

# PROCESNA TEHNIKA

BROJ 2  
decembar 2011.  
GODINA 23.



Aktuelno

Metodologija proračuna  
podzemnih cevovoda

Inženjerska praksa

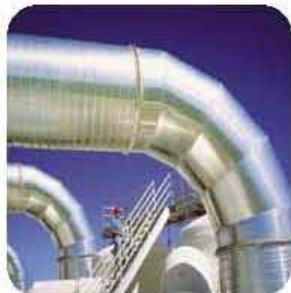
Analiza primene različitih vrsta  
fosilnih goriva u kotlovskim  
ložištima

Inženjerska praksa

Osnovna termofizička svojstva  
tečnih naftnih frakcija

ISSN 2217-2319

[www.smeits.rs](http://www.smeits.rs)



**MESSER**  
Messer Tehnogas AD

**NAŠI PROIZVODI, ZNANJE I VEŠTINE U SLUŽBI VAŠEG USPEHA**



Messer Tehnogas proizvodi i snabdeva svoje kupce kiseonikom, azotom, argonom, ugljen dioksidom, vodonikom, helijumom, inertnim gasovima za zavarivanje, specijalnim gasovima, medicinskim gasovima i širokom paletom gasnih smeša.

Naši proizvodi se primenjuju u skoro svim granama industrije i našem stručnošću i specifičnim veštinama podstičemo razvoj i poboljšanje procesa u industriji čelika i metala, metalurgiji, hemijskoj i petrohemijskoj industriji, industriji hrane i pića, farmaceutskoj industriji, automobilskoj industriji, industriji elektronike, medicini, kućnoj nezi, sečenju i zavarivanju, obradi vode i ekologiji i naučnim istraživanjima.

Na raspolaganju su različite metode dostave: komprimovani gas u bocama, tečni u cisternama i trajlerima, ili instalacija postrojenja na lokaciji kupca. Zajedno ćemo pronaći rešenje koje najbolje odgovara zahtevima vaše kompanije.

[www.messer.rs](http://www.messer.rs)





## Izdavač:



Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera  
Srbije (SMEITS)  
Kneza Miloša 7a/II, 11000 Beograd



FOND ING - fond za unapređenje procesnog i  
energetskog inženjerstva i zaštite životne sredine  
Radoja Domanovića 16, 11000 Beograd

## Glavni i odgovorni urednik:

Srbislav Genić

## Saradnici:

Aleksandar Petrović  
Ilija Kovačević  
Dejan Radić

## Tehnički urednik:

Ivan Radetić

## Web tim:

Stevan Šamšalović

## Za izdavača:

Milovan Živković

## Kontakt

pt@smeits.rs

Publikacija je besplatna.

Sadržaj publikacije je zaštićen.

Korišćenje materijala je dozvoljeno isključivo uz saglasnost autora.

Na osnovu mišljenja Ministarstva za nauku, tehnologije i razvoj Republike Srbije, broj 413-00-1468/2001-01 od 29. oktobra 2001, časopis "Procesna tehnika" je oslobođen plaćanja poreza na promet roba na malo, kao publikacija od posebnog interesa za nauku.

CIP -- Katologizacija u publikaciji  
Narodna biblioteke Srbije, Beograd

62

PROCESNA tehnika: naučno-stručni časopis / glavni i odgovorni urednik Srbislav Genić – God.1 br. 1 (septembar 1985) - - Beograd (Kneza Miloša 7a/II) : Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije, 1985 - (elektronska publikacija) – 27cm  
šestomesečno (jun i decembar)

ISSN 2217-2319 (Online) = Procesna tehnika(Online)  
COBISS.SR-ID 4208130

## SADRŽAJ:

broj 2, decembar 2011. godina 23.

### INŽENJERSKA PRAKSA

- 9 Nenjutnovski fluidi u inženjerskoj praksi
- 13 Osnovna termofizička svojstva tečnih naftnih frakcija
- 21 Pregled formula za određivanje gubitaka pri strujanju fluida, kroz cevi i fittinge
- 25 Analiza primene različitih vrsta fosilnih goriva u kotlovskim ložištima
- 33 Ugradnja i mehaničke karakteristike talasastih kompenzatora prema EN 14917
- 43 Metodologija proračuna podzemnih cevovoda

### PROCESNE TEHNOLOGIJE I NOVI PROIZVODI

- 39 Princip just-in-time kod fleksibilnih tehnoloških procesa
- 51 Održavanje temperature pri transportu - POLARSTREAM

### EKONOMSKI INDIKATORI

- 53 Ekonomska analiza procesnih postrojenja – trend u 2011. godini



### KOLUMNNE

UVODNIK

INŽENJERSKA KNJIŽARA

EKONOMSKI INDIKATORI

### OGLAŠIVAČI

ALTIM	PROING
CWG BALKAN	PROTENT
ELEKTROVOJVODINA	RB KOLUBARA
ELMARK	SAGAX
IMI INTERNATIONAL	SGS
LINDE GAS SRBIJA	TE NIKOLA TESLA
MESSER	TERMOVENT KOMERC
MIKRO KONTROL	ZAVOD ZA ZAVARIVANJE
PANKLIMA	WILO
PETROPROCESS	

# Uvodnik

Srbislav Genić, glavni i odgovorni urednik

Poštovane kolegice i kolege,

U trenutnoj (tzv. tranzicionoj) fazi prelaska naše zemlje u zemlju kandidata za članstvo u EU donose se brojni zakoni i podzakonski akti (pravilnici, standardi, itd.) uz koje naša zemlja treba da, makar u oblasti privrednih aktivnosti, obezbedi nesmetano bivstvovanje u okvirima EU. Ovaj burni period je započeo 2001. godine i još uvek traje. Aktivnosti vodećih organizacija inženjera u našoj zemlji (Inženjerska komora Srbije, SMEITS, itd.) su takođe obeležene ovim promenama, te su brojni inženjeri uključeni, na različite načine, u radna tela koja predlažu i donose ove propise. Kratak pregled tema predavanja i kurseva koja se održavaju u našoj zemlji, a koji su namenjeni inženjerima, takođe govore da se inženjerska populacija informiše i obučava za primenu novih propisa. Na taj način inženjeri ovladavaju novim načinima izražavanja vezanim pre svega za bezbednost opreme i gradnje i eksploatacije postrojenja (nove proračunske procedure, nova dokumenta koja prate proizvodnju, itd.). Dosta pažnje se poklanja i sistemu kvaliteta koji treba da omogući sertifikaciji kvaliteta proizvoda.

Želeo bi ovim uvodnikom da skrenem pažnju na dve stvari o kojima duže vreme razmišljam. Da li je pred nama vreme kada će se:

- na račun povećane pažnje posvećene propisima, zanemariti funkcionalnost opreme i postrojenja;
- izmeniti sadržaj projektne dokumentacije, pri čemu mislim pre svega na Glavne mašinske projekte.

Daću i kratko pojašnjenje ovih dilema.

1 Osnovni zahtevi koji se postavljaju pred inženjere, bilo da rade na projektovanju, izgradnji ili eksploataciji, su sledeći:

- proizvedena oprema (aparati, mašine) i izgrađena postrojenja u punoj meri treba da ostvaruju svoju osnovnu funkciju;
- oprema i postrojenja treba da budu pouzdana i bezbedna u toku eksploatacije;
- oprema, postrojenja, kao i njihovi proizvodi, treba da imaju konkurentnu cenu.

To znači da je primena propisa vezanih za bezbednost opreme i postrojenja samo jedan od aspekata o kojima inženjeri treba da vode računa. Ostala dva aspekta su takođe od krucijalne važnosti. Ukoliko oprema ili postrojenja ne ispunjava zahtev funkcionalnosti u potpunosti (100%) ne može se očekivati ni konkurentna cena finalnih proizvoda. Uzmimo primer poddimenzionisanog razmenjivača toplote – razmenjivača toplote čija je toplotna snaga pri realnim uslovima rada manja od toplotne snage za koju je dimenzionisan, jer mu je površina za razmenu toplote (za dato konstrukciono rešenje) manja od potrebne. Rad ovakvog razmenjivača toplote odudara od projektom predviđenog radnog režima, što se može kompenzovati na dva načina. Prvo moguće rešenje je nabavka novog razmenjivača, a drugo rešenje je povećanje protoka energetskog fluida. Oba rešenja iziskuju dodatne troškove koji opterećuju finansijsko poslovanje vlasnika preduzeća, pa se smanjuje rentabilnost proizvodnog procesa. Ovakvih primera ima u našoj zemlji podosta.

2 U našoj zemlji se ustalila praksa da Glavni mašinski projekti treba da sadrže i sledeća poglavlja: Opšti uslovi za ugovaranje i izvođenje radova, Tehnički uslovi za izvođenje radova, Prilog o primenjenim merama zaštite na radu, Prilog o zaštiti životne sredine, Prilog o zaštiti od požara. Sa druge strane u brojnim inostranim projektima u koje sam imao uvid i u nekoliko projekata u čijoj sam izradi učestvovao, ove stavke se pominju ali tek u naznakama i to iz sledećih razloga:

- uslovi za ugovaranje i izvođenje radova padaju na teret menadžmenta preduzeća, koji ukoliko proceni da za određene (pre svega tehničke) aspekte nije kompetentan, može da angažuje inženjere kao konsultante
- tehnički uslovi za izvođenje radova i mere zaštite na radu treba da budu definisane od strane izvođača radova i od strane investitora
- zaštita životne sredine i zaštita od požara su definisane odgovarajućim Zakonima i posebnom oblašću tehničke regulative, koja sa mašinskim projektima ne mora da bude u direktnoj vezi.

Posledica postojeće prakse je tzv. copy/paste pristup u kome se veliki broj stranica glavnih projekata kopira iz prethodno izrađene dokumentacije. Drugim rečima, inženjeri navedenim delovima projekata posvećuju relativno malu pažnju.

U razgovoru o ovoj temi sa više kolega prevladava mišljenje da bi bilo od koristi da se izradi novi Pravilnik koji bi preciznije definisao oblast mašinskog projektovanja. Postojeći Pravilnik o sadržini i načinu izrade tehničke dokumentacije za objekte visokogradnje (Sl.Glasniku RS br. 15/2008 od 6/02/2008) je pisan prvenstveno za oblast građevinarstva (zgradarstva), u kome mašinski projekti nemaju dominantnu ulogu. Primena ovog pravilnika, u striktnom smislu, za npr. postrojenje za obradu otpadnih voda iz destilerije u kojoj se proizvode alkoholna pića, može da izazove brojne probleme.

Svrha ovog uvodnika je da posluži kao skromna inicijativa da se o dva navedena problema otvori šira diskusija među mašinskim inženjerima, za šta časopis Procesna tehnika stoji na raspolaganju.

Srbislav Genić, glavni i odgovorni urednik  
pt@smeits.rs



Pristupnica u članstvo Saveza mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije (SMEITS)



Pristupnica Društvu za procesnu tehniku

## Redakcioni odbor

Br.	Ime i prezime	Preduzeće, adresa
1	Srbislav Genić	Mašinski fakultet Beograd, Kraljice Marije 16, Beograd
2	Branislav Jaćimović	Mašinski fakultet Beograd, Kraljice Marije 16, Beograd
3	Ioan Laza	Universitatea "Politehnica" din Timisoara, Facultatea de Mecanica, B-dul M. Viteazu 1, Timisoara
4	Radenko Rajić	VIŠSS TEHNIKUM TAURUNUM, Nade Dimić 4, Zemun - Beograd
5	Ivan Radetić	Pro-Ing, Zaplanjska 86, Beograd

## Izdavački savet

Br.	Ime i prezime	Preduzeće, adresa
1	Aleksandar Dedić	Šumarski fakultet Beograd, Kneza Višeslava 1, Beograd
2	Aleksandar Stanković	SAGAX, Radoja Domanovića 16, Beograd
3	Blagoje Ćirković	BET, Tadeuša Koščuška 55, Beograd
4	Bojan Nikolić	JKP Beogradske elektrane, Savski nasip 11, Novi Beograd
5	Branko Živanović	Naftna industrija Srbije, RN Pančevo, Spoljnostarčevačka 199, Pančevo
6	Vojislav Genić	Siemens IT Solutions and Services
7	Goran Bogićević	JKP Beogradske elektrane, Savski nasip 11, Novi Beograd
8	Goran Vujnović	Aqua Interma Inženjering, Bulevar oslobođenja 337c, Beograd
9	Darko Jovanović	SGS Beograd, Bože Janković 39, Beograd
10	Dejan Gazikalović	FRIGOMEX, Mihaila Šolohova 66c, Beograd
11	Dejan Cvjetković	CD System, Jovana Rajića 5b, Beograd
12	Dimitrije Đorđević	Termoenergetika, V.J. 1/IV, Lučani
13	Dorin Lelea	Universitatea "Politehnica" din Timisoara, Facultatea de Mecanica, B-dul M. Viteazu 1, Timisoara
14	Dušan Elez	ATM Control Beograd, Bulevar Mihajla Pupina 129, Novi Beograd
15	Zoran Bogdanović	Pionir Beograd, Fabrika Subotica, Senčanski put 83, Subotica
16	Zoran Nikolić	Messer Tehnogas, Banjički Put 62, Beograd
17	Ilija Kovačević	Pro-Ing, Zaplanjska 86, Beograd
18	Ljubiša Vladić	JKP Beogradske elektrane, Savski nasip 11, Novi Beograd
19	Marko Malović	Messer Tehnogas, Banjički Put 62, Beograd
20	Miloš Banjac	Mašinski fakultet Beograd, Kraljice Marije 16, Beograd
21	Miroslav Stanojević	Mašinski fakultet Beograd, Kraljice Marije 16, Beograd
22	Mihajlo Milovanović	NESTLÉ ICE CREAM SRBIJA Beograd, Banovački put bb, Stara Pazova
23	Nebojša Pantić	Messer Tehnogas, Banjički Put 62, Beograd
24	Nenad Petrović	LABELPRO, Carice Milice 11, Beograd
25	Nenad Ćuprić	Šumarski fakultet Beograd, Kneza Višeslava 1, Beograd
26	Predrag Milanović	Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Njegoševa 12, Beograd
27	Rade Milenković	Paul Scherrer Institut, WBBA 203, 5232 Villigen-PSI, Switzerland
28	Radoje Raković	Pro-Ing, Zaplanjska 86, Beograd
29	Saša Jakimov	TRACO, Ljube Davidovića 55/6, Beograd
30	Suzana Mladenović	Vatrosprem proizvodnja, Kumodraška 240, Beograd



## SGS JE VODEĆA SVETSKA KOMPANIJA ZA **KONTROLU,** **SERTIFIKACIJU I ISPITIVANJE**



**SGS** Soci t  G n rale de Surveillance SA,  zeneva

- ✓ **TRADICIJA:** Osnovana 1878.
- ✓ **GLOBALNA MREŐA:** 140 zemalja, 64.000 zaposlenih
- ✓ **KREDIBILITET:** Međunarodne i nacionalne akreditacije i  lanstva
- ✓ **INTEGRITET I ETIŐKI KOD:** **POVERENJE**

**Delatnosti:**

- KONTROLA
- SERTIFIKACIJA
- ISPITIVANJE
- RISK MANAGEMENT
- MONITORING INVESTICIJA I ZALOGA
- PROCENA VREDNOSTI OPREME I NEKRETNINA
- TEHNIŐKI KONSALTING

# Nenjutnovski fluidi u inženjerskoj praksi

Nikola Budimir, Marko Jarić

U procesnoj industriji (naftnoj, hemijskoj, prehrambenoj...) često je neophodno tretirati fluide koji se ne ponašaju kao idealni (njutnovski) fluidi. S obzirom da je kod takvih fluida (nenjutnovskih) odnos između intenziteta tangencijalnog napona i odgovarajuće brzine deformacije nelinearan, poznavanje navedene zavisnosti je od suštinskog značaja prilikom određivanja profila brzina strujanja u cevima i kanalima, njihovog optimalnog dimenzionisanja i izbora odgovarajuće strujne mašine (pumpe). Takođe, veoma je bitno da se do zadovoljavajućeg rešenja dođe korišćenjem jednostavnog matematičkog aparata, čime se smanjuje i mogućnost nastajanja greške tokom proračuna. Zbog toga je u ovom radu, u najkraćim crtama, prikazan zakon koji se najčešće koristi za opisivanje strujanja neidealnih fluida. Takođe, u prilogu rada su date i vrednosti parametara koji su neophodni za primenu ovog zakona, za neke od neidealnih fluida koji se mogu sresti u procesnim postrojenjima.

Pomenuti zakon je stepeni zakon viskoznosti (Ostwald de Waele-ov zakon) koji daje vezu između tangencijalnih napona ( $\tau_y$ , N/m<sup>2</sup>) i odgovarajuće brzine deformacije ( $dw_x/dy$ ) u sledećem obliku [1]:

$$|\tau_y| = k \cdot \left( \left| \frac{dw_x}{dy} \right| \right)^n = \left[ k \cdot \left( \left| \frac{dw_x}{dy} \right| \right)^{n-1} \right] \cdot \frac{dw_x}{dy} \quad (1)$$

gde su:

- n - indeks stepenog zakona,
- k - koeficijent.

Na osnovu jednakosti (1) sledi da se prividna viskoznost može predstaviti u obliku [1]:

$$\mu_a = k \cdot \left( \left| \frac{dw_x}{dy} \right| \right)^{n-1} \quad (2)$$

Od praktičnog značaje jeste veza između odgovarajućih veličina (srednje brzine strujanja i pada pritiska) koju je moguće uspostaviti korišćenjem navedenih relacija, a koja je data u sledećem obliku [1]:

Na osnovu jednakosti (1) sledi da se prividna viskoznost može predstaviti u obliku [1]:

$$w = \left( \frac{\Delta p}{4 \cdot k \cdot l} \right)^{1/n} \frac{n}{2 \cdot (3n + 1)} d^{(n+1)/n} \quad (3)$$

gde su:

- w, m/s - srednja brzina strujanja fluida,
- l, m - dužina deonice,
- $\Delta p$ , Pa - pad pritiska pri strujanju fluida na posmatranoj deonici,
- d, m- prečnik cevi.

Kao što se može primetiti, reč je o dvoparametarskom modelu koji je veoma pogodan za inženjersku upotrebu. Stepni zakon se uspešno može koristiti za opisivanje strujanja pseudoplastičnih ( $n < 1$ ), Njutnovskih ( $n = 1$ ) i dilatantnih

fluida ( $n > 1$ ). Za primenu ovog zakona neophodno je poznavati vrednosti parametara n i k koji se određuju eksperimentalno. Potrebno je naglasiti da se pri primeni ovog zakona posebna pažnja mora obratiti na opseg u kojem su definisani odgovarajući parametri, jer se u suprotnom mogu dobiti rezultati koji ne odgovaraju realnim. U prilogu (tabele 2÷9) su prikazane vrednosti ovih parametara za neke od fluida koji se pojavljuju u procesnim postrojenjima.

## Primer 1

Njutnovski fluid čija viskoznost iznosi 0,1 Pa·s struji kroz cev prečnika 25mm u dužini od 20 m, pri čemu pad pritiska na posmatranoj deonici iznosi 105 Pa. Za potrebe procesa ovom fluidu se dodaje mala količina polimera, koja fluidu daju svojstva nenjutnovskog fluida ( $n=0,33$ ). Viskoznost novoformiranog fluida je ista kao i početne tečnosti i iznosi 1000 s-1. Ako pad pritiska na posmatranoj deonici ostane isti, koliko bi se promenio zapreminski protok tečnosti dodavanjem polimera?

## Rešenje

S obzirom da je viskoznost njutnovskog fluida poznata biće:

$$\left( \frac{dw_x}{dy} \right) = 1000 \text{ s}^{-1}$$

Nepoznati parametar k kojim se definišu osobine nenjutnovskog fluida moguće je odrediti iz izraza (2):

$$\mu_a = k \cdot \left( \left| \frac{dw_x}{dy} \right| \right)^{-0,67}$$

Zamenom odgovarajuće vrednosti dobija se

$$\mu_a = k \cdot (1000)^{-0,67} = \frac{k}{100} = 0,1 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

pa je  $k = 10 \text{ N} \cdot \text{s}^{0,33} / \text{m}^2$

Veza između srednje brzine strujanja fluida i pada pritiska na posmatranoj deonici data je jednačinom (3). Za slučaj strujanja njutnovskog fluida srednja brzina strujanja u cevovodu iznosi

$$w_1 = \left( \frac{10^5}{4 \cdot 0,1 \cdot 20} \right)^3 \cdot \frac{1}{8} \cdot 0,025^2 = 0,9770 \text{ m/s}$$

dok pri strujanju ne-Njutnovskog srednja brzina iznosi

$$w_2 = \left( \frac{10^5}{4 \cdot 10 \cdot 20} \right)^3 \cdot \frac{1}{12} \cdot 0,025^4 = 0,0636 \text{ m/s}$$

pa je odnos brzina (protoka)

$$w_2 / w_1 = 0,0636 / 0,9770 = 0,065$$

Ukoliko bi brzina strujanja nenjutnovskog fluida iznosila 0,9770 m/s, tada bi pad pritiska na istoj deonici bio 2,49 puta veći nego pri strujanju njutnovskog fluida.



Kada je reč o utvrđivanju pada pritiska pri turbulentnom strujanju nenjutonovskih fluida, ne postoji potpuno pouzdan metod za njegovo tačno određivanje. Eksperimentalna istraživanja su pokazala da fluidi koji pokazuju slične karakteristike pri laminarnom strujanju (bliske vrednosti koeficijenta  $n$  i  $k$ ), ne moraju obavezno da imaju slične karakteristike i pri turbulentnom strujanju [2].

Poznato je da nenjutonovske karakteristike fluida više dolaze do izražaja pri laminarnim režimima strujanja, nego pri turbulentnim gde su inercijalne sile od primarnog značaja. Zbog toga se utvrđivanje koeficijenta trenja pri turbulentnom strujanju može izvršiti na sličan način kao i kod idealnih njutonovskih fluida.

Dodž (Dodge) i Mecner (Metzner) su 1959. godine eksperimentalno određivali koeficijent trenja pri turbulentnom strujanju nenjutonovskih fluida u glatkim cevima. Na osnovu ovih merenja određena je jednačina koja predstavlja generalizovanu formu Karmanove (Karman) jednačine [1]:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \left(\frac{4}{n^{0.75}}\right) \cdot \lg[\text{Re}_{MR} \cdot f^{(1-(n/2))}] - \left(\frac{0,4}{n^{1,2}}\right) \quad (4)$$

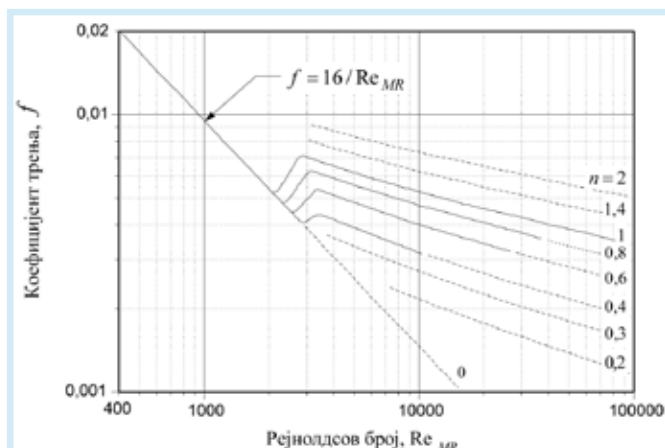
gde je:

- $\text{Re}_{MR} = 8 \cdot \left(\frac{n}{6 \cdot n + 2}\right)^n \cdot \frac{\rho \cdot w^{2-n} \cdot d^n}{k}$  - generalizovani

Rejnoldsov broj (uveli Mecner i Rid),

- $\rho$ , kg/m<sup>3</sup>- gustina fluida.

S obzirom da je jednačina (4) u implicitnom obliku, radi jednostavnijeg određivanja koeficijenta trenja često se koristi njen grafički prikaz dat na slici 1. Punim linijama označene su vrednosti koje su potvrđene eksperimentalnim istraživanjem, dok su isprekidanim linijama prikazane vrednosti dobijene ekstrapolacijom pa ih iz toga razloga treba koristiti uz poseban oprez.



**Slika 1.** Mecnerova i Ridova korelacija koeficijenta trenja i Rejnoldsovog broja

Odstupanje rezultata dobijenih korišćenjem jednačine (4) od izmerenih vrednosti na ispitivanom opsegu ( $0,4 \leq n \leq 1$ ) ne prelaze  $\pm 2,5$  %.

Pored jednačine (4) za izračunavanje koeficijenta trenja mogu se koristiti i modifikacije Blazijusove relacije koje su

predložili Jo (Yoo) i Irvin (Irvine). Na osnovu istraživanja sprovedenih u okviru doktorske disertacije [3] Jo je predložio jednačinu u sledećem obliku:

$$f = 0,0792 \cdot n^{0,675} \cdot \text{Re}_{MR}^{-0,25} \quad (5)$$

Korišćenjem navedene jednačine moguće je odrediti koeficijent trenja sa preciznošću od  $\pm 10$ %. Za  $n=1$  (njutonovski fluid) ova jednačina se svodi na Blazijusovu. Irvin je u [4] predložio modifikaciju Blazijusove jednačine u sledećem obliku:

$$f = 2 \cdot \left[ \frac{2^{3-2n}}{7^{7n}} \left(\frac{4}{3n+1}\right)^{n(3n+2)} \text{Re}_{MR}^{-1} \right] \quad (6)$$

Poboljšanje u odnosu na relaciju koju je predložio Jo, ogleda se u njenoj tačnosti jer se njenim korišćenjem može odrediti koeficijent trenja sa preciznošću od  $\pm 7$ %. Za razliku od jednačine koju su predložili Dodž i Mecner, obe navedene jednačine su praktične za inženjersku upotrebu s obzirom da daju eksplicitnu vezu između koeficijenta trenja i karakterističnih veličina  $\text{Re}_{MR}$  i  $n$ . Treba naglasiti da rezultate koji su dobijeni korišćenjem jednačine (6) treba uzeti s rezervom ukoliko su dobijeni za fluide koji pokazuju elastična svojstva.

Kritična vrednost Rejnoldsovog broja ( $\text{Re}_{MR,cr}$ ) kojom se određuje prelaz iz laminarnog u turbulentni režim strujanja može se odrediti prema izrazu:

$$\text{Re}_{MR,cr} = \frac{6464}{(3 \cdot n + 1)^2} \cdot (2 + n)^{\frac{2+n}{1+n}} \quad (7)$$

Većina eksperimentalnih istraživanja ukazuje da se prelaz iz laminarnog u turbulentni režim najčešće odvija pri vrednostima  $\text{Re}_{MR} = 2000$ .

Određivanje gubitaka usled trenja pri turbulentnom strujanju nenjutonovskih fluida istraživao je i čitav niz drugih istraživača. Šever (Shaver) i Meril (Merril) su 1959. godine predložili jednačinu (8), Tomita (Tomita) jednačinu (9) i Klap (Clapp) jednačinu (10) [5]. Sve pomenute jednačine, kao i granice u kojima one važe, navedene su u tabeli 1.

**Tabela 1. Korelacije za koeficijenta trenja pri turbulentnom strujanju nenjutonovskih fluida prema različitim autorima**

Opseg za n	Rejnoldsov broj	Koeficijent trenja	Jed.
0,4÷1,0	$\text{Re}_{MR} = 8 \cdot \left(\frac{n}{6 \cdot n + 2}\right)^n \cdot \frac{\rho \cdot w^{2-n} \cdot d^n}{k}$	$\text{Re}_{MR} = 8 \cdot \left(\frac{n}{6 \cdot n + 2}\right)^n \cdot \frac{\rho \cdot w^{2-n} \cdot d^n}{k}$	(4)
0,5÷1,0	$\text{Re}_{SM} = \frac{d^n \cdot w^{2-n} \cdot \rho}{8^{n-1} \cdot k} \left(\frac{4}{3 \cdot n + 1}\right)^n$	$f = \frac{0,079}{n^5 \cdot \text{Re}_{SM}^{0,57}}$	(8)
0,2÷0,9	$\text{Re}_T = \frac{d^n \cdot w^{2-n} \cdot \rho}{k} \cdot \frac{6 \cdot \left(\frac{3 \cdot n + 1}{n}\right)^{1-n}}{2^n \cdot \left(\frac{2 \cdot n + 1}{n}\right)^{1-n}}$	$\frac{1}{\sqrt{f}} = 4 \cdot \lg(\text{Re}_T \cdot \sqrt{f}) - 0,4$	(9)
0,7÷0,8	$\text{Re}_{Cr} = \frac{d^n \cdot w^{2-n} \cdot \rho}{8^{n-1} \cdot k}$	$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{4,53}{n} \cdot \lg(\text{Re}_{Cr} \cdot f^{\frac{2+n}{2}}) + \frac{0,45 \cdot n - 2,75}{n}$	(10)

**Primer 2**

Transportovanje šampona gustine  $\rho=1050$  kg/m<sup>3</sup> (92,5%<sub>mas</sub>) do linije za pakovanje vrši se kroz cevovod DN 32 (Ø38 x 2,6 mm) dužine  $l=85$  m. Ako je brzina strujanja fluida kroz cevovod  $w=1,3$  m/s, odrediti pad pritiska koji je potrebno da pumpa obezbedi na posmatranoj deonici.

**Rešenje:**

U skladu sa (7) kritična vrednost Reynoldsovog broja iznosi

$$Re_{MR,cr} = \frac{6464}{(3 \cdot 0,6219 + 1)^2} \cdot (2 + 0,6219)^{\frac{2+0,6219}{1+0,6219}} = 3739$$

Pri navedenoj brzini strujanja od  $w=1,3$  m/s, vrednost Reynoldsovog broja iznosi

$$Re_{MR} = 8 \cdot \left( \frac{0,6219}{6 \cdot 0,6219 + 2} \right)^{0,6219} \cdot \frac{1050 \cdot 1,3^{2-0,6219} \cdot 0,0328^{0,6219}}{0,0852} = 4247$$

na osnovu čega se može zaključiti da je strujanje fluida u cevovodu turbulentno. Koristeći jednačinu (4) dobija se da koeficijent trenja iznosi  $f=0,0073$ , na osnovu čega je moguće odrediti pad pritiska na posmatranoj deonici prema jednačini:

$$\Delta p = \frac{2 \cdot f \cdot l \cdot \rho \cdot w^2}{d} = \frac{2 \cdot 0,0073 \cdot 85 \cdot 1050 \cdot 1,3^2}{0,0328} = 67139 \text{ Pa} \approx 0,67 \text{ bar}$$

**Tabela 2. Vrednosti parametara  $n$  i  $k$  za neke od proizvoda prehrambene industrije [6] [7] [8]**

Fluid	Temperatura, K	$n$	$k$ , Pa·s <sup>n</sup>
Sok od pomorandže	298	1	0,0019
	308	1	0,0014
	318	1	0,0012
	328	1	0,0010
	338	1	0,0008
Koncentrat soka od pomorandže	263	0,705	14,255
	298	0,585	4,121
Puter od jabuka	-	0,15	200
Puter od kikirikija	-	0,07	500
Pire od jabuka	298	0,322	9,9957
	318	0,325	7,9431
	338	0,341	7,1437
Pire od kajsija	300	0,3÷0,4	5÷20
Pire od banana	293÷315	0,33÷0,50	4÷10
Pire od guave	296,5	0,5	40
Pire od papaje	300	0,5	10
Pire od breskve	300	0,38	1÷5
Pire od šargarepe	298	0,25	25
Pire od krušaka	300	0,4÷0,5	1÷5
Pire od šljiva	287	0,35	30÷80
Kaša od paradajza	-	0,5	15
Kaša od manga	300÷340	0,3	3÷10
Sos od jabuka	300	0,3÷0,45	12÷22
Koncentrat paradajza (5,8% suve materije)	305	0,6	0,22
Kečap	295	0,24	33
Majonez	298	0,6	5÷100
Čokolada	303	0,5	0,7
	319	0,574	0,57
Šlag	-	0,12	400
Jogurt	293	0,5÷0,6	25
Maršmalov krem	-	0,4	560
Mlevena riblja pašteta	276÷279	0,910	8,550
Piletina (mlevena)	296	0,10	900
Senf	298	0,39	18,5

**Tabela 3. Vrednosti parametara  $n$  i  $k$  za mleveno meso u zavisnosti od njegovog sastava [8]**

Masti %mas	Proteini %mas	Vlaga %mas	Temperatura, K	$n$	$k$ , Pa·s <sup>n</sup>
15	13	68,8	288	0,156	639,3
18,7	12,9	65,9	288	0,104	858,0
22,5	12,1	63,2	288	0,209	429,5
30	10,4	57,5	288	0,341	160,2
33,8	9,50	54,5	288	0,390	103,3
45,0	6,90	45,9	288	0,723	14,00
45,0	6,90	45,9	288	0,685	17,9
67,3	28,9	1,80	288	0,205	306,8

**Tabela 4. Vrednosti parametara  $n$  i  $k$  za mleko [7] [8]**

Fluid	Temperatura, K	$n$	$k$ , Pa·s <sup>n</sup>
Homogenizovano mleko	293	1,0	0,002000
	303	1,0	0,001500
	313	1,0	0,001100
	323	1,0	0,000950
	333	1,0	0,000775
	343	1,0	0,000700
	353	1,0	0,000600
Sirovo mleko	273	1,0	0,00344
	278	1,0	0,00305
	283	1,0	0,00264
	293	1,0	0,00199
	298	1,0	0,00170
	303	1,0	0,00149
	308	1,0	0,00134
	313	1,0	0,00123
	318	1,0	0,00110
	338	1,0	0,00080

**Tabela 5. Vrednosti parametara  $n$  i  $k$  za pojedine vrste meda [8]**

Vrsta meda	Udeo čvrste materije, %mas	Temperatura, K	$n$	$k$ , Pa·s <sup>n</sup>
Heljda	18,6	298	1,0	3,86
Zlatošipka (drem-ljevica)	19,4	297	1,0	2,93
Žalfija	18,6	299	1,0	8,88
Slatka detelina	17,0	298	1,0	7,20
Bela detelina	18,2	298	1,0	4,80

**Tabela 6. Vrednosti parametara  $n$  i  $k$  za biljna ulja [8]**

Sirovina za dobijanje ulja	Temperatura, K	$n$	$k$ , Pa·s <sup>n</sup>
Ricinus	283	1,0	2,42
	303	1,0	0,451
	313	1,0	0,231
	373	1,0	0,0169
Kukuruz	298	1,0	0,0565
	311	1,0	0,0317
Pamuk	293	1,0	0,0704
	311	1,0	0,0306
Seme lana	323	1,0	0,0176
	363	1,0	0,0071
Maslina	283	1,0	0,1380
	313	1,0	0,0363
	343	1,0	0,0124

### Nastavak table 6. Vrednosti parametara $n$ i $k$ za biljna ulja [8]

Sirovina za dobijanje ulja	Temperatura, K	$n$	$k$ , Pa·s <sup>n</sup>
Kikiriki	294	1,0	0,0647
	299	1,0	0,0656
	310	1,0	0,0387
	311	1,0	0,0251
	328	1,0	0,0268
Uljana repica	273	1,0	2,530
	293	1,0	0,163
	303	1,0	0,096
Šafranika	298	1,0	0,0522
	311	1,0	0,0286
Susam	311	1,0	0,0324
Soja	303	1,0	0,0406
	323	1,0	0,0206
	363	1,0	0,0078
Suncokret	311	1,0	0,0311

### Tabela 7. Vrednosti parametara $n$ i $k$ za pojedine vrste polimera [6]

Vrsta polimera	Temperatura, K	$n$	$k$ , Pa·s <sup>n</sup>
Polietilen velike gustine (HDPE)	453÷493	0,6	3,75÷6,2·103
Visokootporni (HIP) polistiren	443÷483	0,2	3,5÷7,5·104
Polistiren	463÷498	0,25	1,5÷4,5·104
Polipropilen	453÷473	0,40	4,5÷7·103
Polietilen male gustine (LDPE)	433÷473	0,45	4,3÷9,4·103
Najlon	493÷508	0,65	1,8÷2,6·103
Pleksiglas (PMMA)	493÷533	0,25	2,5÷9·104
Polikarbonat	553÷593	0,65÷0,8	1÷8,5·103

### Tabela 8. Vrednosti parametara $n$ i $k$ pojedinih sredstava za ličnu higijenu i negu [6] [9]

Fluid	Temperatura, K	$n$	$k$ , Pa·s <sup>n</sup>
Lak za nokte	298	0,86	750
Maskara	298	0,24	200
Pasta za zube	298	0,28	120
Krema za sunčanje	298	0,28	75
Krema za lice	298	0,45	25
Ulje za negu kože	298	0,22	25
Šampon (92,5 %mas vode)	293÷323	0,6219	0,0852
Šampon (89,6 %mas vode)	293÷323	0,6272	0,0235
Šampon (86,1 %mas vode)	293÷323	0,7568	3,3357

### Tabela 9. Vrednosti parametara $n$ i $k$ [10]

Fluid	Temperatura, K	$n$	$k$ , Pa·s <sup>n</sup>
Ljudska krv	300	0,9	0,004
Mastilo za pisanje	-	0,85	10
Omekšivač za rublje	-	0,6	10
Ulja za podmazivanje	-	0,4	0,5
Mast za podmazivanje	-	0,1	1000

### Literatura

- [1] **Coulson M. J., Richardson F.J.**, *Chemical Engineering*, vol 1, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1999.
- [2] **Heywood, N. I. and Cheng, D. C.-H.**, *Comparison of methods for predicting head loss in turbulent pipe flow of non-Newtonian fluids*, Trans Inst. Measurement and Control 6 (1984) 33.
- [3] **Yoo, S. S.**, *Heat transfer and friction factors for non-*

*Newtonian fluids in circular tubes*, Ph.D. Thesis, University of Illinois, Chicago (1974).

- [4] **Irvine, T. F.**, *A generalized Blasius equation for power law fluids*, Chem. Eng. Comm. 65 (1988) 39.
- [5] **Leal B. A., Calçada A. L., Scheid M. C.**, *Non-Newtonian fluid flow in ducts: friction factor and loss coefficients*, Second Mercosur Congress on Chemical Engineering, Rio de Janeiro, 2005.
- [6] **R. P. Chhabra, J.F. Richardson**, *Non-Newtonian Flow and Applied Rheology: Engineering Applications*, 2nd edition, Elsevier, Oxford, 2008.
- [7] **Rozzi S.**, *Heat treatment of fluid foods in a shell and tube heat exchangers: comparison between smooth and helically corrugated wall tubes*, Journal of Food Engineering, 79, str. 249-254, 2007.
- [8] **Steffe, J.F.**, *Rheological Methods in Food Process Engineering*, Freeman Press, East Lansing, Michigan, USA, 1992.
- [9] **M. Karsheva, S. Georgieva, G. Birov**, *Flow behaviour of two industrially made shampoos*, Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, Sofia, p.323-328, 2005.
- [10] **H. A. Barnes, J. F. Hutton, K. Walters**, *An introduction to rheology*, Elsevier, Amsterdam, 1989.

### Autori



**Nikola Budimir**, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, Beograd  
email: nbudimir@mas.bg.ac.rs  
tel: 064/22-33-727

Zaposlen je u Inovacionom centru Mašinskog fakulteta u Beogradu, u svojstvu naučnog saradnika. Na Mašinskom fakultetu u Beogradu održavao je auditorske vežbe iz predmeta: Mehanički i hidromehanički aparati i mašine, Toplotni i difuzioni aparati, Toplotne operacije i aparati. Učestvovao je u izradi više tehničkih dokumentacija, studija, tehnoloških i inovacionih projekata koje je finansiralo Ministarstvo za nauku. Do sada je objavio 15 radova (časopisi sa SCI liste, međunarodni časopisi i kongresi, domaći časopisi i kongresi).



**Marko Jarić**, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu d.o.o., Kraljice Marije 16, 11000 Beograd  
tel: 063/435-779  
email: mjarić@mas.bg.ac.rs

Doktorirao je na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu 2011. na katedri za procesnu tehniku. Od jula 2006. zaposlen je u Inovacionom centru Mašinskog fakulteta u Beogradu. Auditorske vežbe održavao je iz predmeta: Oprema procesnih instalacija, Cevovodi i armatura, Konstruisanje procesne opreme, Aparati i mašine u procesnoj industriji, Procesni fenomeni. Učestvovao je u izradi više tehničkih dokumentacija, i projekata koje je finansiralo Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine. Do sada je objavio 16 radova (časopisi sa SCI liste, međunarodni časopisi i kongresi, domaći časopisi i kongresi).



ИНОВАЦИОНИ  
ЦЕНТАР  
МАШИНСКОГ  
ФАКУЛТЕТА У  
БЕОГРАДУ ДОО

INOVACIONI  
CENTAR  
MAŠINSKOG  
FAKULTETA U  
BEOGRADU DOO

INOVATION CENTER  
FACULTY OF  
MECHANICAL ENGINEERING  
UNIVERSITY  
OF BELGRADE



#### ЦЕНТАР ЗА КВАЛИТЕТ

ЛАБОРАТОРИЈА ЗА ПРОЦЕСНУ ТЕХНИКУ, ЕНЕРГЕТСКУ  
ЕФИКАСНОСТ И ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Краљице Марије 16, 11000 Београд

Тел. централа 011-3302200

Руководилац лабораторије Проф. др Александар  
Петровић 011-3302389

Заменик руководиоца лабораторије Проф. др  
Србислав Генић 011-3302360

Лабораторија за процесну технику, енергетску ефикасност и заштиту животне средине је акредитована лабораторија за испитивање која послује у оквиру Центра за квалитет Иновационог центра Машинског факултета у Београду. Акредитована лабораторија је као нова организациона структура произашла из искустава стечених испитивањима која су чланови Катедре за процесну технику Машинском факултетету у Београду обављали у оквиру научно-истраживачког рада и сарадње са привредним организацијама.

У оквиру Лабораторије ради 11 запослених, првенствено наставника Машинског факултета у Београду, специјализованих у областима процесног инжењерства, енергетске ефикасности и заштите животне средине, за које је Лабораторија акредитована.

Врста испитивања	Испитивач
Стабилне посуде под притиском Котловска подстројења - механичка испитивања Цевоводне арматуре	Проф. др Александар Петровић Проф. др Србислав Генић
Размењивачи топлоте – топлотне перформансе и пад притиска Куле за хлађење воде - топлотне перформансе	Проф. др Бранислав Јаћимовић Проф. др Србислав Генић
Котловска подстројења - термотехничка испитивања Одређивање димног броја при сагоревању уља за ложење Прашкaste материје (масена концентрација) Емисија гасовитих и загађујућих супстанција у ваздух (NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> )	Проф. др Мирослав Станојевић Проф. др Горан Јанкес Проф. др Александар Јововић мр Мирјана Стаменић Марко Обрадовић Вук Аџић

## 1. Monografije iz mašinstva



Milovan Živković i Taško Maneski  
**TERMOMEHANIČKI NAPONI CEVOVODA I POSUDA**

Cena: 750 din.



Boris Slipčević  
**RAZMENJIVAČI TOPLOTE**  
(II izdanje)

Cena: 900 din



Milan Rikalović  
**DOBOŠASTI RAZMENJIVAČI TOPLOTE**

Cena: 700 din



Dimitrije Voronjec i Đorđe Kozić  
**VLAŽAN VAZDUH - TERMODINAMIČKE OSOBINE I PRIMENA (IV izdanje)**

Cena: 550 din



Miloš Kuburović i Miroslav Stanojević  
**BIOTEHNOLOGIJA**

Cena: 600 din



Branislav Todorović i Milica Milinković-Đapa  
**RAZVOD VAZDUHA U KLIMATIZACIONIM SISTEMIMA (III izdanje)**

Cena: 800 din



Srđan Raičković  
**KOMPRESIBILNI I MEHANIČKI ZAPTIVAČI**

Cena: 600 din



Rodoljub Vučetić  
**ZDRAVLJE ŽIVOTNE SREDINE & PROMENA KLIME**

Cena: 400 din



Stevan Šamšalović  
**TOPLOTNA PUMPA - Tehnologija održive proizvodnje energije**

Cena: 1350 din

## 2. Priručnici iz mašinstva



Branislav Živković i Zoran Stajić  
**MALI TERMOTEHNIČKI PRIRUČNIK**

Cena: 1400 din



Svetislav Zarić  
**PRIRUČNIK IZ INDUSTRIJSKE PNEUMATIKE**

Cena: 450 din



Bogosav Milenković  
**PRIRUČNIK ZA MERENJE PROTOKA FLUIDA (mernim blendama, mlaznicama, Venturijevim cevima i dr.)**

Cena: 450 din



Rodoljub Vučetić  
**PRIRUČNIK O URAVNOTEŽAVANJU CEVNIH MREŽA U GREJANJU, HLAĐENJU I KLIMATIZACIJI**

Cena: 600 din



Stevan Šamšalović  
**TEHNOLOGIJA HLAĐENJA I SMRZAVANJA HRANE**

Cena: 450 din



Nebojša Grahovac  
**PRIRUČNIK ZA VLAŽAN KOMPRIMOVANI VAZDUH**

Cena: 450 din



Živojin Perišić  
**VENTILACIJA  
PORODIČNIH I KOMERCIJALNIH  
KUHINJA**

Cena: 450 din

### 3. Priručnici iz elektrotehnike



Dragan Vićović & Zoran Hadžić  
**ELEKTRIČNE INSTALACIJE NISKOG NAPONA**

Cena: 1250 din



Dragan Vićović & Zoran Hadžić  
**ZAŠTITA OBJEKATA OD ATMOSFERSKOG PRAŽNENJA**

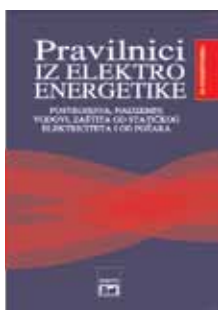
Cena: 1200 din



Ljiljana Rašajski, Gojko Dotlić i Marija Mrđanov  
**MALI ELEKTROENERGETSKI PRIRUČNIK (MEP)**  
(IV izdanje, 2009)

Cena: 950 din

### 4. Tehnička regulativa iz mašinstva, elektrotehnike i dodirnih disciplina



**PRAVILNICI IZ ELEKTROENERGETIKE**  
Postrojenja, nadzemni vodovi, zaštita od statičkog elektriciteta i od požara

Privedila Marija Mrđanov  
Cena: 700 din



**KABLOVI, SAMONOSEĆI KABLOVI, UŽAD I KRATKI SPOJ**  
Izvodi iz tehničkih standarda u elektroenergetici

Privedila Marija Mrđanov  
Cena: 700 din



Miodrag Isailović  
**TEHNIČKI PROPISI O ZAŠTITI OD POŽARA I EKSPLOZIJA**  
(IV izdanje, 2007)

Cena: 900 din



Miodrag Isailović i Martin Bogner  
**TEHNIČKI PROPISI O POSUDAMA POD PRITISKOM**

Cena: 800 din



Dragana & Stevan Šamšalović  
**VODIČ KROZ STANDARDE I PROPISE O GREJANJU, HLAĐENJU I KLIMATIZACIJI**

Cena: 850 din

### 5. Ostalo



Nadežda Mitrović-Žitko i Stevan Vukotić  
**PRIRUČNIK ZA PRIPREMU OPŠTEG DELA STRUČNOG ISPITA ZA RADNIKE TEHNIČKIH STRUKA**

Cena: 450 din



**ZBIRKA ZAKONA I PRAVILNIKA o planiranju i građenju objekata i izradi tehničke dokumentacije**  
(IV izdanje)

Privedila Marija Mrđanov  
Cena: 750 din



**NAUČNO-TEHNIČKI PETOJEZIČNI REČNIK (GREJANJE, HLAĐENJE, KLIMATIZACIJA)**

Cena: 950 din



INSTRUMENTARNI ALATI



INSTRUMENTARNI ALATI



INSTRUMENTARNI ALATI



ALATI ZA NERAZNOVNE NIVOU



TURBO KOMPRESOR C1000



VEŠAČKI VSKRIBNAJI KOMPRESOR R 110



OVLAŠĆENI DISTRIBUTER: **PANKLIMA** (BEOGRAD) INŽENJERING I TRGOVINA SA OGRANIČENOM ODGOVORNOSTI | +381 11 2472 833 | +381 11 2465 648 | WWW: HTTP://WWW.PROING-BG.RS | E-MAIL: OFFICE@PROING-BG.RS



**PRO-ING d.o.o.**

Privredno društvo za inženjering, trgovinu, tehničke i poslovne usluge sa ograničenom odgovornošću

Adresa: Zaplinska 86, 11010 Beograd  
Tel/fax: (+381) 11 2472 833  
(+381) 11 2465 648  
WWW: <http://www.proing-bg.rs>  
e-mail: [office@proing-bg.rs](mailto:office@proing-bg.rs)

**Delatnost i usluge:**

- Izrada idejnih i glavnih mašinskih projekata objekata u procesnoj industriji i energetici
- Izrada elaborata i studija o proceni uticaja objekata procesne industrije na životnu sredinu
- Izrada projektno-tehničke dokumentacije za posude pod pritiskom, rezervoare, izmenjivače toplote, kotlove, rashladna postrojenja
- Nostrifikacija tehničke dokumentacije opreme pod pritiskom
- Izrada elaborata trenutnog stanja opreme pod pritiskom i kotlova u eksploataciji
- Kontrolisanje utvrđivanja usaglašenosti dokumentacije i proizvoda i tehnički nadzor za opremu pod pritiskom u okviru Sektora kontrole Delta inženjeringa – sertifikat o akreditaciji 06-009 izdat od strane ATS-a
- Izrada tehnologija zavarivanja za konstrukcije ugljenične, legirane, nisko legirane i nerđajuće čelike, aluminijum
- Tehnički nadzor i nadzor nad izvođenjem zavarivačkih radova

**Specijalnost:**

- Posude pod pritiskom, posude za tehničke gasove (TAG, CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>), Hlor, HCl, TNG u industrijskim sektorima prehrane, prerade nafte i gasa, hemije, petrohemijske i energetske

**Program:**

- Saradnjom sa renomiranim inostranim partnerima **PRO-ING d.o.o.** je u mogućnosti da Vam ponudi:
- sprovodne i precizne cevi, limove, egzotične materijale, profile, fitege, opremu za rezervoare
  - opremu za izradu i održavanje kotlova, izmenjivača toplote, ventila
  - ventile, ventile sigurnosti, raspripravajuće diskove i dišuću ventile
  - utovarne ruke, opremu za drumске i železničke cisterne, fleksibilna creva
  - ventile za viskotoksične i opasne fluide
  - plastične ventile
  - centrifugalno livene cevi, statički livena kotena

**Sistem kvaliteta:**

Uveden sistem kvaliteta za inženjering, ispitivanje i kontrolisanje industrijske opreme pod pritiskom prema zahtevima EN ISO 9001:2000



**Sistemi za kontinualni monitoring emisije zagađujućih materija u vazduh**

- PROJEKTOVANJE
- PROIZVODNJA
- SISTEM INTEGRACIJA
- ISPORUKA
- UGRADNJA
- PUŠTANJE U RAD
- SERVIS U GARANTNOM I VANGARANTNOM ROKU
- ODRŽAVANJE ANALITIČKIH SISTEMA ZA PROCESNE ANALIZE U TEHNOLOŠKIM PROCESIMA I SISTEMA ZA KONTINUALNI MONITORING EMISIJE
- PROŠIRENJA I UNAPREĐENJA ANALITIČKIH SISTEMA



**PETROPROCESS d.o.o.**  
Bulevar Cara Lazara 40  
21000 Novi Sad, Srbija  
Tel: 021 479 04 08, 021 475 17 40  
E-mail: [info@petro-process.com](mailto:info@petro-process.com)  
Web: [www.petro-process.com](http://www.petro-process.com)



**Specijalisti za prateće električno i pamo grejanje u industriji**

- \* Elektro prateće grejanje
- \* Pamo prateće grejanje
- \* Zaštita cevodova od smrzavanja
- \* Održavanje temperature u cevodovima, tankovima i delovima procesne opreme
- \* Grejanje dugih cevodova
- \* Grejanje cilindara i konusa
- \* Cevni snopovi za instrumente
- \* Specifične industrijske primene

\* Projektovanje, izvođenje, nadzor

[www.elmarkdoo.co.rs](http://www.elmarkdoo.co.rs)  
[www.thermon.com](http://www.thermon.com)

**The Heat Tracing Specialists**





**DISTRIBUTER ZA SRBIJU  
ITALIJANSKIH PROIZVOĐAČA  
PLOČASTIH I DOBOŠASTIH  
RAZMENJIVAČA TOPLOTE**



[www.wtk.it](http://www.wtk.it)



[www.atheco.it](http://www.atheco.it)



- PLOČASTI LEMLJENI RAZMENJIVAČI TOPLOTE
- PLOČASTI RASTAVLJIVI RAZMENJIVAČI TOPLOTE
- DOBOŠASTI RAZMENJIVAČI TOPLOTE  
(isparivači, kondenzatori, specijalne namene)
- RESIVER BOCE
- ODVAJAČI ULJA

***DISTRIBUCIJA. PROJEKTOVANJE. KOMPLETNA TEHNIČKA PODRŠKA.***

Mladena Mitrića 4a/23, 11030 Beograd  
Tel: +381 11 35 41 647; Tel./faks +381 11 35 45 108  
[office@altim.rs](mailto:office@altim.rs)

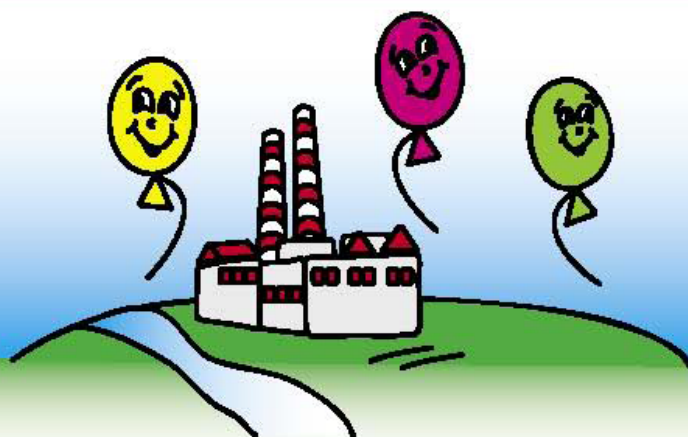


# SAGAX >>>

>prodaja>inženjering>konsalting>servis

POUZDANA, SIGURNA, EFIKASNA I EFEKTIVNA REŠENJA U OBLASTI:

- > DALJINSKOG GREJANJA
- > ENERGETSKE EFIKASNOSTI
- > ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE



>>> **SPECIJALIZOVANI ZA:**

- > MODERNIZACIJU TOPLANA, KOTLARNICA I TOPLOTNIH PODSTANICA
- > PRIMARNE TOPLOTNE PODSTANICE > PAKETNE > OPREMA > AUTOMATIZACIJA
- > SEKUNDARNE TOPLOTNE PODSTANICE > UNUTRAŠNJE INSTALACIJE GREJANJA

>>>



>>> **PROFESIONALNO, SA POVERENJEM.**

PRIJATELJ FONDA "FOND ING"



[www.fonding.org.rs](http://www.fonding.org.rs)

[www.sagax.rs](http://www.sagax.rs)  
[info@sagax.rs](mailto:info@sagax.rs)

Radoja Domanovića 16, 11160 Beograd, Srbija  
Tel. +381 11 380 83 27, 380 83 37, 380 83 47