

# OSNOVNI ASPEKTI ODRŽAVANJA EKSPLOATACIJE I PROJEKTOVANJA NAFTOVODA

*BASIC ASPECTS OF MAINTENANCE OF OIL PIPELINE  
EXPLOITATION AND DESIGNING*

**Jasna TOLMAČ<sup>1</sup>, Slavica PRVULOVIĆ<sup>1</sup>, Saša JOVANOVIĆ<sup>1</sup>, Milan MARKOVIĆ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, Srbija

e-mail: [jasnatolmac@yahoo.com](mailto:jasnatolmac@yahoo.com)



# UVOD

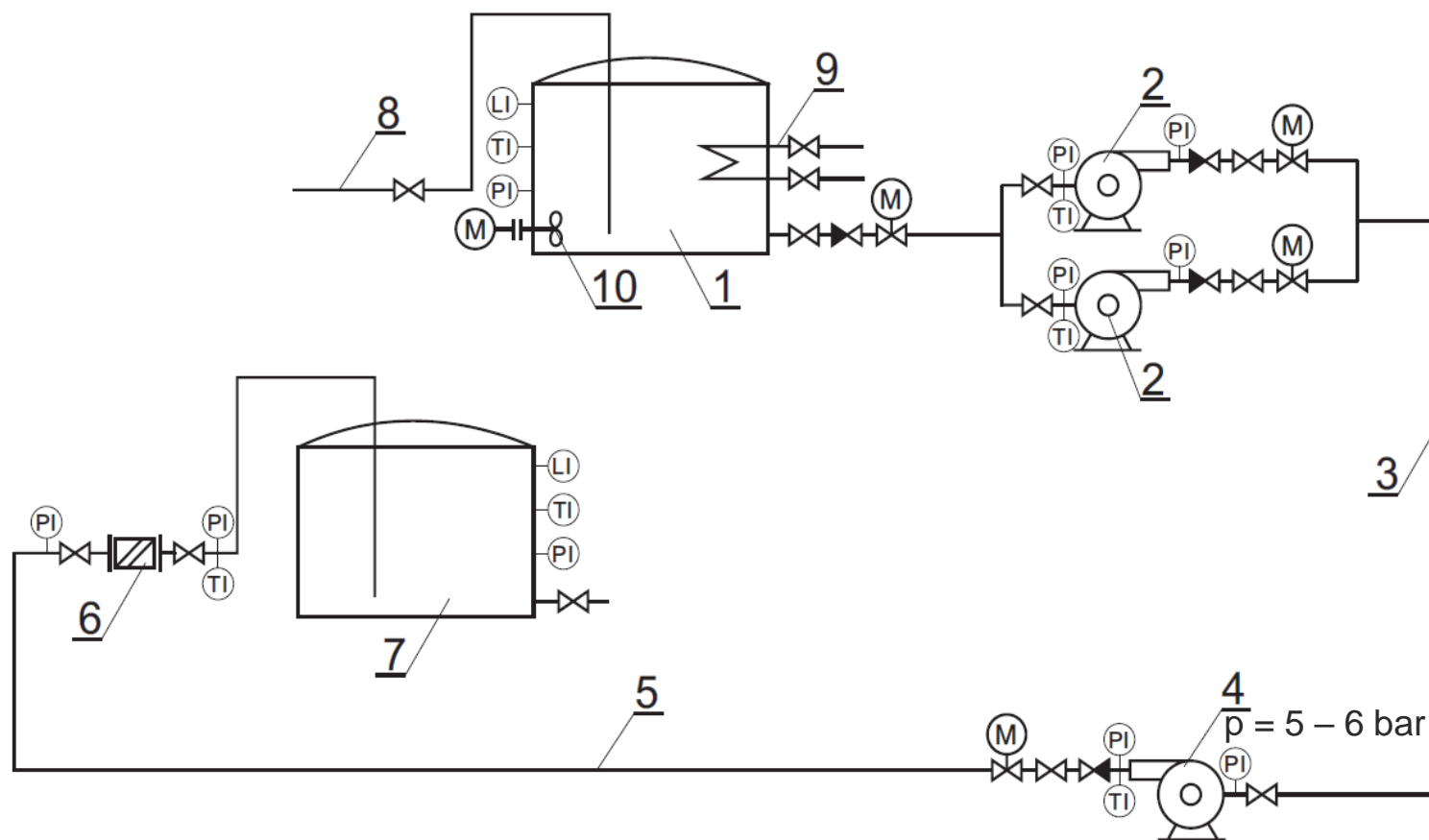
- Za vreme procesa eksploatacija, tehničko – tehnološki sistemi su izloženi uslovima habanja i starenja.
- U cilju očuvanja radnih sposobnosti tehničko – tehnoloških sistema, neophodno je preduzeti mere održavanja.
- U zavisnosti od fizičkih osobina sirove nafte (gustina, viskoznost, sadržaj parafina, tačka tečenja) određuje se tehnologija transporta i rešavaju se problemi održavanja cevovoda i pumpi.



- Domaće nafte sa naftnih polja u Vojvodini su parafinskog tipa, (*imaju sadržaj čvrstog parafina 7,5 – 26 %, i relativno visoke tačke tečenja 18 - 36 °C*), pa se sirova nafta zagreva pre uvođenja u cevovod, kako bi se parafini održali u tečnom stanju.
- Kako ne bi došlo do kristalisanja parafina u cevovodu, potrebno je projektovati takve uslove rada naftovoda, tako da je temperatura nafte uvek iznad tačke tečenja.
- Cilj ovog rada je analiza i utvrđivanje osnovnih aspekata i aktivnosti održavanja, eksploatacije i projektovanja naftovoda.



- Na Slici 1, data je tehnološka šema realnog magistralnog naftovoda



*Karakterisitike magistralnog naftovoda (5):*

$l = 91\ 000\ \text{m}$

$D_{ca} = 457\ \text{mm}$

$Q = 550 - 660\ \text{m}^3/\text{h}$  (480 - 580 t/h)

$\Delta p = 35 - 40\ \text{bar}$

$\Delta t = 10\ \text{°C}$

*Slika 1. Šema eksperimentalnog postrojenja, 1-rezervoar, 2-centrifugalna pumpa, 3-naftovod, 4-centrifugalna pumpa, 5-magistralni naftovod, 6-merač protoka, 7-rezervoar, 8-dovod sirove nafte, 9-grejač, 10-mešalica.*



**SET**  
SAMIT ENERGETIKE TREBINJE

**Procesing '22** 1-3. jun 2022, Beograd

- Pri transportu domaće parafinske nafte, vreme zastoja, u slučaju kvara, nebi trebalo da bude duže od 20 - 24 h, jer bi usled stajanja i hlađenja došlo do pojave čvrstih čestica parafina, a potom i do geliranja nafte u cevovodu.
- Sa uvoznom naftom nije toliki problem jer je njena tačka tečenja +8 °C.
- U svakom slučaju neophodno je da poslednji planirani transport u nizu bude sa uvoznom naftom, koja bi istisnula domaću naftu iz cevovoda, koja je eventualno prethodila kao poslednja šarža.



# ODRŽAVANJE TRANSPORTNOG SISTEMA NAFTOVODA

- Transportni sistem naftovoda se sastoji od:
  - cevovoda i njegovih sastavnih delova,
  - pumpne stanice,
  - tehnoloških rezervoara i
  - sistema za merenje, praćenje i kontrolu - SCADA.
- Adekvatno održavanje je uslov za bezbedno i efikasno funkcionisanje sistema.



- Održavanje naftovoda obuhvata sledeće:
  - Ispitivanje naftovoda i ocena stepena spoljašnjih i unutrašnjih oštećenja cevovoda. Ova ispitivanja se izvode pomoću tzv. “inteligentnog čistača”, npr. svakih pet godina;
  - Kontrola i ispitivanje hidroizolacije na naftovodu. Kontrola se vrši odgovarajućim naponom npr. 10 000 V, svakih pet godina;
  - Redovno praćenje rada i kontrola sistema katodne zaštite;
  - Kontrola kvaliteta i stanja izolacije cevovoda;
  - Redovno praćenje, kontrola rada i servisiranje pumpi i pumpne stanice;
  - Čišćenje naftovoda kracerom, bar jednom godišnje ili po potrebi;
  - Redovno praćenje, kontrola rada i servisiranje, merne stanice i verifikacija;
  - Snimanje stanja vodotokova u zoni podvodnog prelaza naftovoda.



- Kada se uoči da je stepen oštećenja iznad dozvoljene granice od 40% debljine zida cevi, pristupa se sanaciji oštećenih mesta.
- Oštećenja se proveravaju pomoću inteligentnog čistača - kracera. Dok traju radovi na sanaciji naftovoda, transport nafte se privremeno obustavlja.



*Slika 2. Inteligentni čistač (Intelligent pigging) - kracer*



- Održavanje tehnoloških rezervoara obuhvata niz aktivnosti kao što su:
  - redovni pregledi na svakih pet godina i ako je potrebno vrši se generalni remont;
  - kontrola stanja disajnih ventila i zaptivnog sistema plivajućeg krova;
  - održavanje rezervoara sa pripadajućom cevovodnom instalacijom i armaturom;  
(rezervoari su opremljeni radarskim merilima nivoa, senzorima za merenje pritiska i temperature, kao i sa indikatorom za merenje nivoa vode u rezervoaru, kao i sistemom za protivpožarnu zaštitu i opremom za grejanje fluida - sirove nafte);
  - održavanje tankvana rezervoara.



- Rezervoari se čiste tek nakon potpunog odzračivanja.
- Trajanje odzračivanja je minimum 24 časa.
- Na Slici 3, 4 i 5, prikazan je izgled rezervoara oštećenog korozijom – unutrašnji pregled



*Slika 3. Održavanje rezervoara – unutrašnji pregled*



*Slika 4. Remont rezervoara – ispitivanje (hidrotest) grejača*



*Slika 5. Rekonstrukcija rezervoara – oštećeni krov rezervoara od korozije*

- Na Slici 6, 7 i 8, prikazana je rekonstrukcija rezervoara – zamena krova rezervoara.



*Slika 6. Rekonstrukcija rezervoara – zamena krova rezervoara*



*Slika 7. Rekonstrukcija rezervoara – zamena krova rezervoara – montaža novog krova (segmenti lima)*





*Slika 8. Rekonstrukcija rezervoara – novi krov rezervoara*

# KVAROVI I ZASTOJI NA NAFTOVODIMA

- U slučaju da se transportuje nafta koja ne sadrži agresivne elemente, tada se koriste cevi od ugljeničnog čelika.
- U slučaju da se transportuje nafta koja sadrži agresivne elemente (sumpor vodonik i ugljen dioksid), tada se koriste cevi od nerđajućeg čelika (legirane sa hromom, niklom i molibdenom).
- Ukoliko transportovana nafta sadrži agresivne elemente, tada nastaje unutrašnja korozija cevovoda.
- Korozija na cevovodu je najčešći uzrok pojave kvarova.
- Kvarovi izazvani korozijom su obično mali otvori na cevovodu. Kroz ove otvore izliva se mala količina nafte.



- Zaštita od unutrašnje korozije cevovoda se postiže i putem dehidracije fluida – nafte, koja se transportuje ili primenom inhibitora.
- Inhibitori korozije su supstance koje se dodaju fluidima u malim količinama i značajno usporavaju proces korozije na zidovima cevovoda.
- Spoljašnja korozija nastaje na spoljnoj površini cevovoda zbog prisustva vlage – vode i oštećene izolacije cevovoda.



- U Tabeli 1, dati su podaci o kvarovima na naftovodima u Evropi, sa kvantifikacijom uzroka kvara i prosečnom količinom izlivenog fluida zbog curenja.

Uzrok	Prosečan broj kvarova u toku godine		Prosečna godišnja neto zapremina izlivenog fluida (m <sup>3</sup> )	
Mehanička oštećenja	3,3	(23%)	380	(33%)
Greške u radu tokom eksploatacije	1	(7%)	9	(1%)
Korozija	5	(35%)	147	(13%)
Više sile	0,7	(5%)	60	(5%)
Treća lica	4,3	(30%)	539	(40%)
Ukupno kvarova	14,3	(100%)	1135	(100%)





- Pod dejstvom viših sila podrazumeva se klizanje zemljišta, požari, poplave i zemljotresi.
- Prilikom projektovanja naftovoda, mora se uzeti u obzir dejstvo ovakvih pojava, kako bi se njihov uticaj eliminisao ili smanjio.



# INVESTICIONA ULAGANJA U PUMPNU STANICU

- U Tabeli 2, data je cena pumpnih stanica u \$ / kW.
- Tabela 2. Investiciona ulaganja u pumpnu stanicu

Snaga pumpe (kW)	Investiciona ulaganja (\$/kW)	Investiciona ulaganja (\$/kW)	Investiciona ulaganja (\$/kW)
	Elektro pogon	Pogon na gas	Dizel pogon
200	3535	4216	4550
500	1224	2108	3060
1000	1088	1836	2380
2000	1054	1734	2176
3000	986	1632	2060

- Značajan deo u ceni izgradnje naftovoda ima vrednost cevi i opreme cevovoda i iznosi oko 60% od ukupne vrednosti sistema naftovoda.
- Cena pumpi takođe zauzima vrlo značajan udeo i izgradnji naftovoda.



# CENA IZGRADNJE CEVOVODA

- Cena izgradnje cevovoda data je u Tabeli 3.
- Tabela 3. Cena izgradnje cevovoda

Prečnik cevovoda		Cena izgradnje cevovoda (\$/km)	Jedinična cena (\$/m-prečnika) / (m-dužine)
(inč)	(m)		
12	0,323	160 340	496
14	0,355	177 350	500
16	0,400	202 765	506
18	0,457	223 985	490
29	0,508	245 200	482
22	0,559	266 420	477
24	0,609	287 640	472
26	0,660	308 750	468
28	0,711	330 050	464

- Čelični cevovodi su izloženi dejstvu korozije.
- Zbog toga se koristi katodna zaštita cevovoda, kako bi se sprečilo brzo propadanje cevovoda.



# MERE ZA SMANJENJE POJAVE KVAROVA

- U cilju smanjenja pojave kvarova sprovodi se niz mera u fazi projektovanja i eksploatacije naftovoda.
- Rešenja se ugrađuju u izvođačke projekte.
- Posebna pažnja se poklanja tehničkim rešenjima kod svih prelaza i prepreka kao što su putevi, reke, željeznice, itd.
- Podzemno vođenje cevovoda treba izvoditi gde god je to moguće, jer je ono bezbednije od nadzemnog.



- U projektu se razmatraju različiti uslovi rada, različiti protoci i pritisci.
- Kapacitet naftovoda unapred uslovljava kapacitet pumpnih agregata, odnosno broj pumpnih stanica na trasi naftovoda.
- Na osnovu toga određuju se najbolje lokacije pumpnih stanica, njihove veličine, snage i pritisak.
- Takođe se definiše podela cevovoda na sekcije, odnosno lokacija sekcijskih - blok ventila.



- Ugradnjom blok ventila na cevovodu, smanjuju se količine fluida koje bi se izlile u slučaju kvara na cevovodu.
- Na pojedinim lokacijama ovih ventila ugrađuju se nepovratni ventili.
- Na osnovu uslova rada kao što su:
  - pritisak
  - temperatura
  - naprezanje cevovodaprojektom se definišu parametri cevovoda kao što su:
  - vrsta cevi
  - kvalitet materijala
  - prečnik cevovoda
  - debljina zida cevi



# ZAKLJUČAK

- Prikazani rezultati mogu korisno poslužiti pri projektovanju, eksploataciji i održavanju kompleksnog sistema naftovoda.
- Kod manjih prečnika cevovoda dobijaju se veći padovi pritiska, a time i veća snaga pumpe.
- Povećanjem snage rastu i troškovi pumpanja.
- Smanjenjem prečnika cevovoda opadaju troškovi izgradnje cevovoda, ali zbog povećanja pada pritiska, rastu troškovi pumpne stanice.



- Pri izboru većeg broja pumpnih agregata manjeg pritiska i kapaciteta, dobija se veći broj pumpnih stanica na trasi naftovoda.
- Ovo zahteva složenije konstrukciono rešenje postrojenja, a time i veći broj stručnih radnika.
- U cilju lakše zamene i održavanja u slučaju kvara, odabrani pumpni agregati treba da budu istog tipa, to jest jedan tip pumpi na celoj deonici naftovoda.





HVALA NA PAŽNJI



**Procesing '22 1–3. jun 2022, Beograd**