno odlični z vidika učinka filtriranja, poleg tega pa veljajo za »varčne« filtre, ker jih je mogoče odstraniti na okolju prijazen način. So neškodljivi z medicinskega vidika in s tem za uporabnika ter na splošno zanesljivi in zelo učinkoviti [10]. Strokovnjaki, ki se ukvarjajo z učinkovitostjo filtracije, zato za doseganje čim večje učinkovitosti pogosto priporočajo uporabo globinskih celuloznih filtrov. Globinska celulozna filtracija je sicer razmeroma stara, a še zdaj zelo zanesljiva tehnologija. Filtrirni vložek iz vlaken na podlagi celuloze odlično izloči in zadrži različne delce in vrste nečistoč, saj delujejo tako po principu adsorpcije kot absorpcije. Tako nudi edinstveno sposobnost filtracije, saj lahko izloča tako trdne in mehke delce kot tudi vlogo. Globinska filtracija z globinskimi celuloznimi filtri je najbolj primerna takrat, ko je zahtevana izjemna čistost tekočine. Ob pravilnem delovanju in zasnovi filtra je možno doseči izločanje delcev velikosti do 3 mikrometrov. Pri hidravličnih pogonih je ta stopnja čistosti primerna za visokotehnološke hidravlične servosisteme.

Filtrirna membrana na podlagi celuloze se uporablja tudi pri določanju približne stopnje čistosti hidravlične tekočine, ki jo izvajamo s pripravami, primernimi za odvzem vzorca na mestu uporabe tekočine ali tudi v laboratoriju – t. i. prenosne testne naprave za približno določanje lastnosti in čistosti tekočine. Preprost postopek vzorčenja temelji na ročnem odvzemu tekočine in filtriranju skozi filtrirno membrano krožne oblike. Filtrirna membrana je za te namene navadno izdelana iz mešanih celuloznih estrov (MCE – Mixed Cellulose Esters).

Glede na vrsto, namen uporabe ter zgradbo filtra in glede na vrsto medija, ki ga želimo filtrirati, tudi doseganja zelene stopnje čistoče, so v filtrih raznovrstni materiali, ki morajo biti združljivi z uporabljenimi tekočinami.

### 3 Ionske hidravlične tekočine in združljivost s filtrirnim materialom

Materiali, uporabljeni v filtru, so dobro združljivi z običajnimi vrstami hidravličnih tekočin, kar še posebej velja za najbolj pogosto uporabljano hi-

dravlično mineralno olje. Pri drugih vrstah tekočin je treba biti pazljiv pri izbiri materialov filtrirnega materiala in filtra kot celote. Od zelo široke problematike združljivosti z vsemi materiali, uporabljenimi v filtru kot celotne komponente, se bomo tukaj dotaknili samo združljivosti filtrirnega materiala z ionskimi hidravličnimi tekočinami.

V okviru praktičnih testov združljivosti ionskih hidravličnih tekočin s filtrirnim materialom so bili ti izvedeni na dva načina. V okviru predraziskav je bil uporabljen preprost postopek namakanja različnega filtrirnega materiala v ionsko tekočino. Če je bila združljivost dobra, je bil filtrski vložek z ustreznim filtrirnim materialom uporabljen še na dejanski napravi, v realnih obratovalnih razmerah.

#### 3.1 Ionske tekočine na področju tehnike

V obdobju zadnjih deset, dvajset let ionske tekočine kot »high-tech« tekočine vse bolj prehajajo iz razvojnih pilotnih faz v industrijsko, komercialno uporabo. Industrijske aplikacije pokrivajo številna različna tehnična področja in predstavljajo celo megatrende na področju mobilnosti, zdravja in zelenega gospodarstva.

Ionske tekočine so sestavljene iz organskega kationa in anorganskega ali organskega aniona, ki zaradi svoje raznolikosti omogočajo številne možne kombinacije. Zato je možno najti kombinacijo, ki je najbolj primerna za določen namen uporabe, po drugi strani pa je treba opraviti veliko dela pri izbiri in testiranju določene kombinacije za določeno uporabo. S tališčem pri sobni temperaturi so primerne za različne namene in s tem tudi za uporabo kot tekoče mazivo, torej tudi kot hidravlična tekočina. [11]

Primere industrijske uporabe ionskih tekočin je mogoče zaslediti na skoraj vseh tehnoloških področjih. Tako se uporabljajo npr. kot topila, za prenos energije, kot katalizatorji in elektroliti, na področju nanotehnologij, kemije, elektronike, pri proizvodnji papirja, celuloze in tekstila. Prav tako so prisotne v tehnoloških postopkih na področju farmacije, biotehnologije, prehrane, zdravstva, osebne nege, obdelave kovin. Prisotne so v proizvodnji nafte in plina, v avtomobilski industriji in vse do področja hidravličnih pogonov in sistemov. [12], [13]

Uporabljamo jih tudi kot mazivo, kot tekočino za prenos in shranjevanje energije, kot tekočino za gretje, ventiliranje in hlajenje, kot tekočino za tesnjenje in hlajenje pri strojnih obdelavah, kot so odrezovanje in vrtnanje ... in na splošno kot delovno tekočino v procesnih strojih in napravah. Zato jih splošno imenujemo kar ionske tehnološke tekočine. Zaradi svojih odličnih lastnosti, kot so odlične

mazalne lastnosti (majhna vrednost koeficienta trenja), ciljno nastavljiva viskoznost in velika vrednost indeksa viskoznosti (> od 160), sposobnost tečenja pri nizkih temperaturah okolice (do - 60 °C), izjemno majhna vrednost parnega tlaka in druge, so zagotovo primerne za uporabo kot visokozmogljiva hidravlična tekočina. Če k temu dodamo še njihovo negorljivost in okoljsko primernost, lahko dejansko z eno tekočino pokrivamo različne zahteve, ki jih navadno pokrivamo z različnimi vrstami klasičnih hidravličnih tekočin. Zato lahko povsem upravičeno govorimo o povsem novi vrsti hidravličnih tekočin – ionskih hidravličnih tekočinah, ki so si pot utrle že do prvih industrijskih aplikacij. [14]

V večini omenjenih primerov industrijske uporabe, predvsem pri uporabi ionske tekočine kot maziva ali kot delovne tekočine v hidravličnih sistemih, je potrebna filtracija tekočine za vzdrževanje predpisane stopnje čistosti tekočine. V tem primeru je uporaba učinkovitih filtrov bistvena. Pri tem se poraja vprašanje združljivosti filtrirnih materialov z ionskimi hidravličnimi tekočinami, še posebej zato, ker proizvajalci uporabljajo različne vrste materialov (glej poglavje 2), ki so praviloma združljivi s klasičnimi hidravličnimi tekočinami, še posebej s hidravličnim oljem na mineralni podlagi.

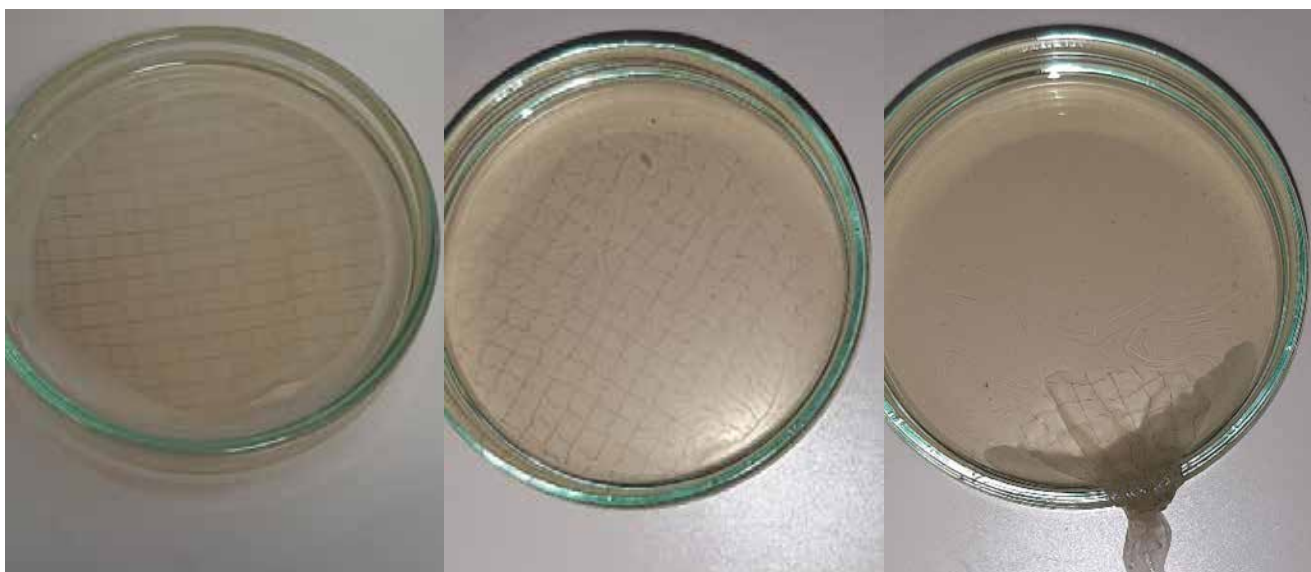
### 3.2 Ugotavljanje združljivosti filtrirnega materiala na podlagi celuloze

V poglavju 2 so omenjene različne vrste filtrirnih materialov, ki se uporabljajo za filtracijo, pri čemer je izpostavljen filtrirni material na podlagi celuloze, za katerega tako proizvajalci kot tudi uporabniki filtrov menijo, da je zelo učinkovit. Kot že omenjeno, se tovrstni celulozni filtri v obliki filtrirnih membran

uporabljajo tudi pri terenskih in laboratorijskih testih za določanje razreda čistosti hidravlične tekočine (na podlagi gravimetrične metode, s tehtanjem in / ali vizualno oceno velikosti in količine delcev). Zaradi specifičnosti celuloznih materialov se bomo v nadaljevanju osredotočili na njihovo združljivost z različnimi ionskimi hidravličnimi tekočinami.

Zaradi priročnosti ter stroškovne in časovne ekonomičnosti je bil za prvi test združljivosti ionskih tekočin s celuloznim materialom uporabljen membranski beli filtrirni papir s premerom 47 mm (krožna filtrirna membrana) in natisnjeno mrežo za lažje opazovanje morebitne deformacije. Filtrirna membrana ima velikost por 0,8 μm in je izdelana iz mešanega celuloznega estra (MCE) proizvajalca Millipore in se uporablja za hitro ugotavljanje stopnje čistoče s prenosno napravo. Kot ionska tekočina je bila najprej uporabljena tekočina EMIM EtSO<sub>4</sub> (1-Ethyl-3-methylimidazoliumethylsulfat), ki nekako velja za eno od osnovnih in pogosto omejeno vrsto ionske tekočine. V okviru predraziskave združljivosti je bila celulozna membrana omočena in nato potopljena v ionsko tekočino. Postopno deformacijo filtrirne membrane, ki se je pojavila že v kratkem času, prikazuje *slika 3*.

V okviru predraziskave je bilo ugotovljeno, da ionska tekočina razgradi celulozni material in z njim ni združljiva. Skozi nadaljnje študije literature je bilo ugotovljeno, da so o razgradljivosti celuloze z ionskimi tekočinami poročali že avtorji, ki se ukvarjajo z ionskimi tekočinami, in na podlagi teh spoznanj se te tekočine uporabljajo tudi za razgradnjo celuloze. Na primer, Swatloski in soavtorji [15] so ugotovili, da lahko z ionsko tekočino raztopijo celulozo v mikrovalovni pečici ali tudi v navadni pečici. Poročali so o začetnih rezultatih, ki dokazujejo, da je mogo-



**Slika 3** : Osnovni test združljivosti z ionsko tekočino – postopna deformacija celulozne

če celulozo raztopiti brez aktivacije ali predobdelave v 1-butil-3-metilimidazolijevem kloridu in drugih hidrofilnih ionskih tekočinah ter regenerirati iz njih. To lahko omogoči uporabo ionskih tekočin kot alternativo za uporabo okolju nezaželenih topil, ki se zdaj uporabljajo za raztapljanje tega pomembnega biološkega vira. Ren in soavtorji [16] so poročali, da je kloridne ionske tekočine na podlagi imidazolija mogoče uporabiti za raztapljanje in regeneracijo celuloze v različne fizikalne oblike. Ugotovili so, da je 1-allyl-3-metilimidazolijev klorid ([AMIM]Cl) pokazal boljšo sposobnost raztapljanja celuloze kot [BMIM]Cl. Zhang in soavtorji [17] so tudi ugotovili, da se [AMIM]Cl lahko uporablja kot topilo za raztapljanje in regeneracijo celuloze brez predhodne obdelave ali aktivacije. Rezultati raziskave so pokazali, da se celuloza s stopnjo polimerizacije do 650 lahko raztopi v [AMIM]Cl v 30 minutah. V teh aplikacijah je recikliranje z ionskimi tekočinami zelo smiselno z vidika ekonomije, odlaganja odpadkov in toksičnosti.

Ob teh spoznanjih in poročanjih je treba poudariti, da je ta lastnost ionskih tekočin bolj ali manj poznana strokovnjakom s področja kemije, predvsem tistim, ki se ukvarjajo z ionskimi tekočinami. Strokovnjaki na področju konstruiranja hidravličnih naprav, ki se s tovrstno tekočino srečajo pri svojih prvih aplikacijah, pa je zagotovo ne poznajo.

V nadaljnjih raziskavah so bile testirane različne vrste ionskih tekočin, tudi tiste, ki so primerne za uporabo kot ionska hidravlična tekočina. Zaradi lažje primerjave oblike in vrste degradacije uporabljene filtrirne membrane je bila uporabljena tudi že omenjena ionska tekočina EMIM EtSO<sub>4</sub>.

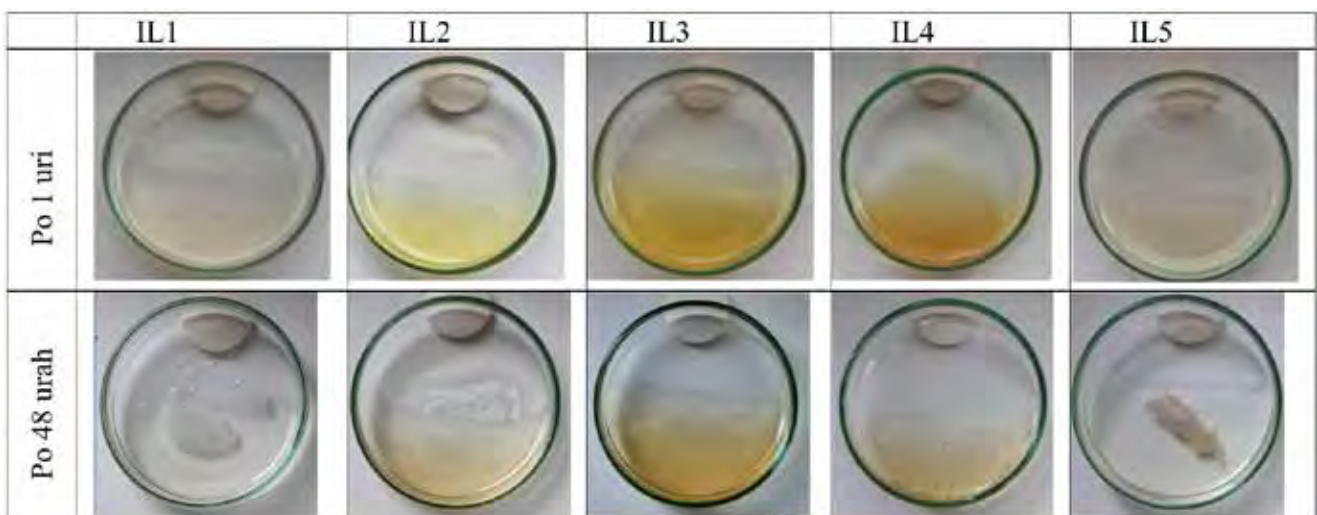
Za testiranje združljivosti ionskih tekočin s celuloznim filtrirnim materialom je bilo uporabljenih pet

različnih vrst ionskih tekočin: IL1 (EMIM EtSO<sub>4</sub>), IL2 (Trioctylmethylammoniumdibutylphosphate), IL3 (B2001<sup>®</sup>), IL4 (B2002a<sup>®</sup>) in IL5 (B2002b<sup>®</sup>). Vse omenjene ionske tekočine proizvaja podjetje proionic GmbH, pri čemer sta lahko IL4 in IL5 uporabljani kot hidravlična tekočina. Za testiranje smo filtrirno membrano prekrili s 3 ml ionske tekočine in opazovali učinek tekočine na filtrirni material po 1 uri in po 2 dneh (pri normalnih pogojih okoljskega zraka). Rezultati preprostega testa združljivosti testiranih ionskih tekočin s celuloznim filtrom, ki temelji na vizualnem opazovanju, so prikazani na *sliki 4*.

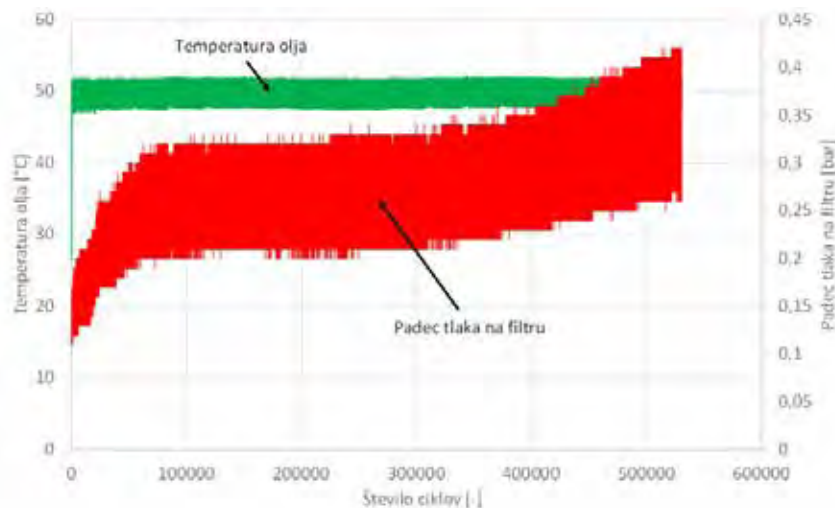
Pri testiranju združljivosti ionske tekočine s filtrirnim materialom na podlagi celuloze je v vseh primerih najprej prišlo do deformacije filtrirne membrane, nekoliko kasneje pa do razpada membrane ali do druge deformacije. Zaradi večje ali manjše razgradnje celulozne membrane je del celuloze zagotovo prisoten tudi v ionski tekočini in ni bil viden s prostim očesom. Količine celuloze v ionski tekočini nismo merili, saj je bila v ospredju združljivost celuloznega filtra. Posledične deformacije in razkroj so dovolj veliko opozorilo, da ionske tekočine niso združljive s celuloznimi filtri, zato je treba uporabiti druge vrste filtrirnega materiala.

### 3.3 Ugotavljanje združljivosti z drugimi filtrirnimi materiali

V okviru izvajanja trajnostnega testa vseh hidravličnih komponent z ionsko hidravlično tekočino, zaradi nezdružljivosti ni bil uporabljen celulozni filter, temveč filter na podlagi umetnih vlaken. Test je potekal v realnih obratovalnih razmerah ob uporabi industrijskih hidravličnih komponent, preverjena je bila vzdržljivost zobniške črpalke, proporcionalnega ventila, hidravličnega valja, cevovoda in cevni priključkov, rezervoarja, hladilnika tekočine,



**Slika 4** : Učinek različnih ionskih tekočin na filtrirni material na podlagi celuloze



Slika 5 : Spreminjanje tlaka na povratnem filtru med trajnostnim testom [19]

različnih senzorjev za zajemanje obratovalnih velikosti ... in tudi nadzorovano delovanje filtra. Preko online spremljanja padcev tlaka na filtru in posredno po končanih testih je bila ugotovljena tudi primernost drugih vrst materialov, ki so vgrajeni v filter, npr. ohišja filtra, tesnil, podpornega materiala filtrskega vložka in drugih. Več podrobnosti o trajnostnem testu, pogojih in poteku testiranja ter opazovanih parametrih je na voljo v virih [18] in [19].

Kot primer prikazuje *slika 5* potek spreminjanja tlaka na filtru med neprekinjenim testnim obratovanjem v obdobju 10 dni, pri čemer se lepo vidi proces kopičenja delcev v notranjosti filtrskega vložka. Testi so potekali različno dolgo, vse do 30 dni ali do odpovedi črpalke. V filtru vgrajen material iz steklenih vlaken ali iz drugih umetnih materialov ni kazal znakov degradacije filtrirnega materiala.

## 4 Zaključek

Trend razvoja sodobnih hidravličnih sistemov poteka v smeri učinkovitejših sistemov z večjo gostoto energije in uporabo novih, visokotehnoloških hidravličnih tekočin. Sodobne hidravlične komponente so izdelane z vedno ožjimi tolerancami, manjšimi režami med notranjimi gibajočimi se deli, uporabljeni so boljši materiali in boljša kakovost površine. Posledično lahko uporabljamo višje obratovalne tlake, s čimer so hidravlične komponente manjše, lažje in zavzamejo manj prostora. Prav tako je zaradi manjših rezervoarjev uporabljena tudi manjša količina hidravlične tekočine, ki pa je zato veliko bolj obremenjena. V teh primerih je za doseganje ustrezne zanesljivosti delovanja ter dolge uporabne dobe komponent in celotnega sistema odločilnega pomena učinkovito filtriranje. Zato se je z razvojem

komponent povprečna velikost por filtra zmanjšala z nekdanj 10  $\mu\text{m}$  do 20  $\mu\text{m}$  na zdaj 3  $\mu\text{m}$  do 12  $\mu\text{m}$ , kar pogojuje uporabo učinkovitejših filtrirnih materialov. Med slednje zagotovo spadajo filtrirni materiali na podlagi celuloze.

A tudi na področju hidravličnih tekočin poteka razvoj v smeri energetsko bolj učinkovitih tekočin, z boljšimi mazalnimi lastnostmi, širšim temperaturnim obratovalnim področjem, nevnetljivostjo in večjo prijaznostjo do okolja. Zaradi svojih odličnih osnovnih lastnosti so se na tem področju začele uporabljati povsem nove tekočine, kakršne so ionske hidravlične tekočine.

V prispevku je podrobneje obravnavana problematika združljivosti ionskih hidravličnih tekočin s filtrirnimi materiali. Poudarek je na filtrirnih materialih povratnih filtrov, ki jih imamo za nepogrešljivo komponento vsakega hidravličnega sistema. Raziskave so pokazale, da filtrirni materiali na podlagi celuloze niso združljivi z ionskimi tekočinami. Zato se je treba celuloznim filtrom izogniti ter uporabiti drugo vrsto enako učinkovitega filtrirnega materiala, ki ni problematična glede združljivosti z ionskimi tekočinami. Zelo učinkovitim celuloznim filtrom se je treba izogniti tudi pri vseh drugih tehnoloških procesih, pri katerih se uporabljajo ionske tekočine, ki jih je tudi treba filtrirati.

## Literatura

- [1] Sutherland, K.: Filters and Filtration Handbook, 5th ed., Elsevier Ltd; 2008, 523 strani. ISBN 978-1-85617-464-0, doi: 10.1016/B978-1-85617-464-0.X0001-6
- [2] Blok, P.: The Management of Oil Contamination, Koppen & Lethem, 1994, 328 strani, ISBN 90-9008458-4

- [3] Chase, G., Sparks, T.: *Filters and Filtration Handbook*, 6th ed.: Elsevier Ltd, 2015, 431 strani, ISBN 978-0-08-099396-6, doi:10.1016/C2012-0-03230-9
- [4] N. N.: *Filter Handbook*, Hydac International, 2016, Brošura No.: E7011-3-11-16, 22 strani.
- [5] N. N.: *Filterelements for use in Hydac filters*, Hydac Filtertechnik GmbH, 2012, TDS No.: E7.200.11/03.12. str. 38-46.
- [6] Lovrec, D.: *Uvod v hidravlično pogonsko-krmilno tehniko*, 1. izd. Maribor: Univerzitetna založba Univerze: Fakulteta za strojništvo, 2018, 344 strani, ISBN 978-961-286-191-9
- [7] Cosford, J.: *What do you know about hydraulic filter media?* [Internet], 2015. Dosegljivo na: <https://www.mobilehydraulictips.com/what-do-you-know-about-hydraulic-filter-media/#:~:text=They%20can%20be%20used%20to,though%20the%20filter%20is%20clogged>, [Dostop: 2022-04-14]
- [8] *Power & Motion: Hydraulic Filtration*, [Internet], 2012. Dosegljivo na: <https://www.powermotiontech.com/hydraulics/hydraulic-filters/article/2188278/hydraulic-filtration> [Dostop: 2022-04-14]
- [9] N. N.: *Hydraulic Drive & Controls - Lesson 12: Filtering materials*, [Internet], 2014. Dosegljivo na: <http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=125487>, [Dostop: 2022-07-15]
- [10] Rettenmaier & Soehne GmbH + Co KG: *Why Cellulose Filter Aids?* [Internet], 2022. Dosegljivo na: [http://www.jrs.eu/jrs\\_en/fiber-solutions/bu-filtration/why-organic-filter-aids/](http://www.jrs.eu/jrs_en/fiber-solutions/bu-filtration/why-organic-filter-aids/), [Dostop: 2022-04-14]
- [11] Kalb, S. R.: *Ionic liquids - A New Generation of High-Tech Engineering Liquids*, International conference Fluid Power 2015, 2015, Maribor, University of Maribor, Proceedings, ISBN 978-961-248-491-0 str. 49-77
- [12] Kalb, S. R.: *Toward Industrialization of Ionic Liquids*, Commercial Applications of Ionic Liquids, Green Chemistry and Sustainable Technology, Springer, 2020, doi.org/10.1007/978-3-030-35245-5\_11, Švica, str. 261-282.
- [13] Lovrec, D., Kalb, S. R., Tič, V.: *Application areas of ionic liquids in the field of hydraulic drive technology*, 13. IFK International Conference Fluid power: digital, reliable, sustainable, Aachen, Nemčija, zbornik prispevkov, 2022, str. 616-626.
- [14] Lovrec, D.: *Ionic liquids - the path to the first industrial application*, International Conference Fluid Power 2021, zbornik prispevkov, Maribor, Slovenija, 1st ed. Maribor: University of Maribor, University Press, 2021, str. 211-224, doi: 10.18690/978-961-286-513-9.17
- [15] Swatloski, R. D., Spear, S. K., Holbrey, J. D., Rogers, R. D.: *Dissolution of cellulose with ionic liquids*, J. Am. Chem. Soc. 124, 2002, str. 4974-4975.
- [16] Ren, Q., Wu, J., Zhang, J., He, J. S., Guo, M. L.: *Synthesis of 1-allyl-3-methylimidazolium-based room-temperature ionic liquid and preliminary study of its dissolving cellulose*, Acta Polymer. Sin., 3, 2003, str. 448-451.
- [17] Zhang, H., Wu, J., Zhang, J., He, J.: *1-Allyl-3-methylimidazolium chloride room temperature ionic liquid: a new and powerful nonderivatizing solvent for cellulose*, Macromolecules, 38, 2005, str. 8272-8277.
- [18] Lovrec, D., Tič, V.: *A new approach for long-term testing of new hydraulic fluids*, New technologies, development and application IV, Sarajevo, Lecture notes in networks and systems, ISSN 2367-3370, Vol. 233, Cham: Springer Natur. cop. 2021, vol. 233, str. 788-801, doi: 10.1007/978-3-030-75275-0\_87
- [19] Lovrec, D., Tič, V.: *Neprekinjen nadzor stanja hidravličnega filtra in obratovalnega stanja stroja*, Ventil: revija za fluidno tehniko in avtomatizacijo, 2021, letn. 27, št. 6, str. 384-389, ISSN 1318-7279

### Compatibility of filtering materials with ionic hydraulic fluids

#### Abstract:

Efficient filtering is often crucial in the field of machines and devices, as the safe, reliable, and long-term as well economical operation of the entire system depends on the efficiency of the filter. This is especially true for heavily loaded hydraulic devices. In these devices, the efficiency of the filter and the ability to filter depend on various factors, on the type, structure, and shape of the filter material, as well as on the operating conditions and the type of liquid being filtered.

The paper presents the problem of compatibility of new, ionic hydraulic fluids with filter materials. Based on research related to the compatibility of filter materials with new ionic hydraulic fluids, it was realized that it is necessary to avoid the use of otherwise very efficient cellulose-based filters.

#### Keywords:

hydraulic filters, filtering material, cellulose filters, ionic hydraulic fluids, material compatibility