

# TESTIRANJE OBTOČNIH VENTILOV FILTROV

Sandi Korpič, Franc Majdič

## Izvleček:

Obtočni ventili so sestavni del filtrskih vložkov, ki se v večini primerov uporabljajo v hidravličnih napravah. Najpomembnejši parameter obtočnega ventila je odpiralni tlak, ki pa je odvisen od pretoka, kar popiše karakteristika  $\Delta p - Q$ . V raziskavi smo z dvema medijema, tj. z zrakom in s hidravličnim oljem, določili odpiralne tlake za že razvite obtočne ventile ter ugotavljali, kako uporabljeni medij vpliva na odpiralni tlak. Ugotovljeno je bilo, da je primerjava med zrakom in oljem možna, vendar odvisna od oblike obtočnega ventila.

## Ključne besede:

obtočni ventil, filtrski vložek, filter, odpiralni tlak, diagram  $\Delta p - Q$

## 1 Uvod

V podjetju Prima Filtertehnika, d. o. o., (PFT) smo v sodelovanju z Laboratorijem za fluidno tehniko (LFT) Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani začeli projekt, katerega cilj je testiranje obtočnih ventilov filtrov [1]. Namen projekta je izmeriti karakteristike obtočnih ventilov z uporabo zraka in hidravličnega olja ter rezultate primerjati z enostavnimi analitičnimi rezultati.

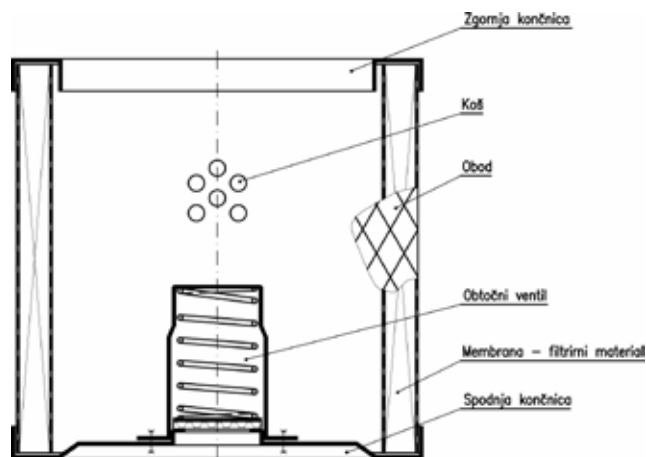
Človek si je z razvojem civilizacije želel olajšati delo, opraviti naloge hitreje in produktivneje. Pojavila se je potreba po filtriranju – najprej vode, kasneje živil. Industrijska filtracija se je pojavila s prvimi stroji. Najprej so filtrirali goriva in olja, kasneje pa zrak, vodo in ostale tekočine. Prvi filtri so bili zelo grobi, v večini primerov je šlo za improvizacije (razni materiali, privezani za cev, ...). Vzdrževanje takrat ni bilo na takšnem nivoju, kot je danes. Danes filtriramo skoraj vse vrste tekočin, kot so voda, zrak, olje, gorivo, amonijak, ...

Filtri so lahko kompaktni navojni, kakršni se uporabljajo v večini pri mobilnih strojih. Gre za filter, ki je zgrajen iz ohišja, filtrirnega materiala in končnice (slika 1). Končnica navadno vsebuje navoj, ki omogoča enostavno pritrditev. V večini primerov se filtri pojavljajo kot zamenljivi vložki za obstoječa ohišja. Filtrski vložek je v osnovi zgrajen iz filtrirnega materiala, ki je lahko zelo različen: celulozni papirji, poliestrska in steklena vlakna itd. Na zgornji in spodnji strani filtra je končnica, ki omogoča priklop na ohišje. Zaradi nizke togosti filtrirnega materiala fil-

ter sam po sebi ne bi ohranjal oblike, zato ga ojačamo s košem (lahko iz perforirane ali ekspanzirane pločevine) ali z obodom, ki je iz enakega materiala kot koš. Poleg oboda in koša uporabljamo različne materiale v obliki trakov, ki jih enostavno pritrdimo na filter in s tem ojačamo filtrirni material – membrano [2], [3].

Obtočni ventili morajo biti pravilno dimenzionirani, saj lahko v nasprotnem primeru pride do dveh pojavov, in sicer:

- ▶ Ob prenizkem odpiralnem tlaku se lahko z odprtjem obtočnega ventila spusti nefiltrirano olje v sistem, čeprav bi lahko filtrirni vložek nemoteno filtriral.
- ▶ Ob previsokem odpiralnem tlaku lahko pride do prevelikega povečanja tlaka v sistemu, kar lahko ogrozi delovanje samega sistema (zmečkanje vložka, razpoke na ohišju filtra, ...).



Slika 1 : Zgradba filtrskega vložka z vgrajenim obtočnim ventilom

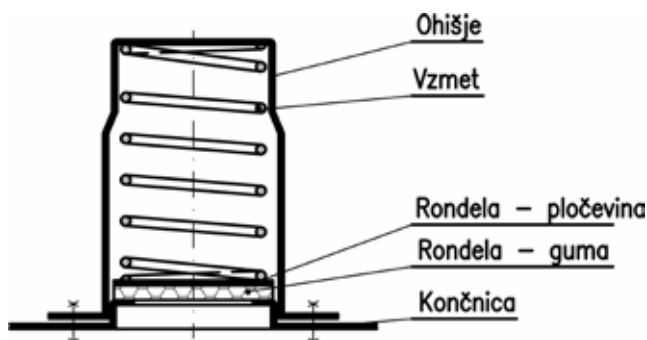
Sandi Korpič, dipl. inž., Prima Filtertehnika, d. o. o., Medvode; Doc. dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

## 2 Obtočni ventili

Poleg izraza obtočni ventil se včasih uporablja tudi izraz varnostni ventil. Sestavni deli so prikazani v nadaljevanju.

Obtočni ventili so lahko izdelani iz pločevine ali plastičnega materiala ali pa so struženi iz različnih vrst jekel. V nadaljevanju so predstavljeni filtri, ki se uporabljajo v podjetju PFT. Obtočni ventili na filtrih so sestavljeni iz ohišja, vzmeti in rondela ter privarjeni na eno od končnic (zgornja ali spodnja). Ohišje ventila je izdelano iz pločevine (nerjaveče jeklo ali navadno konstrukcijsko jeklo, zaščiteno s cinkom). Poznamo dve vrsti: pasarsko ohišje ali enostavno ohišje, ukrivljeno iz kosa pločevine. Obe različici sta predstavljeni v nadaljevanju (slika 2). Pri pasarskem ohišju, ki je običajno iz večjega kosa pločevine, so izvrtine, ki omogočajo pretok v primeru odprtja ventila. Pri enostavnem ohišju služi kos pločevine za umestitev in vodenje vzmeti. Tako je mogoč pretok v primeru odprtja ventila. Ne glede na obliko ventila lahko z globino (višino) ohišja vplivamo na odpiralni tlak. Manjša ko je poglobitev, večji je odpiralni tlak, saj je prednapetost vzmeti večja [2], [3].

Med ohišjem in vzmetjo je potrebna zračnost, ki omogoča raztezanje vzmeti. Ohišje je največkrat privarjeno na končnico. Bistveni del obtočnega ventila je vzmet.



Slika 2 : Zgradba obtočnega ventila



Slika 3 : Ohišje, ukrivljeno iz kosa pločevine (levo:  $\Phi$  97 mm x 40 mm), in pasarsko ohišje (desno:  $\Phi$  97 mm x 35 mm)

Na vzmet naseda prva rondela, ki pritiska na odprtino končnice. Najpogosteje je ta rondela iz tršega materiala (pločevine). Za boljši stik je dodana rondela iz gume ali mehkejšega materiala.

Obe rondeli ustvarjata tesnjenje in tako preprečita puščanje, dokler tlak ustrezno ne naraste.

## 3 Eksperimentalni del

### 3.1 Naprava za merjenje

V tem poglavju je naprava dimenzijsko predstavljena (slika 4). Razvoj naprave je temeljil na testiranju, kar pomeni, da smo vanjo vgradili obtočni ventil in testirali njegov učinek.

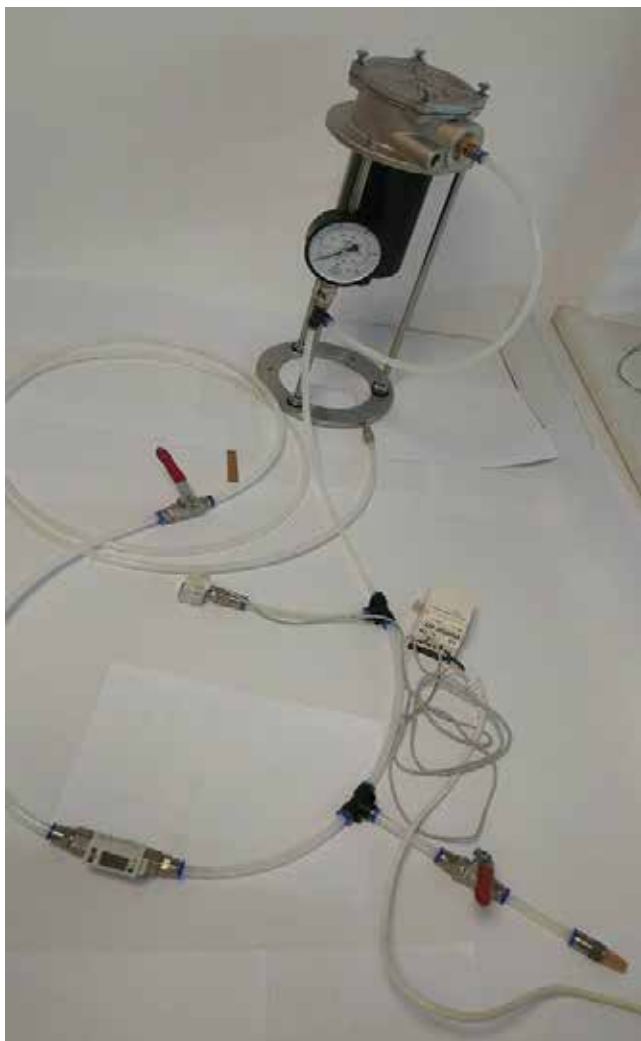
Pri razvoju naprave sta bila upoštevana začetna kriterija: čim manjši finančni vložek in čim preprostejša izvedba. Kasneje, ob zagonu testnih meritev, je bilo ugotovljeno, da je zaradi zagotavljanja ponovljivosti meritev potrebno dodati digitalni merilnik pretoka in tlaka zraka. V prejšnji različici, brez dodanega merilnika pretoka, nismo mogli trditi, da so vsi ventili obremenjeni z enakim pretokom zraka. Brez merilnika pretoka se količina zraka, dovedena na ventil, spreminja v odvisnosti od tlaka v tlačni posodi (bolj polna tlačna posoda pomeni višji tlak, večji pretok in obratno).

V merilnem delu naprave (slika 4) je priključek za priklop dovoda komprimiranega zraka. Vsi sestavni deli so povezani s plastično cevjo premera 10 mm (cev 10/8). Za priključkom in cevjo je prvi krogelni ventil, s katerim spustimo zrak iz sistema v napravo.

Digitalni merilnik pretoka zraka je nameščen na plastično cev za ventilom (slika 4). Sledi T-priključek, ki omogoča izpust v razbremenilni vod. Razbremenilni vod je dodan zaradi reguliranja pretoka zraka. Na tem vodu sta drugi krogelni ventil in glušnik. Za prvim T-priključkom je nameščen drugi T-priključek, na katerega je priključen digitalni tlačni merilnik. Iz prostega dela T-priključka plastična cev povezuje analogni merilnik pretoka zraka, ki je ostal na napravi zaradi kontrole digitalnega merilnika.

Sledi filtrirni del, ki ga tvori ohišje izdelovalca Donaldson (slika 4). V ohišju je nameščen nosilec za obtočne ventile. Njegov razvoj je predstavljen v [1]. Naslednji del naprave je stojalo, na katero sta nameščena merilni in filtrirni del. Izdelano je iz nerjavnega jekla (1.4301). Na spodnji strani je obroč (premera 220/150 mm, debeline 10 mm), v katerega so privijačene tri palice premera 12 mm in dolžine 450 mm. V palico je z obeh strani vrezan navoj. Na strani, kjer je palica privijačena v obroč, je vrezan standardni metrični navoj M12. Dodane so matice, ki preprečujejo odvitje. Palica je z druge strani privijačena z maticami M10 na ohišje oziroma filtrirni del.

V tem opisu so izpuščeni reducirni priključki, ki so potrebni za priklop posameznega dela na izbrano plastično cev.



Slika 4 : Naprava za merjenje obtočnih ventilov

### 3.2 Delovanje naprave

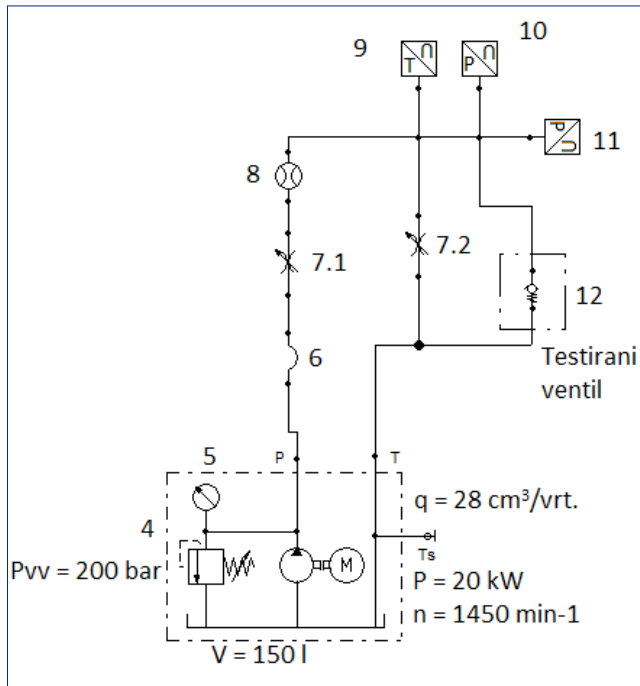
Naprava je bila zasnovana za meritev z zrakom (slika 4 in slika 6). Spustimo ga v sistem s potnim ventilom. Na digitalnem merilniku pretoka spreminjamo vrednost pretoka zraka (reguliramo jo s tokovnim ventilom), dokler ta ne doseže želene vrednosti. Med reguliranjem je drugi potni ventil na razbremenilnem vodu odprt, tako da zrak izhaja prosto iz sistema. Ko je nastavljena zelena vrednost, se drugi potni ventil zapre in s tem preusmeri zrak v filtrirni del. V filtrirnem delu se tlak povečuje, dokler ne pride do odprtja ventila. Pri tem odčitamo vrednost tlaka iz digitalnega merilnika. Izmerjena vrednost predstavlja tlak odprtja opazovanega ventila.

### 3.3 Oljno-hidravlično preizkuševališče

V podjetju PFT ni nameščenih hidravličnih naprav, s pomočjo katerih bi lahko preizkušali obtočne ventile filtrov s hidravlično kapljevino, zato smo meritve izvajali v Laboratoriju za fluidno tehniko (LFT) Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani. Eden od razlogov za izvajanje meritev v laboratoriju LFT je tudi merila postaja Crio. Pri določanju meritev nismo mogli predvideti točnega poteka, zato smo se odločili, da bomo poleg naštetih merilnikov uporabili dinamični tlačni merilnik (na shemi, slika 5, pozicija 10). Z dinamičnim merilnikom lahko zajamemo več podatkov in tako lažje ugotovimo obnašanje obtočnih ventilov pri dovajanju tlaka v sistem. Prvi poizkus postavitve sistema ni bil uspešen, saj smo imeli velike težave z nekontroliranim povečevanjem temperature olja (na začetku meritve je bila 25 °C, na koncu pa 60 °C). Prvotni sistem ni imel dodatnega hlajenja olja. Drugi sistem je bil postavljen na drugi hidravlični napravi in je omogočal doda-

Preglednica 1 : Sestavine hidravličnega preizkuševališča po sliki 5

Pozicija:	Ime:	Veličina:
1	Rezervoar	$V_r = 150 \text{ l}$
2	Elektromotor	$P_m = 20 \text{ kW}$ , $n_m = 1450 \text{ min}^{-1}$
3	Hidravlična črpalka	$q_c = 28 \text{ cm}^3/\text{vrt}$
4	Varnostni ventil	$p_{vv} = 200 \text{ bar}$
5	Merilnik tlaka (manometer)	
6	Gibka cev	
7	Dušilka	
8	Merilnik toka	
9	Temperaturno zaznavalo - priklopljeno na merilno postajo CRIO	
10	Digitalni tlačni merilnik	
11	Digitalno tlačno zaznavalo - priklopljeno na merilno postajo CRIO	
12	Naprava za merjenje delovnih parametrov obtočnih ventilov	



Slika 5 : Hidravlična shema preizkuševališča

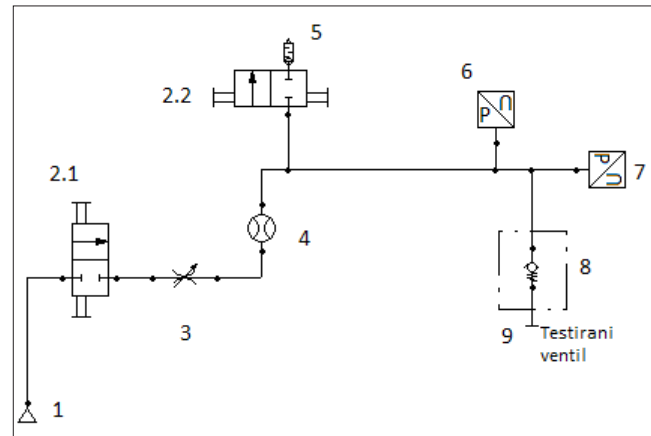
tno hlajenje olja. S pomočjo tega smo lahko ohranili spremembo temperature v meritvi v okviru desetih stopinj Celzija, kar je bilo za nas sprejemljivo. Na sliki 5 je prikazana shema hidravličnega preizkuševališča. V preglednici 1 so podane sestavine in veličine, ki so v shemi.

### 3.4 Pnevmatično preizkuševališče

Pnevmatično preizkuševališče je bilo prav tako postavljeno v laboratoriju LFT. Razlog za to odločitev je prav tako merilna postaja Crio. Namen raziskave je vzpostaviti sistem meritev na zrak. Ta sistem naj bi nam dal podatke, kako se enaki obtočni ventili

Preglednica 2 : Pnevmatične sestavine po sliki 6

Pozicija:	Ime:
1	Dovod komprimiranega zraka iz kompresorja
2	Krogelni ventil
3	Dušilka
4	Merilnik toka
5	Glušnik
6	Digitalno tlačno zaznavalo - priklopljeno na merilno postajo CRIO
7	Digitalni tlačni merilnik
8	Naprava za merjenje delovnih parametrov obtočnih ventilov
9	Izpust zraka



Slika 6 : Shema pnevmatičnega preizkuševališča

obnašajo pri delovanju z zrakom. Da bi lahko primerjali rezultate enega in drugega načina merjenja, je potrebno vzpostaviti enak način merjenja in analogen merilni sistem, kar pa omogoča merilna postaja Crio.

Pri testnih meritvah je bilo preizkuševališče postavljeno v podjetju PFT z vsemi komponentami, ki so opisane v poglavju Naprava za merjenje. Rezultat meritev je bil vprašljiv, ker smo dobili premajhno število točk. Glede na to, da obnašanje obtočnega ventila ni povsem jasno, smo se odločili, da bomo beležili več podatkov ter meritve izvajali v laboratoriju LFT. Merilna postaja Crio nam omogoča zapis podatkov na določeno časovno enoto (sama zapiše podatke), kar pa bi bilo brez nje nemogoče.

Na sliki 6 je prikazana shema pnevmatičnega preizkuševališča. V preglednici 2 so razložene sestavine, ki so v shemi.

### 3.5 Preizkušanci

V podjetju PFT je razvitih dvanajst različnih obtočnih ventilov. Obtočni ventili so različnih oblik in dimenzij. Izdelanih je bilo po deset preizkušancev (slika 7) vsakega obtočnega ventila (kar pomeni 120 vzorcev). Po analitičnih preračunih smo se zaradi varnosti in lažje detekcije odločili, da bomo testirali šest obtočnih ventilov, kar pomeni 53 vzorcev. Pri tem smo upoštevali, da je testiranje na zrak nad pet bar zaradi varnosti nepriporočljivo.



Slika 7 : Vsi testirani obtočni ventili - preizkušanci

Vse preizkušance smo označili zaradi lažje sledljivosti. Primer oznake preizkušanca V.10.1 pomeni, da gre za prvi preizkušanec desetega obtočnega ventila. Na tej podlagi smo meritvam določili podobne oznake, le da je bilo število oznak večje. Oznaka meritev V.10.1.1.5 prav tako pomeni, da gre za deseti ventil, prvi preizkušanec, prva meritev pri pretoku pet litrov na minuto.

### 3.6 Potek meritev

#### 3.6.1 Potek meritev na oljno-hidravličnem preizkuševališču

V nadaljevanju je predstavljen potek meritev na oljno-hidravličnem preizkuševališču po sliki 5:

- ▶ vklop elektromotorja, ki poganja črpalko,
- ▶ vklop oziroma zagon hlajenja sistema (pomožni hladilni sistem ni prikazan na sliki 5),
- ▶ prekrmljenje potnega ventila (ni prikazan na sliki 5),
- ▶ s pomočjo dušilke (poz. 7.1) nastavimo želeni pretok,
- ▶ s pomočjo dušilke (poz. 7.2) preusmerjamo olje v napravo,
- ▶ zaženemo merilno postajo Crio,
- ▶ preverimo, ali je dušilka, ki je povezana z rezervoarjem (poz. 7.2), res odprta in omogoča kroženje hidravličnega olja po sistemu nemoteno (da lahko na dušilki poz. 7.2 nastavimo želeni pretok),
- ▶ s privijanjem dušilke (poz. 7.2) povečujemo tlak v napravi.

#### 3.6.2 Potek meritev na pnevmatičnem preizkuševališču

V nadaljevanju je predstavljen potek meritev na pnevmatičnem preizkuševališču po sliki 6:

- ▶ meritev se začne z odprtjem prostega potnega ventila (poz. 2.1) (da zrak nemoteno kroži),
- ▶ zaženemo merilno postajo Crio,

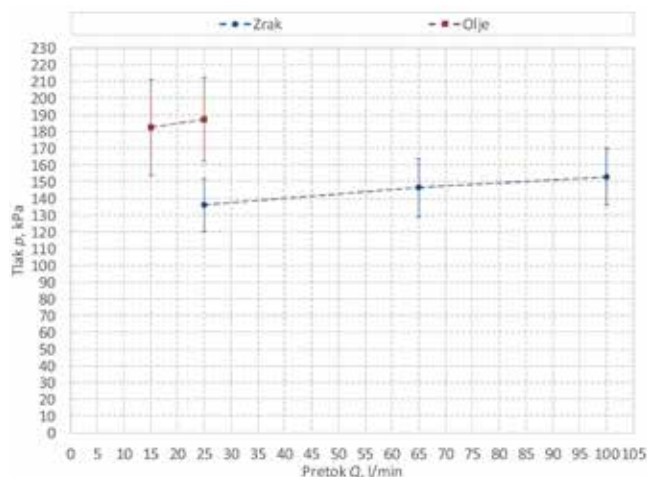
- ▶ odpremo drugi potni ventil (poz. 2.2), s katerim dovedemo zrak v sistem, vendar ne v napravo,
- ▶ z dušilko (poz. 3) in merilnikom pretoka (poz. 4) nastavimo želeni pretok v sistemu,
- ▶ zapremo prvi potni ventil (poz. 2.1) in spustimo komprimiran zrak v napravo.

## 4 Rezultati meritev

V tem poglavju so predstavljeni skupni rezultati meritev s hidravličnim oljem in z zrakom. Kot je razvidno iz legende, so rezultati meritev označeni s kvadratom (hidravlično olje) in s krogom (zrak), črtkana črta med njima simbolizira predviden potek meritev.

### 4.1 Obtočni ventil 3

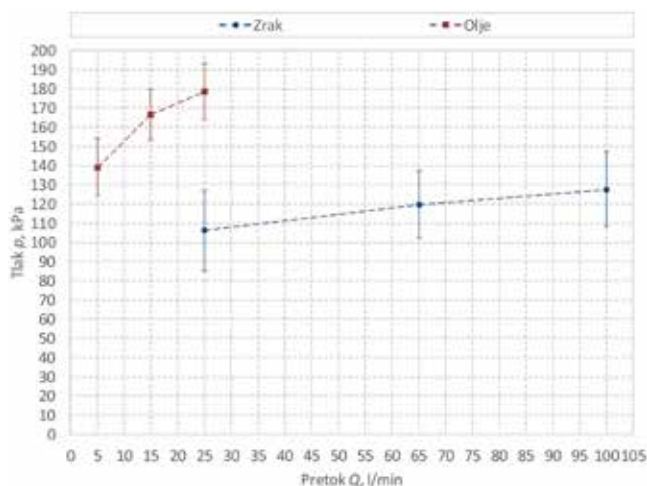
Na *sliki 8* je prikazana primerjava med rezultati meritev z zrakom in hidravličnim oljem. V *preglednici 3* so predstavljeni rezultati analitičnega izračuna in rezultati meritev na obtočnem ventilu 3. S *slike 8* se vidi večje odstopanje med oljem in zrakom pri pretoku 25 l/min. V tem primeru se analitični rezul-



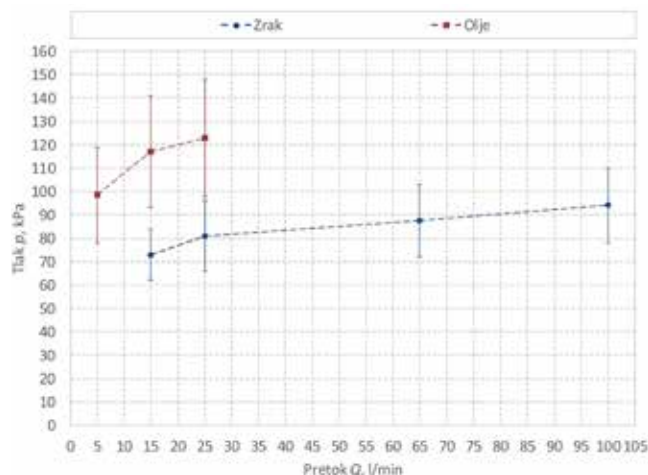
**Slika 8 :** Primerjava izmerjene odvisnosti tlaka od pretoka med oljem in zrakom – obtočni ventil 3

**Preglednica 3 :** Rezultati izračuna in rezultati meritev, izmerjenih na obtočnem ventilu 3

Izračunani tlak [kPa]	235,97		
Način merjenja	Vrednost pretoka [l/min]	Tlak, povprečna vrednost [kPa]	Odstopek [kPa]
Meritve z oljem	15	182,50	±28,5
	25	187,00	±25
Meritve z zrakom	25	136,00	±16
	65	146,50	±17,5
	100	153,00	±17



**Slika 9** : Primerjava izmerjene odvisnosti tlaka od pretoka med oljem in zrakom – obtočni ventil 5



**Slika 10** : Primerjava izmerjene odvisnosti tlaka od pretoka med oljem in zrakom – obtočni ventil 10

tati in rezultati meritev ne ujemajo. Analitični rezultati predstavljajo izračunane vrednosti tlaka odprtja obtočnega ventila glede na koeficient vgrajene vzmeti in efektivne površine ventila. V diagramu so z vertikalnimi črtami prikazani raztrosi oziroma odstopki meritev, sredinska črtkana črta pa predstavlja povprečje meritev.

V preglednici 3 sta predstavljena rezultat izračunane in izmerjenega tlaka odprtja ter največji od-

stoppek od povprečne izmerjene vrednosti v odvisnosti od pretoka.

## 4.2 Obtočni ventil 5

Na *sliki 9* je prikazana primerjava med rezultati, dobljenimi z zrakom in s hidravličnim oljem. V *preglednici 4* so predstavljeni rezultati analitičnega izra-

**Preglednica 4** : Rezultati izračuna in rezultati meritev, izmerjenih na obtočnem ventilu 5

Izračunani tlak [kPa]		167,42		
Način merjenja	Vrednost pretoka [l/min]	Tlak, povprečna vrednost [kPa]	Odstopek [kPa]	
Meritve s hidravličnim oljem	5	139,00	±15	
	15	166,50	±13,5	
	25	178,50	±14,5	
Meritve z zrakom	25	106,00	±21	
	65	119,50	±17,5	
	100	127,50	±19,5	

**Preglednica 5** : Rezultati izračuna in rezultati meritev, izmerjenih na obtočnem ventilu 10

Izračunani tlak [kPa]		160,60		
Način merjenja	Vrednost pretoka [l/min]	Tlak, povprečna vrednost [kPa]	Odstopek [kPa]	
Meritve s hidravličnim oljem	5	98,50	±20,5	
	15	117,00	±24	
	25	123,00	±25	
Meritve z zrakom	15	73,00	±11	
	25	81,00	±15	
	65	87,50	±15,5	
	100	94,00	±16	

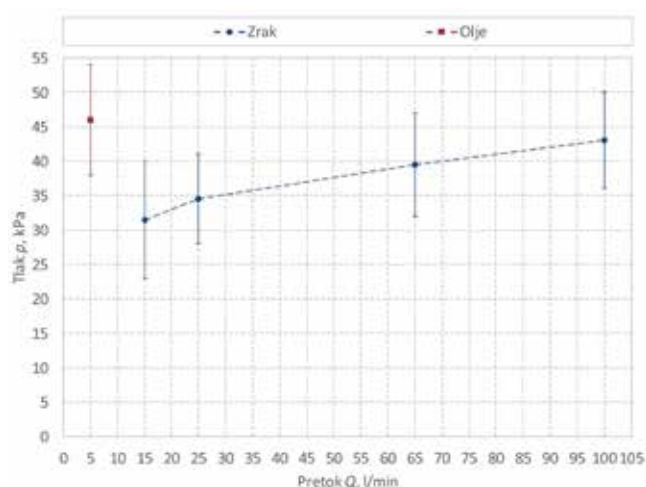
čuna in rezultati meritev na obtočnem ventilu 5. Na sliki 9 se vidi večje odstopanje med oljem in zrakom pri pretoku 25 l/min, odstopanje je najmanjše med odpiralnim tlakom pri 5 l/min za hidravlično olje in 100 l/min za zrak. V tem primeru se rezultat analitičnega izračuna tlaka odpiranja (167,42 kPa) ujema z rezultatom izmerjenega tlaka odpiranja pri olju (pri pretoku 15 l/min).

### 4.3 Obtočni ventil 10

Na sliki 10 je prikazana primerjava med rezultati, dobljenimi z zrakom in hidravličnim oljem. V preglednici 5 so predstavljeni tako rezultati analitičnega izračuna kot rezultati meritev na obtočnem ventilu 10. Na sliki 10 se vidi manjše odstopanje pri olju s pretokom 5 l/min (98,5 kPa) in zrakom pri pretoku 100 l/min (94 kPa).

### 4.4 Obtočni ventil 11

Na sliki 11 je prikazana primerjava med rezultati, dobljenimi z zrakom in hidravličnim oljem. V pre-



Slika 11 : Primerjava izmerjene odvisnosti tlaka od pretoka med oljem in zrakom – obtočni ventil 11

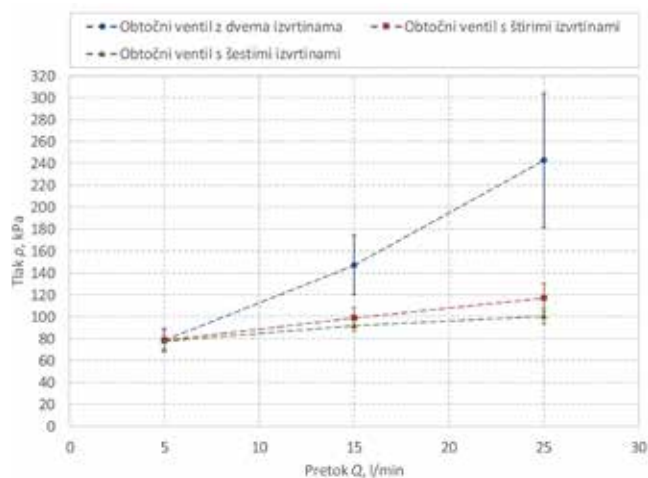
glednici 6 so predstavljeni rezultati – tako rezultat analitičnega izračuna kot rezultati meritev na obtočnem ventilu 11. Na sliki 11 se vidi manjše odstopanje pri olju s pretokom 5 l/min (46 kPa) in zraku s pretokom 100 l/min (43 kPa). Prav tako smo v tem primeru zaradi dimenzijskih omejitev izvedli meritev samo pri enem pretoku olja (5 l/min).

### 4.5 Obtočni ventil 10

V primeru ventila 9 smo se odločili za drugačen prikaz rezultatov, in sicer le s pomočjo slik. S teh slik je možno razbrati, kako oblika obtočnega ventila oziroma število lukenj na izstopni strani vpliva na odpiralni tlak v obtočnem ventilu. Vrednosti odpiralnih tlakov so pri olju pri pretoku 5 l/min skoraj enake kot pri zrakom pri pretoku 100 l/min.

Kot je z diagramov mogoče razbrati (slika 12 in slika 13), je v meritvah pri olju z večanjem števila lukenj padal odpiralni tlak. Pri zrakom te razlike skoraj ni mogoče zaslediti.

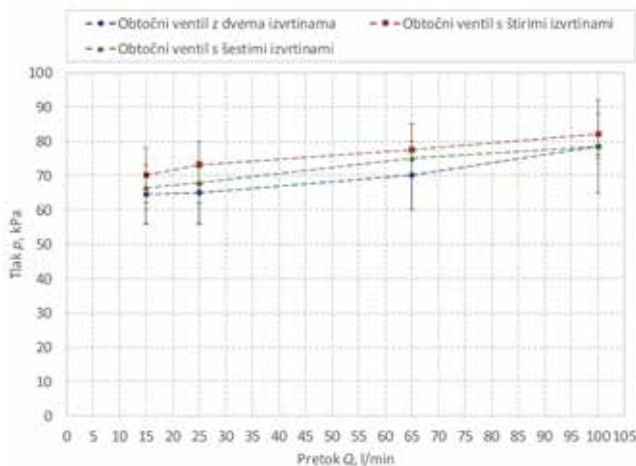
Na podlagi omenjenega je ugotovljeno, da lahko odpiralne tlake merimo v zraku in predpostavimo od-



Slika 12 : Izmerjena odvisnost tlaka od pretoka s hidravličnim oljem – obtočni ventil 9 z vsemi kombinacijami lukenj (2, 4, 6)

Preglednica 6 : Rezultati izračuna in rezultati meritev, izmerjenih na obtočnem ventilu 11

Izračunani tlak [kPa]	47,46		
Način merjenja	Vrednost pretoka [l/min]	Tlak, povprečna vrednost [kPa]	Odstopek [kPa]
Meritve s hidravličnim oljem	5	46,00	±8
	15	31,50	±8,5
Meritve z zrakom	25	34,50	±6,5
	65	39,50	±7,5
	100	43,00	±7



**Slika 13 :** Izmerjena odvisnost tlaka od pretoka z zrakom – obtočni ventil 9 z vsemi kombinacijami lukenj (2, 4, 6)

piralni tlak v olju, vendar je problem v obliki ventila, pri katerem ima olje zaradi višje viskoznosti in manjše pretočnosti večje odpiralne tlake. V primeru, ko imamo v ohišju dve izvrtini, olje pri samem odprtju ventila ne more tako hitro iztekati skozi izvrtini, zato se tlak povečuje. V primeru, ko imamo štiri oziroma šest lukenj, pa izteka lažje (z manj odpora), zato to ne vpliva bistveno na tlak. Pri zraku pa te razlike skoraj ni, saj je zrak kot medij drugačen in lahko ne glede na število lukenj izstopa iz obtočnega ventila. Iz tega lahko sklepamo, da lahko merimo v zraku in primerjamo z oljem pod pogojem, da imamo namesto ohišij ventila, kot je v tem primeru, samo ukrivljeno pločevino z velikimi izstopnimi luknjami.

## Testing the filter by – pass valves

### Abstract:

Filter by-pass valves are an essential part of filter cartridges, which, in most cases, are used in hydraulic assemblies. The main parameter of a by-pass valve is the opening pressure, which depends on the flow through the valve. The both parameters together are written in the  $\Delta p$ - $Q$ -characteristic of the valve. In this thesis we were determining the opening pressures for already constructed valves, with two different media - air and hydraulic oil. The goal was to correlate how the media influences the opening pressure. We could establish that a correlation between air and oil used is possible, but highly dependable on the shape of the by-pass valve itself.

### Keywords:

by-pass valve, filter cartridge, filter, opening pressure,  $\Delta p$  –  $Q$  diagram

## 5 Zaključek

Glavni doprinos te raziskave je v testiranju obtočnih ventilov, saj se tega po naših informacijah še ni lotil nihče. Pri tem je bistveno, da smo testirali ventile v takšnem stanju, kot se vgrajujejo v filtre. Poleg tega je bila razvita naprava in so bile izvedene meritve s primerjavo med hidravličnim oljem in zrakom, ki lahko služijo kot iztočnica za nadaljnje delo. Prav tako smo z meritvami uspeli dokazati povezavo med enostavnimi analitičnimi preračuni in dejanskimi izmerjenimi vrednostmi, kar olajša nadaljnji razvoj obtočnih ventilov.

V tem članku so predstavljene le iztočnice in kratke ugotovitve, zato za natančnejšo in boljšo predstavlo predlagamo, da si preberete vir [1], to je delo, ki je nastalo na podlagi tega projekta.

## Literatura

- [1] Korpič, S.: Testiranje hidravličnih obtočnih ventilov filtrov: diplomsko delo visokošolskega študija. Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2018.
- [2] F. D. M. J. Krojes, W. A. Watkins, R. Sterkenburgn: Aircraft Maintenance and Repair. The McGraw-Hill Company, USA, 2013.
- [3] Filters and filtration. Elsevier Advanced Technology, PO Box 10, Kidlington, Oxford OX 1 AS, UK, 1992.