

# ANALIZA MOGUĆIH TEHNIČKIH RJEŠENJA DUGAČKIH TLAČNIH CJEVOVODA ZA OTPADNE VODE (I. dio)

*Jedan od najznačajnijih uvjeta pristupanja Hrvatske Europskoj uniji će biti potpuno poštivanje strogih propisa vezanih uz zaštitu zemlje, vode i zraka pri čemu je odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda ključan ekološki segment. U članku se razmatra problematika tehničkih rješenja dugačkih tlačnih cjevovoda za otpadne vode na primjeru planiranog cjevovoda u naselju Drenovci u županjskoj Posavini ukupne duljine oko 5400 m, a podijeljen je u dva dijela. U ovome, prvome po redu bit će riječi o nekim osnovnim značajkama tlačnih cjevovoda za otpadne vode i osnovnim podacima o projektu u Drenovcima, dok će se analiza pojedinih varijanti rješenja obraditi u sljedećem broju časopisa EGE.*

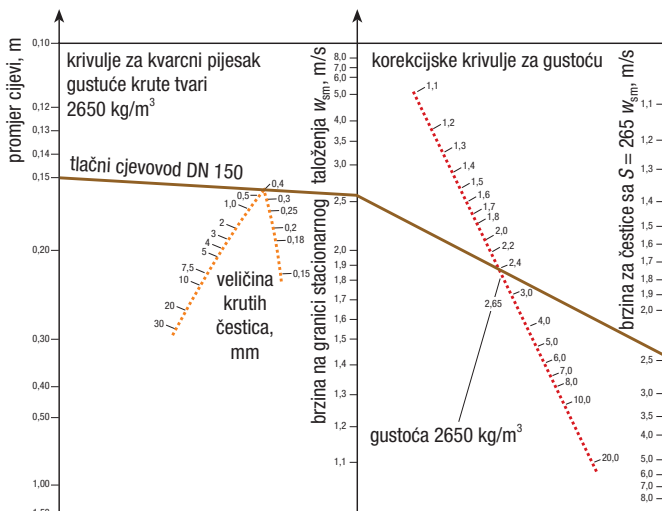
**B**aveći se problematikom dugačkih tlačnih cjevovoda za komunalne otpadne vode nailazi se na vrlo indikativan podatak da je ona u domaćoj i svjetskoj literaturi šturo opisana te ne daje potreban kvalitetan uvid u konkretne mogućnosti projektiranja, izvođenja i održavanja takvih zahtjevnih sustava. Jedan od razloga je to što do nedavno nije ni bilo potrebe za tako dugačkim tlačnim cjevovodima za otpadne vode. Međutim, situacija na terenu se značajno promijenila u svega nekoliko godina. Naime, jedan od najznačajnijih uvjeta pristupanja Hrvatske Europskoj uniji će biti, osim gospodarskih prilagodbi, potpuno poštivanje strogih propisa vezanih uz zaštitu zemlje, vode i zraka, pri čemu je odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda vrlo važan ekološki segment. Državnim planom za zaštitu voda (NN 8/99) bilo je preporučeno da svi gradovi s opterećenjem otpadnih voda većim od 15 000 ES (ekvivalent stanovnika) izgrade uređaje za pročišćavanje. Iako je dio uređaja u projektiranju, a dio u izgradnji, samo je mali dio u funkciji te je očigledno da se Planom propisani rokovi neće moći poštivati. Ipak, vidljiv je određen napredak te se sustavi komunalne

odvodnje oko velikih gradova sve više okrupnjavaju s planom odvođenja na buduće uređaje za pročišćavanje. Okrupnjavanjem sustava dolazi do priključenja i sustava odvodnje iz mjesta udaljenih i više od 5 km. Samo u okolici Osijeka u posljednjih godinu dana izvedeni su tlačni cjevovodi Sarvaš - Osijek ( $L = 2700$  m,  $Q = 20$  l/s), Antunovac - Osijek ( $L = 2300$  m,  $Q = 25$  l/s) i Bilje - Osijek ( $L = 4000$  m,  $Q = 260$  l/s), dok je u planu još jedan dulji: Ivanovac - Antunovac ( $L = 1800$  m,  $Q = 12$  l/s).

Kod cjevovoda s  $L > 500$  m u punom opsegu dolazi do izražaja sljedeća problematika:

- otežano održavanje i čišćenje zbog dugačkih dionica između pojedinih revizijskih okana
- proces stvaranja taloga u donjem dijelu cjevovoda zbog duljih razdoblja mirovanja crpki (posebice u noćnim satima) pa postoji opasnost od začepljenja tijekom uporabe
- nemogućnost 'ispiranja' (misli se na potpunu izmjenu tekućine unutar cjevovoda) u jednom radnom ciklusu crpki i prilično dugo zadržavanje otpadnih voda u anaerobnim uvjetima pri čemu dolazi do anaerobnih procesa truljenja što smanjuje kvalitetu otpadne vode za preradu na biološkom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda, a nusprodukt je intenzivna pojava metana i sumporovodika koji vrlo neugodno vonjaju, a uz to su i eksplozivni

**Ilustracija 1**  
Nomogram za određivanje kritične brzine podizanja krutih čestica koje su istaložene u cjevovodu (prema dr. Kennethu Wilsonu)



- heterogeno tečenje unutar cjevovoda gdje se zbog veće gustoće donji slojevi tekućine kreću sporije od gornjih pri čemu dolazi do intenzivnog zanošenja čestica i disipacije energije crpke zbog čega teoretskom proračunu treba pribrojiti iskustveni dodatak visini dobave crpke
- osim u visini dobave, dodatna sigurnost je potrebna u količini dobave crpki zbog mogućih ilegalnih priključenja oborinske kanalizacije što je, istina, problem komunalnog poduzeća, ali sigurnost sustava se ne smije dovesti u pitanje.

Dva su osnovna postulata transporta otpadnih voda:

1. što brže transportirati otpadne vode od mjesta nastanka do uređaja za pročišćavanje
2. spriječiti taloženje krutih čestica u cjevovodu (postići kritičnu brzinu podizanja istaloženog materijala u tlačnom cjevovodu).

Maksimalno dopušteno vrijeme zadržavanja otpadne vode u cjevovodu iznosi 3 - 4 h. Naime, praksa je pokazala da nakon toga zbog nedostatka kisika dolazi do masovnog uginjanja aerobnih bakterija, razvoja kiselina, opasnih plinova i različitih vrsta enzima. Zadržavanje otpadne vode u cjevovodu dulje od tog vremena uzrokuje značajno snižavanje kvalitete ulaznih otpadnih voda na uređaju za pročišćavanje čiji biološki dio pri tome ostaje bez prihrane. Praksa je pokazala da kod samo 10% smanjene kvalitete ulaznih otpadnih voda na uređaju dolazi do 20%-tnog smanjenja njegove učinkovitosti. Djelomično smanjenje kvalitete ulaznih otpadnih voda do oko 15% može se kompenzirati tehnologijom pročišćavanja.

Dr. Kenneth Wilson iz Ontarija u Kanadi definirao je nakon 30-godišnjeg znanstvenog rada potrebnu kritičnu brzinu za podizanje nataloženog materijala nomogramom koji je dan u stručnom radu pod naslovom 'Prijenos čvrstih čestica u tlačnim cjevovodima za otpadne vode' (GUTZEIT: 'Feststoff-Transport in Abwasserdruckleitungen', Feluwa 2001). Prema tom nomogramu, za podizanje pijeska, kamenčića, metalnih i staklenih komada i sl. specifične gustoće oko 2600 kg/m<sup>3</sup>, potrebne su kritične brzine u tlačnim cjevovodima različitih promjera iznose kako je prikazano na il. 1 i u tablici 1.

Za podizanje taloga (šljunak, pijesak, mulj, ostale krute čestice) s dna cjevovoda potrebna je, ovisno o promjeru cjevovoda, kritična brzina do 10 puta veća od brzine potrebne samo za nošenje taloga. S obzirom na to da je gustoća otpadne sanitarno-fekalne vode 1100 - 1200 kg/m<sup>3</sup>, praksa je pokazala taloženje i bez veće prisutnosti šljunka, pijeska i dr, a što se značajno pogoršava u razdobljima obilnih kiša. Na primjer, ljetne kiše i poplave 2002. godine izazvale su kolabiranje većine klasično građenih sustava tlačnih cjevovoda za sanitarno-fekalnu kanalizaciju u Njemačkoj zbog vrlo teškog otkrivanja začepjenja i održavanja običnim ispiranjem vodom zbog velikih količina vode za ispiranje i brzina za podizanje spomenutih taloga.

Dvama spomenutim postulatima se u novije vrijeme pridružio još jedan: postići kritičnu brzinu za daljnji transport zračnih, odnosno plinskih džepova. To se pravilo odnosi na primjenu tehnologija s uporabom stlačenog zraka za ispiranje cjevovoda.

O tom razmjerno novom i kod nas malo poznatom segmentu tehnologije transporta otpadnih voda literatura i iskustvo daju niz formula i graničnih vrijednosti. Od formula za određivanje kritične brzine najčešće se koristi ona prema njemačkim smjernicama ATV:

$$w_{krit} = \left(0,825 + 0,25\sqrt{i}\right) \cdot \sqrt{g \cdot d}$$

**Tablica 1**  
**Kritične brzine u tlačnim cjevovodima različitih promjera za podizanje istaloženih čestica**

nazivni promjer cjevovoda <i>d</i> , mm	kritična brzina za podizanje istaloženih čestica gustoće 2600 kg/m <sup>3</sup> <i>w</i> <sub>krit</sub> , m/s
100	1,95
150	2,50
250	2,80
500	5,10
1000	10,0

pri čemu su:

*i* - nagib tlačnog cjevovoda (npr. 1,0% = 0,01)

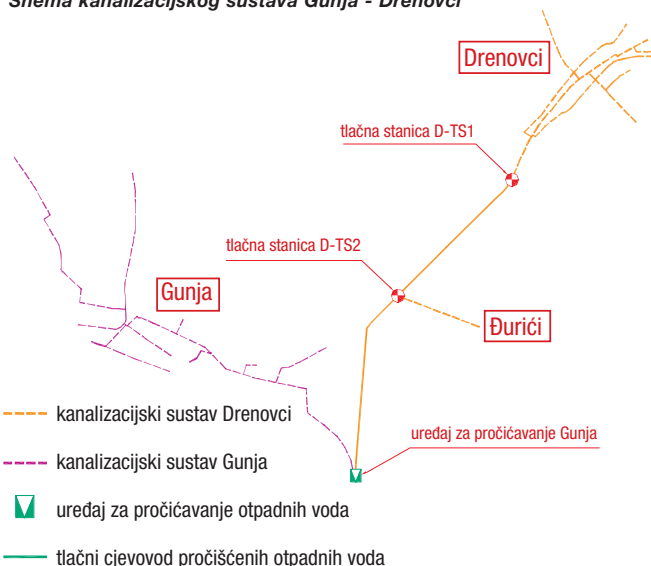
*d* - hidraulički promjer cjevovoda, m.

Primjenom te formule kod dopuštenog pada nivelete cjevovoda od, npr. 1%, za promjer cjevovoda 200 mm dobiva se kritična brzina 1,19 m/s, a za cjevovod promjera 130 mm brzina 0,94 m/s. Ta je problematika u praksi kompliciranija, ali iskustva uče da se zadovoljavajući tu formulu u pravilu izbjegavaju poteškoće kod tlačnih cjevovoda uzrokovane zračnim džepovima.

U klasično projektiranim kratkim tlačnim cjevovodima okvirne duljine do 500 m uobičajeno ne dolazi do prekoračenja dopuštenog vremena zadržavanja otpadne vode u anaerobnim uvjetima zbog dovoljno učestalog 'ispiranja' cjevovoda svježim otpadnim vodama. Uvjet za sprječavanje taloženja krutih čestica i s time povezano smanjenje hidrauličkog presjeka cijevi ne predstavljaju problem s obzirom na lako održavanje kratkog cjevovoda nekim od klasičnih načina čišćenja ako se sušenje ili začepljenje dogodi.

Kod dugačkih tlačnih cjevovoda, međutim, nije moguće uvijek osigurati sve potrebne preduvjete za uspješno održavanje. Do danas čak ni sveobuhvatne njemačke smjernice ATV nisu dale jednoznačan odgovor za projektiranje cjevovoda duljine veće od 600 m. Naime, rad precrpnih stanica uključeno-isključeno dovodi do neizbježnog taloženja krutih (većih i manjih) čestica u njima, dok vrijeme zadržavanja otpadne vode u njima ovisi o njihovoj duljini i hidrauličkom promjeru te često prelazi dopuštene okvire (oko 3 - 4 h).

**Ilustracija 2**  
**Shema kanalizacijskog sustava Gunja - Drenovci**



### Ulazni podaci o projektu

Između naselja Drenovci i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda potrebno je izgraditi tlačni kanalizacijski cjevovod za transport otpadnih komunalnih voda naselja. Dogovorom općina Drenovci i Gunja odlučeno je da će se izgraditi zajednički uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Gunja-Drenovci na lokaciji Gunja - Tikarići te tlačni ispusni cjevovod do rijeke Save u duljini oko 1500 m (il. 2).

Na oko 2400 m od tlačne stanice za otpadne voda Drenovci (D-TS1) na taj se cjevovod priključuje tlačni cjevovod za otpadne vode iz obližnjeg naselja Đurići. Zbog tog priključenja i velike duljine cjevovoda, načelno je konceptijsko rješenje da se na približno polovici duljine trase uvede dodatna tlačna stanica (D-TS2) što je nužno u slučaju primjene klasičnih potopljenih kanalizacijskih crpki, ali postoje i tehnike koje su u stanju pokriti i hidrauličke gubitke ukupnog cjevovoda, uz dakako značajno veće investicijske troškove.

Tehnički podaci o cjevovodu i precrpnim stanicama prikazani su u tablicama 2 i 3.

**Tablica 2**

**Tehnički podaci o cjevovodu**

broj stanovnika	oko 5000
očekivani maksimalni protok $Q$ , l/s	25
duljina tlačnog cjevovoda D-TS1 - D-TS2 $L_1$ , m	2400
duljina tlačnog cjevovoda D-TS2 - uređaj za pročišćavanje $L_2$ , m	3000
ukupna duljina tlačnog cjevovoda $L_{uk}$ , m	5400
minimalna brzina strujanja u cijevi $w$ , m/s	0,8 - 1,0
materijal tlačnog cjevovoda	PEHD, DN 180 i DN 200 (vanjski promjeri cijevi)
topografija terena	ravnica

precrpna stanica	kota terena, m NM	kota dna bazena, m NM	kota osi tlačne cijevi, m NM	materijal i nazivni promjer tlačnog cjevovoda	duljina tlačne cijevi $L$ , m	protok $Q$ , l/s
D-TS1	83,88	79,45	82,48	PEHD, DN 200	2400	25
D-TS2	84,50	80,15	82,48	PEHD, DN 200	3000	25

**Tablica 3**  
**Tehnički podaci o precrpnim stanicama**